

**REDISEÑO Y CONSTRUCCION DE MOLINO DE BARRAS DE CHOQUE CON
CAMARAS DE IMPACTO UTILIZADO EN EL PROCESO DE TRITURACION
DE PIEDRA CALIZA**

**OSCAR JAVIER CARRILLO SOLORZANO
OSCAR ALFONSO GODOY CORREDOR**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTA D. C.
2013**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2. ANTECEDENTES.....	7
3. JUSTIFICACIÓN.....	10
4. DELIMITACIONES.....	12
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
6. MARCO TEÓRICO.....	14
7. METODOLOGIA.....	30
8. CRONOGRAMA.....	32
9. RECURSOS.....	33
10. BIBLIOGRAFIA.....	34

INTRODUCCION

Para el tratamiento industrial de rocas y minerales, es necesario practicar una preparación de los mismos y dentro de esa preparación normalmente se requiere efectuar una reducción de tamaño.

Las operaciones mediante las que se efectúan dichas reducciones de tamaño por medios físicos se denominan trituración. Esta operación es de aplicación cotidiana en los procesos industriales, tal como en el proceso de fabricación del cemento y en la producción de agregados.

Uno de los grandes problemas en el proceso de trituración, es el bajo rendimiento en el proceso de trituración secundario. Esto se debe a la gran cantidad de material que pasa por las maquinas sin ser procesado. A este porcentaje de material se le denomina retorno.

En la actualidad, con el auge de la construcción, donde hay mayor demanda de agregados, se ha notado una mayor competencia entre productores de dichos materiales, lo cual ha generado una disminución en los precios de los mismos.

Por lo anterior las compañías dedicadas a la trituración, han tenido que buscar la manera de optimizar sus procesos para ser competitivos en el mercado de hoy.

Las compañías especializadas a nivel internacional en la producción de maquinaria para minería brindan soluciones técnicas a los problemas en la trituración secundaria tales como, implementación de molinos con cámaras de impacto y/o implementación de un proceso de trituración terciario.

Atacando el problema en esta etapa de la producción de agregados pétreos se garantiza la optimización en una planta de producción.

En cualquiera de las dos soluciones brindadas por los expertos, el costo generado es bastante considerable, por lo cual los pequeños productores se ven limitados a implementar estas mejoras, quedándose en las viejas tecnologías y tendiendo a desaparecer del mercado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El fenómeno de alcanzar mayor producción y alta calidad de agregados pétreos en la industria minera ha sido una de las preocupaciones de los pequeños productores, debido a un mal planteamiento del proceso.

En Colombia se encuentran plantas con equipos de diseño muy antiguo, baja producción, no balanceadas, continuas fallas (prolongadas y recurrentes). Plantas de baja capacidad con altos costos de operación.

El mayor problema se evidencia en la trituración secundaria, donde tenemos que conseguir el tamaño final del agregado deseado. Para esta labor, lo más usado en el país, es un molino de impacto convencional, diseño que viene de vieja data, alrededor de 1910, de una compañía inglesa denominada Parker.

Este molino brinda buena calidad en el producto pero es de baja capacidad. Esto se debe a que el material que pasa por la maquina sin ser procesado es progresivo a medida que las piezas internas se desgastan.

En reemplazo de esta máquina y para el mejoramiento del proceso, encontramos varias opciones. Por un lado están las trituradoras de conos, los molinos de barras con cámaras de impacto o implementación de una etapa de trituración terciaria; cualquiera de las anteriores amerita una inversión elevada.

La pregunta que surge es: ¿Es posible fabricar un molino de barras con cámaras de impacto, desarrollando para su elaboración un rediseño sencillo y eficiente, y utilizando materiales, procesos y mano de obra nacional, que sea de fácil acceso para los medianos y pequeños productores de agregados?

2. ANTECEDENTES

Trituración de roca, oro y minerales es una de las industrias más antiguas realizadas por el hombre. La primera conocida fue por parte de los nativos y consistía en levantar una pesada roca por hombres o animales con una cuerda y se dejaba caer sobre la roca a ser aplastada.

