



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

CARRERA

Ing. Química

PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Diseño de proceso para la trituración del tezontle

EMPRESA PARA LA QUE SE TRABAJÓ

constructora tritux S.A de C.V

ALUMNO

Adrian Eduardo Lara Velasco

NUMERO DE CONTROL

12270098

ASESOR

Amín Rodríguez Meneses

REVISORES

INDICE

a) Introducción	-----	3
b) Justificación	-----	3
c) Objetivos	-----	4
d) Problemas a resolver	-----	4
e) Generalidades	-----	5
f) Marco teórico	-----	7
g) Procedimientos y actividades realizadas	-----	27
h) Resultados, gráficos, etc.	-----	35
i) Conclusiones y recomendaciones	-----	45

j) competencias y/o aplicaciones ----- 46

k) referencias bibliográficas y virtuales ----- 46

Introducción

El proyecto fue desarrollado en la empresa tritux con ubicación 17pte, sur N# 406 colonia Xamaipak, el giro principal de la empresa es la producción de material para la construcción, se contacto por primera vez a la empresa para solicitar información para residencia la cual me brindaron y me dieron el proyecto para realizar el proceso de trituración del tezontle .

En primera instancia se planteo la problemática de la empresa ya que al no tener el proceso perderían la licitación para ser los proveedores del material. por lo que fue necesario hacer el proceso de trituración del tezontle y también la realización de un simulador.

Desde un panorama de la carrera la trituración es una operación de reducción de tamaño, separando o fraccionando el tamaño e un material. En la industria generalmente se trabajo con solidos los cuales precisan de una reducción previa de tamaño, la operación de disminución o reducción de tamaño consiste en la producción de unidades de menor masa a partir de trozos mayores, para ello ahí que provocar la fractura o quebrantamiento de los mismos mediante la aplicación de presiones. Generalmente la trituración es una operación en seco y normalmente se realiza en una, dos o tres etapas.

La trituración o machaqueo de los materiales desempeña un papel muy importante en el tratamiento y elaboración de materias primas de múltiples tipos. En numerosas técnicas, la trituración representa el proceso fundamental a partir del cual se realizan los procesos de tratamiento posteriores.

Normalmente el proceso de trituración está presente en la industrias de tratamiento de carbón y minerales, molienda del clinker de cemento y la obtención de áridos para hormigones, con distintos fines: para carreteras, presas, puertos, ferrocarriles, etc.

JUSTIFICACIÓN

El realizar este residencia profesional me permitió tener un acercamiento a la realidad de lo que es el proceso de trituración de minerales, conociendo las exigencias del mercado y las aptitudes que un Ingeniero debe tener como profesionistas al elaborar en una empresa que se dedica a la desintegración de la materia.

En este proyecto de residencia también se aplicaron conocimientos adquiridos del residente durante la formación académica también de adquirir nuevos conocimientos al poner en práctica lo aprendido, así como también colaborar con la empresa en la solución del problema.

El proyecto "proceso de trituración del tezontle" nació por la necesidad de cumplir con la demanda de material que la empresa TRITUX tiene. Debido a que la empresa no cuenta con el o los equipo(s) para la trituración de la piedra.

Para eso se tiene que seleccionar el quipo adecuado que cumpla con las especificaciones de la empresa.

También en el proyecto de residencia se realizara un simulador que permita establecer los límites de carga permisibles de cuerdo al tamaño de la materia prima

Objetivo general

Abastecer la demanda del tezontle en la zona de villa hermosa tabasco, obteniendo las especificaciones requeridas por la empresa.

Objetivos específicos

- Seleccionar el equipo necesario para la trituración de la piedra (Tezontle)
- Obtener un producto que cumpla con las especificadores que la demanda regional del tezontle requiera.
- Realizar un simulador de proceso.

Problemas a resolver

Este proyecto busca resolver la problemática de la empresa tritux, que consiste en seleccionar un equipo para la Trituración del tezontle que satisfaga una producción de 150t/h del material con dimensiones de entrada de 10cm y de salida de 2cm.

Generalidades

Características de la empresa

Misión

Brindar el mejor servicio de construcción y mano de obra, superando las expectativas de cada proyecto y ofreciendo a nuestros clientes soluciones con valor agregado. Contribuir en la generación de empleos y promover el desarrollo profesional y humano de nuestros colaboradores, en condiciones de salud y seguridad y dentro de un ambiente motivador.

Visión

Consolidarnos como una empresa líder en el país, reconocida por su eficiencia, calidad y garantía, así como por sus principios y valores fundamentales.

Datos generales

Denominación social: Constructora Tritux SA de CV

Actividad preponderante: *Otras construcciones de ingeniería civil u obra pesada.
*Alquiler de maquinaria para construcción, minería y actividades forestales.

Administrador único: María Concepción Cueva Mejía.

Escritura pública No. 1444 Notario público Lic. Luis Alberto Albores Figueroa.

Registro federal de Contribuyentes: CTR160317AG3

Registro CMIC: NO

Domicilio Fiscal: AV PASADENA MZA 16 LTE 1 COLONIA CAMPANARIO C.P. 29057, TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

Sucursal: 17 poniente sur 406 interior 1 col. Xamaipak Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Teléfono: 961 21 21 523 Correo electrónico buzón_tritux@hotmail.com

Principales clientes

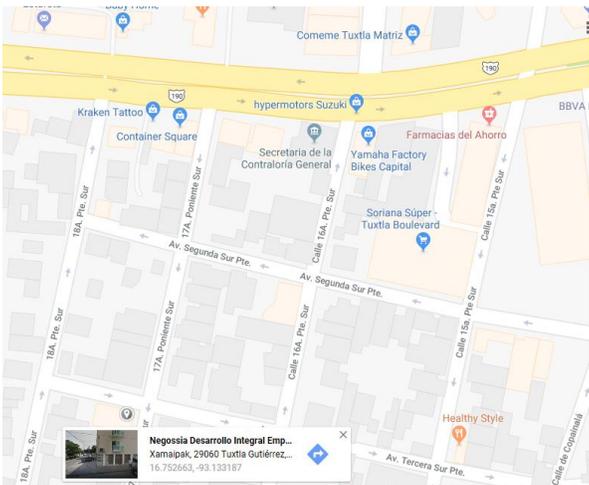
- Comercializadora kuntze SA de CV (insumos de trituración) Teléfono de contacto 0449611554513
- Trefisur SA de CV (insumos de trituración y material pétreo) teléfono de contacto 0449612020750
- Desarrolladora Kaufen Haus SA de CV (prestación de servicios) teléfono de contacto 0449612626612
- Comercializadora Led plus SA de CV (prestación de servicios) Teléfono de contacto 6386475

Principales proveedores

- Grupo comercializador y de servicios Factory system´s SA de CV (insumos de trituración) teléfono de contacto 1215088
- Comercializadora e insumos Salma SA de CV (insumos)
 - teléfono de contacto 2237960
- Constructora grupo hergo SA de CV (servicios profesionales) teléfono de contacto 9616496960

Área donde se desarrolló el proyecto

El proyecto se desarrolló en la sucursal 17 poniente sur 406 interior 1 col. Xamaipak Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Marco teórico

Para el tratamiento industrial de piedra y minerales, es necesario practicar una preparación de los mismos y dentro de esa operación normalmente se requiere efectuar una reducción de tamaño. Las operaciones mediante las que se realizan dichas reducciones de tamaño por medios físicos se denominan trituración y molienda.

Estas operaciones son de aplicación constante en los procesos industriales, tal como puede observarse en el proceso de fabricación del cemento Portland en el Capítulo I - **Minerales de Uso Industrial**. Las operaciones se realizan con el objeto de facilitar el transporte de los materiales, las operaciones física y permitir las reacciones químicas (2)

Si bien no existe una diferencia clara entre la trituración y la molienda, en general se habla de trituración cuando se reducen partículas de tamaños superiores a 1 pulgada (1") y de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2.54 cm). (2)

La trituración es también denominada desintegración y las maquinas que la producen se conocen como trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras o machacadoras. (2)

Etapas de Trituración

La trituración se realiza en diversas etapas y en una gran variedad de maquinas. Se conoce como trituración primaria cuando el material extraído de la cantera se trata en una trituradora. Si de allí el material producido pasa a una segunda trituradora, en esta se lleva a cabo la trituración secundaria. Si sigue triturándose en otra máquina será la etapa terciaria, y así consecutivamente (12)

Tamaños de Partículas

Tanto el mineral (piedra) extraída de la cantera como el que a sufrió una o más etapas de reducción, se puede clasificar de acuerdo a su tamaño. En general, se clasifican de la siguiente forma: (4)

- Material grueso: partículas de un tamaño mayor a 75 cm (30").
- Material mediano: partículas de un tamaño de 10 a 75 cm (4" a 30").
- Material fino: partículas de un tamaño menor a 10 cm (4")

Por otra lado, según el tamaño que tienen las partículas a la salida de las maquinas de trituración, se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda. Seguidamente se detallan las mismas: (4)

a) Trituración (desintegración grosera)

- Trituración gruesa – tamaños de partículas de salida: 15 cm (6").
- Trituración mediana – tamaños de partículas de salida: entre 3 y 15 cm (1¼" a 6").
- Trituración fina – tamaños de partículas de salida: entre 0.5 y 3 cm (1/5" a 1¼").

b) Molienda (desintegración fina)

- Molienda grosera – tamaños de partículas de salida: entre 0.1 y 0.3 mm.
- Molienda fina – tamaños de partículas de salida: menores de 0.1 mm.

