

13 2oj.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ANALISIS COMPARATIVO DE LA TRITURACION POR
IMPACTO, CON OTRAS TECNICAS DE PRODUCCION
DE AGREGADOS**

FALLA DE ENTREGA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

DANIEL AVILA SOLIS

RODOLFO HIGAREDA CARRANCO

GENARO ALEJANDRO HERNANDEZ CAMPOS

LUIS HUMBERTO GONZALEZ BONILLA

ODILON MENDOZA MORALES



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N T R O D U C C I O N

Debido a la gran importancia que tiene el uso de agregados en los diversos trabajos de Ingeniería y aunado a esto las cada vez mas estrictas especificaciones que se le imponen a los mismos, se hace necesario que el Ingeniero Civil conozca, dado un caso particular, los métodos de producción que existen y las ventajas y desventajas que cada uno de ellos presentan.

En razon de lo anterior, el objetivo que pretende alcanzar el presente trabajo es establecer un modelo de análisis, que permita comparar las técnicas de producción de agregados; basado en factores de orden tanto cualitativo como cuantitativo, los cuales se ponderaran en función de lo siguiente: eficiencia, economía, calidad, flexibilidad, confiabilidad, sencillez y disponibilidad de los equipos de trituración existentes, que permitan producir en calidad, volumen y a costo óptimo los agregados requeridos en cada caso.

Existen diversas técnicas para la producción de agregados, desde las más rudimentarias o elementales hasta las que utilizan los adelantos técnicos más sofisticados. Cabe mencionar aquí algo muy importante, que es el hecho que para el Ingeniero Civil no es tan relevante conocer a fondo la mecánica de cada uno de los sistemas, sus parámetros técnicos o su diseño, sino los resultados que se pueden esperar de cada uno de ellos cuando se trata de obtener agregados sujetos a ciertas condiciones de calidad y volumen.

Los agregados se obtienen de bancos seleccionados por su ubicación y disponibilidad en primera instancia, a los cuales se somete posteriormente a pruebas y sondeos que permitan garantizar las características que se han especificado para el agregado.

Se puede definir a un agregado como el material inerte cuyas características granulométricas, geológicas, químicas, mecánicas,

geométricas, físicas y de sanidad le permiten, en combinación con un ligante, cementante o confinante, formar parte de una estructura, esto último generalmente como concreto, que como sabemos es el material de construcción más utilizado en nuestro medio. Para enfatizar la importancia de la obtención de buenos agregados, solo basta en razonar sobre el hecho de que los agregados acupan aproximadamente las 3/4 partes del volumen del concreto.

Pensando en el correcto desarrollo del presente trabajo, hemos planteado en 4 capítulos su contenido.

El primer capítulo es una recopilación de antecedentes de orden geológico y minero, así como una descripción del tipo de bancos más usuales, y como contraparte se ofrece una relación de los agregados más comunes dándose la caracterología de su definición y comentándose la importancia de los mismos en la construcción. Este capítulo establece los antecedentes y el umbral en

el cual desarrollaremos el análisis comparativo, por lo que aquí se inicia el desarrollo del modelo al definir las hipótesis de trabajo, así como las convenciones, generalidades e idealizaciones de los elementos del análisis a seguir.

El segundo capítulo, se refiere a los equipos de trituración; sus características y peculiaridades y se pretende hacer, en función de ello, un sistema de clasificación, basado en sus alcances y sistema mecánico de funcionamiento. Sabemos que existen equipos para usos muy específicos (en especial mineros y de beneficio) que escapan a los alcances de este trabajo, pero creemos que cumple con su objetivo al enlistar de forma genérica a la gran mayoría. De intención se eliminan los equipos de explotación de bancos y el análisis de cribas, clasificadores, lavadores y equipo complementario, por no ser parte medular del análisis propuesto.

El tercer capítulo define el modelo de

bancos y equipos que se pretenden analizar y comparar. Se desarrolla un criterio de generalidad y simplificación a pesar de lo cual se requiere llevar a cabo diez análisis de banco equipos de trituración, que si bien no abarcan todos los casos, si permiten un enfoque casuístico, sistemático y general del problema. Asimismo, en aras de un desarrollo más claro de los ejemplos y para homogeneizar parámetros, se determina un origen común para las cotizaciones y equipos. También se selecciona la categoría de equipos móviles con una capacidad de 90 ton/hr, lo que se justifica en su oportunidad.

El cuarto capítulo es el desarrollo del proceso económico, de dos tipos genéricos de equipos de trituración en tres tipos de bancos. Para ello en este capítulo se procura que el análisis se base en supuestos reales y derivados de la experiencia; la modalidad del formato de costos es el usual para concursos de obra pública, por ser el caso más general, por ello, pese a estar concientes de las limitaciones que implica, se analizan únicamente costos directos, y

especificamente los de la fase de trituración y se omiten otros aspectos del costo que pudieran variar el objeto del análisis.

CAPITULO I

MATERIALES PETREOS
MAS USADOS EN LA
PRODUCCION DE
AGREGADOS

C A P I T U L O I

MATERIALES PETREOS MAS USADOS EN LA PRODUCCION DE AGREGADOS

Antes de empezar ha hablar de los agregados en si, es necesario conocer algo de los materiales de los que proceden, y todavía antes que esto, hay que conocer los lugares de donde estos serán obtenidos. Por ello ante el caso de tener que localizar cualquier cantera o yacimiento de agregados, lo primero que hay que plantearse son los datos que definen la clase de material que nos hace falta, y en ello, su naturaleza geológica es factor fundamental (figura I.1).

Una vez definida su característica cualitativa, casi siempre el otro factor que le sigue en importancia es el cuantitativo, en el sentido de que no siempre los yacimientos y canteras localizados para un fin determinado tienen luego el volumen suficiente para cubrir las necesidades de la demanda.

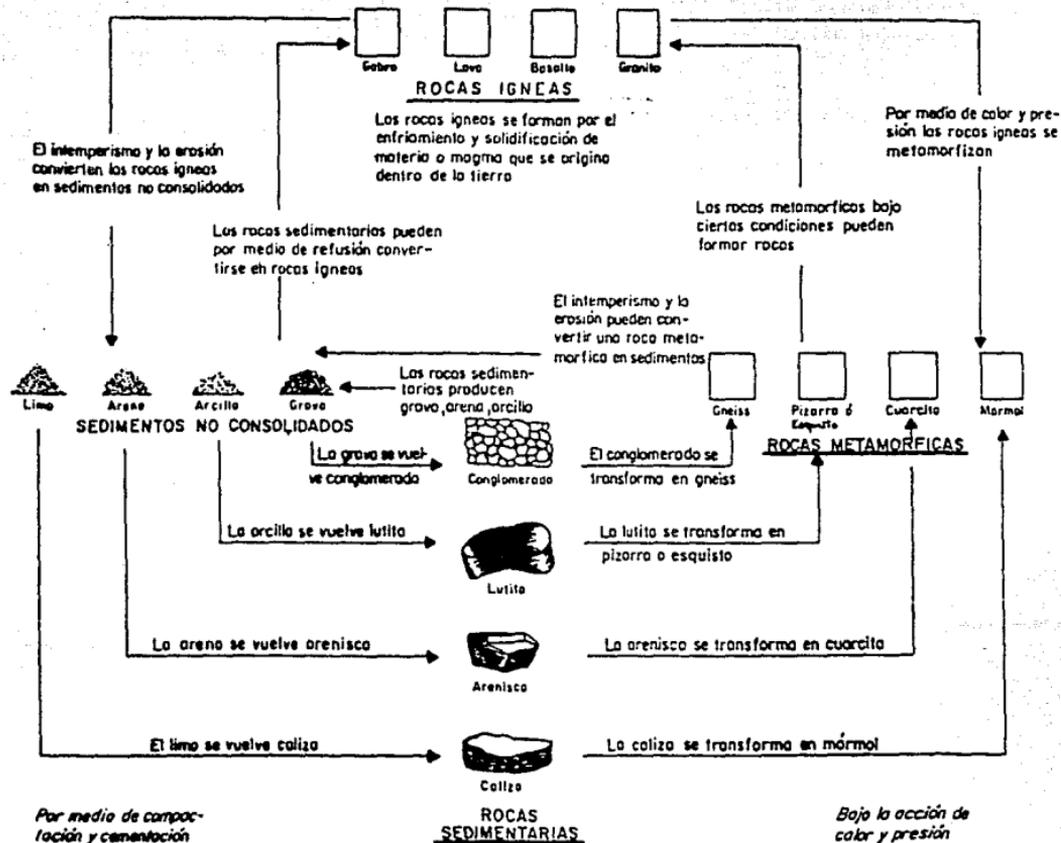


FIGURA I.1.- Ciclo de las rocas.

Finalmente la situación del agregado a explotar, en relación no solo con el mercado, sino, y más inmediatamente, en relación con los demás elementos minerales contiguos, o sea, espesor y clase de los recubrimientos, nivel al que se encuentran, etc., es la tercera característica que ha de decirnos a cerca de la aptitud de explotación de un banco dado.

Estas tres características, que son los puntos que hay que definir antes de empezar la búsqueda de cualquier yacimiento o cantera, a saber: naturaleza, cantidad y presentación, caen por completo en el campo de la geología aplicada, siendo por tanto lo que nos pondrá en buen camino hacia la óptima solución del problema planteado, aún a sabiendas de antemano de que raramente podremos encontrar en la naturaleza el "agregado ideal" cuyas características se hayan prefijado teóricamente.

Antes de seguir adelante con el trabajo, se hace necesario hablar de las características

generales de los distintos materiales pétreos susceptibles de usarse como agregados.

I.1.- CLASIFICACION DE LAS ROCAS.

Los agregados a los que nos estaremos refiriendo se encuentran todos ellos directamente en la naturaleza (aunque sin olvidar que también existen agregados de origen artificial) y más concretamente en las "ROCCAS", entendiéndose por roca a los "materiales masivos formados por un mineral o por la mezcla de varios de ellos", independientemente del grado de cohesión con que puedan presentarse. Según esta definición lo mismo caen dentro de ella una montaña de granito o de caliza que un banco de arena o una gravera de río.

Rocas como sabemos, existen de muchas clases; para referirnos a continuación a ellas, vamos a seguir el criterio de clasificación más comunmente empleado, según el cual las rocas se dividen en tres grandes grupos: las Igneas, las Sedimentarias, y las Metamórficas.

Rocas Igneas.