La trituración es la función esencial en el tratamiento de todas las rocas y minerales, cualquiera que sea su uso final. La primera trituración de rocas no parece compatible con la tecnología del siglo 21. Desde el comienzo de la década de 1800 se llevaba a cabo el proceso de Trituración con cientos de hombres y mujeres, equipados con mazos.

La primera patente de los EE.UU. de una máquina trituradora se publicó en 1830. Era un dispositivo, que, de una manera burda, incorporó el principio de martinete, posteriormente usada en la fábrica de sellos, cuya historia está íntimamente ligada a la de la época dorada de la minería de América. Eli Whitney Blake inventó el primer éxito de interruptor mecánico denominada Trituradora de Mandíbulas Blake patentada en 1858. Blake adoptó un principio mecánico conocido por todos los estudiantes de la mecánica. La idea fue tan

buena que se demuestra con el hecho que la Trituradora de Mandíbula Blake es hoy la norma por la cual todas las trituradoras de mandíbulas son juzgadas. En 1881, Philters W. Gates obtuvo una patente sobre una máquina que incluye en su diseño todas las características esenciales de la trituradora giratoria.

La trituradora de impacto es una máquina que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. En general, estas máquinas proporcionan curvas mejor graduadas en relación a las machacadoras de mandíbulas, así como un buen factor de forma. No son adecuadas para material abrasivo, salvo que éste sea muy blando, ni tampoco para materiales duros, excepto que tengan una textura estratificada.

Existen dos tipos fundamentales de trituradoras de impacto: las de barras de choque y las de martillo. En las primeras, el elemento percutor son barras alargadas, fijas y paralelas al rotor, de sección rectangular. En las segundas, el elemento de percusión es una colección de martillos situados a lo largo de varios ejes en la periferia del rotor.

Aunque son varios los modelos existentes, básicamente estas trituradoras constan de una carcasa más o menos cúbica, cámara de trituración, que se ve cruzada por un eje que se apoya mediante rodamientos en dos de sus caras laterales opuestas. Abrazando al eje, está el rotor donde se alojan los

elementos de percusión, que golpean y lanzan el material dentro de la cámara de impacto contra las placas de choque, situadas en la cara superior y frontal.

La boca de entrada se sitúa en la parte superior, y a unos 45° con la vertical, y la boca de salida se encuentra en la parte inferior. Las placas de choque, de acero al manganeso, se desgastan de forma desigual, por lo que se diseñan simétricas para invertirlas y aprovecharlas mejor. Suelen ser dentadas para facilitar la fractura del material.

Para efectos de mantenimiento, las máquinas poseen la apertura en un plano horizontal a la altura de los soportes de los rodamientos del eje. Y en los laterales de la carcasa se sitúan puertas de registro para inspección.

3. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que los costos de maquinaria moderna para el proceso de trituración que brindan además de alta producción y calidad del producto, confiabilidad (menos mantenimiento), son elevados, muchos de los productores no pueden cambiar la tecnología obsoleta que poseen.

Por esta razón lo que se quiere brindar con este proyecto al pequeño productor de agregados, es una solución a sus necesidades, teniendo en cuenta los recursos con que ellos cuentan.

Podemos producir en Colombia a un bajo costo, un molino de barras con dos cámaras de impacto, teniendo un rediseño sencillo y eficiente, y utilizando materiales, procesos y mano de obra nacional.

Por otra parte, es importante que los profesionales aprendan de la importancia de la implementación de nuevas tecnologías en los procesos de trituración porque hoy en día, otro de los grandes problemas en las plantas de trituración son los asesores sin demasiada experiencia en producción de áridos de alta

especificación. Estos muchas veces brindan información técnica errada, y hacen caer a los productores en errores.

De igual manera queremos incentivar a nuestros compañeros universitarios, a buscar soluciones efectivas y económicas para nuestros pequeños y medianos empresarios de cualquier industria, ya que al poner nuestros conocimientos profesionales al servicio de nuestro país, impulsaremos el empleo y la educación.

