ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero–Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Especialidad Metalurgia

Trabajo de Diploma aspirante al título de

Ingeniero Metalúrgico

Determinación de las pérdidas de la planta de preparación de carbón antracita de Cayo Guam

Rafael Mayans Tamayo

Moa 2012

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero–Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Especialidad Metalurgia

Trabajo de Diploma aspirante al título de Ingeniero Metalúrgico

Determinación de las pérdidas de la planta de preparación de carbón antracita de Cayo Guam

Estudiante: Rafael Mayans Tamayo

Tutor: Prof. Titular. Ing. Pedro Enrique Beyris Mazar Dr. C.

Moa 2012

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Agradecimientos

En primer lugar quiero dar gracias a mis padres que fueron los que permitieron que tuviera la oportunidad de estudiar en una universidad, luego a mis tutores que me ayudaron en lo que les fue posible para la realización de esta tesis tanto a los de la universidad como a los de la Industria, además quiero agradecer a los que no son mis padres ni mis tutores pero que me tendieron una mano o me dieron una simple explicación cuando la necesite, a mis compañeros de aula y de beca que compartieron alegrías y tristezas conmigo y por último pero pienso que no menos importante quiero agradecerme a mi mismo por acumular las experiencias, errores, aciertos, conocimientos y perseverancia para terminar satisfactoriamente estos cinco años de estudios.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

RESUMEN

Esta investigación se realiza con el propósito de determinar los factores que propician las pérdidas de la planta de preparación de carbón antracita del municipio Moa ubicada en Cayo Guam, con el objetivo de calcular las pérdidas de material en la misma. Para ello se tomaron muestras en seis puntos antes y después de cada operación y se determina la composición granulométrica a través del análisis de tamiz, empleando la serie de Taylor, con estos datos se determina la eficiencia del cribado y el aporte de producto fino de la trituradora al proceso de la planta. Los resultados obtenidos muestran que las pérdidas de la planta son de un 45,19 % y se recomienda la sustitución de la trituradora existente por una de rodillos como medida para disminuirlas. La granulometría del material analizado muestra que el carbón antracita es una materia prima en su generalidad poco homogénea por la gran variedad de tamaños que presentan sus granos. De acuerdo con la estimación económica realizada de acuerdo al precio actual de la materia prima, la planta pierde al año 4 487 041,60 $/a por concepto de material mal procesado.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

SUMMARY

This investigation is carried out with the purpose of determining the factors that propitiate the losses of the plant of preparation of coal anthracite of the municipality Moa located in Cayo Guam, with the objective of calculating the material losses in the same one. For they took it samples in six points before and after each operation and the granulometric composition is determined through the sieve analysis, using the series of Taylor, with these data the efficiency is determined of the one sieved and the contribution of fine product of the crusher to the process of the plant. The obtained results show that the losses of the plant are of 45,19 % and the substitution of the existent crusher is recommended by one of rollers like measure to diminish them. The grain of the material analyzed sample that the coal anthracite is a matter it prevails in its not very homogeneous generality for the great variety of sizes that present its grains. In accordance with the economic estimate carried out according to the current price of the matter prevails, the plant loses a year 4 487 041, 60 $/a in concept of not well processed material.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ÍNDICE PÁG.

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 4

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 4
1.2.1 PROCESOS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO Y DESMENUZAMIENTO 5
1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TRITURADORA DE CONOS 6
1.3.2 FRAGMENTACIÓN DE MATERIALES FRÁGILES Y BLANDOS 7
CONCLUSIONES PARCIALES 8

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS 9

2.1 FLUJO TECNOLÓGICO 9
2.2.1 ORIGEN DE LAS MUESTRAS 11
2.2.2 TOMA DE MUESTRAS 12
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN ANTRACITA 15
2.4.1 Método para determinar las características físicas del material 15
2.5.1 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CRIBADO DE LOS TAMICES UNO Y DOS. 16
2.6.1 DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LA PLANTA 18
2.7.1 DETERMINACIÓN DEL APORTE DE FINO AL SISTEMA DE LA TRITURADORA DE CONOS 18
2.8.1 DETERMINACIÓN DEL POR CIENTO DE DEFICIENCIA DE LOS TAMICES UNO Y DOS EN EL PROCESO DE CRIBADO. 20
CONCLUSIONES PARCIALES 21

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....22

3.1.1 RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL. 22
3.2.1 RESULTADO DEL APORTE DE FINO DE LA TRITURADORA AL SISTEMA. 26
3.3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LA EFICIENCIA DEL CRIBADO. 26
3.4.1 ANÁLISIS DEL RESULTADO DE LAS PÉRDIDAS TOTALES DE LA PLANTA 27
3.5.1 ESTIMACIÓN ANUAL DE PÉRDIDAS DE LA PLANTA DE ACUERDO CON EL PRECIO ACTUAL DEL CARBÓN EN EL MERCADO INTERNACIONAL. 28
CONCLUSIONES PARCIALES 28

CONCLUSIONES 29

RECOMENDACIONES 30

BIBLIOGRAFÍA 32

ANEXOS 34

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

INTRODUCCIÓN

La antracita es un mineral de carbón oscuro con tonalidades azules brillantes. Es el mineral de carbón que tiene la mayor cantidad de carbón puro, supera fácilmente el 90%, tiene un poder calórico de entre 23 y 33 MJ/kg y tiene su origen en el proceso denominado carbonificación que consiste en la transformación de los materiales orgánicos por migración paulatina a temperaturas moderadas y alta presión en turbas y carbones, gracias a la deshidrogenación incompleta.

Todo esto sucede en dos grandes etapas, la primera que corresponde a la descomposición de la materia orgánica por bacterias aeróbicas que habitan en lechos húmedos, durante esta etapa, los desechos orgánicos pueden tener una reducción en su volumen significativa, algunos autores la ubican en el orden del 50%, como es de entender, este proceso termina con la muerte de las bacterias por falta de oxigeno y es entonces, cuando se da origen a la segunda etapa de transformación, esta se verifica en cambio, con la ayuda de bacterias anaeróbicas las cuales generan ácidos, que a la larga determinarán la aniquilación de las mismas.

Dando origen a lo que se denomina como turba, como resulta evidente, en estado natural continúa este proceso, haciendo que de manera continua se deposite más turba sobre la anterior, esto determina un incremento paulatino de la temperatura hasta llegar a los 100 C, con el transcurso del tiempo, con la alta presión y temperatura, el mineral de carbón se va concentrando hasta formarse el lignito y luego la Antracita.

Los principales yacimientos explotados comercialmente de antracita se encuentran en China y Rusia, pero sus mayores reservas se encuentran en el continente africano y en el norte de Sudamérica.

Utilizado en filtros debido a su densidad relativamente media, permanecerá sobre medios más pesados tales como arena o granate que proporciona una capa excelente de la prefiltración. Los medios filtrantes de antracita son un

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

carbón triturado, calificado y seleccionado específicamente para el tratamiento de aguas.

Es uno de los medios filtrantes más empleados, básicamente es carbón activado triturado y tamizado con gránulos que van desde 0.5 µm hasta 3 µm. Es un buen complemento para los filtros de medios múltiples, en compañía de arena o arena verde de manganeso.

Suele ser usado en la fundición de los metales especialmente el hierro mezclado con carbones bituminosos, se le puede encontrar también como filtro para agua, así como, en combinación con la hulla para generación de vapor y su ulterior uso en la generación de electricidad.

En Cuba no existe la explotación de minas de carbón antracita pero tiene uso en la máquina de sínter en las Empresas de Nicaro y Moa, de aquí la necesidad de su adquisición en otros países para su uso en la producción del sínter.

El carbón antracita que se utiliza en la actualidad se adquiere en Vietnam sin previa preparación para su uso en la industria, por lo cual, esta se realiza en la planta de preparación de carbón ubicada en el río de Cayo Guam del municipio de Moa, donde el objetivo es la obtención de un producto con una granulometría que oscile entre 1,19 y 4,70 mm.

Es por eso que se plantea como **problema científico:** Insuficiente conocimiento de los factores que causan las pérdidas en la planta de preparación de la mena de carbón antracita.

El **objeto de la investigación** es la mena de carbón antracita, mientras que el **campo de acción** lo constituye la eficiencia de la planta de preparación de carbón antracita.

De la misma forma se plantea la siguiente **hipótesis:** Si se realiza la caracterización granulométrica de los productos de cada operación se podrán determinar las pérdidas en la planta de preparación de carbón de cayo Guam.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Objetivo general: Determinar las pérdidas de la planta de preparación de carbón antracita para proponer medidas que la disminuyan.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar la granulometría de los productos de las operaciones de la planta.
2. Determinar la eficiencia de la criba.
3. Determinar el aporte de fino de la trituradora de conos a la planta.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

La investigación científica se sustenta en la búsqueda de antecedentes de la temática que se investiga, para posibilitar una mejor comprensión, que tiene como objetivo una aproximación real a la línea de la investigación. Con el objetivo de disponer de los elementos básicos necesarios y de las necesidades actuales, que resultan esenciales para la realización de este trabajo, se realiza un análisis de los diferentes aspectos que se encuentran referidos en lo siguientes trabajos.

1.1 Antecedentes de la investigación

Hace aproximadamente de 190 a 345 millones de años se estima el surgimiento del carbón o carbón mineral que es una roca de color negro y muy rica en carbono utilizada como combustible fósil. La mayor cantidad del mismo se formó en el período carbonífero. Con el objetivo de procesar el carbón antracita para su utilización en la producción de sínter de níquel en la Empresa Comandante Ernesto Guevara se habilitó una planta ubicada en las márgenes del río Cayo Guam del municipio de Moa. Los equipos que actualmente se encuentran instalados en el procesamiento del carbón, no presentan la eficiencia necesaria para satisfacer las necesidades tecnológicas de la planta de Sínter con vista al incremento productivo, por lo que se hace necesario elevar la capacidad productiva, lo que requiere modificaciones en el flujo tecnológico. Según el informe técnico realizado por el departamento de facilidades de la Empresa Portuaria de Moa (mayo 2003) en el cual se analiza la planta de preparación de carbón de Punta Gorda, se valora una propuesta de remodelación de la misma para incrementar su productividad y se recomienda el empleo de una trituradora de rodillos para el procesamiento del carbón antracita para las clases + 4,76. Pero no se realiza un estudio sobre las pérdidas de carbón antracita en la planta. Este informe es el único trabajo referente a la temática que se trata en esta tesis.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

1.2.1 Procesos de reducción de tamaño y desmenuzamiento

La trituración y el desmenuzamiento son procesos de disminución de las dimensiones de los granos de los minerales mediante la destrucción de los mismos por la acción de las fuerzas exteriores que superan las fuerzas interiores de cohesión las que unen entre si las partículas del cuerpo sólido.