Las rocas igneas son las originadas por la consolidación de un magma procedente del interior de la corteza terrestre, y se dividen en plutónicas o intrusivas, consolidadas a grandes profundidades bajo régimen de enfriamiento lento, con lo que resultan con una estructura granular; las hipoabismales o filonianas, consolidadas a profundidades intermedias con un enfriamiento menos lento y por etapas, que les da estructuras porfiroides y microgranuladas y las extrusivas o volcánicas, consolidadas en la superficie terrestre y por lo tanto sometidas a un enfriamiento rápido del que resulta una estructura vítrea. Las rocas igneas se clasifican de acuerdo a las dos bases siguientes: (a) la química (mineralógica) y (b) la textura. En la tabla I.2 aparece una clasificación megascópica de los especímenes de mano.

Rocas Sedimentarias.

Las rocas sedimentarias están compuestas de materiales que se derivan de la desintegración por intemperismo y erosión de antiguas rocas igneas.

PRINCIPALES CLASES DE ROCA DE ACUERDO CON LA TEXTURA	SUBDIVISIONES DE LAS PRINCIPALES CLASES DE ACUERDO CON EL CONTENIDO MINERALOGICO						PREDOMINAN MINERALS OSCUROS	SOLAMENTE MINERALES OSCUROS
	MINERALES DE COLORES CLAROS, PRINCIPALMENTE FELDESPATOS, PREDOMINAN							
Granuda gruesa Fanerítica (granitoide, granítica) (puede ser porfídica)	Más feldespato de potasio que plagioclasa		Feldespatos de potasio y plagioclasa casi iguales		Más feldespato plagioclasa que de potasio			
	Cuarzo	Cuarzo bajo 5%	Cuarzo	Cuarzo bajo 5%	Cuarzo	Cuarzo bajo 5%		
Granuda fina Afanítica (felsítica) (comúnmente porfídica)	Granito	Sienita (Nefelina sienita, con nefelina en adición al feldespato)	Cuarzo Monzonita Granodiorita	Monzonita	Diorita de cuarzo (Tonalita)	Diorita	Gabro Dolerita (Diabasa) (textura media)	Dunita (olivino) Peridotita (olivino, piroxena) Pyroxenita (Pyroxena)
	Rhyolita	Traquita (Fonolita, con nefelina en adición al feldespato)	Cuarzo Latita	Latita	Dacita	Andesita	Basalto	
Vítrea (puede ser porfídica)	Obsidiana (lustre vítreo) Retina (lustre de brea) Perlita (lustre perlino) Pueblita (estructura vesicular)			Basado en la composición química; minerales pequeños o ausentes		Vidrio basáltico (taquilita) Escoria (celular)		
Fragmentaria (piroclástica)	Toba (fina), brecha volcánica (gruesa)							

TABLA 1.2.- Clasificación de las rocas ígneas.

sedimentarias o metamórficas. El material sedimentario se divide en dos clases: (a) materia mineral disuelta, la que es precipitada por agentes orgánicos u inorgánicos, y (b) fragmentos sólidos o sedimentos los cuales se acumulan para formar una roca. La materia mineral disuelta forma las rocas sedimentarias fragmentarias o clásticas. La materia mineral precipitada también contribuye a la cementación del material clástico. En la tabla I.3 se muestra una clasificación de las rocas sedimentarias.

Rocas Metamórficas.

Finalmente la tercera gran familia de rocas la constituyen las rocas metamórficas, que son rocas primitivamente formadas de cualquiera de las dos anteriores, pero posteriormente modificadas por procesos internos de calor o presión. Son rocas por tanto, que presentan características intermedias entre las de los dos grupos que acabamos de describir, ya que junto al carácter cristalino y granular de sus componentes, análogos a los de las

CLASIFICADAS POR COMPOSICION	ROCA	CLASIFICADAS POR ORIGEN	ROCA
I. SEDIMENTOS CLASTICOS A. Partículas gruesas o mezcladas 1. Redondeadas 2. Angulosas 3. Conchas B. Partículas medias a pequeñas 1. Principalmente cuarzo 2. Mucho feldespato así como cuarzo. 3. Conchas C. Partículas indistinguibles 1. Arena de cuarzo fino 2. Lodo (cuarzo muy fino y arcilla) 3. Arcilla	Conglomerado Brecha Coquina Arenisca Arcosa Caliza Limolita Lodo y lutita Lutita y margá	Depósito glacial Intemperismo de ladera Depósito por el viento.	Tillita Talud brecha Loess
II. SEDIMENTOS NO CLASTICOS Carbonato de calcio Carbonato de calcio y magnesio Sílice Carbón vegetal Sal Sulfato de calcio Sulfato de calcio hidratado Fosfato	Caliza Dolomita Pedernal y diatoma Carbón Sal de roca Anhídrita Yeso Roca fosfática	Depósito de carbonato de manantial. Depósito de sílice de manantial caliente	Travertino Geyserita

TABLA I.3.- Clasificación de las rocas sedimentarias

COMPOSICION MINERAL Y ESTRUCTURA	NOMBRE DE LA ROCA
<p>ESTRUCTURA PARALELA:</p> <p>Textura gruesa—feldespato, cuarzo, otros minerales silicatados, principalmente mica y anfíbola.</p> <p>Textura gruesa—mica y otros feldespatos alargados o laminados con cantidades menores de cuarzo y feldespato.</p> <p>Textura intermedia—rocas micáceas que representan una transición de esquisto a pizarra.</p> <p>Textura muy fina—minerales micáceas con cuarzo, otras impurezas.</p>	<p>Gneis</p> <p>Esquisto</p> <p>Filita</p> <p>Pizarra</p>
<p>ESTRUCTURA MASIVA:</p> <p>Feldespato y otros silicatos</p> <p>Granos de cuarzo y cemento de cuarzo</p> <p>Calcios o dolomita</p> <p>Serpentina</p> <p>Talco</p> <p>Hornblenda</p> <p>Arcilla</p> <p>Piroxena y granate</p>	<p>Granulita</p> <p>Cuarcita</p> <p>Mármol</p> <p>Serpentina</p> <p>Esteatita</p> <p>Anfibolita</p> <p>Corneanas</p> <p>Eclogita</p>

TABLA I.4.- Clasificación de las rocas metamórficas.

rocas ígneas, estos se encuentran dispuestos en capas como en las sedimentarias (ver tabla I.4).

I.2.- BANCOS DE AGREGADOS; YACIMIENTOS Y CANTERAS.

Como ya se indico antes, todas las rocas descritas se encuentran en la naturaleza en depósitos que podemos llamar "depósitos directos" y "depósitos indirectos". Los primeros son aquellos que para su utilización se precisa de realizar solo operaciones para su extracción y clasificación, es decir, que se emplean tal como se encuentran en la naturaleza. Los segundos son aquellos donde además de estas dos operaciones necesitan otra intermedia que consiste en su elaboración o trituración, por no ser utilizables con el tamaño con el que se extraen. Los primeros se obtienen de un yacimiento y los segundos de una cantera.

Los yacimientos naturales de agregados se encuentran en los depósitos de gravas y arenas de cualquier tamaño, en los que estos materiales están prácticamente sueltos, lo cual ya indica que su

obtención ha de resultar en principio mas económica que los que se obtienen en canteras, puesto que de entrada nos ahorramos gran parte de la operación de trituración.

Los yacimientos o canteras, mejor conocidos en nuestro medio como BANCOS DE MATERIALES, los podemos clasificar en cuatro grandes tipos principales:

- a) Bancos Rocosos.
- b) Bancos de Materiales Aglomerados.
- c) Bancos de Materiales Depositados.
- d) Bancos de Materiales de Origen Artificial.

a) Bancos Rocosos.

Este tipo de bancos puede tener su origen en fenómenos igneos, sedimentarios o metamórficos. Los bancos rocosos representan usualmente una excelente fuente de material para la producción de agregados pétreos debido a su gran homogeneidad, sanidad y volumen explotable, pero a la vez requieren de la implantación de una infraestructura generalmente

muy grande para su explotación. El material en greña susceptible de trituración que se obtiene de ellos tiene como característica granulométrica un alto porcentaje de tamaños grandes y un total de finos que normalmente no rebasa el 5% compuesto principalmente por limos y arcillas indezables.

b) Bancos de Materiales Aglomerados.

Estos bancos pueden ser de origen diverso en función de su transporte y origen geológico; en lo tocante a su transporte pueden ser de origen pluvial, eólico, glacial ó eruptivo, tales como cantos rodados cementados, dunas cementadas, antiguas morrenas y tobas y cenizas volcánicas. En lo que respecta a su origen geológico pueden ser: igneo y sedimentario básicamente. El elemento característico suele ser el cementante, el cual habitualmente es uno de los siguientes o una combinación de ellos: carbonatos, sulfatos, cenizas volcánicas, arcillas o limos. Una vez extraído el material a triturar ya sea por medios mecánicos o por voladuras, se puede advertir que está formado

por rocas altamente silicosas y los residuos del cementante, que salvo el caso de tovas y cenizas volcánicas, no es adecuado como agregado.

c) Bancos de Materiales Depositados.

Estos bancos normalmente son de origen pluvial compuestos por arcillas, limos, arenas, gravas y tamaños mayores en variada y diferente proporción. Los yacimientos son generalmente de forma lenticular donde por sucesivas deposiciones y eyecciones el material se estratifica y selecciona, siendo normal bancos de arenas, gravas y cantos rodados donde es común encontrar ausencia de tamaños intermedios. Cuando es posible explotarlos y la calidad del material es adecuada, proporcionan los costos más bajos de extracción, y dado que la trituración se refiere al 5 ó al 20% del volumen en grana, se compensa el alto desgaste de los equipos originado por los contenidos de SiO₂ que oscilan entre el 20 y el 80%.

d) Bancos de Materiales de Origen Artificial.

Son usualmente concentraciones de materiales

de recuperación y residuos industriales tales como: escorias de alto horno, rechazo de ladrilleras y bloqueras, escombros de demolición y subproductos industriales. En nuestro medio este tipo de materiales son empleados para la obtención de agregados finos y más comúnmente como material de relleno, por esta razón solo haremos referencia a ellos en esta sección del trabajo.

Parámetros de Evaluación de Bancos de Agregados.

Si el banco cumple con los requisitos de proporcionar el material adecuado para el agregado requerido, la evaluación deberá considerar elementos tales como:

Disponibilidad: Esto se expresa en términos del régimen de propiedad del terreno donde se asienta el banco, ausencia de litigios que involucren al mismo, distancia referida a centros de población, ausencia de limitaciones de tipo ecológico, cultural, arqueológico o científico, que no existan impedimentos derivados del uso del suelo y ordenamiento territorial, que no existan reservas

de materiales susceptibles de ser dañados y que las condiciones meteorológicas propias del lugar permitan su explotación.