4. DELIMITACIONES

El material mineral con el cual se evaluará nuestro rediseño será la piedra Caliza.

La máquina planteada para el mejoramiento del proceso será un molino de barras con dos cámaras de impacto.

Revisión de máquinas existentes en el mercado para el posterior rediseño.

El molino de barras tendrá una producción de 25-50 m³/h.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Rediseñar y construir un molino de barras con cámaras de impacto utilizado en el proceso de trituración secundaria.

5.2. Objetivos específicos

- Estudiar el proceso de trituración de piedra caliza.
- Evaluar el mecanismo del molino convencional utilizado en Colombia.
- Elaborar planos de conjunto y detalle del molino MIH3.
- Rediseñar elementos críticos del molino MIH3.
- Reducir costos de fabricación del molino MIH3.
- Construir componentes de la máquina.
- Comprobar el rendimiento de la máquina.

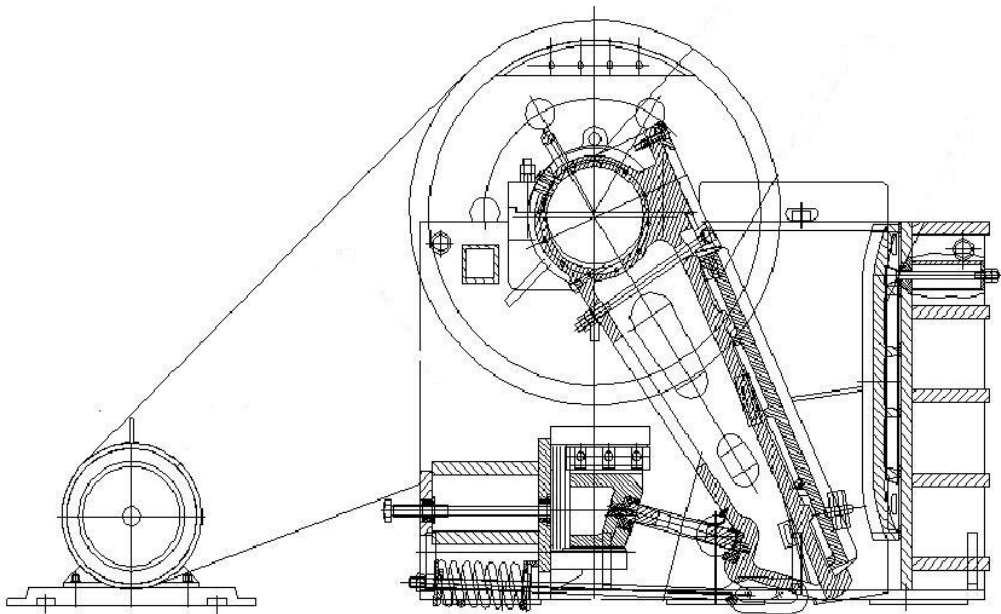
6. MARCO TEÓRICO

El proceso de trituración consta de varias etapas, donde encontramos inicialmente la trituración primaria. Este primer proceso consiste en reducir normalmente el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8" a 6", luego los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias.

COMPARACION DE TRITURADORAS PRIMARIAS

Para decidir si se usará un triturador a mandíbula o uno giratorio en una determina planta, el principal factor es el tamaño máximo del material a triturarse y la capacidad requerida. Las trituradoras giratorias generalmente se usan donde se requiere elevada capacidad. Ya que ellas Trituran en un ciclo completo, y son más eficientes que las chancadoras de mandíbula. En cambio,

las trituradoras de mandíbulas se usan donde la abertura de la boca de alimentación es más importante que la capacidad para poder triturar partículas grandes. En general, a capacidades mayores de 545 TMPH, la ventaja económica de una trituradora de mandíbula frente a una giratoria disminuye; y por encima de 725 TMPH, la trituradora de mandíbulas ya no puede competir con la giratoria.



TRITURACIÓN PRIMARIA

La trituración primaria se lleva a cabo normalmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias. Las quebrantadoras de mandíbulas constan normalmente de dos planchas de acero al manganeso o mandíbulas,

colocadas una frente a la otra, de las cuales una es fija y la otra es móvil y puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior.