La trituración grosera, mediana y fina corresponden, prácticamente, a la primera, segunda y tercera etapa de trituración; mientras que la molienda grosera y fina corresponden a las etapas primaria y secundaria de la molienda. Los tamaños de partículas se establecen en base a los diámetros establecidos. Para un trozo de piedra se puede determinar, midiendo el ancho, espesor y largo del mismo, la media aritmética o geométrica del diámetro de acuerdo a las siguientes formulas: (4)

$$\text{Diámetro de partícula} = \frac{\text{Ancho} + \text{Espesor} + \text{Largo}}{3}$$

$$\text{Diámetro de partícula} = \sqrt[3]{\text{Ancho} \cdot \text{Espesor} \cdot \text{Largo}}$$

Los trozos de materiales constituyen conjuntos de diversos tamaños, por consiguiente resultaría imposible, desde el punto de vista industrial, practicar las mediciones señaladas anteriormente. En la industria, lo que se hace es clasificar los trozos con una serie de tamices y, de acuerdo a los tamaños de los agujeros de los tamices, se le equiparan a las partículas dichos tamaños según pasen o no cada tamiz. seguido de el tamaño medio de la muestra se calculara con la siguiente ecuación: (4)

Donde:

$$D = \frac{\sum_i D_i \cdot k_i}{\sum_i k_i}$$

D: Diámetro medio de las partículas.

D_i : Tamaños de los agujeros de cada tamiz.

k_i : Cantidades (en peso) de partículas que pasan cada tamiz.

Grado de desintegración

El coeficiente de reducción que se obtiene en las maquinas de trituración o de molienda se denomina grado de desintegración y se define como la relación entre los tamaños máximos de las partículas a la entrada y salida de la maquina. (3)

El grado de desintegración (Σ) se expresa de la siguiente manera:

$$\Sigma = \frac{D_{inicial}}{D_{final}}$$

El grado de desintegración en trituración se encuentra acotado entre 2 y 15.

$$2 \leq \Sigma_{trituracion} \leq 15$$

Con frecuencia, la capacidad de reducción de una trituradora o molino será insuficiente para asegurar la desintegración total deseada, por lo que se hará necesario efectuarla en dos o más etapas.

Para ello se colocan trituradoras o molinos en serie, de modo que el material extraído del yacimiento alimenta una trituradora primaria, y la descarga de esta alimenta la trituradora secundaria, y así consecutivamente serán llamadas o nombradas las etapas terciaria, cuaternaria, etc. Esta manera de disposición de maquinarias no solo es utilizado para obtener un mayor grado de reducción en el material, sino que también es utilizado por empresas que comercializan mineral triturado.(3)

Características de las Rocas

Las características de las rocas nos dan un panorama general acerca del comportamiento esperado en las operaciones de trituración y molienda. Las características más distinguidas son: dureza, resistencia a los distintos esfuerzos, peso específico, grado de humedad, forma y tamaño del grano, etc. (6)

La dureza, por ejemplo, determina el procedimiento de trituración a seguir.

se clasifican en:

- Muy duros (diamante).
- Duros (granito, cuarzo).
- Medios (caliza, dolomita).
- Blandos (yeso, talco). (6)

Los muy duros y duros conviene que sean molidos por trituradoras que trabajen aplastando y chocando. Los medios y blandos también pueden ser tratados por maquinas que trabajen ala frotación y al aplastamiento. El grado de humedad es otro concepto importante dado que permite decidir, en la trituración, por ejemplo, el tipo a utilizar, seca o húmeda, e incluso la trituradora más conveniente. El peso específico de un material varia con el tamaño de partícula, lo que permite calcular las capacidades reales de producción de trituradoras en función de los volúmenes a tratar y el grado de trituración demandado.(6)

Teoría General de la Desintegración

La desintegración ha sido objeto de estudio teórico, con el fin de determinar el trabajo necesario para la desintegración de las partículas.

Se ha determinado que se trata de un proceso cinético donde influye en forma importante el estado físico-químico de los sólidos. En la actualidad se puede decir que todavía no existe una teoría general amena. No obstante, como algunas leyes dan una aproximación, al menos parcial, de los fenómenos reales, a continuación se darán las principales existentes.(11)

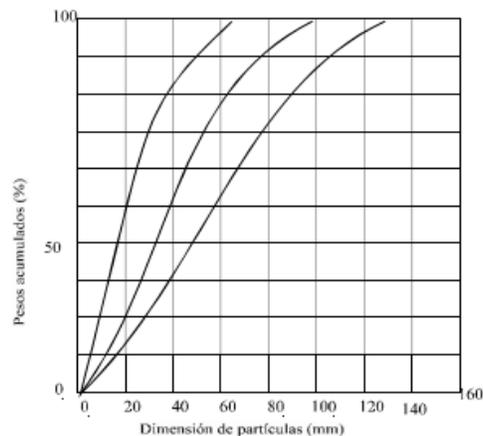
LEYES DE DESINTEGRACIÓN

Las leyes de la desintegración se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Leyes de distribución granulométrica.
- Leyes energéticas.

Leyes de Distribución Granulométrica

Se ha probado que resulta imposible obtener, por medio de la trituración, partículas que, en su totalidad, sean de un tamaño igual. El material producido es de distintas dimensiones, repartiéndose de acuerdo a curvas definidas denominadas curvas granulométricas.(11)



comportamiento de los materiales en la desintegración enuncio lo siguiente:

- a) El porcentaje de material fino aumenta a medida que aumenta el grado de trituración. Varias etapas de trituración producen menor cantidad de materiales muy finos que la trituración equivalente en una sola etapa.
- b) La trituración de trozos planos produce más material fino que la de trozos en forma regular.
- c) La forma media de los granos triturados varia con la ubicación en la escala de tamizado. Las partículas gruesas y finas son amplificadas, mientras que los medios tienen forma más cúbica.(11)

Leyes Energéticas Dentro

del empleo de energía destinada a la trituración de materiales solo un 2% aproximadamente produce la aparición de nuevas superficies, el resto se pierde en deformación plástica de las partículas, deformación de las partes metálicas de la maquinaria, fricciones entre partículas, rozamiento de las partículas con las paredes de la maquinaria, calor, ruido y vibraciones. (5)

La ley energética general que expresa la relación existente entre el aporte necesario de energía y la reducción de tamaño obtenida expresa que la energía necesaria para una determinada trituración es exponencialmente al tamaño de la partícula: (5)

Donde:

dE: Diferencial de energía

dL: Diferencial de elongación.

c: Constante de proporción.

L: Longitud.

p: Constante en función del tipo de material.

$$\frac{dE}{dL} = -c \cdot L^p$$

Existen variables de esta Ley que se adaptan mejor a determinadas condiciones de trabajo: la Ley de Rittinger, enunciada en el año 1867 y que se basa en la hipótesis de las superficies de las partículas; la de Kick, expresada en el año 1885 y que se basa en una hipótesis volumétrica y la teoría de Bond, del año 1951.(5)

Ley de Rittinger

Esta ley, expone bastante bien la desintegración de productos finos: “El trabajo necesario para una trituración es proporcional al aumento de superficie producida”.

Donde: W: Trabajo de desintegración. $W = z \cdot \Delta S$

z: Energía superficial específica.

S: Aumento de superficie producido en la desintegración.(5)

Otra forma de expresar esta ley es la siguiente: “Los trabajos producidos en la desintegración son inversamente proporcionales a los tamaños de los granos producidos”

Donde:

W: Trabajo de desintegración.

$$\frac{W_m}{W_n} = \frac{D_n}{D_m}$$

V: Volumen. M: Masa.

B: Constante.

D: Tamaño (i: inicial; f: final).

Desviaciones de las Leyes de Rittinger y Kick

Las desviaciones que presentan en la práctica ambas leyes se deben a lo siguiente:

- a) Se partía del principio, de que la trituración produce productos de igual forma que los iniciales es decir, que al triturar partículas de forma cúbica se producían cubitos o si se partía de esferas se producían esferitas. Este principio no es válido.
- b) Se suponía que los materiales son isótropos (igual resistencia en todas direcciones).
- c) No se consideraba que los productos a triturar pueden tener grietas superficiales.
- d) No se tuvieron en cuenta ni las deformaciones elásticas, ni que el producto se mueve dentro de la maquina, lo que produce fricción generando calor del material, etc.
- e) No se consideraba que la materia ya triturada amortigua el golpe de la maquina contra la materia aun no triturada. (5)

Teoría de Bond

Esta teoría se ajusta con bastante aproximación a la trituración de rocas, se expresa de la siguiente forma: "El trabajo de romper una roca es el necesario para sobrepasar su deformación crítica y que aparezcan grietas de fractura; luego la fractura se reduce sin aportes apreciables de energía". La expresión es la siguiente:

$$W = W_i \cdot \sqrt{\frac{100}{D_f}} \cdot \left(\frac{\sqrt{D_i} - \sqrt{D_f}}{\sqrt{D_i}} \right)$$

Donde:

W_i : Índice energético del material (KWh por tonelada necesarios para reducir un material desde un tamaño infinito hasta que el 80% pase por el tamiz de

100 (10-6 m).