Durante la trituración y la molienda tienen lugar un gran número de mecanismos, que no son más que los tipos de fuerzas rompedoras que actúan sobre el mineral. Se conocen cinco métodos de trituración: compresión, corte, flexión, impacto y desgaste o (fricción). Los esfuerzos necesarios para el rompimiento de los materiales se desarrollan en los equipos de trituración y molienda.

El proceso de trituración va acompañado de la compresión del material contra superficies rígidas, o por impactos contra superficies también rígidas: a la molienda por su parte, en contraste con la trituración, le es característico la abrasión y el impacto o golpe del mineral por elementos libres como las bolas. La diferencia entre trituradoras y molinos radica en que en las primeras no existe punto de contacto entre los elementos trituradores, entre estos se tiene una holgura, la cual es ocupada por el material durante el proceso de rompimiento, a esta holgura se le conoce como cámara o zona de trituración. La trituración (molienda) de los minerales ocurre por las zonas de defectos (poros, micro poros, fisuras y micro fisuras) y por las zonas más débiles de los cristales, cuando la energía imprimida por los órganos de trituración supera los límites de dureza del mineral, (Coello, 1999).

A veces los minerales componedores de los granos de rocas poseen distintas propiedades físico-mecánicas. Después de la trituración o molienda tales rocas quedan en condiciones especialmente dadas, unos minerales más duros y consistentes se presentan en formas de trozos gruesos, otros frágiles y menos duros, en trozos de dimensiones significativamente menor. La diseminación posterior del producto triturado permite separar unos minerales de otros, o sea, realizar un enriquecimiento del mineral. La trituración o la molienda tienen en este caso el significado de una operación enriquecedora. El método de

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

trituración se elige en función de las propiedades físicas y físico-mecánicas y del tamaño del mineral. La efectividad de los procesos de reducción de tamaño se relaciona con el consumo de energía en el rompimiento de los materiales y se expresa como la cantidad de mineral triturado por cada kilowatt-hora de energía consumida. Estos procesos consumen más del 50 % de toda la energía de las plantas de beneficio, (Coello, 1999).

Las finalidades de reducir el tamaño de las partículas sólidas pueden ser, liberar las especies minerales valiosas de los estériles antes de su concentración, tal y como ocurre en el tratamiento de los minerales metalíferos por flotación, además para incrementar el área de superficie disponible para la reacción química, tal y como ocurre en la reacción de la caliza con la sílice y otros minerales en un horno rotatorio o producir partículas de mineral o roca dimensionada de tamaño y forma requerida. En el caso de la reducción de tamaño antes de la concentración la extensión o cantidad a la que debe llegar la trituración depende de la finura intermolecular o del tamaño natural del grano de las partículas aprovechables. El tamaño natural del grano puede variar ampliamente para un mismo mineral en diferentes partidas. Los procesos de reducción de tamaño generalmente conllevan varias etapas en serie. Es común incluir máquinas de concentración dentro de los circuitos de conminución, bien para evitar la sobremolienda de las partículas o para eliminar partículas estériles de los circuitos tan pronto se producen en forma liberada, (Linch 1980).

1.3.1 Características de la trituradora de conos

La primera de las consideraciones para la selección de una trituradora de cono es el tamaño real de la alimentación y la capacidad requerida. El tamaño de la alimentación es muy importante ya que se usa para seleccionar la cámara de trituración adecuada. Si la cámara seleccionada tiene una abertura de admisión demasiado pequeña la entrada de alimentación será restringida, resultando en menor capacidad y mala utilización de la cámara de trituración. Si la cámara seleccionada tiene una abertura de admisión demasiado grande, la alimentación se trituraría solo en la zona inferior y esto resultará en consumo excesivo de potencia, presiones, desgaste y capacidad reducida. La cámara

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

adecuada dará los resultados más eficientes, con la alimentación recibiendo una serie de 4 a 5 golpes a medida que pasa a través de la cavidad de trituración. Por consiguiente se recomienda que 10 a 20 % de la alimentación debiera ser más grande que la abertura de dimensión cerrada pero más pequeña que 90 % de la abertura de admisión en posición abierta, (Ruiz, 2004).

1.3.2 Fragmentación de materiales frágiles y blandos

En dependencia del tamaño del material triturado y el sometido a la trituración se puede establecer la siguiente clasificación de las etapas de trituración: de 1500-300 hasta 300-100 mm trituración gruesa; de 300-100 hasta 100-50 mm trituración media y de 100-40 hasta 30-5 mm trituración fina. En la trituración gruesa de los minerales blandos y frágiles es preferible utilizar los métodos de corte o flexión, en la media y la fina es recomendable realizarla utilizando el impacto. En la molienda se emplean prácticamente todos los métodos incluyendo la compresión aunque están presentes con mayor fuerza el golpe y la fricción. Para la fragmentación gruesa, media y fina se emplean se utilizan trituradoras de uno o dos cilindros dentados o estriados, trituradores de martillo y de rotor, desintegradores. Las trituradoras de dos cilindros están destinadas a la fragmentación media y gruesa del carbón bruto y los esquistos con mezclas de gangas en grandes trozos con coeficientes de tenacidad menores de 4 – 6 (según Protodiákonov). También se emplean para triturar menas blandas como el magnesio. En comparación con trituradoras de otros tipos, las de cilindros dentados forman menor cantidad de menudos. Las trituradoras de martillos y los desintegradores proporcionan mayor fragmentación excesiva que las trituradoras de cilindros dentados, por lo que no deben ser instaladas cuando ha de ser obtenido el material en trozos y suficientemente grueso. Por regla, los trituradores de martillos y los desintegradores se emplean para la trituración fina. Las trituradoras de martillos y de rotor se distinguen por tener sencilla estructura, pequeña masa, bajo coste por unidad de rendimiento y pequeño consumo específico de energía. Estas máquinas han obtenido en los últimos años extensa aplicación para fragmentar materiales blandos y de dureza media, tales como el carbón de piedra, la carga de coque, la cal, las menas de

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

metales ligeros, ferrosos, no ferrosos, raros y nobles, sales plásticas, menas de asbesto , de baritina y fluorita, materiales para construcción. En las trituradoras de martillos y rotores el rendimiento, triturabilidad del material, el grado de trituración y la potencia consumida están estrechamente relacionados. Al fragmentar un material determinado en una trituradora, para una misma potencia de accionamiento el aumento del rendimiento según la alimentación inicial reduce el grado de trituración y viceversa, (Rodríguez, 2011)

Conclusiones parciales

1. Después de analizar la bibliografía anterior se puede decir que existe muy poca información referente a la determinación de las pérdidas en la planta de carbón de Cayo Guam.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Capítulo 2 MATERIALES y MÉTODOS

En el presente capítulo se describen gradualmente los pasos y vías que se emplearon para la realización de todos los ensayos así como para la toma de las muestras. Además de describir los materiales y la instrumentación utilizada en la experimentación.

2.1 Flujo tecnológico

Con el uso de los camiones los cuales pueden llegar a cargar hasta 12 t procedente de los silos de almacenamiento del puerto se transporta y descarga el carbón a un sistema de almacenamiento al que los operadores llaman el patio de almacenamiento, desde el cual con el uso de una pala mecánica se alimenta la tolva de alimentación del sistema (1), como se muestra en la figura1.1, con un volumen aproximado de 293 m^3, al mismo está acoplado en el extremo de salida del material un sistema de doble acción de avance y retroceso descargando el material pausadamente evitando el derramamiento del mismo y la sobrealimentación del sistema, una vez que el material se encuentra en el transportador de banda(2) pasa por debajo de un electroimán (10) instalado sobre el mismo, el cual tiene la función de eliminar cualquier elemento metálico que entorpezca el proceso, luego el material prosigue su camino hacia la criba vibratoria, la cual posee dos tamices para clasificar el material de acuerdo a su granulometría, el tamaño de los orificios del primero de 5 mm y las dimensiones de los orificios del segundo son de 2 mm, el material que se alimenta al primer tamiz es recibido por una ducha de agua a presión la cual aparte de ayudar en el proceso de cribado reduce la cantidad de polvo de carbón (fino) del material que continua a las siguientes operaciones.

El primer tamiz (3) selecciona la parte más gruesa es decir el +5 mm la cual no deja pasar y es enviada a la trituradora de conos (5), el material que tiene la granulometría adecuada pasa a través del tamiz (3) y se deposita sobre el otro (4) el cual deja pasar las partículas menores de 2 mm las cuales se desechan

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

en la presa de cola mediante el desagüe (8) con el empleo de una tubería y agua a presión. El resto del carbón, es decir, el que el tamiz dos (4) no deja pasar a través de sus orificios posee la granulometría adecuada por lo que mediante un sistema de bandas transportadoras (9) se envía a los silos de almacenamiento del producto final (7) el cual es el que se emplea en la sinterización del óxido de níquel en la empresa Comandante Ernesto Guevara del municipio de Moa. El material que se envió directamente desde el primer tamiz hacia la trituradora de conos sufre una reducción de tamaño en la misma y posteriormente se recircula nuevamente al primer tamiz de la criba mediante un sistema de transportadores de banda (6) para transitar el camino anteriormente descrito hasta acabar en el silo de almacenamiento del producto o en el desagüe de la planta con el resto del material de rechazo.