Localización: Este parámetro de evaluación de un banco esta determinado por factores como: accesos al sitio de explotación y que las distancias de acarreo de materiales sean razonables de manera que no encarezcan demasiado la producción.

Potencial de Explotación: Dicho parámetro está en razón de los volúmenes explotables comprobados, forma del yacimiento y la factibilidad de desarrollar métodos de explotación adecuados.

Infraestructura: En este punto es necesario hacer una evaluación de factores como la disponibilidad de mano de obra, energía eléctrica, de combustibles, de medios de comunicación adecuados y de centros de aprovisionamiento de insumos.

Al realizar un análisis de los parámetros

anteriores se verá que raramente encontraremos un banco que reúna todos los elementos deseables para su explotación debiendo subsanar lo faltante o sustituirlo, para lo cual hay que realizar una evaluación costo beneficio para poder tomar una decisión adecuada.

1.3.- CLASIFICACION DE AGREGADOS.

Los agregados se pueden clasificar atendiendo a variados criterios, desde el punto de vista de la Ingeniería Civil dichos criterios pueden ser de dos tipos: según su empleo y según sus propiedades.

Según su empleo:

- a) Para fabricación de concreto hidráulico.
- b) Para fabricación de concreto asfáltico.
- c) Para estructuras de materiales graduados.
- d) Para fabricación de morteros y lechadas.

Según sus propiedades:

Atendiendo a su granulometría pueden ser: arenas, gravas o materiales de mampostería, lo que ilustramos a través de las especificaciones

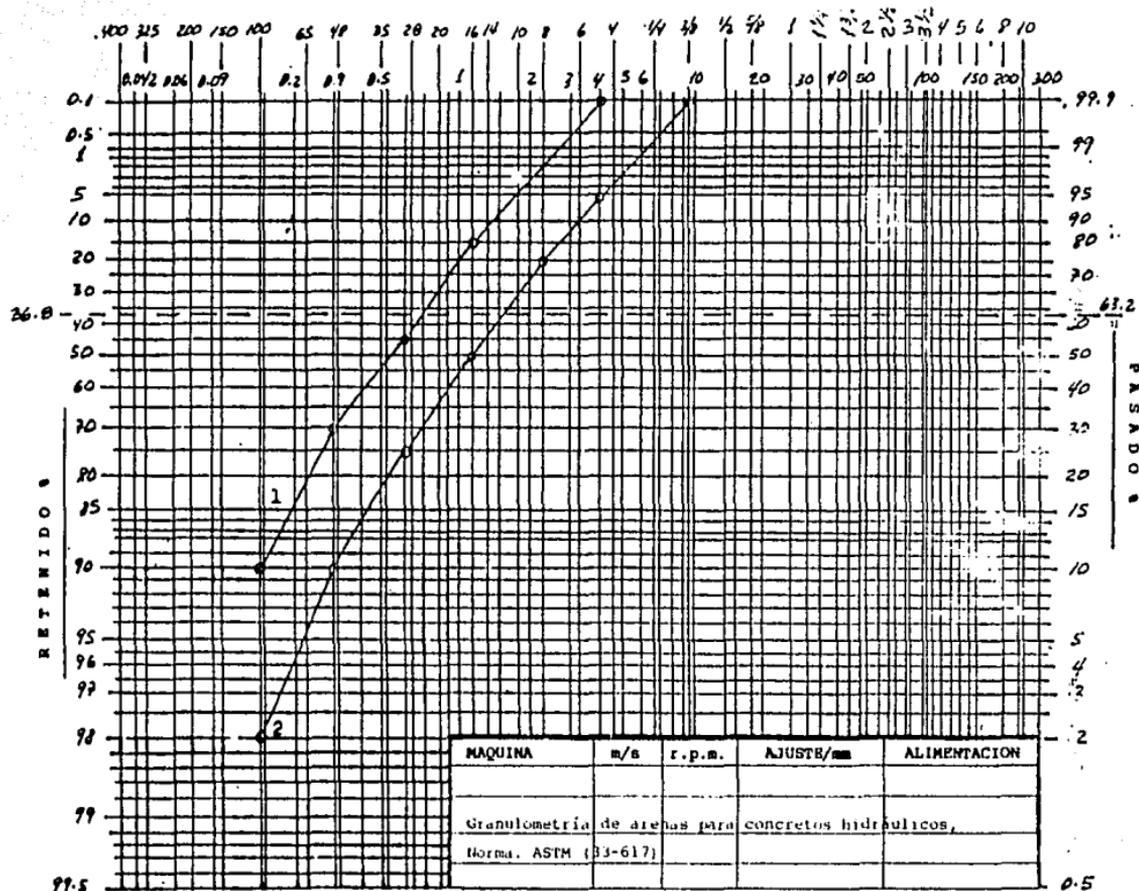


Fig. 1.2.- GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. MALLAS U.S. STANDARD MESH.
CURVAS LIMITE SUPERIOR (1) E INFERIOR (2)

I) AGREGADOS PARA CONCRETOS HIDRAULICOS

Arena	0	a	1/4"
Grava #1	1/4"	a	3/4"
Grava #2	3/4"	a	1 1/2"
Grava #3	1 1/2"	a	3"
Grava #4	3"	a	6"

II) AGREGADOS PARA CAMINOS

Material de sub-base	0	a	2"
Material de base	0	a	1 1/2"
Material de carpeta	0	a	3/4"
Material de sello	3/16"	a	3/8"

III) MATERIALES PARA F.F.C.C.

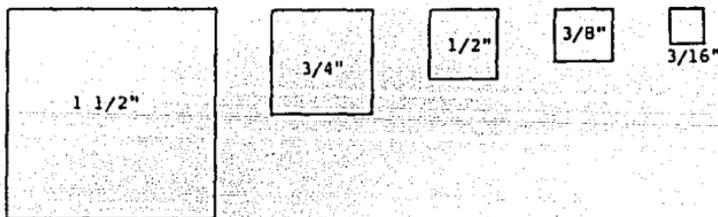
Basalto	3/4"	a	1 1/2"
Screening	1/4"	a	3/4"
Polvo	0	a	1/4"

IV) GRANULOMETRIA DE ARENAS PARA CONCRETOS HIDRAULICOS. NORMA ASTM (33-617).

<u>MALLA</u>	<u>M.M.</u>	<u>% QUE PASA</u>
3/8"	19.4	100
# 4	4.76	95 a 100
# 8	2.38	80 a 100
# 16	1.19	50 a 85
# 30	0.595	25 a 60
# 50	0.297	10 a 30
# 100	0.149	2 a 10

V) PIEDRA BRAZA 12" A 16"

Gravilla	1/4"	a	3/4"
Granzón	1/2"	a	1/8"



MALLA	#4	#8	#16	#30	#50	#100
	□	□	□	□	■	●

TABLA I.5.- Especificaciones de agregados pétreos.

granulométricas de los usos respectivos (Figura I.2 y tabla I.5)

Propiedades de los Agregados.

Las propiedades de las normas para elaboración de concreto hidráulico son las más amplias, representativas y conocidas, por lo que únicamente nos referiremos a ellas en el desarrollo de este trabajo, sin perder de vista que existen normas similares para otros casos.

Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas más importantes de los agregados son las que a continuación se enuncian:

Porosidad. En términos generales la porosidad de un material, es su propiedad de presentar huecos o vacíos.

Absorción. En general se llama absorción a la penetración íntima y sucesiva de un vapor, de un líquido o de un gas en una materia inorgánica.

En un agregado, será la capacidad de absorber agua al sumergirlo en un recipiente que contenga dicho elemento.

Capilaridad. Esta se define como la propiedad de ascender de los líquidos que se encuentran en contacto con el cuerpo del agregado.

Densidad. Es la relación que existe entre la masa y el volumen del agregado.

Peso Especifico. Es la relación que existe entre el peso y el volumen de un agregado.

Permeabilidad. Es la facilidad o dificultad con la que un agregado puede ser atravesado por un fluido a causa de la diferencia de presiones entre las dos superficies opuestas de este.

Dureza. La dureza de un agregado se determina por su capacidad para rayar o ser rayado por otros de acuerdo con la escala de dureza llamada ESCALA DE MOHS, dicha escala se muestra en la tabla I.6.

Propiedades Mecánicas.

Dentro de las propiedades mecánicas de los agregados que interesan al Ingeniero Civil, se encuentran las siguientes:

Resistencia a la Tensión. Se denomina resistencia a la tensión de un agregado, a la oposición que presenta este al ser separado por la acción de un esfuerzo de tensión.

Resistencia a la Compresión. La resistencia a la compresión es la oposición que presentan los agregados a reducir los espacios entre partículas por efecto de esfuerzos de compresión.

Resistencia al Cortante. Es la resistencia o la oposición que presentan los agregados ante un esfuerzo de corte que tiende a mover una parte del cuerpo del agregado con respecto a la otra.

Resistencia al Desgaste. La resistencia al desgaste de un agregado depende de la dureza y abrasividad del mismo.

<u>NUMERO 1</u>	Talco, Grafito, Caolín, Yeso, Gis.
<u>NUMERO 2</u>	Sal Gema, Bismuto, Asfalto, Borax, Sal de Epsom, Vitrolio, Yeso, Carbón (2-3), Mica, Azufre.
<u>NUMERO 3</u>	Aragonita, Antrasita, Barita, Dolomita, Mármol (3-4), Caliza, Cerusita (3.5).
<u>NUMERO 4</u>	Fluorespatos, Dolomitas, Piritas Magnética, Magnesita, Serpentina, Novaculita, Areniscas, Siderita (3.5 a 4.5).
<u>NUMERO 5</u>	Apatita, Mineral Magnético de Hierro (5.5 a 6.5), Hornoblenda, Diorita (5 a 6), Cantos Rodados (5.5), Vidrio, Auji ta, Calamina, Silicosa, Piritas de Cobalto.
<u>NUMERO 6</u>	Ortoclasa, Piritas (6.5), Minerales Ferruginosos (6.5), -- Granito, Porfirita, Perlita, Opalo, Calizas Jurásicas, Olivino (6.5 a 7).
<u>NUMERO 7</u>	Cuarsita, Cantos Rodados, Gneiss, Granito, Sienita, Roca Silicosa (7.5), Turmalina, Basalto (7 a 8).
<u>NUMERO 8</u>	Topacio.
<u>NUMERO 9</u>	Corindón, Zafiro.
<u>NUMERO 10</u>	Diamante.

TABLA I.6.- Escala de Mohs. Dureza de algunos minerales.