D_i y D_f : Tamaño inicial y final de las partículas.

W : Trabajo de desintegración. (5)

TRITURADORAS

hay una gran variedad de trituradoras de distinto tipo, las que permiten efectuar el trabajo de trituración en la preparación de rocas y minerales.

Acorde al tipo de trituradora y a los esfuerzos a los que inducen las rocas se utilizan unas u otras con sus ventajas.

Seguidamente se consideraran solo aquellas que se estiman más importantes y de aplicación más generalizada.(10)

En el cuadro siguiente se detallaran los tipos de trituradora a considerar:

Trituradoras	2.3.1 De mandíbulas	2.3.1.1 De acción periódica
		2.3.1.2. De acción continua
	2.3.2 De cilindros	2.3.2.1. Fijos
		2.3.2.2. Móviles
	2.3.3 De martillos	2.3.3.1. Rígidos (fijos)
		2.3.3.2. Locos o articulados

La clasificación anterior se hace basándose en el elemento de las máquinas que efectúa la desintegración, mandíbulas, cilindros o martillos.(10)

Trituradoras de Mandíbulas

Las trituradoras de mandíbulas se denominan de acción periódica, conocidas generalmente como “Trituradoras de mandíbulas” y las de acción continua, llamadas más comúnmente “Trituradoras giratorias” o “Trituradoras cónicas”. Ambos tipos de trituradoras de mandíbula trabajan fundamentalmente por el efecto de aplastamiento.

Estas trituradoras se denominan de mandíbulas pues desintegran rocas y minerales en forma similar a la masticación que ejerce el ser humano sobre los alimentos. Las trituradoras de mandíbulas (nos referiremos en adelante a las de acción periódica en estos términos), se utilizan principalmente para la desintegración de material grueso, produciendo material irregular, puntiagudo y con aristas. Generalmente se utilizan en trituración primaria y, eventualmente, en trituración secundaria. (12)

Las trituradoras giratorias o cónicas, se utilizan en trituración primaria, secundaria y terciaria.(12)

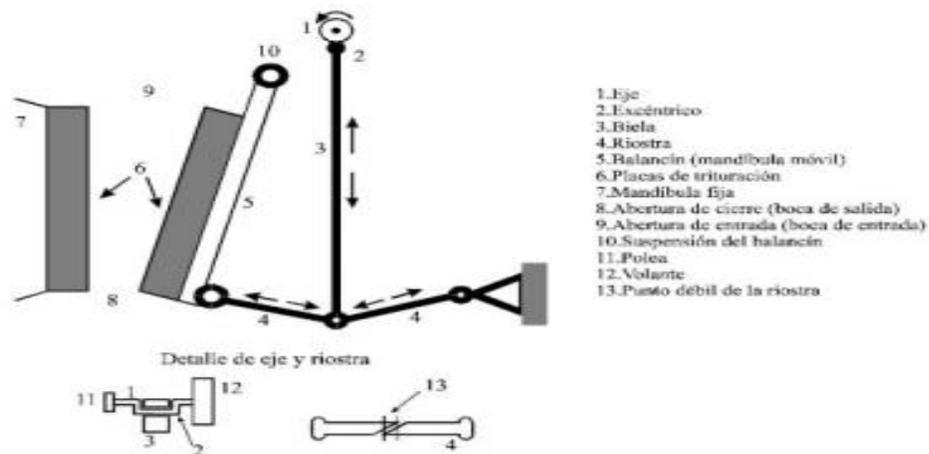
Trituradoras de Acción Periódica. Trituradoras de Mandíbulas

Existen cuatro tipos de trituradoras de mandíbulas: las de doble efecto (tipo Blake), las de simple efecto (tipo Dalton), la tipo Lyon y la tipo Dodge.

Las dos primeras son de uso más generalizado.(12)

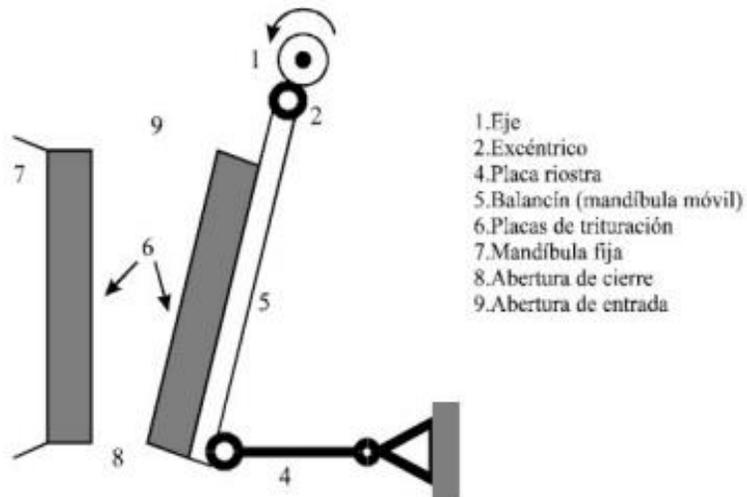
Trituradoras tipo Blake (Doble efecto)

La trituradora tipo Blake cuenta con dos mandíbulas [ver la figura inferior](#) , una fija (7) y una móvil (5), que son las que producen la desintegración de las rocas con un movimiento de masticación. La mandíbula móvil se acerca y aleja de la fija pivotando en un punto superior de suspensión (10). El movimiento de la mandíbula se logra por el accionamiento de un motor, que se acopla a través de correas, con un eje (1). En forma excéntrica al eje (2) va acoplada una biela (3) que merced a la excentricidad, sube y baja. Dicha biela, en su parte inferior tiene una articulación, a las que van unidas dos riostras (4) (o placas riostras). Dichas riostras se unen, en el extremo opuesto a la articulación, una a la mandíbula móvil (en su parte inferior) y la otra a un apoyo fijo. Al subir la biela, arrastra hacia arriba las riostras, horizontal izándolas y haciendo mover el extremo inferior de la mandíbula móvil hacia la fija. Cuando la biela baja, arrastra a las riostras hacia abajo y la mandíbula móvil se aleja de la fija. De esta forma, alternativamente, la mandíbula móvil se acerca y aleja de la fija. Cuando se acerca comprime las rocas que se encuentran en el interior de la maquina; cuando se aleja las piedras van cayendo por gravedad. Las rocas a triturar ingresan por la boca de carga, en la parte superior (9) y salen de la maquina por la parte inferior (8) por gravedad. Durante su recorrido se van desintegrando. (12)



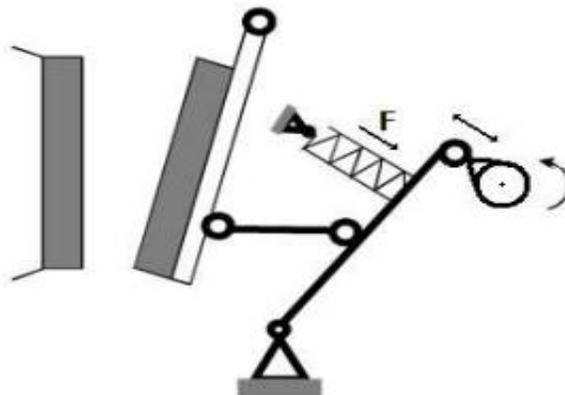
Trituradoras tipo Dalton (de simple efecto)

La trituradora tipo Dalton difiere de la anterior en que la mandíbula móvil va montada directamente sobre un balancín que está suspendido en la parte superior por el eje, excéntricamente y el movimiento esta dado por el motor. En la parte inferior, el balancín tiene una articulación a la que va unida una placa riostra, la que en el extremo opuesto va unida mediante otra articulación a un apoyo fijo. El movimiento de la mandíbula móvil es circular, alejándose y acercándose a la fija y subiendo y bajando. El mecanismo de esta trituradora es más simple y directo que en el caso de la tipo Blake, por lo que el rendimiento es mejor. Por otra parte esta trituradora cuenta también con la polea y el volante montados sobre el eje, las placas de trituración, etc., en forma análoga a la tipo Blake. (12)



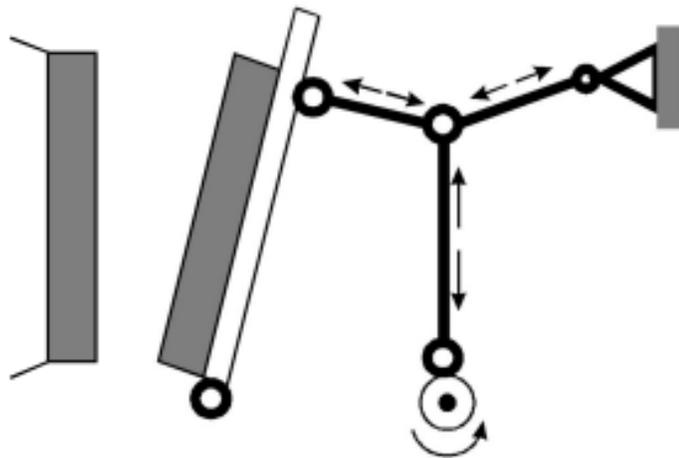
Trituradora de excéntrica y leva (tipo Lyon)