El material que se almacena en los silos de producto final de la planta de Cayo Guam posee una humedad de aproximadamente un 15 %, los silos poseen un sistema de escurrimiento para disminuir la humedad hasta un 6 %, posteriormente se cargan los camiones con el producto y se trasporta hacia la empresa Comandante Ernesto Guevara en la cual se almacena en silos desde los cuales se alimenta a la planta de calcinación y sínter.

En el proceso de sinterización el óxido de níquel se mezcla con el material de retorno (fino de retorno), combustible sólido (carbón antracita) y bajo un humedecimiento se produce una buena homogeneización, como resultado del mezclado del material se adquiere una estructura en forma de gránulos la cual permite la penetrabilidad del gas para llevar a cabo el proceso de sinterización. La composición granulométrica del combustible carbón antracita tiene influencia en el proceso de sinterización. En la práctica se ha demostrado que el carbón antracita debe tener una granulometría de (1 - 3) mm y que las fracciones de -1 mm no deben superar el 10 %. La disminución de la granulometría del carbón trae consigo un aumento de la superficie de contacto pero a la vez disminuye la permeabilidad de las capas actuando de esta forma negativamente en el proceso de sinterización ya que la mezcla no quema bien debido a que la penetrabilidad del gas disminuye trayendo como resultado una disminución de la calidad del sínter y un aumento del material de retorno. Hay

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

algunos autores que plantean que el hecho es que el carbón al estar en forma de polvo en su mayoría se quema tan rápido que el calor desprendido no es lo suficiente para alcanzar la temperatura necesaria para la producción de un sínter de calidad. Respecto a lo anteriormente planteado debemos señalar que el sínter que se obtiene disminuye su calidad y a la vez queda el producto final (sínter) contaminado con carbón antracita, siendo uno de los parámetros fundamentales que mide la calidad del producto, por lo que se hace necesario la separación de las fracciones finas del combustible.

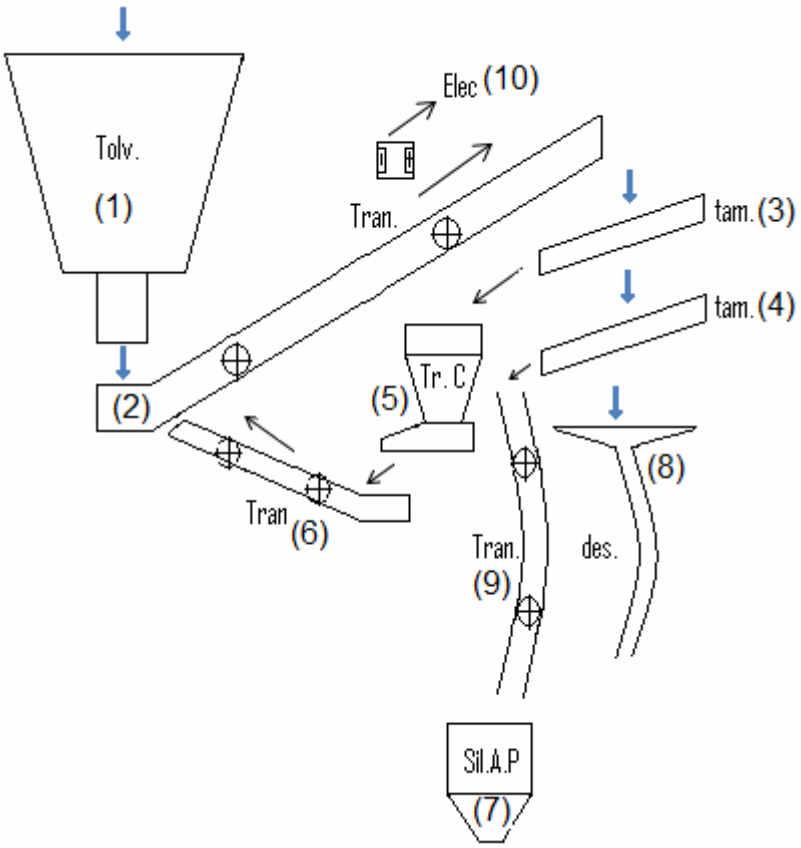

Figura1.1 Fulo tecnológico de la Planta de preparación de carbón de Cayo Guam.

2.2.1 Origen de las muestras

El yacimiento de carbón antracita se encuentra en Vietnam donde se extraen de las minas que pertenece a la corporación COALIMEX y se transportan vía marítima hacia el puerto existente en la zona de Rolo Monte Rey del municipio de Moa para su posterior procesamiento en la planta de Cayo Guam.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

2.2.2 Toma de muestras

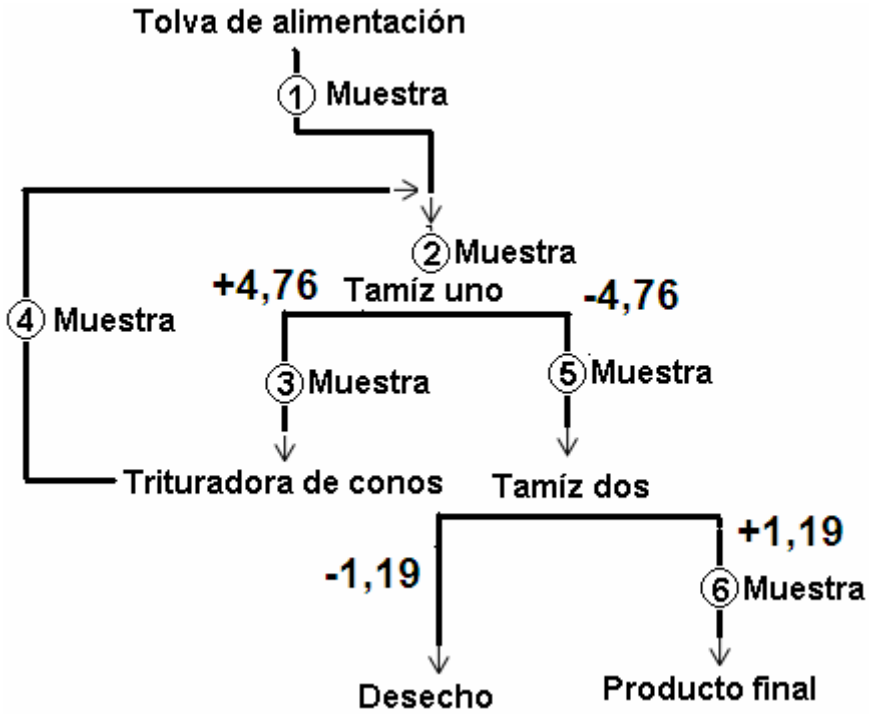

Figura 2.1 Esquema de los puntos de muestreo aplicados en la planta

En figura 2.1 se muestran los puntos en que se tomaron las muestras en el esquema de la planta:

1. Punto uno salida de la tolva de alimentación.
2. Punto dos entrada del tamiz uno.
3. Punto tres salida del tamiz uno hacia la entrada de la trituradora.
4. Punto cuatro salida de la trituradora.
5. Punto cinco salida del tamiz uno hacia el tamiz dos.
6. Punto seis salida del material producto del tamiz dos.

La salida del tamiz número dos de material de rechazo no se muestreó por la falta de accesibilidad a la misma, además no constituye objeto de importancia para esta investigación por constituir el producto de rechazo y con su sola contabilización por diferencia es suficiente.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

La toma de las muestras se realizaron durante un período de cuatro días consecutivos en jornadas de doce horas cada una tomando seis muestras diarias constituyendo una cantidad total de 24 muestras al final del cuarto día.

Cada muestra está constituida por seis muestras a su vez, es decir que se tomó una porción de muestra cada una hora hasta completar la jornada de doce horas, conformando compósitos con dichas porciones de cada punto de muestreo.

Las muestras se almacenaron en depósitos de plástico flexibles y se acumularon hasta terminar de tomar todas las restantes para posteriormente ser transportadas al laboratorio de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en el mismo antes de proceder a su secado se realizó un proceso de homogeneización mediante el método de cono y anillo, con el objetivo de lograr la representatividad de la muestra. Este método consiste en depositar la muestra sobre una superficie preferentemente plana en forme de cono, posteriormente se coloca en el vértice del cono una tabla plana, para que al aplicarle presión al material hasta una profundidad aproximada al ancho de la tabla, con dirección perpendicular al suelo para que este se distribuya de manera uniforme por toda la superficie inferior, luego la superficie superior se desplaza hacia los lados, es importante siempre mantener la posición inicial de la tabla paralela, a la posición inicial de la misma y por ende a la base del cono, la operación de nivelación se realiza hasta que se obtenga una superficie óptima para el cuarteo. El cuarteo se realiza con una arista de la misma tabla, en la capa del material se hacen dos surcos perpendiculares entre si, los cuales se cruzan en proyección al vértice, de esta manera el montón se divide en cuatro partes aproximadamente iguales, posteriormente se unen dos cuartos opuestos y se vuelven a almacenar en el depósito, constituyendo esto la mitad de la muestra inicial, la otra mitad se desecha, luego con la mitad que conservamos se repite el proceso anteriormente descrito dos veces más o en caso de que se requiera llegar a una cantidad de muestra estricta, las veces que sea necesario. Este proceso se muestra en la figura 2.2.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

