

CARACTERIZACIÓN DE LA PASTA DE RELAVE PARA USO COMO RELLENO EN LABORES MINERAS

CHARACTERIZATION OF THE TAILING PASTE FOR USING AS A FILLING IN MINING WORKING

Alfonso A. Romero*; Silvana L. Flores*

RESUMEN.

El presente paper hace referencia al estudio de los parámetros técnicos del relave de ticapampa y su aplicación para el relleno en pasta.

Para este caso, se ha considerado como un caso típico a la relavera de Ticapampa, por ser una de las más representativas e importante así como su compleja composición. Como se sabe, la pasta es una mezcla de agua con sólidos de alta densidad que contiene abundante partícula fina con un bajo contenido de agua, controlado con el cono de Abrahams.

El propósito principal del estudio se fundamenta en el establecimiento de los parámetros técnicos de las propiedades de la pasta de relleno que se va a obtener a partir del relave para ser utilizado como material de relleno hidráulico en las labores de la minería subterránea, como son las galerías principales, las chimeneas y tajeos así como otras que requieren sostenimiento y protección al medio geológico circundante de los futuros hundimientos y fallas causadas por estas labores mineras.

El uso del relave minero poli metálico, con metales pesados en su contenido, pasan a ser; insumo para los trabajos de sostenimiento geomecánico en las minas subterráneas, con parámetros físico-químicos estables, estableciéndose una metodología de uso en las mismas labores que los generaron y actualmente muchos de ellos están almacenados en depósitos denominados pasivos ambientales mineros.

Palabra Clave: Pasta de relave, relleno, labor minera

* Docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

ABSTRACT.

The present paper makes reference to the study of the technical parameters of the tailing from Ticapampa and its application for the filling in paste.

For this case, it has been considered as a typical case, the tailing from Ticapampa, which it is the most representative and important because its several composition. As it is well know, the paste is a mixing of water with solids of high density which contains a lot of fine particles with a lower water content, which is controlled by the Abrahams Cone.

The main purpose of this study is based in the establishment of the technical parameters of the properties of the filling paste derived from the tailing which is used as a material of hydraulic filling in the underground mining works such as the main galleries, the mining shafts and chopping blocks and others that require support and protection to the geologic environment surrounded of the future sinking and fails caused for these mining works.

Keywords: paste of tailing, filling, mining work.

I. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación se basa en un proceso de análisis y experimentación a nivel de laboratorio en relación a la determinación de los parámetros técnicos empleados para determinar los parámetros técnicos de las propiedades de la pasta de relleno que se va a obtener a partir del relave para ser utilizado como material de relleno hidráulico en las labores de la minería subterránea como son las galerías principales, las chimeneas y tajeos así como otras que requieren sostenimiento y proteger al medio geológico circundante de los futuros hundimientos y fallas causadas por estas labores mineras.

Cabe resaltar, que este estudio tiene como objeto establecer los 3 parámetros técnicos del relave polimetálico para ser utilizado como componente de pasta de relleno hidráulico, puesto que de esta manera se podría demostrar la hipótesis de la investigación, que establece que los relaves polimetálicos en abandono, (relavera polimetálica de Ticapampa) poseen características técnicas adecuadas para utilizar en pasta de relleno hidráulico en los túneles de la minería subterránea.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1 CALIDAD DEL RELAVE. [1]

El relave es de naturaleza polimetálica sulfurado, con alto contenido de metales pesados de cobre, plomo, zinc, hierro, cadmio, arsénico. Esta naturaleza hace que el relave sea un potencial generador de aguas ácidas del medio circundante de la Cuenca del Río Santa.

Cabe resaltar, que el relave es producto de la ganga, el cual es un

residuo sólido de las Plantas Concentradoras de Flotación de Minerales Sulfurosos, puesto que no tiene altas concentraciones de los metales pesados concentrados de cobre, plomo, zinc, así como la presencia de carbonatos.

Para determinar el material adecuado a utilizarse como pasta de relave en el relleno hidráulico del relave, se ha realizado análisis granulométrico de los distintos posibles agregados.

Para determinar la calidad óptima del relave para que sea usado como pasta para relleno hidráulico, se realizó las siguientes pruebas:

2.1.1. PRUEBA DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. [2]

Este análisis determina la distribución del tamaño de las partículas ó granos que constituyen un material. Esta distribución se analiza en base a su porcentaje de su peso total.