Es una trituradora parecida a la tipo Blake, con la diferencia de que el movimiento es realizado por una excéntrica que mueve una leva y esta a través de una placa de articulación moviliza a la mandíbula móvil que está suspendido de la parte superior (12)



Trituradora de abertura constante (tipo Dodge)

En esta trituradora el eje de la mandíbula móvil se encuentra en la parte inferior, lo que hace que la abertura permanezca constante, por lo tanto la mandíbula tiene su máximo desplazamiento en la parte superior. Solamente se utilizan para trabajos de laboratorio (12)



Trituradoras de Acción Continua. Trituradoras Giratorias o Cónicas

Existen dos tipos fundamentales de trituradoras giratorias: las denominadas de eje vertical y apoyo superior, y las de eje vertical y apoyo inferior.(12)

Trituradora de eje vertical y apoyo superior

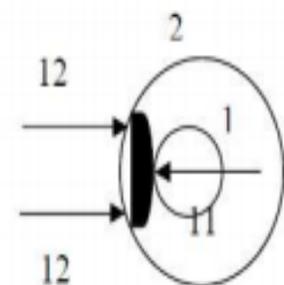
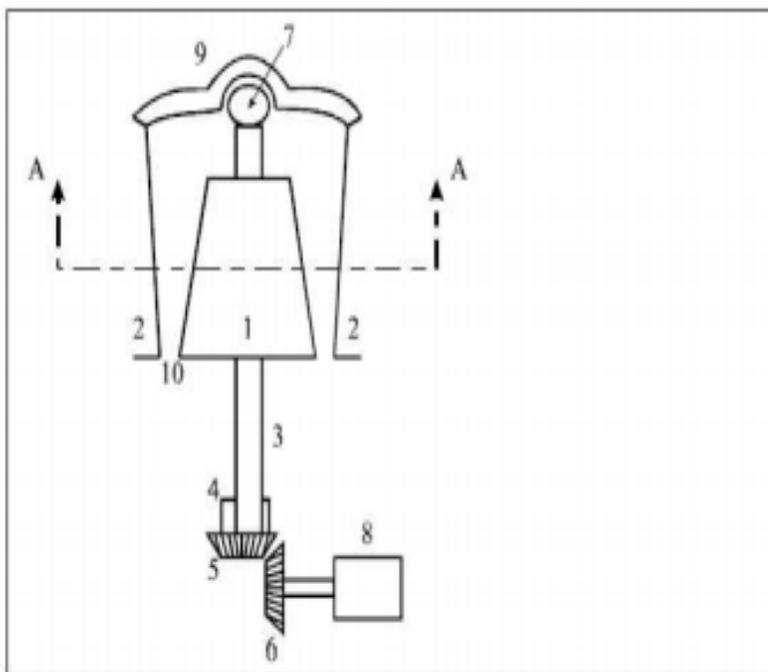
Esta trituradora cuenta con una mandíbula fija (2) anular, con sus correspondientes placas de trituración, y una mandíbula móvil (1), en forma de cono, con la base en la parte inferior. El cono triturador (1), va montado sobre un eje vertical (3) el que tiene una articulación (7) en su parte superior. La parte inferior del eje va montada excéntricamente (4) a una corona dentada (5), la que gira merced al accionamiento de un motor (8), a través de un eje y un piñón (6)

Como consecuencia del giro de la corona, que el eje es excéntrico respecto a la misma y, además, del apoyo articulado superior (7), el eje y, por consiguiente el cono triturador, describen un movimiento cónico, con base en la corona y vértice en el apoyo superior. (12)

De esta forma el cono triturador se va acercando y alejando en forma continua de la mandíbula fija y triturando el mineral. Este se alimenta por la parte superior (9), por la boca de entrada y sale de la maquina por gravedad en la parte inferior (10), por la abertura de salida. En razón del movimiento del cono triturador, la maquina a cada instante tendrá dos aberturas de entrada extremas, una máxima y una mínima y otras tantas de salida, la de cierre máximo y de cierre mínimo.

En la figura inferior se ha detallado el corte A-A, donde se puede observar cómo trabaja el cono triturador (1) ejerciendo una fuerza (11) sobre las piedras, mientras que la mandíbula fija (2) ejerce las reacciones (12), por lo que la piedra es sometida a un esfuerzo de flexión y se rompe, luego sigue apretando el cono sobre la piedra y ejerce un esfuerzo de compresión, que es el más importante, apretándola contra la mandíbula fija. En estas trituradoras, al igual que en las de mandíbulas, el esfuerzo que prevalece en la rotura de las rocas es el de compresión, pero el de flexión es más importante que en las trituradoras de mandíbulas.

Estos trituradores se fabrican en distintas dimensiones que la permiten trabajar en las tres etapas de trituración: primaria, secundaria y terciaria. Los materiales utilizados son similares a los que se emplean en las trituradoras de mandíbulas. En algunos casos la transmisión del motor se hace a través de correas que acoplan el eje con la polea.(12)

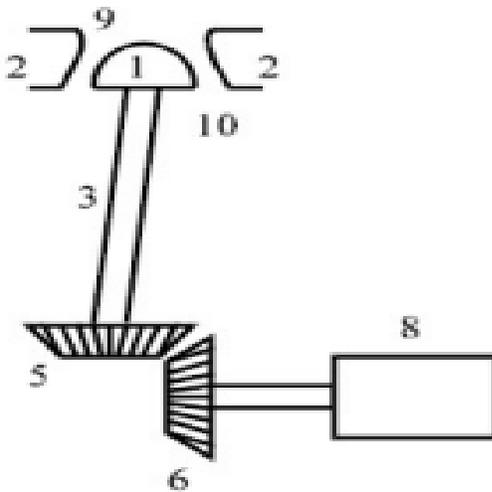


Corte A A

Trituradora de eje vertical y apoyo inferior

Esta trituradora cuenta con una mandíbula fija (2) y con un cono triturador en forma de hongo (1) que va montado sobre un eje (3) que se encuentra ligeramente inclinado respecto a la vertical. En la parte inferior el eje se apoya sobre una corona (5) la que gira por la acción de motor (8) acoplado a un piñón (6).

La inclinación del eje hace que el cono triturador se acerque y se aleje de la mandíbula fija, y de esta forma puede triturar las rocas. La boca de entrada (9) está en la parte superior y la de salida del material en la inferior (10). Estas trituradoras se utilizan para efectuar la trituración secundaria y terciaria. (12)



Trituradoras de cilindro

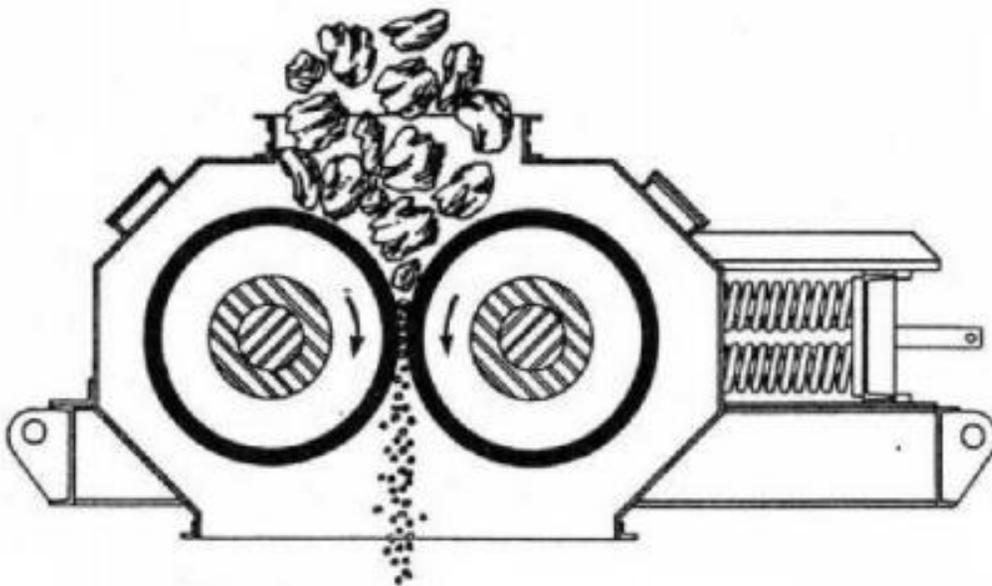
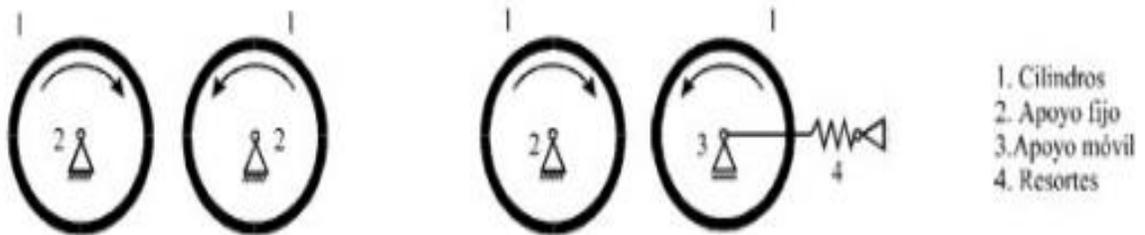
Existen diversas clases de trituradoras de este tipo que consiste en dos cilindros (1) del mismo diámetro que giran en sentido opuesto

El material es tomado por ambos cilindros y es apretado entre ellos para efectuar la trituración. Los cilindros giran accionados por un motor y el acople entre ambos se hace a través de ruedas dentadas. Estos pueden ser lisos, estriados o dentados.