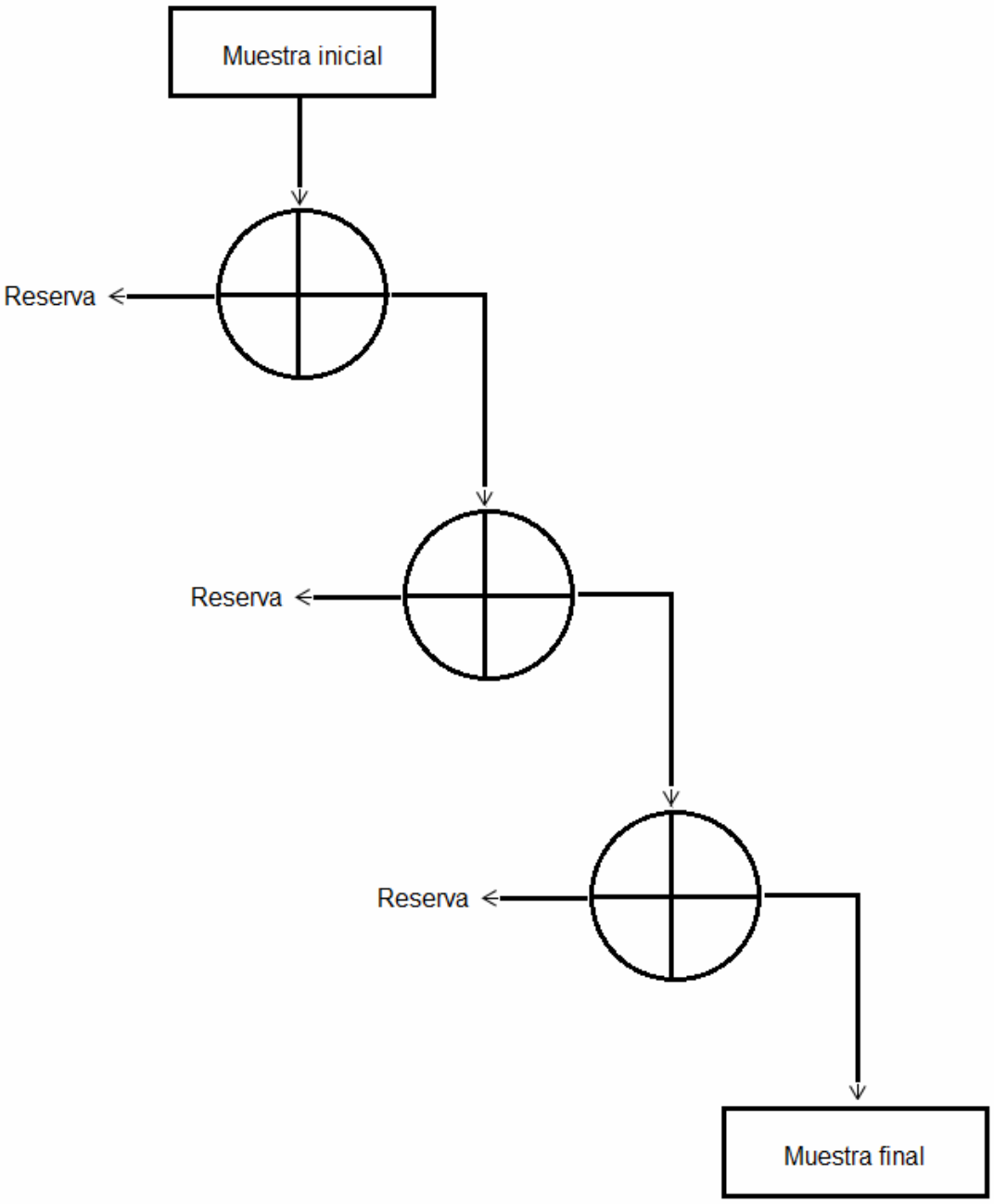

Figura 2.2 Esquema de homogeneización de la muestra de carbón antracita

Después de este proceso de homogeneización las muestras se someten a un proceso de secado en una estufa a 160 ºC durante un período de dos horas con el objetivo de eliminar toda la humedad del material ya que la misma en el posterior proceso de cribado por vía seca dificulta el paso de las partículas a través de los tamices.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

2.3.1 Características del carbón antracita

Procedencia	Corporación “COALIMEX” Vietnam
Descripción	Carbón Antracita No. 4 ASTM Std.
Dimensiones	15-35 mm
Humedad	3,37 %
Cenizas	4,68 %
Material volátil	6,87 %
Contenido de azufre	0,50 %
Valor calorífico	8090 kcal/kg
Carbón Fino	8,45 %
Temperatura de fusión de la ceniza	1400 °C.
Dureza	3

2.4.1 Método para determinar las características físicas del material

Para dicha caracterización se emplearon los análisis mediante tamices. Este procedimiento se basa en la determinación de las fracciones granulométricas del material luego de aplicarle el material sobre el tamiz movimientos laterales y verticales acompañado de una acción de sacudida para lograr que el material se mueva continuamente sobre los tamices.

Los tamices utilizados fueron seleccionados según la serie incompleta de Taylor que luego de obtener el valor de los tamices ideales, los más cercanos con los que contaban, para poder desarrollar la caracterización física del material, son los que se emplean para dicho fin. Dentro de las clases de tamaños presentes, se encuentran algunas que se emplean para evaluar el producto final que se despacha para su utilización en la planta de sínter en la Empresa Ernesto Che Guevara, en la tabla 1.1 se muestran las clases de tamaño utilizadas y las antes mencionadas se subrayan.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Tabla 1.1 Clases de tamaños utilizadas para caracterización física del material

Clases de tamaños (mm)						
4,76	3,55	2,38	1,68	1,19	1,00	0,71

A continuación en la tabla 1.2 se muestra la composición exigida por la empresa Ernesto Che Guevara para con el producto final de la planta de Cayo Guam.

Tabla 1.2 Composición ideal del producto final de la planta de Cayo Guam.

Granulometría (mm)	Composición (%)
6.00	-
4.76	5.00 máximo
2.50	68.00 mínimo
1.19	16.00 máximo
-1.19	11.00 máximo

El material separado por cada clase de tamaño es pesado individualmente para luego determinar el por ciento que representa dentro del material que se alimenta y de esta forma saber la cantidad de material retenido y cernido en cada clase de tamaño, a parte se pueden calcular las características acumulativas del material.

2.5.1 Determinación de la eficiencia de cribado de los tamices uno y dos

Como en todos los procesos productivos que conocemos en el proceso de cribado existen factores que influyen en su desempeño llegando a ser estos limitantes de la eficiencia con la que se necesita que ocurran los mismos. En el proceso de cribado existen estos factores y entre ellos se encuentran los que a continuación se mencionan.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

- Humedad del material
- Forma de los agujeros de las superficies coribantes
- Inclinación de las superficies coribantes
- Velocidad del movimiento de los granos por la superficie coribante
- Amplitud y frecuencia de las oscilaciones de la caja de cribas vibratorias

Factores que no se analizan en este trabajo debido a que la planta de Cayo Guam no es una planta diseñada con el fin de procesar este tipo de material, lo que limita el conocimiento de ciertos aspectos técnicos que pudieran limitar los análisis de dichas influencias no sólo sobre este proceso sino sobre todos los con los que cuenta la misma. A continuación se propone la metodología de cálculo utilizada para determinar la eficiencia del cribado de los tamices uno y dos.

Como se conoce para determinar la eficiencia de la criba en general es necesario establecer una relación entre el material retenido y el material cernido, determinándose la misma a través de la siguiente fórmula:

$$\zeta = \frac{\alpha - \varphi}{\alpha(100 - \varphi)} \cdot 10^4 \qquad (1)$$

Donde:

α : contenido de la clase fina en el material alimentado, %.

φ : contenido de la clase fina en el producto retenido, %.

ξ : eficiencia del cribado

Donde:

$$\alpha = \frac{100 - \sum + clase_{ali}}{100} \qquad (1.1)$$

$$\varphi = \frac{100 - \sum + clase_{ali}}{100} \qquad (1.2)$$

$\sum + clase_{ali}$: por ciento del mineral alimentado retenido en el tamiz de clase mm.

$\sum + clase_{rech}$: por ciento del mineral de rechazo retenido en el tamiz de clase mm.

2.6.1 Determinación de las pérdidas de la planta

Para ello es necesario determinar las pérdidas que aporta la trituradora, los dos tamices pertenecientes al proceso de cribado, luego la suma de ellas permitirá determinar un por ciento de pérdida para la planta en general con la que podemos estimar para la cantidad de material que se desee, luego se plantea como fórmula general para la determinación de las pérdidas la siguiente:

$$\%Ptot. = \%Trit. + \%Def._{crib} \qquad (2)$$

Donde:

$\%Ptot.$: por ciento total de pérdidas de la planta, %

$\%Trt.$:por ciento de fino total aportado por la trituradora al sistema, %

$\%Def._{crib}$: deficiencias del proceso de cribado de los tamices uno y dos, %

2.7.1 Determinación del aporte de fino al sistema de la trituradora de conos

La trituradora de conos existente en la planta de preparación de carbón antracita de Cayo Guam es la misma que se empleaba para la trituración de la del mineral de cromita que se procesaba en la misma antes de remodelarse la instalación y emplearse con el fin actual, por lo que es de suponer que las características de la trituradora son las óptimas para el procesamiento de la cromita, material este con características muy diferentes a las del carbón.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

A continuación se determina la cantidad de fino que aporta la trituradora de conos al sistema como parte de las pérdidas que presenta la planta, en las tablas que aparecen a continuación se muestran los contenidos de fino (-1,19 mm) en la materia prima, la entrada y la salida de la trituradora como valores a analizar para determinar la incógnita anteriormente enunciada:

Tabla 1.3 Cantidad de fino (-1.19) en la materia prima alimentada

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	∑	%
Peso (g)	35,40	65,06	39,29	150,69	290,44	6,87
%	4,16	5,54	3,49	10,70	23,89	-

Tabla 1.4 Cantidad de fino (-1.19) en la entrada de la trituradora

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	∑	%
Peso (g)	11,95	11,19	5,95	6,38	35,47	0,84
%	1,00	0,01	0,56	0,79	2,36	-

Tabla 1.5 Cantidad de fino (-1.19 mm) en la salida de la trituradora

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	∑	%
Peso (g)	100,28	249,40	262,35	297,48	909,51	21,50
%	23,71	31,25	31,20	31,11	117,27	-

El por ciento de la clase fina aportado al sistema por la trituradora es igual al por ciento que representa ésta a la entrada de la trituradora en la sumatoria de las masas totales de los cuatro días correspondientes, menos el por ciento que representa el fino de la materia prima con respecto a la masa mencionada anteriormente.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

$$\%Trit. = \%trt. - \%MP \quad (3)$$

Donde:

$\%\, trt.$: por ciento que representa el fino a la salida de la trituradora en la sumatoria de la masa en los cuatro días, %

$\%\, MP$: por ciento que representa el fino de la materia prima en la sumatoria de la masa en los cuatro días, %

$$\%Trit. = 21{,}50 - 6{,}78$$
$$\%Trit. = 14{,}63\%$$

2.8.1 Determinación del por ciento de deficiencia de los tamices uno y dos en el proceso de cribado

A la hora de determinar la deficiencia de los tamices uno y dos del proceso de cribado en la planta de Cayo Guam se tomaron los valores de las eficiencias diarias y se halló la diferencia para con el 100 % de eficiencia, luego se sumaron los valores obtenidos y se promediaron para cada tamiz como se muestra a continuación los resultados en las tablas (6.1 y 7.1).