Mediante un dispositivo adecuado, se comunica a la mandíbula móvil un movimiento de oscilación alternativo hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido. El mineral se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas, y de ellas, la móvil, en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la fija. Al retroceder la mandíbula móvil, el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

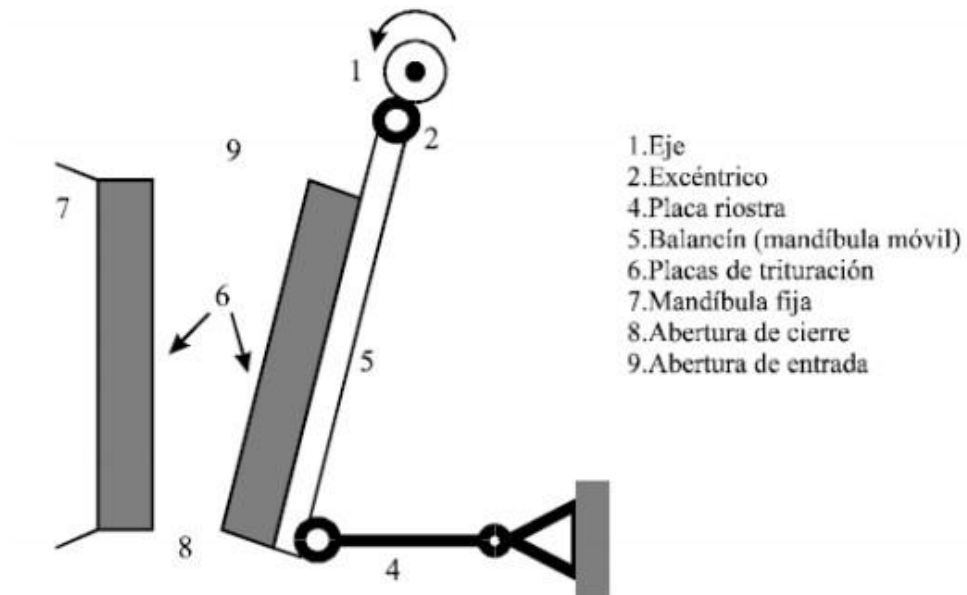
El tamaño de estas trituradoras se designa indicando las dimensiones de la abertura de alimentación y el ancho de la boca de alimentación medidas en pulgadas o milímetros.

El tamaño de estas máquinas puede variar desde 125 x 150 mm a 1600 x 2100 mm. Pueden triturar partículas desde 1,2 m. de tamaño aproximadamente, a razón de 700 a 800 TPH. La velocidad de la máquina, varía inversamente con el tamaño y usualmente está en el rango de 100 a 400 rpm. El radio de reducción promedio es de 7:1, y puede variar desde 4:1 hasta 9:1, la potencia consumida puede variar hasta 400 HP, para el caso de las maquinas grandes.

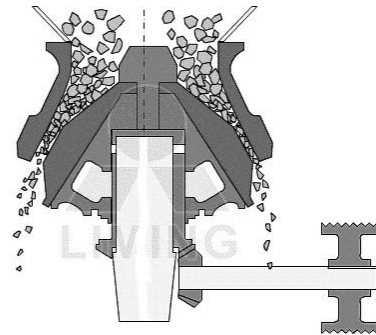
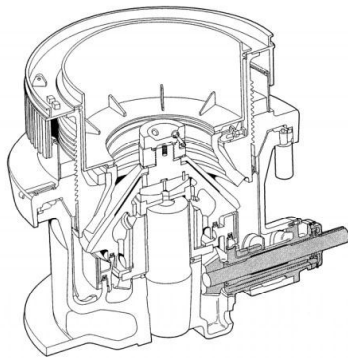
MATERIALES UTILIZADOS

Las mandíbulas están hechas de acero fundido y están recubiertos por placas (forros o soleras) reemplazables de acero al manganeso, u otras aleaciones, fijadas a las mandíbulas a través de pernos. La superficie de estos forros puede ser lisa, corrugada o acanalada longitudinalmente, este último es bastante utilizado para tratar materiales duros. Las otras paredes internas de la cámara de trituración también pueden estar revestidas de forros de acero al manganeso, para evitar el desgaste de estas partes. El ángulo formado entre las mandíbulas, normalmente es menor a 26° , a objeto de aprisionar a las partículas y no dejar que estas resbalen a la parte superior.