Para que el material a triturar pueda ser procesado, se requiere que el tamaño de los trozos sea menor que la veintava parte del diámetro de los cilindros pues en caso contrario el material no es tomado y pasado a través de los cilindros

Existen diversas maquinas, según los cilindros tengan sus ejes en puntos fijos (ver Figura, de la izquierda), o si uno de los cilindros es móvil (ver Figura , de la derecha), en cuyo caso el eje móvil está sujeto por fuertes resortes que le impiden su desplazamiento durante la operación de trituración.

También hay maquinas que tienen los dos ejes móviles. Estas trituradoras se utilizan normalmente en trituración terciaria. (12)



Trituradoras de Martillos, Percusión o Impactos

Las trituradoras de martillos (percusión o impacto) actúan por efecto de impacto sobre el material a desintegrar. Se caracterizan por una elevada tasa de reducción, y por la propiedad de dar forma cúbica al producto, por lo que suelen utilizarse para trituración secundaria, aunque los grandes trituradores de impacto también se usan para trituración primaria. A su vez estos equipos pueden ser utilizados en la trituración selectiva, método que libera minerales duros de material estéril.

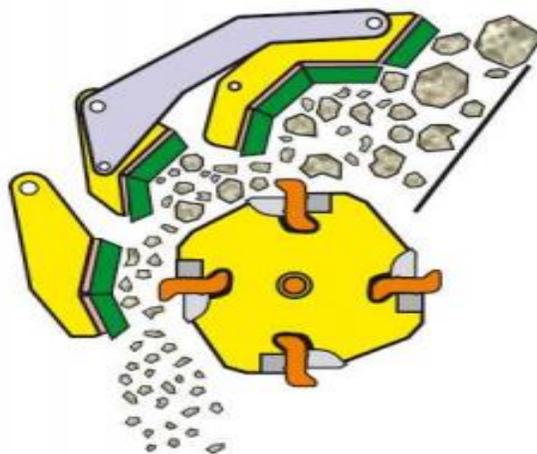
Las trituradoras de martillos están compuestas por una carcasa cubierta por placas de acero, en cuyo interior se aloja un eje y un conjunto de rotor. (12)

Trituradora de Martillos de eje Horizontal

La trituradora de Martillos de eje Horizontal está compuesta por una carcasa, recubierta en su interior por placas de desgaste, en donde se aloja un eje dispuesto en forma horizontal que gira a gran velocidad, y al cual van sujetos perpendicular y rígidamente los elementos de percusión (Martillos).

El material de alimentación ingresa a la trituradora por la parte superior cayendo por gravedad a la cámara de desintegración, donde en su descenso es golpeado por los martillos del rotor originándose sucesivos golpes entre partículas, contra la carcasa y contra el rotor, esto desintegra el material y favorece un mejor formato del producto.

Existen trituradoras de Martillos de eje Horizontal de diversos tamaños y diversas capacidades, pudiendo utilizarse desde la trituración primaria de productos calcáreos en grandes capacidades hasta la trituración de pequeñas cantidades de escoria. (12)

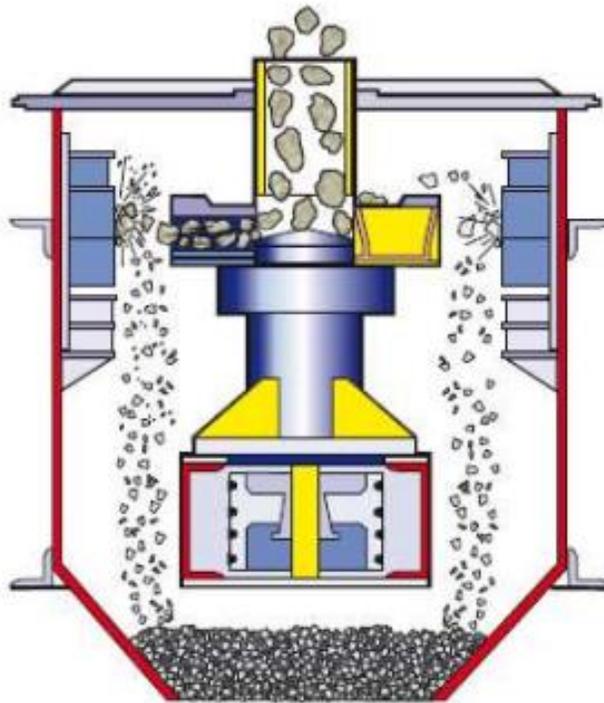


Trituradora de Martillos de eje Vertical

La trituradora de Martillos de eje Vertical está compuesta por una carcasa, recubierta en su interior por placas de desgaste, en donde se aloja un eje hueco dispuesto en forma vertical que gira a gran velocidad, al cual se encuentra sujeto un rotor.

El método de operación similar a una bomba centrífuga. El material se alimenta a través del centro del eje del rotor, donde es acelerado hasta una alta velocidad antes de ser descargado a través de aberturas en la periferia del rotor. La trituración ocurre cuando el material choca a alta velocidad contra las placas de desgaste de la carcasa exterior y también debido a la acción de roca contra roca.

Las trituradoras de Martillos de Eje Vertical se utilizan principalmente en la producción de materiales finos con buen formato cúbico. (12)



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TRITURADORAS

en la siguiente imagen, se dan las características salientes de las trituradoras. Se han tomado en este caso trituradoras de grandes tamaños, si bien es cierto reconocer que los distintos tipos cuentan con una variada gama de tamaños y capacidades de producción. (9)

Trituradoras – Características principales (Tamaños grandes)

Trituradora	De Mandíbulas		Giratorias (cónicas)		De Cilindros	De Martillos
	Blake	Dalton	Apoyo Superior	Apoyo Inferior		
Usada mas frecuentemente en trituración	Primaria	Primaria	Primaria Secundaria Terciaria	Secundaria Terciaria Cuaternaria	Terciaria	Primaria Secundaria Terciaria
Capacidad de producción (ton/h)	600 a 900	600 a 900	5000 (*)	450	130	120
Potencia máxima del motor (HP)	220	250	1000 (*)	300	40	150
Tamaño de la trituradora (m)	Alto: 5 Largo: 5.4 Ancho: 3.2	Alto: 3.3 Largo: 3.8 Ancho: 2.2	Alto: 12 Diam.: 6 (*)	Alto: 5 Diam.: 5	Alto: 1.7 Largo: 3.7 Ancho: 1.1	Alto: 2.0 Largo: 1.6 Ancho: 1.8
Tamaño de productos de alimentación (cm) (**)	125 (50)	125 (50)	135 (54) (*)	35 (14)	6.5 (2 1/2)	75 (30)

(*) Datos correspondientes a una trituradora giratoria primaria

(**) Cifras entre paréntesis expresados en pulgadas

COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE TRITURADORAS

Con el objetivo de poder cotejar los distintos tipos de trituradoras y su aplicación, hay que analizar las características técnicas de las mismas y las características de los materiales a tratar sino también los aspectos referentes a los costos.

se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Amortización de la trituradora: que percibe el precio de la maquina y su instalación. se puede considerar una vida útil de veinte años; aun cuando las trituradoras pueden durar hasta cuarenta años.

b) Energía: establece un importante aspecto del costo. Para el caso de las trituradoras de mandíbulas el consumo se encuentran entre 0.5 a 3 KW por tonelada tratada. normalmente el valor más alto corresponde al mayor grado de trituración.

c) Mano de obra: gastos del personal que atiende la operación de la maquina.

d) Elementos de desgaste: los más importantes son las placas de trituración, son elementos que se encuentran en contacto directo con las rocas a triturar. En el caso de las trituradoras de martillos serán los elementos de contacto.

e) Mantenimiento: la lubricación de la maquina, diversas piezas, varillas, resortes, rodamientos, etc.

Los aspectos señalados hacen al costo total de operación de las maquinas y deciden la elección de la más adecuada para cada tipo de trituración (8)

Comparación entre Trituradoras

Las trituradoras de martillos son más ligeras y fáciles de instalar que las otras trituradoras, por lo que sus gastos de amortización son menores y por otra parte permite realizar desde trituración primaria hasta pulverización de rocas y minerales.

De esta forma se puede afirmar que debería utilizarse siempre, salvo que la abrasividad del material a tratar produzca un desgaste demasiado rápido de los elementos de contacto. Se considera que no es conveniente tratar, en estas trituradoras, los materiales que tengan más del 6% de sílice (SiO_2) libre.