Tabla 1.6 Eficiencia de los tamices uno y dos

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Tamiz uno	76,40	91,62	91,71	91,52
Tamiz dos	76,97	84,16	75,81	89,56

Tabla 1.7 Deficiencia de los tamices uno y dos

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Media
Tamiz uno	23,60	8,38	8,29	8,48	12,19
Tamiz dos	23,03	15,83	24,19	10,44	18,38

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Es necesario subrayar, que en los operaciones de transporte de la banda transportadora, donde se recibe el material alimentado y se une con el material que sale de la trituradora y en la operación de tamizado existen derramamientos de material por conexión deficiente entre las bandas transportadoras y debido a desajustes entre los sistemas de colección de material tamizado respectivamente, que según la experiencia de los operarios constituye aproximadamente un 3 % por tonelada de material procesado.

Al emplear la fórmula propuesta para el cálculo de las pérdidas de la planta (1) obtenemos el siguiente resultado:

$$\%Ptot. = 14{,}63 + 30{,}56$$
$$\%Ptot. = 45{,}19\%$$

Conclusiones parciales

1. Las muestras tomadas son representativas y pueden ser utilizadas para la investigación
2. Con la metodología utilizada se pueden determinar las pérdidas del carbón antracita de la Planta de Cayo Guam.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza el análisis de los resultados obtenidos mediante la caracterización granulométrica del material en estudio, tanto para el material que se alimenta, el que se tritura, el que se tamiza, como para el producto final del proceso de la planta de Cayo Guam a través de la base de datos obtenida.

3.1.1 Resultado de la caracterización granulométrica del material

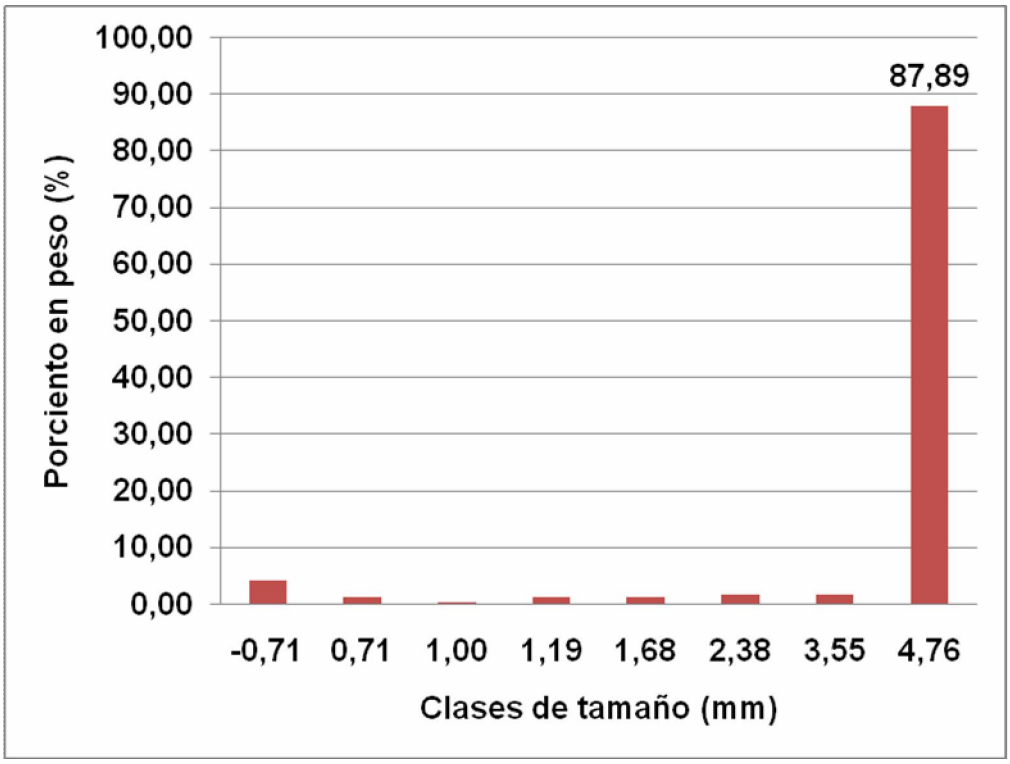

Figura 3.1 Características de tamaño parcial promedio de la materia prima

Como se puede apreciar en la figura la clase predominante es la de +4,76 mm, mientras que el resto de las clases se distribuye de forma parcialmente uniforme.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

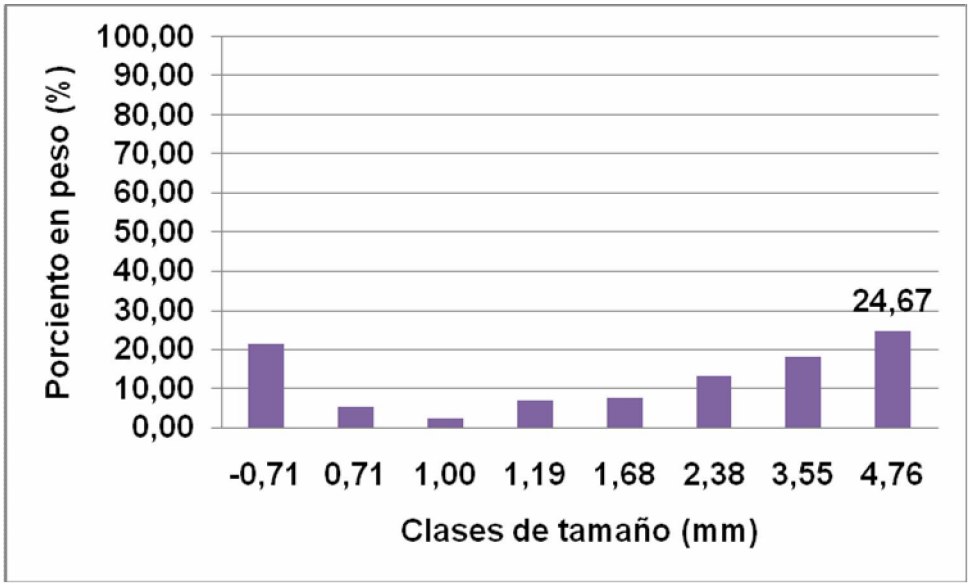

Figura 3.2 Características de tamaño parcial promedio del material a la salida de la trituradora

El material que sale de la trituradora posee predominio de la clase +4.76 además se aprecia un aumento significativo de la clase -1,19 donde se evidencia el trabajo deficiente de la misma, se aprecia un incremento notable del resto do las clases con respecto a la materia prima.

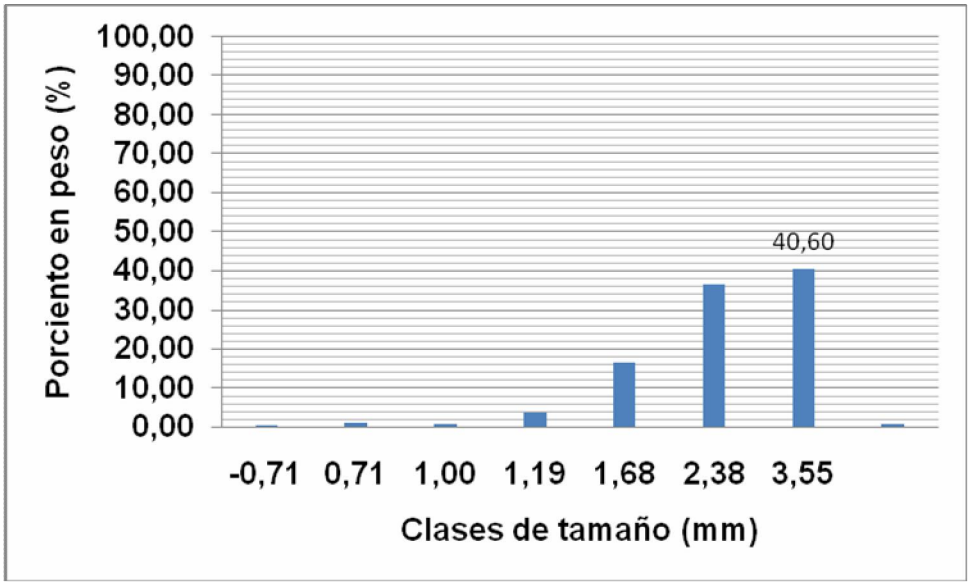

Figura 3.3 Características de tamaño parcial promedio del producto final

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

En el producto final se pudo determinar que las clases predominantes están en el rango -3.55 +1.19 mm por lo que se puede apreciar un producto con una buena calidad debido a que según los requisitos solicitados por la empresa Comandante Ernesto Che Guevara para el producto final de la planta de Cayo Guam los por cientos de las clases +4.76 y -1.19 no exceden el 5 y 11 % respectivamente.