En las trituradoras de simple efecto la mandíbula móvil está suspendida del eje excéntrico, el cual permite un diseño más compacto y liviano en comparación a las trituradoras de doble efecto. Debido a la posición del eje excéntrico, la mandíbula móvil tiene un movimiento elíptico, lo que hace que estas máquinas tengan una mayor capacidad, pero tienen un mayor desgaste en los forros. Asimismo, el eje excéntrico está sometido a mayores esfuerzos mecánicos y los costos de mantenimiento tienden a ser mayores.



Respecto a las trituradoras giratorias podemos decir que Básicamente consisten en un eje vertical largo articulado por la parte superior a un punto (spider) y por la parte inferior a un excéntrico. Este eje lleva consigo un cono triturador. Todo este conjunto se halla ubicado dentro el cóncavo o cono fijo exterior. El conjunto, eje y cono triturador se halla suspendido del spider y puede girar libremente (85 – 150 rpm), de manera que en su movimiento rotatorio va aprisionado a las partículas que entran a la cámara de trituración (espacio comprendido entre el cono triturador y el cóncavo) fragmentándolas continuamente por compresión. La acción de esta trituradora puede compararse con la acción de varias trituradoras de mandíbulas colocadas en círculo. El tamaño de estas máquinas se designa por las dimensiones de la abertura de alimentación y el diámetro de la cabeza.



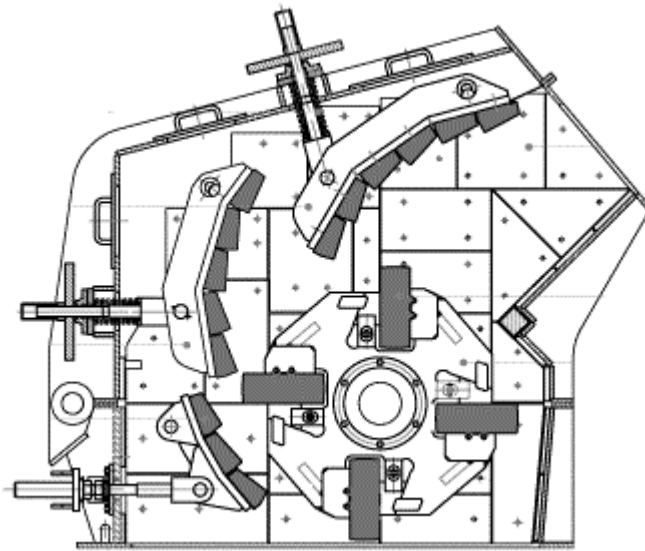
El perfil vertical del cono triturador tiene forma de una campana. Todas las trituradoras tienen un mecanismo de seguridad o protección, para el caso en que el material más duro entre a la cámara de trituración y dañe alguna pieza del mismo. Este mecanismo consiste en una válvula que se abre cuando existe un sobre esfuerzo, haciendo que el conjunto eje y cono triturador desciendan permitiendo la descarga del material duro (generalmente herramientas o piezas de hierro). Este mismo mecanismo permite la regulación de la abertura de descarga del triturador.

El tamaño de estas trituradoras puede variar desde 760 x 1400 mm a 21326 x 3300 mm, con capacidades de hasta 3000 TPH.

TRITURACIÓN SECUNDARIA

En la segunda etapa de la trituración, el proceso consiste en reducir el tamaño de las partículas a un valor comprendido entre 3" y 2", dejándolo en condiciones de poder pasar a las operaciones de molienda o concentración preliminar.

Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general e tipo giratorio o cónico. Estas quebrantadoras son similares a las utilizadas en la trituración primaria, diferenciándose solamente en que trabajan a velocidades relativamente altas (aproximadamente 500 r.p.m.) y en que la abertura de salida de los productos triturados es mucho menor.



TIPOS DE CIRCUITO EN MONTAJES DE TRITURACION

Circuito Abierto

En el montaje de una planta de trituración se tienen muchas variables, entre las cuales está el manejo del material que pasa por la trituradora primaria el cual no alcanza a ser procesado. Algunas veces este material es sacado a un lado del proceso sin ningún tipo de tratamiento, cuando el proceso está montado de ésta manera se le llama montaje abierto.

Circuito Cerrado

Cuando la disposición de la maquinaria está de tal manera que el material que no alcanza a ser procesado vuelve a su inicio la mayoría de las veces por medio de una banda transportadora, se le llama montaje cerrado. Dependiendo del material a producir y de la disposición de la maquinaria, el montaje se realiza abierto o cerrado.

DEFINICIÓN DE CALIZA

Una de las variables en el proceso de producción del triturado es el material a triturar. Siempre hablamos de piedra caliza, pero para tener una mejor visión debemos conocer el significado de caliza.

Es una Roca sedimentaria compuesta, en forma predominante, por minerales de carbonato, principalmente carbonatos de calcio y de magnesio. Los minerales más importantes de las calizas son la calcita y la aragonita, y, en las calizas dolomíticas, la dolomita. Las calizas son las más abundantes de las rocas no clásticas. Constituyen definitivamente la mayor existencia del elemento carbono en la superficie terrestre, o cerca de ella. Gran parte del conocimiento existente acerca de la paleontología de los invertebrados y, en consecuencia, sobre la evolución de la vida y la historia de la Tierra, procede del estudio de los fósiles contenidos en estas rocas. Aunque el término caliza se emplea en el

sentido general señalado con anterioridad, se refiere específicamente a las rocas de carbonato en las que predomina el mineral de calcita, CaCO_3 .

Las propiedades físicas, mineralógicas y químicas de las rocas carbonáticas son muy utilizadas en muchos sectores industriales. Aunque el uso principal de las rocas de carbonato es en construcción, como agregado o en la producción de cal y cemento, éstas también son ampliamente utilizadas en la industria del hierro y acero, en la industria química, en la manufactura de vidrio, como carga, y otros usos específicos. En estos usos no relacionados con la construcción o aplicaciones de alta pureza, la caliza (o cal) puede ser usada tanto como materia prima químicamente reactiva, como una carga inerte o pigmento.

USOS DE LA CALIZA

Uno de los usos de la caliza es agregados para caminos, las más duras se utilizan en la construcción de carreteras, en UK, USA y otros países, esta aplicación constituye el mayor uso de la caliza. Los pavimentos modernos y flexibles de las carreteras consisten de capas discretas. La “sub - base” distribuye la carga sobre el subsuelo y es cubierta por la capa “base del camino” que es la principal capa de rodamiento del mismo. Las capas superficiales consisten de una “base gruesa” y una delgada “capa de desgastes”. Los agregados de caliza son más comúnmente usados en la sub - base y la base del camino donde son requeridos por ser limpios y fuertes con baja porosidad.

Las calizas son típicamente menos durables (tienen relativamente baja resistencia a la abrasión y susceptibilidad al pulido) que otros agregados de rocas de arena o rocas ígneas y de aquí que, generalmente no son utilizados como materiales superficiales de rutas, dado que requieren ser resistentes al desgaste y al deslizamiento.