PROPIEDAD DEL CONCRETO

PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Durabilidad	Sanidad
Resistencia a la congelación y deshielo.	Porosidad
	Estructura de los poros
	Permeabilidad
	Grado de saturación
	Resistencia a la tensión
	Textura y estructura
	Presencia de arcilla
Resistencia al humedecimiento y secado.	Estructura de los poros
	Módulo de elasticidad
Resistencia al calentamiento y enfriamiento.	Coefficiente de expansión térmica
Resistencia a la abrasión	Dureza
Reacción a los álcalis con los agregados.	Presencia de constituyentes silicosos
Resistencia	Resistencia
	Textura superficial
	Limpieza
	Forma de partícula
	Tamaño máximo
Contracción	Módulo de elasticidad
	Forma de partícula
	Graduación
	Limpieza
	Tamaño máximo
	Presencia de arcilla
Coefficiente de expansión térmica	Coefficiente de expansión térmica
	Módulo de elasticidad
Conductividad térmica	Conductividad térmica
Calor específico	Calor específico
Peso unitario	Gravedad específica
	Forma de partícula
	Graduación
	Tamaño máximo
Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad
	Relación de Poisson
Resbalamiento	Tendencia a pulirse
Economía	Forma de partícula
	Graduación
	Tamaño máximo
	Cantidad de procedimiento requerido
	Disponibilidad

TABLA I.7.- Propiedades del concreto influenciadas por las propiedades de los agregados.

En la tabla 1.7 se muestran las propiedades del concreto que se ven influenciadas por las de los agregados. Adelantamos aquí que de una buena elección del sistema de trituración depende en buena medida el obtener una adecuada forma del agregado, además de un atractivo grado de reducción del material y por consiguiente, el de prescindir de equipos secundarios de trituración, o el de evitar reciclajes, o el de obtener directamente las curvas granulométricas deseadas con solo hacer ajustes rápidos y sencillos al equipo, o el de evitar que el material, durante el acto mismo de la trituración, sea sometido a esfuerzos inadmisibles que en un momento dado le produzcan al agregado microfisuras que vayan en detrimento de su calidad.

En fin, estos son algunos aspectos que podrían sopesarse para la elección del sistema de trituración, sin olvidar, desde luego, que el otro aspecto a considerar sería el rendimiento del sistema.

Un aspecto que resalta a primera vista es el

de la granulometría del producto final que un determinado sistema puede proporcionar, así como la granulometría que el equipo es capaz de aceptar; aunque esto último es de relevancia secundaria.

La composición granulométrica de un agregado es la distribución de tamaños de partículas de una muestra, determinada en laboratorio por medio de una separación mecánica efectuada con un juego de tamices o mallas de abertura descendente. Los valores que se obtienen mediante esta prueba, expresados ya sea como porcentajes de pesos retenidos en dichas mallas o bien como porcentajes de peso que pasan las mallas, se grafican para su interpretación en un sistema de ejes semilogarítmico, en el cual sobre el eje de las abscisas se representan los tamaños del agregado (escala logarítmica) y en el eje de las ordenadas los porcentajes a los que nos referimos antes (escala natural).

La forma de la curva da inmediata idea de la

distribución granulométrica del agregado. Un material constituido por partículas de un mismo tamaño está representado por una línea vertical; una curva muy tendida indica gran variedad de tamaños.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TECNICOS DE LA TRITURACION

C A P I T U L O I I

FUNDAMENTOS TECNICOS DE LA TRITURACION

La trituración de materiales pétreos para la producción de agregados tiene por objeto reducir el tamaño del material producto de la extracción de los bancos rocosos y llevarlo hasta un tamaño (granulometria) adecuado para que pueda ser usado. Para conseguir este objetivo se cuenta con equipo especialmente diseñado para desarrollar esta tarea, es decir el equipo de trituración. Existen diversas clases de equipos de este tipo los cuales utilizan diferentes métodos para la producción del material y en este capítulo hablaremos de ellos. Pero antes es necesario definir algunos términos, tales como:

Demolición: Como demolición debemos entender la fractura del material pétreo mediante explosivos. Puede realizarse al extraer el material del banco o con fragmentos rocosos con el fin de hacerlos más manejables (moneo).

Quebrantamiento: Esta acción consiste en la

fractura del material pétreo mediante medios mecánicos tales como: cuñas y martillos rompedores.

Trituración: Es el procedimiento mediante el cual se consigue la fractura del material rocoso por medios mecánicos en un espacio confinado. Los productos granulométricos de esta fase van de 2 M3 como tamaño máximo de admisión a curvas granulométricas cuyos límites extremos son 6" a finos.

Molienda: Es el método mecánico de producción de materiales pétreos donde los tamaños máximos del producto obtenido son todos de diámetro inferior a 1/4".

II.1.- CLASIFICACION DE EQUIPOS DE TRITURACION POR EL SISTEMA MECANICO DE ATAQUE.

En la tabla II.1 se puede observar que existen solo cuatro tipos de esfuerzo mecánico que

SISTEMAS BASICOS DE TRITURACION	METODOS DE ATAQUE MECANICO			
	 IMPACTO	 CORTE	 COMPRESION	 FLEXOCOMPRESION
IMPACTO 	X			
MARTILLOS 	X			
RODILLOS 			X	X
GIRATORIAS 			X	X
QUIJADAS 			X	X
CONO 			X	X

TABLA II.1.- Esfuerzos mecánicos que pueden ser inducidos por los equipos de trituración.

pueden ser inducidos en los equipos de trituración:

- * Impacto
- * Corte
- * Compresión
- * Flexión

Estos se presentan usualmente combinados pero siempre predomina uno de ellos, como se ve en la tabla.

La lista de equipos que se presenta en la tabla II.1, (como sistemas básicos de trituración, en la primer columna), es enunciativa y genérica y no limitativa. Casi todos los equipos pueden ser englobados en los cinco rubros que se manejan en ellas.

II.2.- CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS POR SU FACTOR DE REDUCCION.

Se define como factor de reducción de una

máquina de trituración, a la relación:

$$Fr=D/d$$

entre el tamaño "D" del fragmento de roca a la entrada de la máquina y el tamaño "d" del producto de trituración a la salida. Este factor de reducción varía con cada tipo de trituradora de acuerdo con la mecánica de su construcción y con los métodos de reducción por ella utilizados.

En la trituración el material en greña podrá reducirse a la granulometría requerida en 1, 2, 3 ó mas pasos de trituración, por lo que los equipos se pueden clasificar en:

- Equipos Primarios: quijadas, giratorias e impactos.
- Equipos Secundarios: quijada, giratoria, impactos y conos
- Equipos Terciarios: cono, rodillos y martillos.

El porque de esta clasificación se podrá ver en la tabla II.2. En las figuras de la II.1 a la II.6 y las tablas de la II.3 a la II.15 se muestran los diferentes equipos de trituración existentes, así como sus características técnicas.

En el tema escogido para este análisis hemos hablado de trituración para producción de agregados. La producción de agregados pétreos en el lugar requerido, con la calidad adecuada, y en los volúmenes demandados, es siempre uno de los primeros problemas a considerar en el desarrollo de las obras civiles suburbanas.

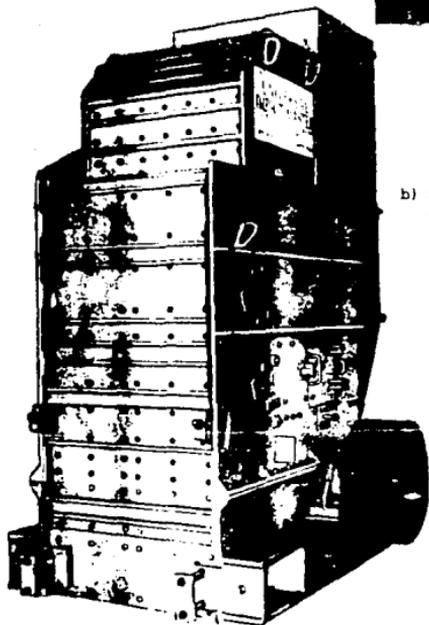
A esto hemos de añadir que casi siempre los bancos de préstamos y canteras no son propios y su uso está retringido a proporcionar los materiales de la obra cuya necesidad les da origen. Esto obliga a evaluar cuidadosamente los gastos de instalación de un equipo de trituración.

La posibilidad de amortizar en una sola obra las instalaciones es muy remota, motivo por el cual

SISTEMAS BASICOS DE TRITURACION	FACTOR DE REDUCCION	TAMAÑO MÁXIMO DE ADMISION		ETAPAS DE TRITURACION EMPLEADAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
		MATERIALES FRIABLES O BLANDOS	MATERIALES DURES			
IMPACTO 	40:1	40"	8"	PRIMARIA SECUNDARIA TERCIARIA	- ECONOMICA - SENCILLA - ALTO FACTOR DE REDUCCION - BAJO CONSUMO DE ENERGIA	- ALTO DESGASTE - NO ACONSEJABLE EN MATERIALES DURES.
GIRATORIA 	10:1	40"	20"	PRIMARIA SECUNDARIA	- REDUCE MATERIALES DURES Y ABRASIVOS. - DESGASTE RAZONABLE	- LAJE EL MATERIAL PESADA - CARA COMPLICADA
QUIJADA 	8:1	40"	20"	PRIMARIA SECUNDARIA	- ECONOMICA - SENCILLA	- LAJE EL MATERIAL
CONOS 	5:1	10"	8"	SECUNDARIA TERCIARIA	- REDUCE MATERIALES DURES Y ABRASIVOS. - DESGASTE RAZONABLE	- CARA PESADA - COMPLICADA
MARTILLOS 	4:1	4"	3"	TERCIARIA	- ECONOMICA - SENCILLA	- ALTO DESGASTE - BAJA RELACION DE REDUCCION
RODILLOS 	1:3	6"	4"	TERCIARIA	- ECONOMICA - SENCILLA	- ALTO DESGASTE - BAJA RELACION DE REDUCCION

TABLA II.2.- Características de los sistemas básicos de trituración.