La fracción muy gruesa consiste de fragmentos de relave grueso, con formas angulares, redondeadas ó planos. Pueden ser frescos ó mostrar signos de alteración, resistentes ó deleznable. Esta fracción recibe el nombre genérico de gruesos.

En las fracciones finas y muy finas, cada grano está constituido de un solo mineral. Las partículas pueden tener formas angulares, tubulares ó escamas, pero nunca redondeadas.

2.1.2. VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (PRUEBA DEL SLUMP). [3]

Para la realización de esta prueba se utiliza un cono de base menor ó igual a 10 cm, y base mayor ó igual a 20 cm y una altura igual a 30 cm. La prueba del slump consiste en depositar la pulpa

dentro de un cono, luego se retira el cono de metal y se mide el cono formado por el material en el momento que se descarga el relleno; la altura de este cono debe ser de 1" para que se puedan depositar y acomodar en el tajeo.

Para la prueba se utilizó, las siguientes condiciones:

- Capacidad del cono: 5 litros
- Relación de mezcla: 1 a 1
- Peso de arena: Igual valor al del peso del agua, kg
- Peso de agua: Igual valor al del peso de arena, kg.

2.1.3. PRUEBA DE VELOCIDAD DE PERCOLACIÓN. [3]

La velocidad de percolación más adecuada debe ser de 4 pulgadas/hora.

Para determinar la velocidad de percolación se realizaron pruebas, considerando lo siguiente:

- Relación de mezcla: 1 a 1.
- Peso de aglomerante (cal): 4 Kg.
- Peso de agua: 3 Kg.
- Peso de arena: 3 Kg.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

La Metodología del estudio de investigación comprende las siguientes etapas de trabajo en gabinete, trabajo en campo, considerando la realización de pruebas experimentales a nivel de laboratorio.

A continuación, se detalla las actividades establecidas mediante la metodología de estudio de investigación.

1.- Diseño de muestreo y salida al campo para extraer las muestras representativas.

2.- Caracterización del relave. Involucra el Análisis Geoquímico.

La parte experimental de este estudio, se realizó considerando a nivel de pruebas de laboratorio considerando:

- Pruebas de análisis granulométrico,
- Pruebas de filtración y sedimentación,
- Determinación de proporciones de agua, cemento, agregado y relave en pasta (determinación de pulpa),
- Pruebas de ensayo para determinar la mezcla óptima de pasta de relave (relación liquido-sólido),
- Ajuste de diseño por humedad de agregado,
- Incremento de resistencia y por aditivos y la preparación de probetas para pruebas de resistencia a la compresión simple

3.1. ACTIVIDADES ESTABLECIDAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.

Involucran actividades de diseño de muestreo, actividades de campo para extraer las muestras representativas y la Caracterización del relave.

3.1.1. DISEÑO DE MUESTREO.

La toma de muestras en la zona de Ticapampa, que es el lugar donde se encuentra el relave minero, se ha procedió en el mismo lugar, teniendo en cuenta que el depósito tiene una extensión aproximada de 950 m x 120 m con una altura de 21 m. haciendo un total de 1`350,000 m3. de volumen, al

cual si aplicamos una densidad de 3 T/m³, estimamos la existencia de 4 millones de toneladas de residuo sólido minero en todo el depósito de Ticapampa.

Por la extensión del relave a muestrear se considero una malla imaginaria de 50 x 10 m. logrando sacar muestras representativas de los rectángulos imaginarios en una cantidad de 40 kilos, el mismo que se traslado a la ciudad de Lima, para su respectivo estudio.

Cabe resaltar que este depósito se encuentra cerca del pueblo de Ticapampa y es uno de los más grandes en extensión en esta zona, tiene una longitud aproximada de 950m, una altura máxima de 21 metros y una inclinación de 25° en promedio.

La cancha de relaves presenta varios desniveles a lo largo de su extensión y ha sido depositada en forma paralela al río Santa, en su margen izquierda.



FIGURA Nº 2. VISTA PANORÁMICA DE RELAVERA DE TICAPAMPA

3.1.2. ACTIVIDADES DE CAMPO

Para realizar esta actividad se ha programado un viaje a campo, es decir a la zona de Ticapampa, lugar que se encuentra en el Departamento de Ancash en la provincia de Recuay, hoy denominado Región Chavín, según el cuadro siguiente:

Número de personas: 5 personas

Día 01: Reconocimiento de área de trabajo in situ y levantamiento topográfico con GPS

Día 02: Diseño de muestreo in situ y toma de muestras

Día 03: Selección de muestras representativas de relave

Día 04: Retorno a la ciudad de Lima.