En el caso que se pudiera encontrar un material, que soporte el impacto y la abrasión a un precio razonable, para los elementos de percusión, toda la trituración se realizaría en trituradoras de martillos. Las trituradoras de cilindros son adecuadas para la trituración de carbón, arcillas y harinas. Para el resto de los materiales es superada por la trituradora de martillos.

Las trituradoras de cilindros no resultan adecuadas para materiales duros y abrasivos.

Las trituradoras de mandíbulas y giratorias son las más adecuadas para triturar productos duros y abrasivos.

Cuando trabajan en trituración primaria puede decirse que las de mandíbulas se utilizan para producciones bajas, mientras que las giratorias pueden utilizarse para producciones altas, como las giratorias cuestan tres veces más que las de mandíbulas y producen 3,5 veces la cantidad de las de mandíbulas, para igual potencia, se prefieren las giratorias cuando se trabaja a plena carga.

En trituración secundaria y terciaria, para grandes producciones, las trituradoras giratorias se prefieren a las de mandíbulas.

Si comparamos las trituradoras de mandíbulas tipo Blake y Dalton, esta última presenta ventajas por un menor precio y más simple mecanismo ya que tiene menor consumo de energía. Pero la forma de trabajo de su mandíbula móvil, produce un mayor desgaste de sus placas de trituración. se puede señalar en términos generales que si las placas de trituración a consecuencia del desgaste deben cambiarse dos veces por año, conviene la tipo Dalton. Sin embargo si se hace más de dos veces por año resulta conveniente la tipo Blake. (7)

PARAMETROS DE TRITURACIÓN

Los principales requisitos para poder seleccionar el o los equipo(s) de la planta de tratamiento son:

- Dimensión máxima de entrada ($D_{\text{máx.}}$).
- Dureza y abrasividad del material.
- Humedad y adherencia. Plasticidad.
- Caudal
- Razón de reducción.
- Granulometría del producto de salida.
- Forma del producto de salida.
- Robustez y mantenimiento de la máquina. (5)

Procedimientos y actividades realizadas

Mediante lo investigado con anterioridad vamos a tomar parámetros de Trituración, son los principales requisitos para el proceso, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

1. dimensiones de entrada (D_{max})
2. dimensiones de salida (d_{max})
3. caudal de entrada
4. características del material (tezontle)
5. razón de reducción

Dimensión de entrada del material, este factor que condiciona la boca de entrada de la maquina, la materia prima se triturada con un D_{max} de 10 cm lo cual nos sirve para colocar un emparrillado en la entrada de la tolva de alimentación de la máquina de Trituración, este es un accesorio opcional.

En la dimensión de salida (d_{max}) la empresa tritux quiere un producto de 2cm, es necesario conocer la dimensiones de salida para así poder obtener la potencia que necesita la máquina para poder hacer la reducción de tamaño.

Se procesara 150 Ton/Hra de material (tezontle) para cumplir la demanda del producto

La empresa nos brindo las características de la roca ha triturar, el tezontle es una piedra volcánica que se usa en la construcción, también como relleno de carreteras de terracería. La piedra tiene un índice de trabajo de $W_i=19.2$ este dato fue dado por la empresa, el índice de trabajo es un parámetro de conminución, expresa la resistencia del material al ser triturado

Nota: estos datos son necesarios para determinar la formula a usar para la Trituración

Razón de reducción

Se denomina razón de reducción a la relación D_{80}/d_{80} y no debe confundirse con la relación A/B .

Siendo:

- A: Boca de admisión
- B: Reglaje
- D_{80} : Malla que permite el paso del 80% de la alimentación expresado en μm
- d_{80} : Malla que permite el paso del 80% del producto de salida expresado en μm .

Siendo la relación existente entre A,B, D_{80} , d_{80} entonces $A > D_{80}$ y $B \leq d_{80}$ (7)

Para la selección de la trituradora en el puesto primario se suele usar tres tipos de trituradoras, trituradoras giratorias de mandíbula y molinos de impacto. Para elegir la trituradora más adecuada para el proceso hay que regirse por los valores que se vieron con anterioridades

1. Tamaño máximo de entrada del material
2. Caudal de entrada
3. resistencia a compresión simple y abrasión

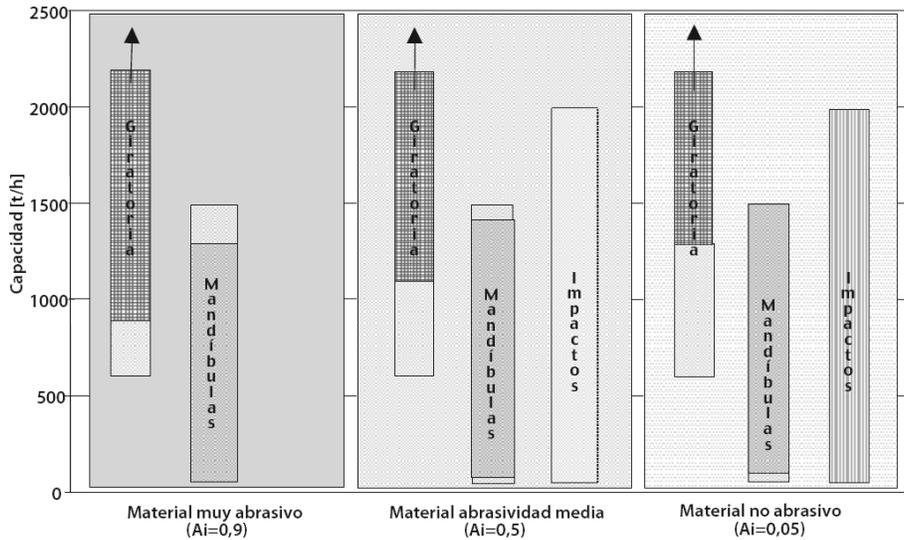
La trituradora a usar en el proceso será una trituradora de mandíbula en el siguiente apartado se mostrara el porqué de la decisión tomada

Comparación entre una trituradora giratoria y una trituradora de mandíbula tipo blake

Característica	Equipo Adecuado
Capacidad (mayor a 800 – 1000 t/h)	Giratoria
Tamaño de admisión a igual capacidad (menor a 800 t/h)	Mandíbulas
Peso a igual abertura de entrada	2 mandíbulas = Giratoria
Capacidad a igual tamaño de alimentación y razón de reducción	Giratoria = 3.5 Mandíbulas
Precio a igual boca de entrada	Giratoria = 3 Mandíbulas
Altura y Profundidad de edificio	Mandíbulas
Esfuerzos en fundaciones	Giratorias
Potencia instalada	Giratoria = 0.8 Mandíbulas
Consumo de Energía en vacío	Giratoria = 0.6 Mandíbulas
Costo de Piezas de Desgaste	Mandíbulas
Materiales húmedos o arcillosos	Mandíbulas
Materiales duros y abrasivos	Giratoria
Descarga Directa	Giratoria
Factor de Forma del producto	Giratoria
Mantenimiento	Mandíbulas

Se selecciono una trituradora de mandíbula ya que es más económica y su producción es menor de 800 t/h esto quiere decir que cumple con la demanda requerida por la empresa tritux

No obstante atendiendo a factores como la resistencia a compresión simple o la abrasividad, además del caudal, la elección del equipo más apropiado se puede hacer siguiendo el gráfico de la siguiente figura



La empresa tritux quiere una producción de 150 ton/hra de tezontle. ya que así lo requiere la demanda de material.

Este nuevo proceso de trituración ha beneficiado mucho a la cantera. Todo esto involucra una propuesta de equipo de trituración , cantidad y dimensión de equipo(s) nuevo(s), con condiciones específicas de tamaño y capacidad, todo esto para conseguir la producción deseada y optimizar los costos en la medida de lo posible.

Considerando el tonelaje solicitado por la empresa tritux, de 150 ton/hra. no se debe olvidar que el total del material que pase por la trituradora no será el mismo material que salga con las dimensiones pedidas por la empresa , ya que sale una determinada cantidad de material como finos(polvo) o con dimensiones más grandes ala deseada .

Este tipo de material tiene su mercado propio, ya que para lo requerido por la empresa no nos sirve. por eso no lo consideraremos.

La cantidad necesaria de material que debemos tener en cuenta como producto terminado dependerá de la eficiencia de trituración que es igual al 80%, así que de las 150 ton/hra que pasan por la trituradora, únicamente 120 ton/hra serán las que tendremos como producto final.

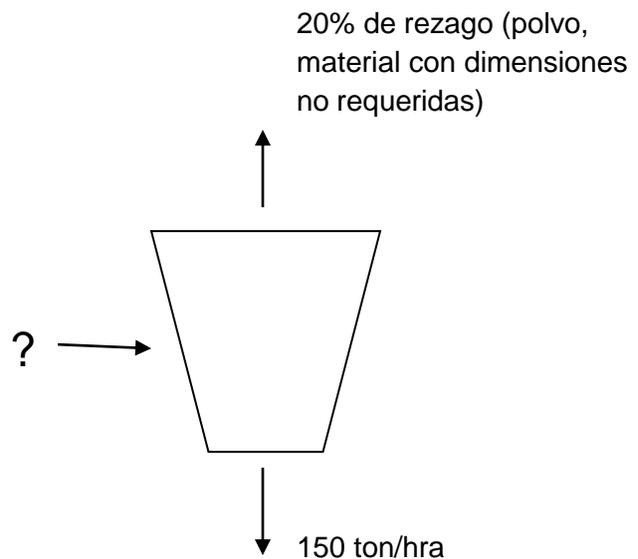
La eficiencia de las trituradoras de mandíbulas como la que se planea comprar ronda entre 75% y 85%, por lo que preveremos la media de 80% como eficiencia de nuestra trituradora. Para poder dar los 150 ton/hra reales debemos realizar un balance de materia

$$B.M = E \longrightarrow S$$

$$E = ?$$

$$S = 150 \text{ ton/hra}$$

eficacia de la maquina= 80%



$$E = \frac{150 \text{ ton/hra}}{0.80} = 187.5 \text{ ton/hra}$$

la trituradora para el proceso debe tener una capacidad de entrada de 187.5 ton/hra.