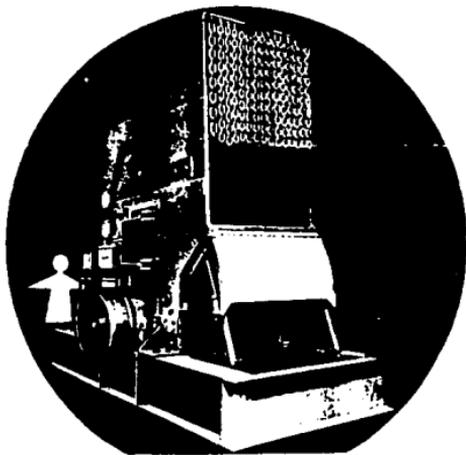
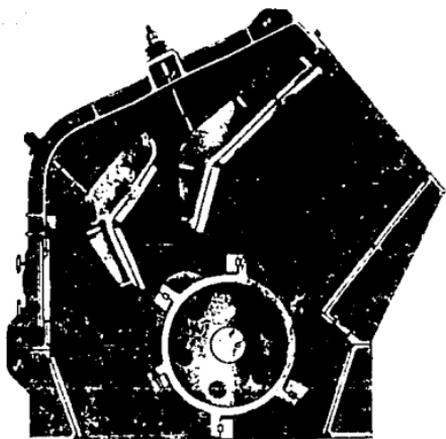
a) Sistema Europeo
o Andreas.



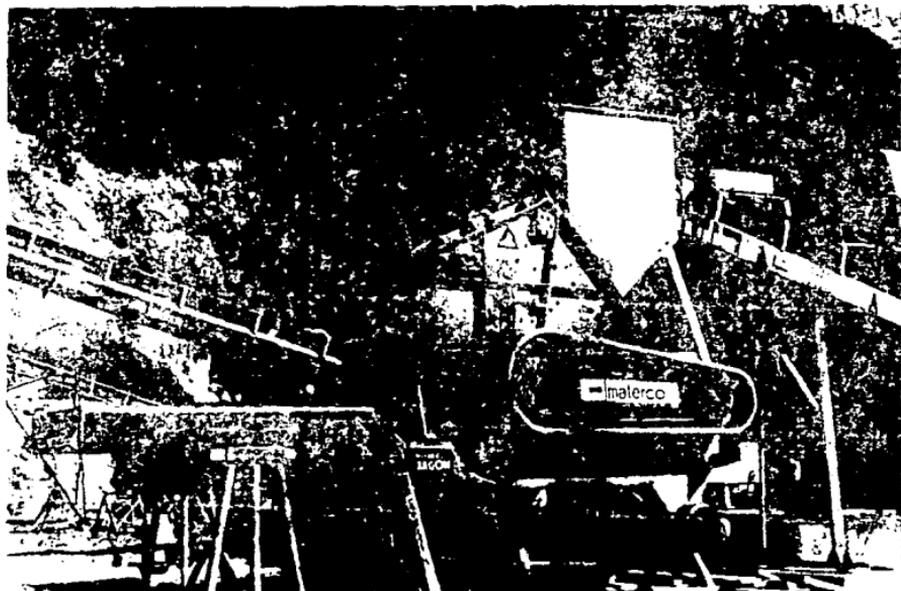
b) Sistema Americano de trituración
de impacto.

FIGURA II.1.- Trituradoras de Impacto típicas.

c) Corte de una trituradora
de impacto. Sistema --
Andreas.



d) Trituradora de impacto
modelo IDN 1315.

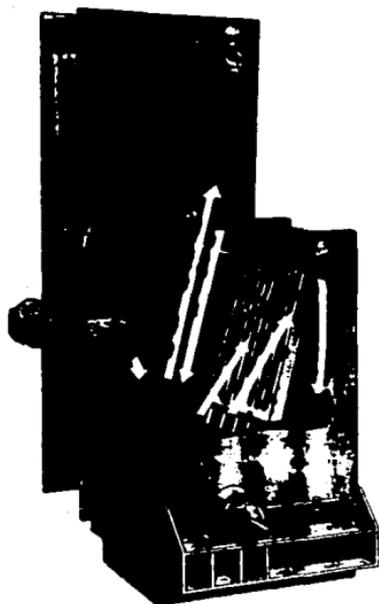


e) Instalación de trituración por impactos sobre un chasis móvil. Tipo PR 1012

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

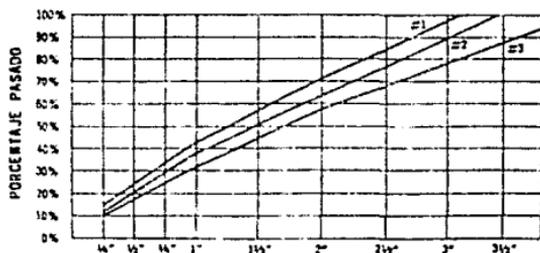
TIPOS	PR		PR		PR		PR		PR	
	0808	0810	1010	1012	1212	1216	1616	1620	2020	2025
Dimensiones de entrada.....m	800x500	1000x500	1000x650	1250x650	1250x800	1600x800	1600x1000	2000x1000	2000x1250	2500x1250
Diámetro del rotor.....m	800	800	1000	1000	1250	1250	1600	1600	2000	2000
Largo del rotor.....m	800	1000	1000	1250	1250	1600	1600	2000	2000	2500
Número de barras de percusión	3	3	3	3	4	4	4	4	6	6
Número de revoluciones x min.	840-1000	840-1000	630-800	630-800	530-640	530-640	420-500	420-500	320-400	320-400
Potencia requerida.....kw	35-50	50-75	95-105	105-150	170-220	220-270	300-400	400-500	500-700	700-900
Peso total aprox.....kg	6 500	7 000	11 000	13 500	22 500	25 000	35 000	45 000	63 000	70 000
Producción horaria aprox. t	30-40	30-50	45-90	80-160	120-240	150-300	220-440	300-600	370-740	530-1060

TABLA II.3.- Características de los diferentes sistemas de impactos europeo o andreas



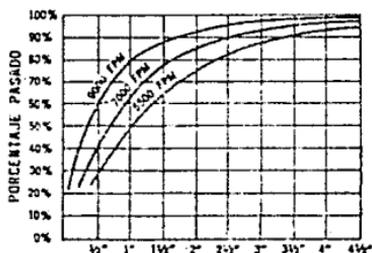
f) Corte de una trituradora de impacto tipo americano de un solo rotor.

Figura 1



Producto de Salida

Figura 2

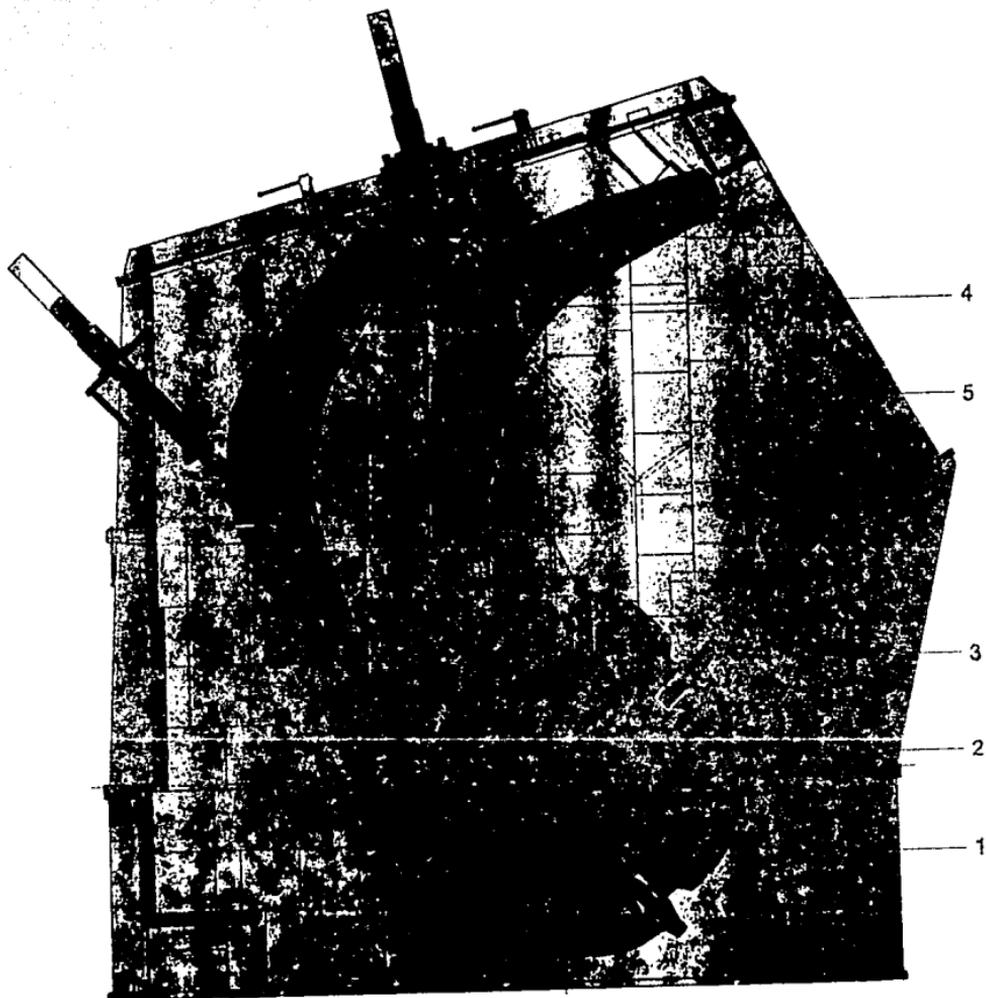


Producto de Salida

TABLA II.4.- Curvas granulométricas de salidas de una trituradora de impactos.

" CORTE ESQUEMATICO DE UNA TRITURADORA DE IMPACTO TIPICA "

1. Carcasa de la trituradora
2. Rotor
3. Listones de rotor
4. Balancin de choque
5. Placas de blindaje de la carcasa.



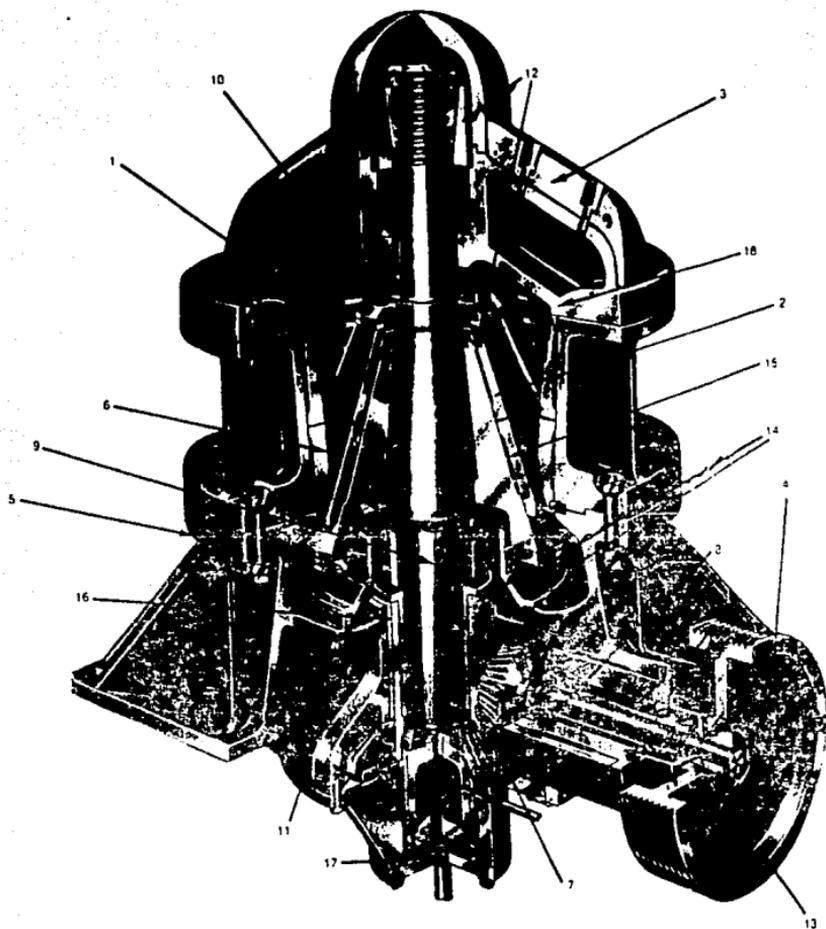


FIGURA 11.2.- Trituradora giratoria.