Se estudió el depósito de relaves de Ticapampa proveniente de la mina Hércules de la Cía. Minera Alianza.

El muestreo de relave, consistió en la obtención de muestras compuestas, para lo cual se realizaron excavaciones de 1m x 1m x 2m.

Se extrajo aproximadamente 10 kilos por punto.

3.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE.

3.1.3.1. ANÁLISIS GEOQUÍMICO.

Se determinaron 36 elementos, de los cuales como metales pesados se identificó al Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Zinc (Zn), Mercurio ((Hg), Plomo (Pb) y Arsénico (As) y Selenio (Se). Ver Tabla N°1.

TABLA Nº 1 CONTENIDOS DE METALES (g/T) PRESENTE EN LOS RELAVES DE TICAPAMPA

Zn ppm	Cd ppm	Hg ppb	Pb ppm	As ppm	Se ppm
7851.5	54.21	770	6098.81	>10000	3.4
138.7	1.19	201	28.19	>10000	0.8
3000 mg/Kg	20 mg/Kg	10 mg/Kg	600 mg/Kg	50 mg/Kg	

3.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES.

El estudio involucra que las muestras de relave fueran sometidas a remolienda, para obtener tamaño adecuado, luego someterlos a pruebas de análisis granulométrico considerando una serie de mallas, principalmente, las mallas -200 y -325, con la finalidad de obtener una pulpa adecuada de relave, y posteriormente, se sometió a pruebas de homogenización con un equipo agitador con una velocidad de 300 rpm, velocidad suficiente para promover la homogenización de la pulpa de relave.

Posteriormente se sometió la pulpa a las pruebas de slump y la velocidad de percolación.

A continuación, se detallara cada uno de las pruebas experimentales a que es sometido el relave, para ser transformado en pasta de relave.

3.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Esta prueba se realiza con la finalidad de lograr una mejor clasificación de tamaño del relave, y un mayor grado de liberación de minerales valiosos en cada a emplear. Entre las mallas que emplearemos tenemos: Malla +200, +325, -325.

Cabe resaltar que la elaboración de la pasta de relleno, tendrá en cuenta como malla patrón a la Malla N° 200, la cual servirá de base de clasificación para la elaboración de pasta de material fino y pasta de material grueso.

Pasta de Material Fino, está constituido por la mezcla de relave (malla -200), cemento, cal y agua.

Pasta de Material Grueso, está constituido por la mezcla de arena (relave: malla +200), cemento, cal y agua.

Se tamizo la muestra de relave considerando las siguientes mallas.

A continuación, se presenta los rango de tamaños en que varían las partículas de relave:

TABLA N° 2. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE RELAVE DE

Malla	Abertura (um)	Peso (gr.)	% Peso	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasante
70	179	74.20	37.44	37.44	62.56
150	106	66.20	33.40	70.84	29.16
200	74	29.20	14.73	85.57	14.43
325	44	13.40	6.76	92.33	7.67
-325	44	15.20	7.67	100.00	0.00
		198.20	100.00		

TICAPAMPA

TABLA N° 3. RANGO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS RELAVES

Malla	Abertura (mm)
70	0.2100
150	0.1050
200	0.0740

3.2.2. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA DE RELLENO HIDRÁULICO.

Para la determinación de las características de la pasta de relleno hidráulico, se tuvieron en cuenta los siguientes materiales y equipos, principalmente el equipo de homogenizado de pulpa. Asimismo, se desarrollaran una serie de pruebas experimentales, que a continuación, se detallan.

3.2.2.1. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS QUÍMICOS EMPLEADOS EN EL SISTEMA DE CIANURACIÓN POR AGITACIÓN:

A) MATERIALES:

Relave

Botellas de Plástico

Agua destilada

Vaso de Precipitado

Tubos de Ensayo

Piceta

Probeta

Espátula

Mallas: +200, +325

Balde

B) EQUIPOS:

Balanza.

Agitador Eléctrico.

Cono.

B.1) EQUIPO DE HOMOGENIZADO DE PULPA.

Este Equipo de homogenizado de pulpa, se caracteriza por presentar un funcionamiento mecánico-eléctrico, el cual posee diferentes rangos de velocidades, que van desde los 100 rpm hasta 200 rpm. Sin embargo, por requerimientos operativos de condición de laboratorio, el ensayo de homogenizado de la pulpa, se efectuó en la velocidad que van desde los 100 rpm hasta 300 rpm. Ver Figura N° 3.