Para obtener la potencia necesaria de la maquina se realizaron los siguientes cálculos

para tener la potencia absorbida se uso la formula de Bond.

$$P_o = 10 * W_i * \frac{1}{0.907} * \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) * C$$

donde:

P_a : Potencia absorbida

D_{80} : Malla que permite el paso del 80% de la alimentación expresado en μm

d_{80} : Malla que permite el paso del 80% del producto expresado en μm

W_i : Índice de Bond del material (19.2 del tezontle)

Resultados , Graficas, Programa entre otros

Datos:

$W_i = 19.2$

$D_{\text{max}} = 10 \text{ cm} - 100000 \text{ micras}$

$d_{\text{max}} = 2 \text{ cm} - 20000 \text{ micras}$

$C = 150 \text{ ton/hra}$

$$P_o = 10 * W_i * \frac{1}{0.907} * \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) * C$$

$$P_o = 10 * 19.2 * \frac{1}{0.907} * \left(\frac{1}{\sqrt{d_{20000}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{100000}}} \right) * 187.5$$

$$P_o = 155.14 \text{ kw}$$

$$= 207.96 \text{ hp}$$

Eficiencia de transmisión = 80% (según ROIE)

$$\text{Potencia real} = \frac{207.96}{0.80} = 259.96 \text{ hp}$$

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente se realizara la selección de la trituradora de mandíbulas...

Trituradora	Mandibulas
Marca	Metson C130
Boca de alimentación	150-230 ton/hra
Motor	268.45 kw - 360 hp
Peso	40100 kg
Costo	U\$ 112000



Trituradora	Mandibulas
Marca	Kue ken 30x40
Boca de alimentación	100-200 ton/hra
Motor	246 kw - 330 hp
Peso	39000 kg
Costo	U\$ 104000



Trituradora	Mandibulas
Marca	FMS serie PE
Boca de alimentación	1-1100 ton/hra
Motor	223.71kw - 300 hp
Peso	34500 kg
Costo	U\$ 98000



Trituradora	Mandibulas
Marca	H3450 Hydra-Jaw
Boca de alimentación	50-230 ton/hra
Motor	2kw - 350 hp
Peso	28040 kg
Costo	U\$ 100400

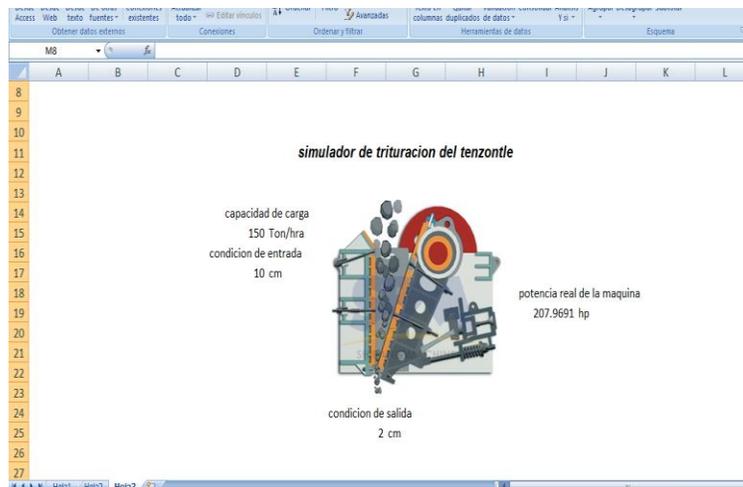


Trituradora seleccionada

Trituradora	Mandibulas
Marca	FMS serie PE
Boca de alimentación	1-1100 ton/hra
Motor	223.71kw - 300 hp
Peso	34500 kg
Costo	U\$ 98000



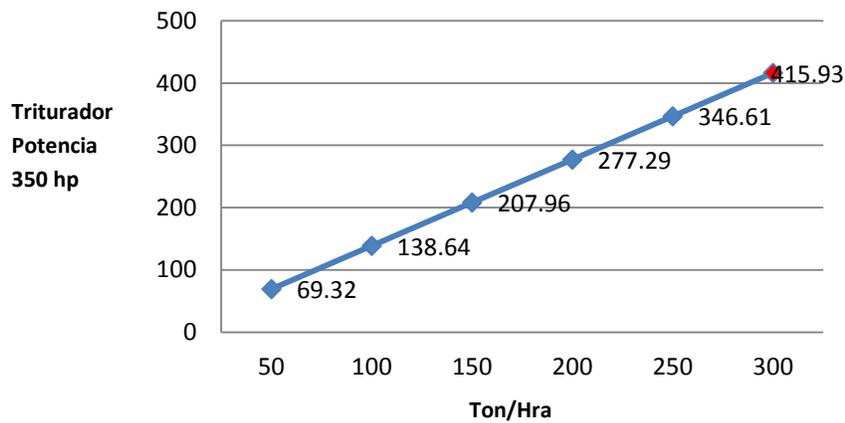
En este proyecto se elaboro un simulador del proceso en donde se realizaron corridas tomando en cuenta potencia de la maquina, caudal de entrada y diámetros de la piedra (entrada y salida), a procesar



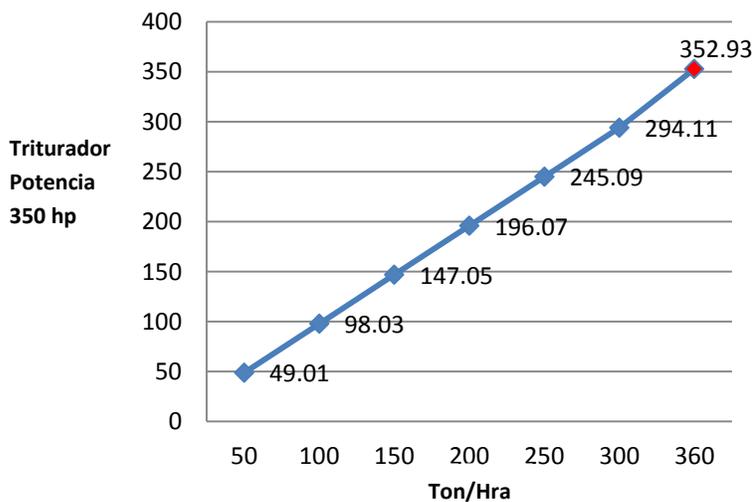
NOTA: En estas graficas se muestra la potencia de la máquina con ello lo que se hizo fue interactuar con las dimensiones del material en la entrada y salida dando así un parámetro de cuantas Ton/Hra pueden ser procesadas con esas dimensiones, sin pasarse de la potencia de la trituradora.

"Potencia requerida del equipo vs carga a diferentes tamaños de entrada y salida"

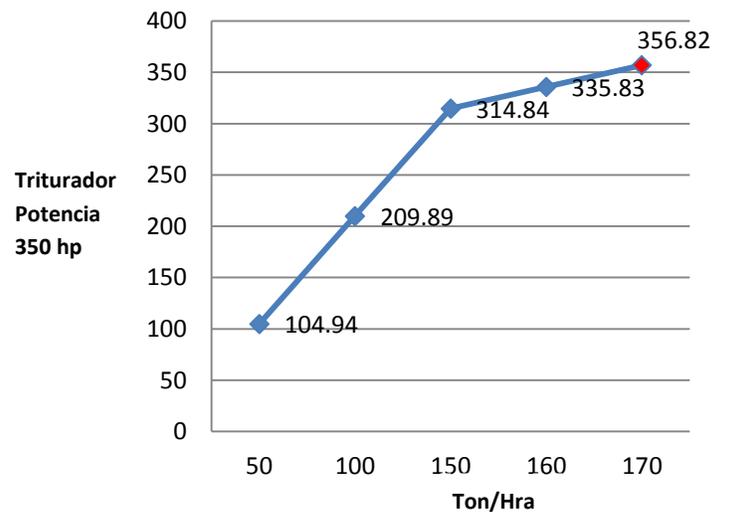
D. entrada 10cm - D. salida 2cm



D. entrada 20cm - D. salida 4cm



D. entrada 6 cm - D. salida 1 cm



Costos de producción:

- corriente eléctrica
- combustible
- mano de obra

El proceso de trituración se divide en etapas

- cargado
- acarreo
- trituración

Esto es importante considerarlo para poder calcular las horas de trabajo tanto de los equipos como de la maquinaria.