DESCRIPCION DE PARTES Fig. II. 2

1. Admisión
2. Manto
3. Brazos Soporte
4. Polea de Potencia
5. Carcasa
6. Concavidad que proporciona alto factor de reducción
7. Transmisión
8. Engrane Cónico
9. Eje principal
10. Brazos Soporte y Orillas que pueden ser protegidos con un escudo de Acero-Manganeso.
11. Descarga
12. Contratuerca autoapretable que evita que el Manto se afloje
13. Transmisión por banda (Múltiple "U")
14. Sello contra polvo protector de la transmisión
15. Manto de dos piezas que permite el reemplazo de la más baja cuando se ha desgastado.
16. Bronce de alta resistencia en todas las partes donde hay fricción
17. Ajuste Hidráulico
18. Admisión Baja que reduce los costos de instalación

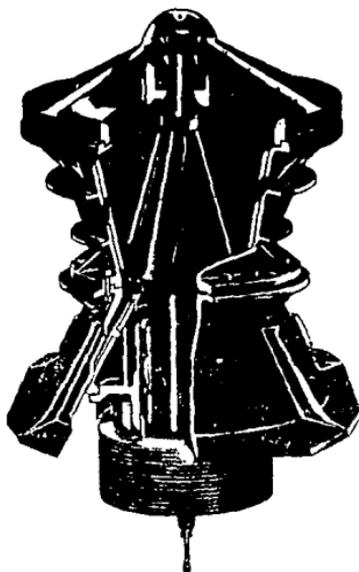
TRITURADORAS GIRATORIAS

Las trituradoras giratorias tienen un excelente desempeño como primarias, debido a su bajo mantenimiento, largo servicio y operación segura y confiable.

Esta máquina está provista por múltiples correas y es impulsada por cojinetes, a través de un motor eléctrico estandar. Todas sus partes móviles están montadas y alineadas en un cojinete de rodillos, no utiliza engranes y la totalidad de su fuerza es usada solamente en la operación de trituración.

Otra característica particular de esta máquina es el sistema de lubricación de freón, el cual al circular por el cojinete principal a baja presión, no sólo lubrica, sino que disipa el calor generado en el momento de la trituración de materiales.

Los materiales que fácilmente maneja este triturador son: el basalto, la escoria, la piedra caliza y los materiales pegajosos.



MEDIDA DE TRITURADORA	A	B	C	D	E	F	G	SALIDA EN PIE CUBICO
17	7- 8	9-0½	2- 4	6- 10	4- 5	8- 11	5- 10	900
20	8- 4½	9-0½	2- 4	6- 10	4- 5	8- 11	5- 10	1100
22	10- 0	11-0½	2- 7	8- 0	4-11½	11- 6½	6- 11	1850
26	12- 0½	13-1	2-8 ¾	9- 0	5- 4	11- 10	7- 10	2950
30	12-10	14-1	3- 0½	9- 0	5- 4	11- 10	7- 10	3700
36	13-10	14-7	2-11½	9- 0	5- 4	11-10	7- 10	4350
42	14- 2	12-8	5- 6	12-11	7- 8	17- 6	12- 0	4820
48	14- 9	14-2	5- 0	14- 5	8- 3	10- 6	12- 0	5400

TABLA II.5.- Dimensiones Generales

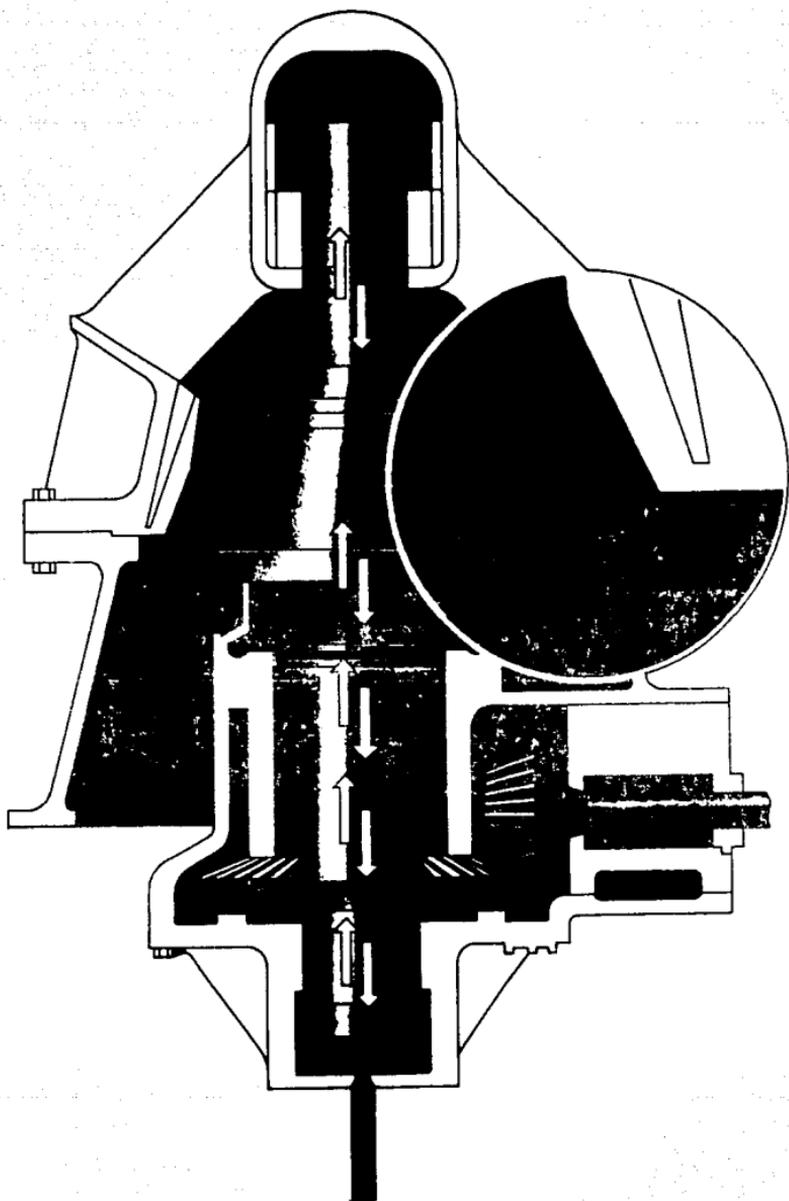
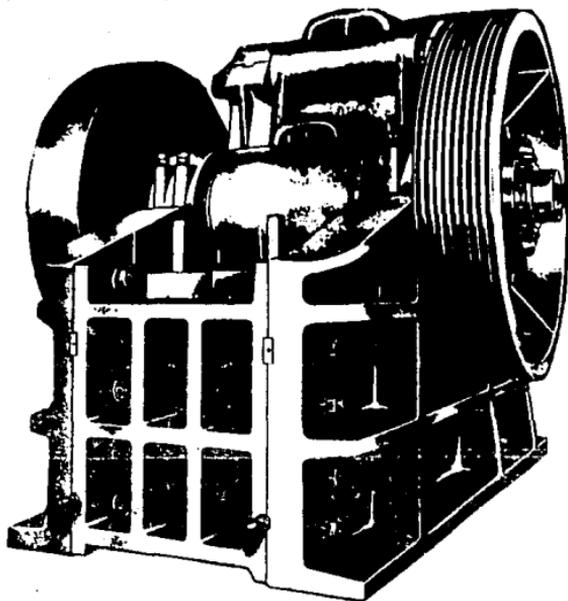


FIGURA II.4.- Trituradora de Cono. Corte que muestra en detalle la sección del manto.



Sistema de trituración de quijadas.

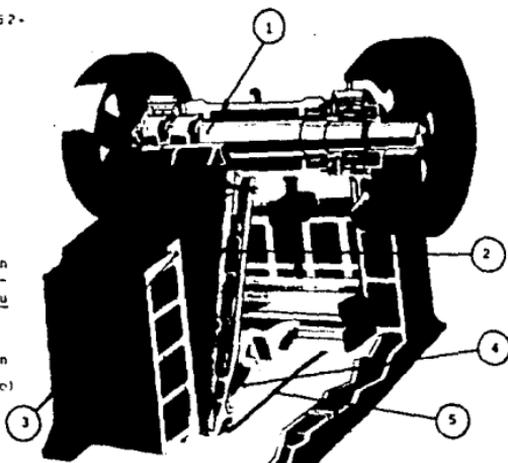
La denominación de los modelos de trituradoras de quijadas y su capacidad está determinada por su abertura de entrada. Ejemplo: una trituradora 1024 tiene una admisión de 10" x 24" y admite un material de 9" máximo (el 90% de la dimensión menor).



- b) En este esquema se puede observar cómo la abertura inferior es factor determinante en la granulometría final.

d) El sistema de ajuste de una Trituradora de Quijadas es a través del ajuste del toggle (articulación) sobre el pitman o muela móvil.

1. Flecha excéntrica montada sobre cuatro baleros
2. Pitman o muela móvil con un plato o muela de desgaste de superficie ondulada.
3. Muela fija con su placa de desgaste de fundición
4. Toggle (apoyo articulado)
5. Tornillo de ajuste.