Otro de sus usos es en agregados para cemento, el concreto se forma usualmente por la mezcla de cemento, agregados gruesos (grava, caliza triturada u otras piedras duras) y agregados finos (generalmente arena y ocasionalmente caliza finamente triturada). Las propiedades de los agregados afectan las características del concreto tales como la densidad, resistencia, durabilidad, conductividad térmica, contracción y arrastre. La forma y la textura de la superficie de las partículas agregadas y sus clasificaciones (distribución del tamaño de las partículas) son factores importantes que influyen la maleabilidad y fuerza del concreto. Los agregados no deberían ser de un tipo ni contener impurezas suficientes que pudieran ocasionar un efecto adverso sobre las propiedades del fraguado del cemento o en las propiedades de durabilidad del concreto. En consecuencia se requiere que sean duras, durables, limpias y libres de arcillas, carbón, material orgánico, pirita, sulfatos solubles y no deberían estar sujetas a ataques del medio ambiente alcalino del cemento. La reacción sílice - álcalis puede inducir al concreto a la expansión y fisuramiento. Esta es una reacción química entre formas desordenadas de sílice, que puede ocurrir en los agregados, e iones hidroxilo, formados por la liberación de

componentes alcalinos a partir del cemento. La reacción forma un gel que se hincha el cual puede inducir tensiones provocando expansión y fisuras.

En el proceso de trituración encontramos los agregados pétreos los cuales son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos.

AGREGADOS PÉTREOS

El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

a) Agregados Naturales: Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final.

b) Agregados de Trituración: Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

c) Agregados Artificiales: Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

d) Agregados Marginales: Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

En cuanto a las propiedades de estos agregados se pueden conceptuar bajo dos puntos de vista: uno como elementos aislados, o individuales, y otro como conjunto.

Propiedades individuales.

Los agregados como elementos aislados tienen propiedades físicas macroscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades de superficie, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc.

Naturaleza petrológica de los agregados pétreos.

Desde un punto de vista práctico, los agregados se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1. Agregados calizos
2. Agregados silíceos
3. Agregados ígneos
4. metamórficos.

GRUPOS DE AGREGADOS

Agregados Calizos.

La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas de los firmes, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con los ligantes asfálticos. En mezclas asfálticas se utiliza para mejorar esta característica cuando se emplean además otro tipo de agregados, más duros pero también más ácidos (silíceos, pórfidos), entre otros.

Agregados Silíceos.

Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material de amplia utilización en las todas capas de los firmes. Se extraen de

yacimientos granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por machaqueos sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten. Pueden no aportar una suficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, sin embargo, si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

Agregados Ígneos y Metamórficos.

Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc. Sus cualidades para resistir al pulimento los hacen idóneos para garantizar la textura superficial necesaria en un periodo de tiempo, incluso con tráfico muy intensos. En este grupo tan amplio, los agregados de naturaleza más ácida pueden presentar una deficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes, o también el problema se resuelve empleando emulsiones adecuadas y en el caso de mezclas asfálticas, con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

FABRICACIÓN DE MAQUINARIA PARA TRITURACIÓN

En la fabricación de maquinaria para trituración, se encuentran incluidos varios procesos que van ligados entre sí para obtener como resultado una máquina eficiente y de buena calidad. Entre los cuales podemos nombrar el proceso de diseño, compras, mecanizado, fundición, soldadura, ensamble y control de calidad. Donde la importancia de cada uno es vital para todo el proceso en general. A continuación se describe brevemente la importancia de cada uno.

Proceso de Diseño: En esta etapa se debe direccionar el diseño teniendo en cuenta algunas variables importantes como son el ensamble, mantenimiento, peso y dimensiones entre otras, que faciliten la ejecución de los demás procesos.

Proceso de Compras: A demás de tener en cuenta los costos, se debe pensar en la calidad de los materiales que el proveedor le va a suministrar ya que, así mismo se puede garantizar el producto terminado al cliente final.

Proceso de Mecanizado: Este proceso es de vital importancia, ya que este tipo de maquinaria posee unos elementos o partes de alta precisión dimensional, como eje con ajustes de rodamiento, tolerancias de laberintos, etc. Y con cualquier elemento que salga de los parámetros genera una falla prematura en la máquina.

Proceso de fundición: Las piezas reemplazables de las máquinas son hechas en fundición y por lo tanto depende de su buena calidad el tiempo de cambio de

las mismas. Donde hay que evaluar muy bien las fallas que pueden presentar, poros, rechupes, fisuras, etc.