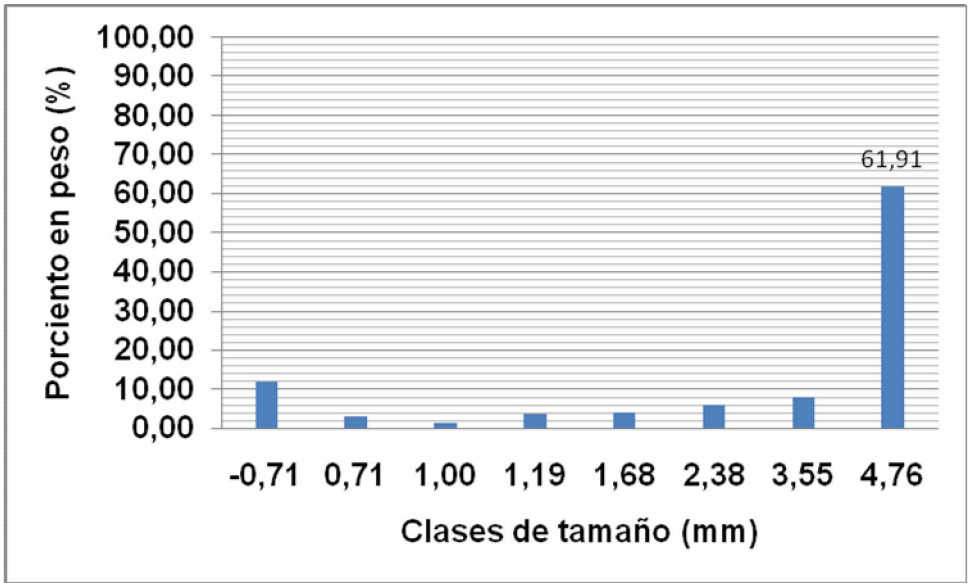

Figura 3.4 Características de tamaño parcial promedio del material a la entrada al tamiz uno

El material de entrada al tamiz uno posee las características conjuntas de la materia prima y del material de retorno en cuanto a homogeneización y distribución de las partículas -4.76 +3.55 hasta +1.19.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

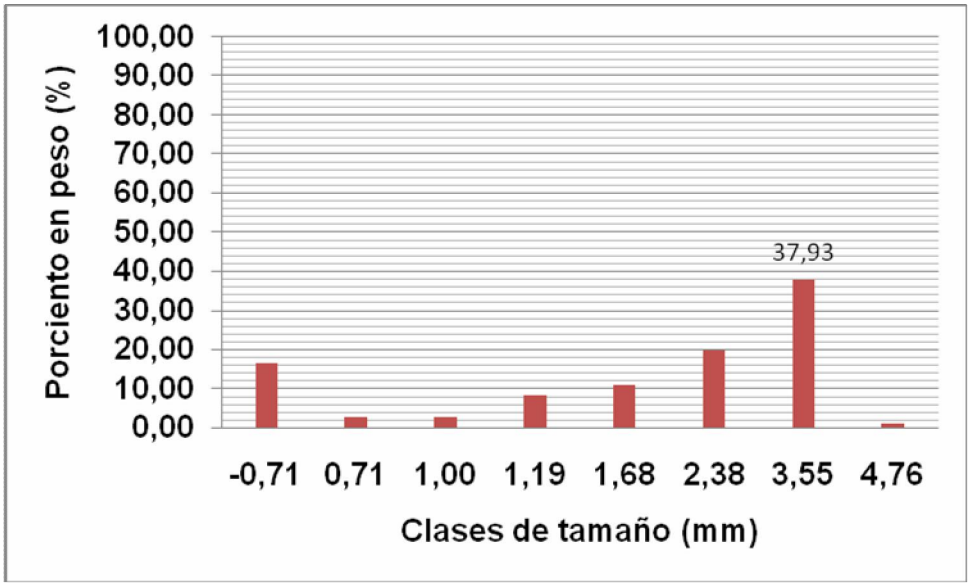

Figura 3.5 Características de tamaño parcial promedio del material que entra al tamiz dos

Muestra una reducción drástica en el contenido de granos de la clase +4.76 al mismo tiempo se produce un efecto similar en las clases -4.76 +3.55, los granos inferiores a los de las clases anteriormente mencionadas se distribuyen en cantidades relativamente semejantes, excepto el fino inferior a la clase -1.19 que por lo general se mantiene encima de estos últimos.

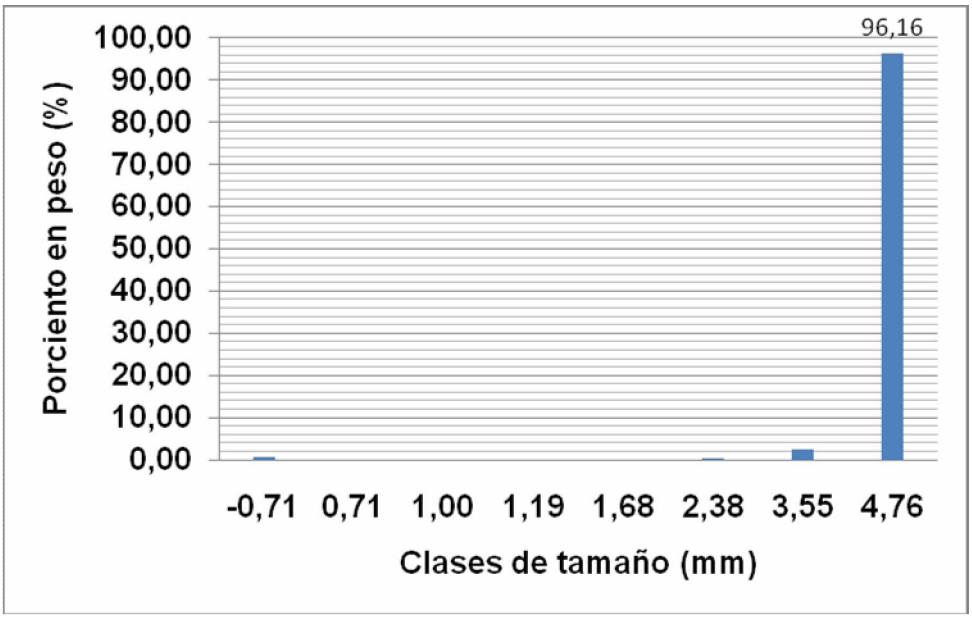

Figura 3.6 Característica de tamaño parcial promedio del material a la entrada a la trituradora

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

El material que se alimenta a la trituradora exhibe características muy diferentes a todos los demás ya que se aprecia que alrededor del 96 % del total del material que se pertenece a la clase +4.76 el resto se distribuye en menor por ciento para las clases -4.76 +3.55 e ínfimas cantidades para las clases restantes.

3.2.1 Resultado del aporte de fino de la trituradora al sistema

En la siguiente figura se muestra la comparación entre el fino aportado por la trituradora y el que contiene la materia prima, donde se evidencia claramente que la mayor contribuyente a las pérdidas de la planta lo constituye la trituradora de conos con un valor de aporte máximo en un día de un 31 % de fino con respecto al material alimentado a la misma.

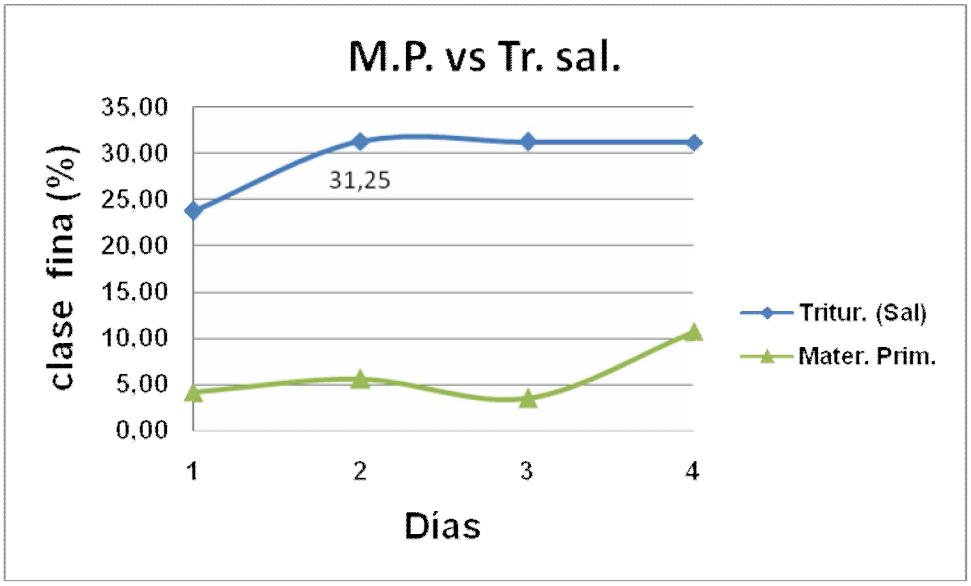

Figura 3.7 Comparación de los aportes de fino al sistema entre la materia prima y la salida de la trituradora de conos

3.3.1 Análisis de los resultados de los cálculos de la eficiencia del cribado

La otra operación que influye en la determinación de las pérdidas de la planta de forma notable es el proceso de cribado, con los valores de las eficiencias obtenidas de los respectivos tamices se construye la siguiente figura que muestra la comparación entre el desempeño de los mismos.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

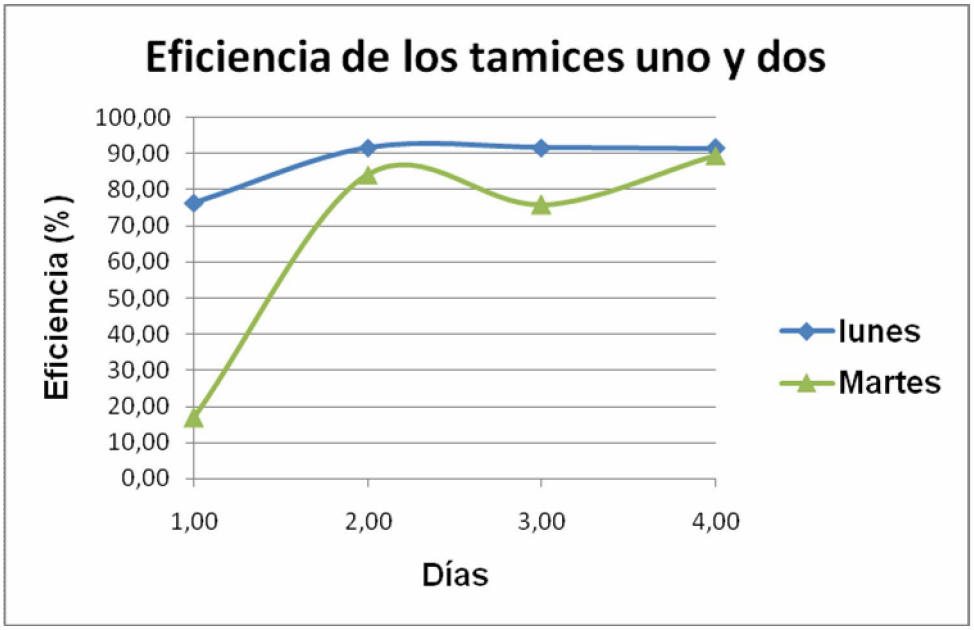

Figura 3.8 Comparación de las eficiencias de los tamices uno y dos

Los valores señalados coresponden a los valores más bajos de eficiencia de cada tamiz, además se parecia que el tamiz dos es el que presenta el valo de eficiencia más bajo en el proceso de cribado al mostrar valores aproximados al 17 % de eficiencia.