FIGURA N° 3. EQUIPO DE HOMOGENIZADO DE PULPA

3.2.2.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para realizar las Pruebas Experimentales del presente estudio, se requiere los siguientes laboratorios:

3.2.2.2.1. EN EL LABORATORIO METALÚRGICO.

Se realizaron las siguientes pruebas:

- DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA.

Para el relave, se determinó que el tamaño de partícula sería de 100% menos malla 200. Ver Figura N° 4 y 5.



FIGURA N° 4. RELAVE GRUESO DE TICAPAMPA, MALLA +200



FIGURA N° 5. CLASIFICACIÓN DE RELAVE POLIMETÁLICO DE TICAPAMPA, MALLA -200

- HOMOGENIZADO DE LA PULPA DE RELAVE.

Se realizó Pruebas de Homogenizado, las cuales se basan en el principio básico del homogenizar las pulpas de relave. Ver Figura N° 6.



FIGURA N° 6. HOMOGENIZADO DE LA PULPA DE RELAVE

- VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (PRUEBA DEL SLUMP).

Para la realización de esta prueba se utiliza un cono de base menor ó igual a 10 cm, y base mayor ó igual a 20 cm y una altura igual a 30 cm.

La prueba del slump consiste en depositar la pulpa dentro de un cono, luego se retira el cono de metal y se mide el cono formado por el material en el momento que se descarga el relleno; la altura de este cono debe ser de 1" para que se puedan depositar y acomodar en el tajeo. Ver Figura N° 7.

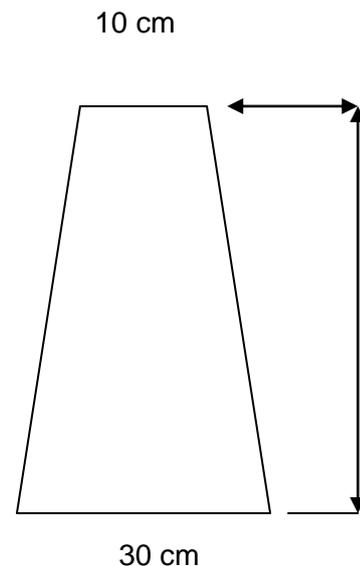


FIGURA N° 7. CONO PARA PRUEBA DE SLUMP

Para la prueba se utilizó, las siguientes condiciones:

- Capacidad del cono: 5 litros
- Relación de mezcla: 1 a 1
- Peso de arena: 3kg
- Peso de agua: 3kg.

Como resultado se tuvo un slump de 5/8" de altura, lo cual nos indica que estamos dentro del rango óptimo, este resultado se ha conseguido agregándole un aglomerante que es la cal.

- PRUEBA DE VELOCIDAD DE PERCOLACIÓN.

La velocidad de percolación más adecuada debe ser de 4 pulgadas/hora. Para determinar la velocidad de percolación se realizaron pruebas, considerando lo siguiente:

- Relación de mezcla: 1 a 1.
- Peso de arena: 3 Kg.
- Peso de agua: 3 Kg
- Peso de aglomerante (cal): 4 Kg.

La velocidad de percolación es de 3.4 cm/hora, lo que equivale a 1.34 pulgadas/hora. Esto se mejora si se aumenta más aglomerante.

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN.

- Se tuvo un slump de 5/8" de altura, lo cual nos indica que estamos dentro del rango óptimo, este resultado se ha conseguido agregándole un aglomerante que es la cal.
- La velocidad de percolación es de 3.4 cm/hora, lo que equivale a 1.34 pulgadas/hora. Esto se mejora si se aumenta más aglomerante.

V. CONCLUSIONES.

Se tendrá óptimas propiedades del relave para ser usado como relleno de

pasta si se determina tener el valor de slump y la velocidad de percolación, en los rangos óptimos requeridos para la elaboración de pasta de relave.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Romero, Alfonso, Flores Silvana, Pacheco Werner, et AL, "Manual de Reutilización de Pasivos Ambientales Mineros del Proceso de Flotación de minerales", Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

[2] Vargas, Julio "Aplicación del relleno mixto en pasta", 2007, Universidad nacional de Tacna, CYTED.

[3] Conner, J. R. "Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes", Van Reinhold, New York. 1990.