Proceso de soldadura: Cuando el cuerpo de las máquinas no son fundidos, generalmente se fabrican en chapa y soldados, donde se debe tener en cuenta el pre-calentamiento, tipo de soldadura y resistencia necesaria ya que este tipo de maquinaria está sometida a grandes esfuerzos.

Proceso de Ensamble: Este proceso depende de todos los anteriores ya que si se han ejecutado de la mejor manera, no se tendrán inconvenientes para realizarlo.

Proceso de Control de Calidad: Este proceso está activo en todo momento, desde su inicio hasta la entrega al cliente. Es un proceso que debe estar presente todo el tiempo, ejecutándolo de manera eficaz garantiza el rendimiento y calidad del producto final.

7. METODOLOGIA

1. Estudio del proceso de trituración de caliza.

Para el desarrollo de un prototipo eficiente y confiable es necesario evaluar las variables que se pueden encontrar en el proceso.

2. Análisis de características y propiedades de la piedra caliza

Es necesario conocer las propiedades físico químicas del material a triturar

3. Evaluación del mecanismo utilizado convencionalmente en los molinos de barras.

Se deben conocer los datos de rendimiento, consumo y producción para poder comparar con el molino rediseñado.

4. Estudio de máquinas existentes en el mercado.

Es indispensable comparar las maquinas existentes, encontrando sus fortalezas y debilidades.

5. Selección de prototipo a rediseñar

Con base en el comparativo efectuado, elegimos un punto de partida con la máquina que nos vamos a trabajar.

6. Evaluación de rediseño

Se definen herramientas que se van a utilizar en la concepción del rediseño de la máquina seleccionada.

7. Ejecución de rediseño

Se inicia con las tareas pertinentes de rediseño de molino de barras con cámaras de impacto y se levantan planos del mismo.

8. Elaboración de planos de conjunto y despiece del molino MIH3

9. Evaluación de costos de producción de la máquina.

Se analiza diseño vs costos de producción.

10. Construcción de la máquina.

Fabricación, mecanizado y procesos de ensamble necesarios para la construcción del molino MIH3.

11. Verificación de rendimiento en molino con componentes rediseñados.

8. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	MESES															
	OCT				NOV				DIC				ENE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Estudio del proceso de trituración de caliza	■	■	■													
Análisis de propiedades de la piedra caliza	■	■														
Evaluación del mecanismo utilizado convencionalmente en los molinos de barras	■	■	■	■	■											
Estudio de máquinas existentes en el mercado	■	■	■	■	■											
Selección de prototipo a evaluar				■	■											
Evaluación de rediseño				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Ejecución de rediseño							■	■	■	■	■	■	■	■		
Elaboración de planos de conjunto y despiece del molino MIH3											■	■	■	■	■	
Evaluación de costos de producción de la máquina					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construcción de la máquina							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Verificación de rendimiento en molino con componentes rediseñados															■	■

9. RECURSOS

Los recursos humanos y técnicos necesarios para la ejecución del proyecto son:

Análisis e interpretación de información existentes.	\$ 800.000
Ejecución de rediseño de máquina.	\$ 1.000.000
Elaboración de planos.	\$ 1.200.000
Evaluación de costos y presupuesto de fabricación	\$ 800.000
Fabricación elementos de la máquina	\$ 35.000.000
	<hr/>
	\$ 38.800.000

Los recursos económicos necesarios para la ejecución de este proyecto serán propios.

10. BIBLIOGRAFIA

Walter H. Duda, Manual tecnológico del cemento, Editores técnicos asociados, Barcelona, 1977

James H. Coulson, Fragmentación Y Trituración en Relación Con Las Propiedades geométrico-mecánicas de las masas rocosas, Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas, 1983

ASM Metals Handbook, Materials Selection and Design, Vol. 20, 1992

ASM Metals Handbook, Metallography and Microstructures, Vol. 9, 2004

ASM Metals Handbook, Heat Treating, Vol. 04, 2004

Telsmith Equipment, Mineral Handbook, 2002

Metso Mineral, Manual de trituración y cribado, 2008

Pennsylvania Crusher, Handbook of crushing, 2003