3.4.1 Análisis del resultado de las pérdidas totales de la planta

El valor obtenido como pérdida total de la planta es de 45,19 % y en los resultados analizados anteriormente se aprecia que en las operaciones que mayores pérdidas aportan son la trituración y el cribado del tamiz dos, por lo que hay que realizar un estudio de dichos procesos para determinar si son corregibles con el equipamiento disponible o si es necesario remplazarlo en parte o en su totalidad. Al realizar un estimado de pérdidas con el valor total de pérdida de la planta obtuvimos los siguientes resultados:

Para mil kilogramos de carbón antracita alimentados:

1000kg ----------100 %

X ----------45,19

$$X = \frac{1000 \cdot 45{,}19}{100} \qquad (4)$$

$$X = 451{,}9 kg$$

Esta cifra muestra que las pérdidas son elevadas al utilizar datos brindados por dirigentes responsables de la planta los que plantean que al año se puede alimentar al sistema 29200 t/a de carbón antracita entonces las pérdidas serían:

$$X = \frac{29200 \cdot 45{,}19}{100}$$

$$X = 13197{,}18\, t/a$$

3.5.1 Estimación anual de pérdidas de la planta de acuerdo con el precio actual del carbón en el mercado internacional

Según los datos brindados por el personal del puerto el precio de compra del carbón antracita es de 340 dólares la tonelada entonces si empleamos el resultado del cálculo anterior en donde determinamos la cantidad de toneladas que se pierden en un año al multiplicamos por el precio de una tonelada en el mercado internacional obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{cuc} = X_2 \cdot \text{Pr}\, ec./t \qquad (6)$$

P_{cuc} = 13197,18 t/a · 340 $/t

P_{cuc} =4 487 041,60 $/a

Conclusiones parciales

1. Las características granulométricas del material en cada etapa muestran reducciones y aumentos de la clase fina de acuerdo con el proceso que se realice.

2. El circuito triturador de cono – cribado, son los que aportan todas las pérdidas a la planta de preparación de carbón de Cayo Guam.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

CONCLUSIONES

1. El proceso de preparación del carbón antracita aplicado en la planta de Cayo Guam no es eficiente, las pérdidas económicas ascienden a 4 487 041,60 $/a debido al incremento del rechazo superior al 40 % del material procesado.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la sustitución de la trituradora de conos por una de rodillos ДД 3-6 para reducir las pérdidas de material en fino ya que la misma está destinada a la trituración gruesa y media de los carbones antracitas según (Andréiev, S. E. (1980).pág.271).

   Características técnicas de la trituradora de dos rodillos dentados ДД 3-6.

   - Dimensiones de los rodillos (mm).

   Diámetro 630

   Longitud 800

   - Ancho de la rejilla entre los cilindros (mm)

   50 – 150

   - Rendimiento (para carbón) en t/h

   Grosor mínimo de material triturado 60

   Grosor máximo de material triturado 150

   - Frecuencia de rotación de los cilindros r.p.m.

   50

   - Potencia del motor eléctrico (kW)

   20

   - Masa de la trituradora (t).

   11,2

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

- Rendimiento de la trituradora de dos rodillos

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot s \cdot n \cdot \mu$$
$$Q = 60 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}63 \cdot 0{,}15 \cdot 50 \cdot 0{,}27$$
$$Q = 240{,}35 m^3 / h$$

Si se compara este resultado con el volumen de la tolva de alimentación se puede apreciar que con el empleo de esta trituradora en una hora se puede procesar el 82,88 % de su capacidad total.

2. Es necesario ampliar la base de información referente a la planta de Cayo Guam para realizar un mejor estudio de la misma.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

BIBLIOGRAFÍA

Almaguer, C. Y. Presente y futuro de las Rocas y Minerales

Industriales, año 1993

Andréiev, S. E. (1980). Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales

Cárcamo, H. (2003). Operaciones mecánicas. Apuntes para alumnos de ingeniería metalúrgica.

Coello, A. V. (1999). "Curso de preparación mecánica de menas y minerales."

COLECTIVO DE AUTORES. 1998: Manual de operaciones planta de preparación de mineral, Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, Moa.

Dercach, G., (1981). Métodos especiales de enriquecimiento de minerales. Impreso en la URSS,

Ruiz, C. M. (2004). Reducción de tamaño y clasificación

Richrds, H. R. (1940). Textbook of are Ressing

Fomenko, G. T. (1980). Procesos de enriquecimiento de minerales por gravitación.

FALCÓN H, J ¨et al¨ (1997): Preparación mecánica de los minerales lateríticos, en la Revista Tecnológica Vol. 1 No 1.

Hidalgo, V. A. H. (2009). Análisis del proceso de fragmentación multiple durente la trituración por impacto del mineral del yacimiento San Andrés 87.

HERBST J A Y POTAPOV A V. Vol. No. 2. Mayo 2004. Radical innovations in mineral processing simulation. Rev Mineral processin.

KOBACHICAWA CH, J A. Perú 2006. Diseño de un Controlador por Lógica

Difusa para una planta de trituración secundaria y terciaria. Tesis maestría Univ

Lima.

LYNCH, J. A. Madrid, 1980. Circuitos de trituración y molienda de minerales.

Editorial Rocas y Minerales.

Mitrofanóv, I., Barski, L., (1982). Investigaciones de la capacidad de

enriquecimiento de los minerales , Editorial Mir, Moscú.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

MULAR, A L Y BHAPPU, R B. España. 1980. Diseño de plantas de proceso de minerales. Segunda parte. Segunda edición (español). Edit. Rocas y minerales.

NIKOLOV S 2002. A Performance model for impact crusher. Minerals Engineering.

Pryor, E., (1965). Mineral Processing. Third Edition.

Rasumov, A. K. y Perov, A. V. (1985). Proyectos de fábricas de preparación de minerales.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ANEXOS

Anexo1 Característica granulométrica de la materia prima el lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	766,13	89,93	89,93
-4,76 +3,55	17,12	2,02	91,95
-3,55 +2,38	12,46	1,46	93,41
-2,38 +1,68	10,14	1,24	94,65
-1,68 +1,19	10,57	1,19	95,84
-1,19 +1,00	2,87	0,34	96,18
-1,00 + 0,71	9,10	1,07	97,25
-0,71	23,43	2,75	100,00
Total	851,90	100,00	-

Anexo 2 Característica granulométrica de materia prima el martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1051,69	89,63	89,63
-4,76 +3,55	17,15	1,64	91,09
-3,55 +2,38	16,53	1,41	92,50
-2,38 +1,68	12,30	1,05	93,55
-1,68 +1,19	10,67	0,91	94,46
-1,19 +1,00	5,77	0,49	94,95
-1,00 + 0,71	9,71	0,83	95,77
-0,71	49,58	0,29	100,00
Total	1173,40	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 3 Característica granulométrica de la materia prima el miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1036,50	92,02	92,02
-4,76 +3,55	12,22	1,08	93,11
-3,55 +2,38	15,00	1,33	94,44
-2,38 +1,68	10,77	0,96	95,40
-1,68 +1,19	12,56	1,12	96,51
-1,19 +1,00	3,56	0,32	96,83
-1,00 + 0,71	13,57	1,20	98,03
-0,71	22,61	1,97	100,00
Total	1126,34	100,00	-

Anexo 4 Característica granulométrica de la materia prima el jueves

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1126,57	80,00	80,00
-4,76 +3,55	38,58	2,74	82,74
-3,55 +2,38	40,00	2,84	85,58
-2,38 +1,68	24,16	1,72	87,29
-1,68 +1,19	28,29	2,01	89,30
-1,19 +1,00	7,82	0,56	89,86
-1,00 + 0,71	25,01	1,78	91,63
-0,71	117,86	8,37	100,00
Total	1408,29	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 5 Característica granulométrica de la salida del triturador lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	130,56	30,87	30,87
-4,76 +3,55	79,31	18,75	49,62
-3,55 +2,38	55,32	13,08	62,70
-2,38 +1,68	32,20	7,61	70,31
-1,68 +1,19	25,29	5,98	76,29
-1,19 +1,00	6,92	1,64	77,93
-1,00 + 0,71	17,25	4,08	82,01
-0,71	76,11	17,99	100,00
Total	422,96	100,00	-

Anexo 6 Característica granulométrica de la salida del triturador martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	139,40	17,46	17,46
-4,76 +3,55	191,75	24,02	41,49
-3,55 +2,38	109,15	13,67	55,16
-2,38 +1,68	56,36	7,06	62,22
-1,68 +1,19	52,13	6,53	68,75
-1,19 +1,00	19,82	2,48	71,24
-1,00 + 0,71	41,90	5,25	76,49
-0,71	187,68	23,51	100,00
Total	798,19	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 7 Característica granulométrica de la salida del triturador miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	198,93	23,66	23,66
-4,76 +3,55	131,53	15,64	39,30
-3,55 +2,38	113,36	13,48	52,78
-2,38 +1,68	71,13	8,46	61,24
-1,68 +1,19	63,56	7,56	68,80
-1,19 +1,00	22,61	2,69	71,49
-1,00 + 0,71	50,78	6,04	77,53
-0,71	188,96	22,47	100,00
Total	840,86	100,00	-