LIMITES DE CAPACIDADES DEL TRITURADOR DE QUIJADAS

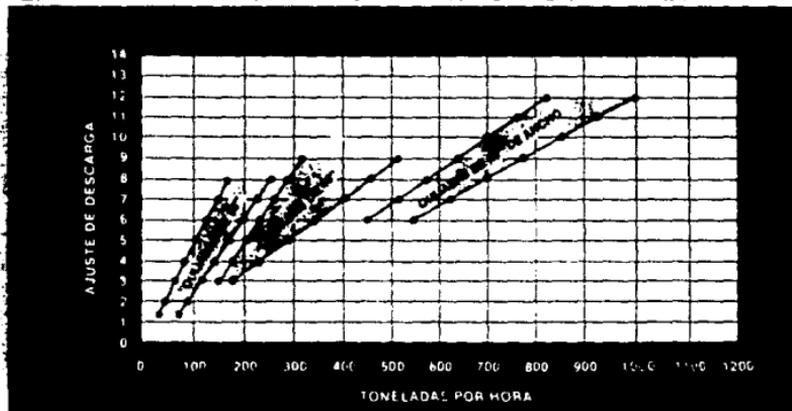


TABLA II.6.- Coste y gráfica de capacidades de una Trituradora de Quijadas.

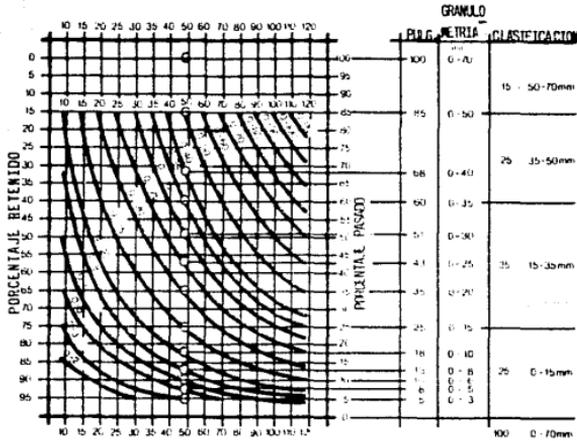


TABLA II.7.- Curvas granulométricas de salida de Quebradoras de Quijada.

MOLLA	DIMENSIONES DE LA MOLLA	SEPARACION Y RETENEDOR (con las unidades apropiadas)						CM	DIMENSIONES DE LA PIELLA	RELACION DE LA PIELLA	PULVERES DE RETENEDOR (en %)	DIFERENCIA MOLLA			PULVERES (en %)
		MILIM		CENT		MILIM						LAJAS	SACOS	ALTRA	
		mm	apm	mm	apm	mm	apm								
BTE 3 017	300 X 175	5	1.0- 1.8	20	7.8- 12.4	80	4.0- 6.3	1,180	7500 X 180	280	11- 15	1,280	1,100	880	2.0
BTE 4 085	400 X 260	15	2.0- 4.0	50	6.0- 10.0	90	10.0- 18.0	2,400	8500 X 180	320	22- 30	1,320	1,400	1,400	3.0
BTE 5 080	500 X 300	15	3.0- 6.0	80	10.0- 14.0	100	14.0- 24.0	4,700	12000 X 180	380	30- 37	1,880	1,670	1,480	5.5
BTE 6 825	650 X 250	18	4.0- 8.0	80	18.0- 28.0	100	25.0- 40.0	5,300	10000 X 180	370	37- 45	1,650	1,800	1,440	6.5
BTE 8 846	650 X 480	25	12.0- 18.0	80	18.0- 30.0	180	40.0- 80.0	7,800	12000 X 280	370	45- 55	1,800	2,000	2,020	11.0
BTE 8 885	800 X 580	35	17.0- 28.0	80	25.0- 42.0	180	60.0- 110.0	13,500	12000 X 230	270	55- 75	2,350	2,020	2,110	11.0
BTE 10 070	1000 X 700	80	60.0- 80.0	180	80.0- 150.0	250	120.0- 230.0	25,600	15000 X 355	250	110- 132	2,800	2,750	2,800	29.0
BTE 12 880	1200 X 800	100	80.0- 140.0	300	140.0- 230.0	300	180.0- 280.0	31,700	16000 X 320	220	132- 160	3,100	2,940	2,840	32.0
BTE 130 180	1300 X 1030	100	100.0- 140.0	300	180.0- 230.0	300	280.0- 300.0	43,000	18000 X 320	220	132- 160	3,300	2,940	3,386	38.0
BTE 180 180	1800 X 1280	180	180.0- 300.0	280	240.0- 280.0	300	380.0- 360.0	62,800	26000 X 480	180	180- 200	4,800	3,800	4,410	66.0
BTE 180 180	1800 X 1800	280	280.0- 330.0	300	330.0- 480.0	380	400.0- 480.0	125,000	30000 X 480	170	200- 250	6,800	4,300	6,900	170.0

TABLA II.8.- Trituradora de Quijadas. Dimensiones y características.

TRITURADORAS DE CONO

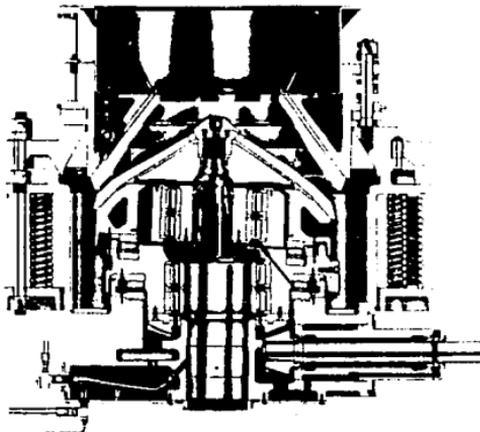
La trituradora de cono cuenta con una técnica llamada "Positrol", la cual consiste en un adaptador opcional en el eje hidráulico, que permite cambiar el tamaño de salida del producto mientras la máquina esté realizando la operación de trituración, con un simple toque de dedo en los controles.

Está provista de múltiples correas que son impulsadas por un motor eléctrico estandar.

Cuenta con tres aberturas de alimentación en tamaños que varían de 11" a 4" de diámetro, con un rendimiento de 100 a 300 ton/hr.

Esta máquina reduce costos, ya que su mantenimiento es muy sencillo por su diseño, además sus partes son fácilmente reemplazables, es muy eficiente debido a su mecánica inusual.

La trituración por cono es apropiada para piedras, agregados industriales y para el procesamiento de minerales.



MEDIDA DE LA TRITURADORA	PESO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	SALIDA EN PIE CUBICO
40	36.500	7'-4"	6'-6"	1'-0"	4'-8"	3'-0"	6'-8"	6'-4"	2'-8½"	2'-0"	600
52	65.000	8'-6"	7'-8"	1'-2"	5'-6"	3'-10"	6'-8"	7'-6"	3'-10½"	2'-2½"	1100

TABLA II.9.- Dimensiones de trituradora de cono.

MEDIDA TRITUR.	MOTOR H.P.	ABERTURA ENTRADA	MONTAJE DE TRITURADORA												
			3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	
40	150	4	60	70	85	95	105								
		6		70	85	95	105	115	125						
		8			85	95	105	115	125	135	150	170			
52	200	4	100	120	140	160	180								
		8				160	180	200	220	240					
		11					180	200	220	240	270	300			

TABLA II.10.- Capacidades aproximadas en toneladas hora.



FIGURA 11.5.- Sistema de vibración por martillos. Vista del interior de un equipo.



TABLA II.6.- Tabla de porcentajes

TABLA DE PORCENTAJES:

NOTA: Para una máxima eficiencia de la quijada o rodillo, la abertura deberá ser para producir el 15% sobre medida, cuando haya un exceso de la producción de finos. Este puede auxiliar a la trituradora de rodillo.

EJEMPLO: La abertura entre rodillos deberá ser de 1 1/4" sobre:

ABERTURA ESFERICA DE LA CRIBA	PORCENTAJE	PORCENTAJE RETENIDO
1/4"	19%	81%
1/2"	33%	67%
3/4"	46%	54%
1"	59%	41%
1 1/4"	72%	28%
1 1/2"	85%	15%
1 3/4"	98%	2%

NOTA: Los porcentajes pueden ser variables.
 Toda la información dada es aproximada.

TABLA DE PORCENTAJES - TRITURADORA Tabla 11.6

1.- Esta gráfica muestra los porcentajes aproximados de varias medidas de agregados con diferentes trituradoras, basadas sobre 85% trituradas, 15% sobre medida. Esta tabla puede ser usada para los dos tipos de trituración, de rodillo o de quijada.

2.- Tabla de porcentajes:

NOTA: Para una máxima eficiencia de la quijada o rodillo la abertura deberá ser para producir el 15% sobre medida cuando haya un exceso de la producción de finos.

Esta máquina puede auxiliar a la trituradora de rodillo.

EJEMPLO: La abertura entre rodillos deberá ser de $1 \frac{1}{22}$ como se muestra sobre la líneas horizontal de la gráfica.

Leer porcentajes como se muestra.

Abertura esférica de la criba	porcentaje	porcentaje retenido
-------------------------------------	------------	------------------------

3.- Porcentaje que pasa por la abertura de la criba

4.- Abertura entre rodillos

5.- Porcentaje retenido

6.- NOTA:

Los porcentajes pueden ser variables.

Toda la información dada es aproximada.



Molino de Martillos

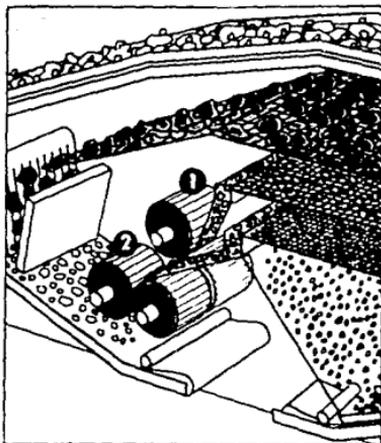
NUMERO DE MEDIDA DE MAQUINA	MEDIDA DE ADMISION AMERTURA EN PULG.	MEDIDA MEDICION MAXIMA PR/PALG.	PESO TOTAL O APROX. EN LBS.	CAPACIDAD DE TONELADAS PRODUCIDAS POR HORA							
				1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
1-24	8" x 20 1/8"	4	4,100	4	6	8	10	15	18	24	30
2-24	8" x 28"	4	5,000	7	9	12	15	20	24	30	35
3-24	8" x 35 7/8"	4	6,000	10	13	16	20	25	30	38	46
3-30	8" x 31"	4	8,500	15	20	25	30	40	47	58	70
4-30	8" x 38 1/2"	4	10,000	25	30	35	40	50	58	70	75
5-30	8" x 46"	4	11,500	35	40	45	50	60	70	85	100
7-36	10" x 39"	5	15,200	45	50	55	60	70	82	98	120
9-36	10" x 50"	5	18,000	55	60	65	70	100	115	135	160
100-42	15" x 55"	7	23,000	70	75	80	100	150	175	200	230
102-42	15" x 66"	7	26,000	80	95	110	150	200	250	300	350
104-42	15" x 77"	7	29,700	85	115	135	175	250	300	350	400
13-48	20" x 65 1/2"	10	45,000	90	125	150	200	300	350	400	450
15-48	20" x 75 1/2"	10	55,000	100	175	225	300	400	450	500	550
17-54	24" x 80 1/2"	12	67,000	110	190	245	327	436	490	545	600

NOTAS

- Toda la información es general
- Las capacidades están en toneladas de 2000 lbs. y están basadas sobre la trituración de rocas calizas medias duras, considerando 100 lbs./ft³, las densidades están registradas y están basadas sobre la alimentación de la quebradora a una tarifa uniforme, en estos casos las unidades están operadas en circuito cerrado, la capacidad neta puede ser menor.