Se trabaja en 2 turnos para evitar gastos de iluminación, además de que es peligroso trabajar de noche con poca o nula iluminación por esto no se tomarán días de 24 hra, sino de 16 hra para los cálculos.

Cargado:

consumo de combustible:

Datos de la maquina:

excavadora

modelo: *cat 320 DL*

capacidad : *200 ton/hra*

dimensión de cucharon: *14 m³*

consumo de combustible por hora: *4 GLN*

potencia del motor: *180 hp*

4 GLN = 15.14 lt

$$A = \frac{200 \text{ ton}}{15.14 \text{ lt}} = 13.21 \frac{\text{ton}}{\text{lt}}$$

$$A = \frac{187.5 \text{ ton}}{13.21 \frac{\text{ton}}{\text{lt}}} = 14.19 \text{ lt}$$

$$A = 14.19 \text{ lt} \times 17.03 \frac{\text{pesos}}{\text{lt}} = \mathbf{241.65 \text{ pesos}}$$

costo de mano de obra excavadora: una maquina, un operario por turno

sueldo de operario: **6200 mensuales**

$$A = \frac{6200 \text{ pesos}}{30 \text{ dias}} = \frac{206.66}{8 \text{ hra}} = \frac{25.83}{187.5} = 0.13 \times 2 = \mathbf{0.26 \text{ pesos/ton}}$$

una maquina es suficiente

para la producción estimada

Acarreo:

Datos de la maquina :

volteo: international

modelo: 4700 - 444

capacidad: 14 toneladas

consume: 1 litro de diesel por cada 2.5 km

distancia de la cantera a la trituradora de 700 m

con un recorrido de 7 minutos con carga y descarga del material, se realizaron las siguientes operaciones este dato fue dado por la empresa:

7 min ---- 14 ton

$$\frac{187.5 \text{ ton}}{14 \text{ ton}} = 13.40 = 14 \text{ viajes}$$

$$14 \times 7 \text{ min} = 98 \text{ min con un camión}$$

para poder cumplir con las 187.5 ton/hra se emplearan dos volteos, ya que solo un volteo no cumple con el tiempo estimado

$$\frac{187.5 \text{ ton}}{14 \text{ ton}} = 14 \text{ viajes} \div 2 \text{ camiones} = 7 \text{ viajes por camion}$$

$$7 \text{ viajes} \times 7 \text{ min} = 49 \text{ min de recorrido de cada camion}$$

costo de mano de obra del volteo : son dos volteos, 2 operarios por turno

suelo de operario: **5600 mensual**

$$A = \frac{5600 \text{ pesos}}{30 \text{ dias}} = \frac{186.66 \text{ pesos}}{8 \text{ hra}} = \frac{23.32}{187.5} = 0.1245 \times 4 = \mathbf{0.49 \frac{\text{pesos}}{\text{ton}}}$$

costo de combustible por tonelada :

$$A = \frac{1.4 \text{ km}}{2.5 \frac{\text{km}}{\text{lt}}} = 0.56 \text{ lt} * 17.03 \frac{\text{pesos}}{\text{lt}} = 9.53 \text{ pesos cada 14 toneladas}$$

$$\frac{9.53 \text{ pesos/ton}}{14 \text{ ton}} = 0.68 \text{ pesos} \times 2 \text{ camiones} = 1.36 \text{ pesos por tonelada}$$

$$A = 187.5 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \times 1.36 \frac{\text{pesos}}{\text{ton}} = \mathbf{255 \text{ pesos por hora}}$$

Trituración:

costo de consumo de energía:

Datos del equipo:

potencia: 350 hp

capacidad: 1-1100 ton/hora

para triturar 187.5 toneladas necesita 193.85 kw de energía por hora

- el costo de energía por CFE es de 0.0668 pesos/kW para tensión menor o igual a 220 kilovoltios.
- en la cantera se maneja corriente 220

$$A = 193.85 \frac{\text{kw}}{\text{h}} \times 0.0668 \frac{\text{pesos}}{\text{kw}} = \mathbf{12.94 \text{ pesos por hora}}$$

Iluminación de la cantera para el turno vespertino

consumo de energía de focos

se encuentran disponibles 4 reflectores en la cantera cada reflector cuenta con 4 focos de 10 kw/h

$$A = 10 \frac{\text{kw}}{\text{h}} \times 16 = 160 \frac{\text{kw}}{\text{h}} \times 0.0668 \frac{\text{pesos}}{\text{kw}} = \mathbf{10.68 \text{ pesos por hora}}$$

costo de carga de material a la trituradora:

en esta parte se hace la misma operaciones alas antes realizadas en la parte de carga ya que se cuenta con una maquina igual a la que se utiliza en esa etapa.

Costo en consumo de combustible:

Datos de la maquina:

excavadora

modelo: *cat 320 DL*

capacidad : *200 ton/hra*

dimensión de cucharon: *14 m³*

consumo de combustible por hora: *4 GLN*

potencia del motor: *180 hp*

4 GLN = 15.14 lt

$$A = \frac{200 \text{ ton}}{15.14 \text{ lt}} = 13.21 \frac{\text{ton}}{\text{lt}}$$

$$A = \frac{187.5 \text{ ton}}{13.21 \text{ ton/lt}} = 14.19 \text{ lt}$$

$$A = 14.19 \text{ lt} \times 17.03 \frac{\text{pesos}}{\text{lt}} = \mathbf{241.65 \text{ pesos}}$$

costo de mano de obra excavadora: una maquina, un operario por turno

sueldo de operario: **6200 mensuales**

$$A = \frac{6200 \text{ pesos}}{30 \text{ dias}} = \frac{206.66}{8 \text{ hra}} = \frac{25.83}{187.5} = 0.13 \times 2 = \mathbf{0.26 \text{ pesos/ton}}$$

una maquina es suficiente para la producción estimada

costo de mano de obra "tritadora": un operador por turno

sueldo de operador: **6200 mensuales**

$$A = \frac{6200 \text{ pesos}}{30 \text{ días}} = \frac{206.66}{8 \text{ hora}} = \frac{25.83}{187.5} = 0.13 \times 2 = \mathbf{0.26 \text{ pesos/ton}}$$

COSTO DE OPERACION POR TONELADA

	Día	Mes	Año
Mano de obra	1,986	59,600	715,200
Combustible	16,549	496,470	5,957,640
Energía eléctrica	377.92	11,337.6	136,051
Total	18,912.92	567,387.6	6,808,651

Conclusión y recomendaciones

Debido a la investigación realizada y a los cálculos obtenidos se concluye que el proceso de Trituración con el equipo seleccionado es el óptimo ya que cumple con los parámetros requeridos por la empresa así teniendo un caudal 187.5 Ton/ Hra con dimensiones de entrada del material de 10cm y de salida de 2cm para obtener 150 ton/hra y así cumplir con la demanda de la empresa.

Se recomienda utilizar el simulador para saber los límites máximos permisibles de carga según el tamaño de la materia prima en entrada y salida, para no sobre pasar la potencia de la maquina.

Competencia desarrollada y/o aplicaciones

Operaciones unitarias, Procesos de separación, Balance de materia y energía, Simulación de procesos, costos

Referencia bibliográficas y virtuales

1. <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf>
2. <http://www.elmetalurgista.comyr.com/index.php/componentk2/itemlist/tag/FIotac%C3%20Bn>
3. <http://eleconomista.com.mx/estados/2011/07/03/potencial-minero-queretaro>
4. file:///C:/Users/EQUIPO/Desktop/adrian/TEORIA%20Y%20PRÁCTICAS%20ODE%20TRITURACION%20Y%20MOLIENDA_OCR.
5. BOND, C. Fred. BIBLIOGRAFIA Crushing and Grinding Calculations (Part I). British Chemical Engineering. London 1956.
6. ESPINOSA, De León Luis. Experiencia Personal. Laboratorios Meta16rgicos de la Comisión de Fomento Minero. C.F.M. M~xico, D.F. 1972.
7. Determinación y aplicación de parámetros de trituración y molienda. Monjardin López Homero.
8. Equipos de Trituración, Molienda y Clasificación, Tecnología Diseño y Aplicación, Fueyo Luis, Editorial Rocas y Minerales.
9. "Tecnología de los Aparatos de Fragmentación y de clasificación Dimensional" - E. C. Blanc – Colección rocas y minerales – Madrid.
10. "Trituración, Molienda y Separación de Minerales" – Waganoff – Editorial Alsina.
11. "Ingeniería Química 2: Unidades SI, operaciones básicas, Volumen 1" - J. M. Coulson, J. F. Richardson, J. R. Backhurst, J. H. Harker.
12. [file:///C:/Users/EQUIPO/Desktop/adrian/05_Apunte%20Trituracion%20\(1\)%20888888.pdf](file:///C:/Users/EQUIPO/Desktop/adrian/05_Apunte%20Trituracion%20(1)%20888888.pdf)

Revisar la ortografía del texto, además checar que cuando comience un párrafo, título o subtema debe comenzar en mayúsculas, su índice le faltan los subtemas que esta poniendo en los diferentes apartados a partir de generalidades. Falta colocar un índice de tablas, graficos y figuras. Revisar los subtemas que estén uniformes en cuanto al color y tamaño de letras.