Anexo 8 Característica granulométrica de la salida del triturador jueves

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	255,27	26,70	26,70
-4,76 +3,55	138,79	14,32	41,21
-3,55 +2,38	116,20	12,15	53,37
-2,38 +1,68	77,12	8,07	61,43
-1,68 +1,19	71,26	7,45	68,89
-1,19 +1,00	25,71	2,69	71,58
-1,00 + 0,71	58,25	6,09	77,67
-0,71	213,52	22,33	100,00
Total	956,12	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 9 Característica granulométrica de la salida del tamiz 1 lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	2,98	0,82	0,82
-4,76 +3,55	140,19	38,73	39,55
-3,55 +2,38	86,96	24,02	63,58
-2,38 +1,68	37,25	10,29	73,87
-1,68 +1,19	28,78	7,95	81,82
-1,19 +1,00	6,91	1,91	83,73
-1,00 + 0,71	19,27	5,32	89,05
-0,71	322,24	10,95	100,00
Total	361,96	100,00	-

Anexo 10 Característica granulométrica de la salida del tamiz 1 martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	3,95	0,91	0,91
-4,76 +3,55	162,70	37,65	38,56
-3,55 +2,38	92,31	21,36	59,92
-2,38 +1,68	43,71	10,11	70,04
-1,68 +1,19	31,09	7,19	77,23
-1,19 +1,00	10,84	2,51	79,74
-1,00 + 0,71	7,72	1,79	81,53
-0,71	352,32	18,47	100,00
Total	432,16	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 11 Característica granulométrica de la salida del tamiz 1 miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	5,38	0,96	0,96
-4,76 +3,55	197,60	32,44	33,40
-3,55 +2,38	99,74	16,37	49,77
-2,38 +1,68	72,09	11,37	61,60
-1,68 +1,19	65,86	11,83	72,46
-1,19 +1,00	31,95	10,81	77,66
-1,00 + 0,71	16,58	5,25	80,38
-0,71	489,65	2,72	100,00
Total	609,14	100,00	-

Anexo 12 Característica granulométrica de la salida del tamiz 1 jueves

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	4,75	0,99	0,99
-4,76 +3,55	205,02	42,92	43,91
-3,55 +2,38	85,42	17,88	61,80
-2,38 +1,68	53,80	11,26	73,06
-1,68 +1,19	33,70	Z,05	80,11
-1,19 +1,00	5,21	1,09	81,20
-1,00 + 0,71	8,10	1,70	82,90
-0,71	396,00	17,10	100,00
Total	477,68	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 13 Característica granulométrica de la entrada tamiz uno lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	568,09	83,26	86,26
-4,76 +3,55	32,31	4,74	87,99
-3,55 +2,38	17,70	2,59	90,59
-2,38 +1,68	10,77	1,48	92,16
-1,68 +1,19	9,30	1,36	93,53
-1,19 +1,00	3,18	0,74	93,99
-1,00 + 0,71	7,72	1,13	95,12
-0,71	33,27	4,88	100,00
Total	682,34	100,00	-

Anexo 14 Característica granulométrica de la entrada tamiz uno martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	482,39	53,14	53,14
-4,76 +3,55	81,89	9,02	62,16
-3,55 +2,38	63,45	6,99	69,15
-2,38 +1,68	44,68	4,92	74,07
-1,68 +1,19	43,95	4,84	78,91
-1,19 +1,00	17,75	1,96	80,87
-1,00 + 0,71	35,32	3,89	84,76
-0,71	769,43	15,24	100,00
Total	907,82	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 15 Característica granulométrica de la entrada tamiz uno miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	746,99	57,02	57,02
-4,76 +3,55	113,17	8,64	65,66
-3,55 +2,38	93,54	7,14	76,80
-2,38 +1,68	63,32	4,83	77,63
-1,68 +1,19	58,50	4,47	83,10
-1,19 +1,00	20,52	1,57	83,66
-1,00 + 0,71	44,13	3,37	87,03
-0,71	1140,17	12,97	100,00
Total	1310,08	100,00	-

Anexo 16 Característica granulométrica de la entrada tamiz uno jueves

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	635,76	54,21	54,21
-4,76 +3,55	105,98	9,04	63,25
-3,55 +2,38	87,85	7,49	70,74
-2,38 +1,68	57,23	4,88	75,62
-1,68 +1,19	53,77	4,59	80,21
-1,19 +1,00	22,20	1,89	82,10
-1,00 + 0,71	44,12	3,76	8z,80
-0,71	1006,92	14,14	100,00
Total	1172,73	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 17 Característica granulométrica del producto final lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1,87	0,70	0,70
-4,76 +3,55	83,29	21,02	31,71
-3,55 +2,38	109,88	40,92	72,63
-2,38 +1,68	57,30	21,34	93,97
-1,68 +1,19	12,19	4,54	98,51
-1,19 +1,00	1,29	0,48	98,99
-1,00 + 0,71	1,57	0,58	99,58
-0,71	257,39	0,42	100,00
Total	268,53	100,00	-

Anexo 18 Característica granulométrica del producto final martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	3,85	0,76	0,76
-4,76 +3,55	173,01	34,14	34,90
-3,55 +2,38	209,80	41,39	76,29
-2,38 +1,68	96,04	18,95	95,24
-1,68 +1,19	17,18	3,39	98,63
-1,19 +1,00	1,84	0,36	98,99
-1,00 + 0,71	2,28	0,45	99,44
-0,71	504,01	0,56	100,00
Total	506,83	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 19 Característica granulométrica del producto final miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	2,10	0,57	0,57
-4,76 +3,55	204,05	55,46	56,03
-3,55 +2,38	97,39	26,47	82,50
-2,38 +1,68	30,11	8,18	90,69
-1,68 +1,19	15,80	4,29	94,98
-1,19 +1,00	7,45	2,02	97,00
-1,00 + 0,71	10,61	2,88	99,89
-0,71	367,51	0,11	100,00
Total	367,92	100,00	-

Anexo 20 Característica granulométrica del producto final jueves

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	4,47	0,87	0,87
-4,76 +3,55	227,67	41,78	42,65
-3,55 +2,38	204,73	37,57	80,22
-2,38 +1,68	92,44	16,96	97,18
-1,68 +1,19	12,08	2,22	99,40
-1,19 +1,00	0,94	0,17	99,57
-1,00 + 0,71	0,98	0,18	99,75
-0,71	543,58	0,25	100,00
Total	544,95	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 21 Característica granulométrica de la entrada del triturador lunes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1143,71	96,04	96,04
-4,76 +3,55	29,16	2,45	98,49
-3,55 +2,38	4,11	0,35	98,84
-2,38 +1,68	1,03	0,09	98,92
-1,68 +1,19	0,87	0,07	99,00
-1,19 +1,00	0,49	0,04	99,04
-1,00 + 0,71	1,47	0,15	99,18
-0,71	1181,11	0,82	100,00
Total	1190,83	100,00	-

Anexo 22 Característica granulométrica de la entrada del triturador martes

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1122,65	96,06	96,06
-4,76 +3,55	31,49	2,69	98,75
-3,55 +2,38	3,06	0,26	99,01
-2,38 +1,68	0,21	0,02	99,03
-1,68 +1,19	0,12	0,01	99,04
-1,19 +1,00	0,01	0,00	99,04
-1,00 + 0,71	1,57	0,13	99,18
-0,71	1159,11	0,82	100,00
Total	1168,72	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 23 Característica granulométrica de la entrada del triturador miércoles

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	1025,76	96,42	96,42
-4,76 +3,55	29,96	2,82	99,24
-3,55 +2,38	1,56	0,15	99,39
-2,38 +1,68	0,17	0,02	99,40
-1,68 +1,19	0,40	0,04	99,44
-1,19 +1,00	0,01	0,00	99,44
-1,00 + 0,71	1,14	0,11	99,55
-0,71	105,.00	0,45	100,00
Total	1063,80	100,00	-

Anexo 24 Característica granulométrica de la entrada del triturador

Clases de tamaño (mm)	Peso (g)	Por ciento en peso (%)	$\sum +$
+4,76	775,65	96,10	96,10
-4,76 +3,55	19,12	2,37	98,47
-3,55 +2,38	5,02	0,62	99,09
-2,38 +1,68	0,15	0,02	99,11
-1,68 +1,19	0,81	0,10	99,21
-1,19 +1,00	0,01	0,00	99,21
-1,00 + 0,71	0,10	0,01	99,22
-0,71	800.86	0,78	100,00
Total	807,13	100,00	-

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 25 Características de tamaño parcial promedio de la materia prima

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	87,89
3,55	1,83
2,38	1,76
1,68	1,24
1,19	1,31
1,00	0,42
0,71	1,22
-0,71	4,33
Total	100,00

Anexo 26 Características de tamaño parcial promedio del material a la salida de la trituradora.

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	24,67
3,55	18,23
2,38	13,10
1,68	7,80
1,19	6,88
1,00	2,37
0,71	5,36
-0,71	21,58
Total	100,00

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 27 Características de tamaño parcial promedio del material a la entrada del tamiz uno.

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	61,91
3,55	7,86
2,38	6,05
1,68	4,05
1,19	3,81
1,00	1,47
0,71	3,04
-0,71	11,81
Total	100,00

Anexo 28 Características de tamaño parcial del material a la salida del tamiz uno.

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	0,92
3,55	37,93
2,38	19,91
1,68	10,88
1,19	8,25
1,00	2,69
0,71	2,88
-0,71	16,53
Total	100,00

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Anexo 29 Características del tamaño parcial del producto final.

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	0,72
3,55	40,60
2,38	36,59
1,68	16,36
1,19	3,61
1,00	0,76
0,71	1,02
-0,71	0,34
Total	100,00

Anexo 30 características del tamaño parcial del material a la entrada de la trituradora.

Clases de tamaño (mm)	Por ciento en peso (%)
4,76	96,16
3,55	2,58
2,38	13,10
1,68	7,80
1,19	6,88
1,00	2,37
0,71	5,36
-0,71	21,58
Total	100,00