TABLA II.12.- Capacidades-Especificaciones del Molino de Martillos.

a) Vista de Trituradora de Rodillos.



b) Tipos de Rodillos

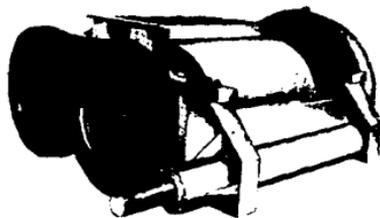


FIGURA II.6.- Trituradora de Rodillos.

a) AGREGADOS DE 1 1/4"

Diámetro triturado...	18"	24"	30"	40"	60"
Tamaño reducido...	1 1/4"	2 1/2"	3"	4 1/2"	6"
Agregado máximo...	1 5/8"	3"	2 1/2"	3 1/2"	5"
Agregado mínimo...	1/2"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"

b) AGREGADO DE 1" A 2"

Diámetro triturado...	18"	24"	30"	40"	60"
Tamaño reducido...	7/8"	1 3/4"	2"	3"	4"
Agregado máximo...	1 1/3"	2 1/2"	2 1/2"	3 1/2"	5"
Agregado mínimo...	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"

c) AGREGADO DE 3/4" A 1 1/2"

Diámetro triturado...	18"	24"	30"	40"	60"
Tamaño reducido...	1 1/8"	1 3/4"	2"	3"	4"
Agregado máximo...	1 7/8"	3"	3"	5"	6"
Agregado mínimo...	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	1"

d) AGREGADO DE 1/2" A 1"

Diámetro triturado...	18"	24"	30"	40"	60"
Tamaño reducido...	1 1/8"	2 1/4"	2 3/4"	4 1/4"	5 1/2"
Agregado máximo...	1 1/3"	2 1/2"	2 1/2"	3 1/2"	5"
Agregado mínimo...	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"

e) AGREGADO DE 1/2" Y FINOS

Agregado triturado...	18"	24"	30"	40"	60"
Tamaño reducido...	1/2"	1"	1 1/4"	2"	2 3/4"
Agregado máximo...	1 5/8"	2 1/2"	2 1/2"	3 1/2"	5"
Agregado mínimo...	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"

DOS RODILLOS CORRUGADOS



UN RODILLO CORRUGADO Y UNO LISO



UN RODILLO DENTADO Y UNO LISO



DOS RODILLOS DENTADOS



DOS RODILLOS LISOS



TABLA II.13.- Tablas para seleccionar el rodillo triturador adecuado para su trabajo.

MEDIDA DE AGREGADO	MEDIDA DE OMBRADORA-CAPACIDADES EN TON./HR.							
	18" x 12"	18" x 16"	24" x 18"	24" x 24"	24" x 30"	30" x 18"	40" x 24"	60" x 24"
1/8	3	5	7	9	11	8	10	15
1/4	15	20	30	36	45	30	40	50
1/2	18	25	35	40	50	35	45	55
3/4	25	35	40	50	60	50	65	80
1	30	40	60	70	80	65	80	100
1 1/4	35	45	75	90	110	90	120	135
1 1/2	45	60	90	110	130	95	140	160
2	50	70	135	-	-	150	175	200
2 1/2	-	-	145	-	-	175	230	275
3	-	-	-	-	-	200	275	325

TABLA II.14.- Gráfica de capacidades

	18" x 12"	18" x 16"	24" x 18"	24" x 24"	24" x 30"	30" x 18"	40" x 24"	60" x 24"
Diámetro de Rodillo	18	18	24	24	24	30	40	60
Ancho de Rodillo	12	16	18	24	30	18	24	24
Largo Total	70"	70"	80"	80"	80"	96"	132"	180"
Ancho Total	52"	54"	56"	68"	80"	64"	78"	96"
Altura total	30"	30"	40"	40"	40"	48"	60"	74"
Considerar	4,500 LBS	6,000 LBS	9,000 LBS	10,500 LBS	12,000 LBS	14,000 LBS	26,000 LBS	36,000 LBS
R.P.M. del Rodillo	85-128	85-128	64-105	64-105	64-105	57-100	47- 85	32-64
F.P.M. del Rodillo	400-600	400-600	400-700	400-700	400-700	450-800	500-900	500-1000
Contador Normal R.P.M.	500	500	400	400	400	375	350	225
Jiro de Polea	36" x 6"	36" x 8"	36" x 10"	36" x 12"	36" x 12"	36" x 14"	36" x 16"	48" x 14"
Cumplir	0 to 2"	0 to 2"	0 to 3"	0 to 3"	0 to 3"	0 to 3"	0 to 4"	0 to 4"
Caballos de Fuerza	15-25	20-40	25-50	30-60	35-75	40-70	75-110	100-175
Diámetro de Rodillo	4 7/16"	5"	5 1/2"	5 1/2"	7"	6 1/2"	9"	12"
Diámetro del Contador	2 11/16"	2 15/16"	3 15/16"	3 15/16"	4 7/16"	4 7/16"	5 7/16"	6"

Caballos de fuerza normal en rangos medio

TABLA II.15.- Especificaciones

surge entonces la necesidad de pensar en equipos móviles de trituración que permitan acortar el tiempo de instalación y a su vez amortizar los gastos inherentes a ella en un tiempo mas amplio y en varias obras.

Para cumplir con esos objetivos los equipos móviles deberán cumplir con ciertos requisitos; entre los cuales están los siguientes:

- a) Su peso y dimensiones deben hacerlos cómodos en su transporte.
- b) Su capacidad de producción deberá ser calculada tomando en cuenta la demanda máxima de material triturado.
- c) El rango de flexibilidad en los distintos tipos de granulometrias deberá ser amplio con el fin de no restringir su uso y hacerlo más versátil.
- d) El consumo de energía deberá ser mínimo debiéndose evaluar la fuente de dicha energía. A este respecto pensamos que lo usualmente adecuado es emplear motores eléctricos y contar en su caso con un generador portátil.
- e) El costo de tonelada triturada por hora de trabajo para cada tipo de granulometría es un índice práctico para evaluar los equipos disponibles.

Evidentemente el costo por tonelada triturada por hora de trabajo sera más bajo en un mismo tipo de equipo para los modelos de mas capacidad, por lo que tendremos que definir los rangos de capacidad que cumplan con las características de: bajo costo de inversión, peso y dimensiones transportables.

La experiencia de la industria a dado como resultado que el equipo susceptible de transportarse sobre llantas en carretera exige que este se divida en dos equipos:

- * Plantas Primarias Portátiles
- * Plantas Secundarias Portátiles

En el caso de equipos semimóviles, estos se transportan también en plataforma por lo que los tamaños y rangos seleccionados son también similares.

Los equipos primarios para producción de agregados deberán tener una producción horaria de

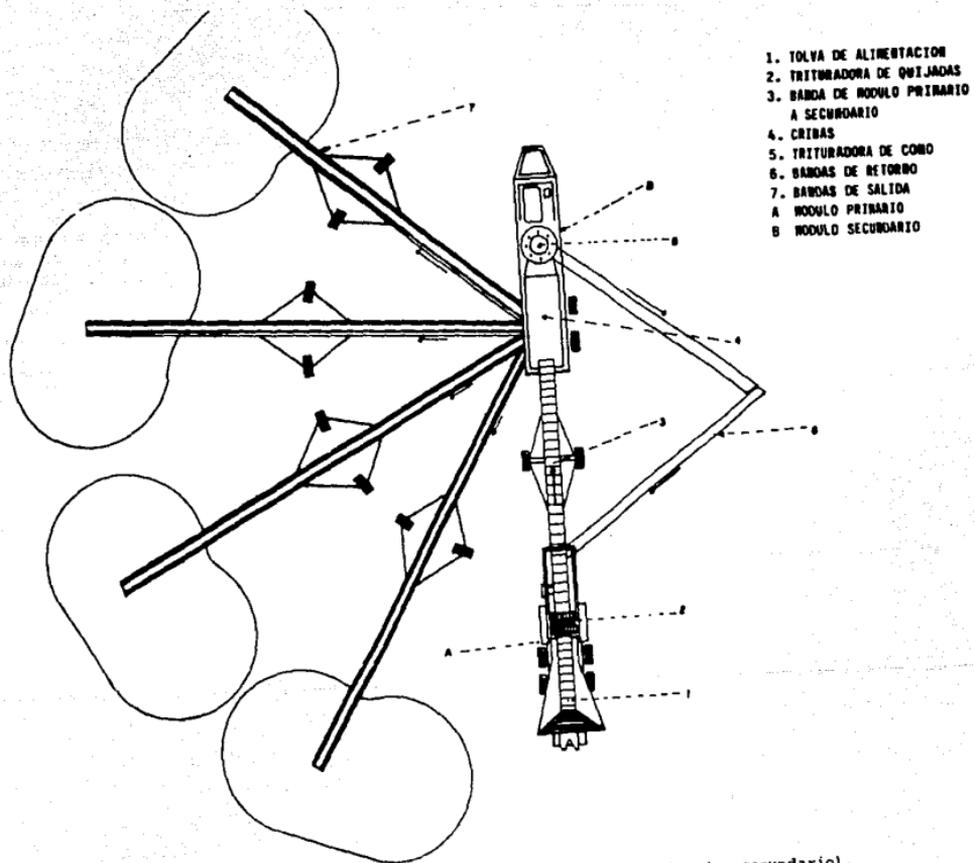


FIGURA II.8.- Sistema de trituración tradicional Quijada-Cono (Módulo primario, secundario).

50 a 150 toneladas. Los equipos pues, si no son portátiles deberán ser transportables.

Los equipos primarios y secundarios quedarían conformados de la siguiente forma:

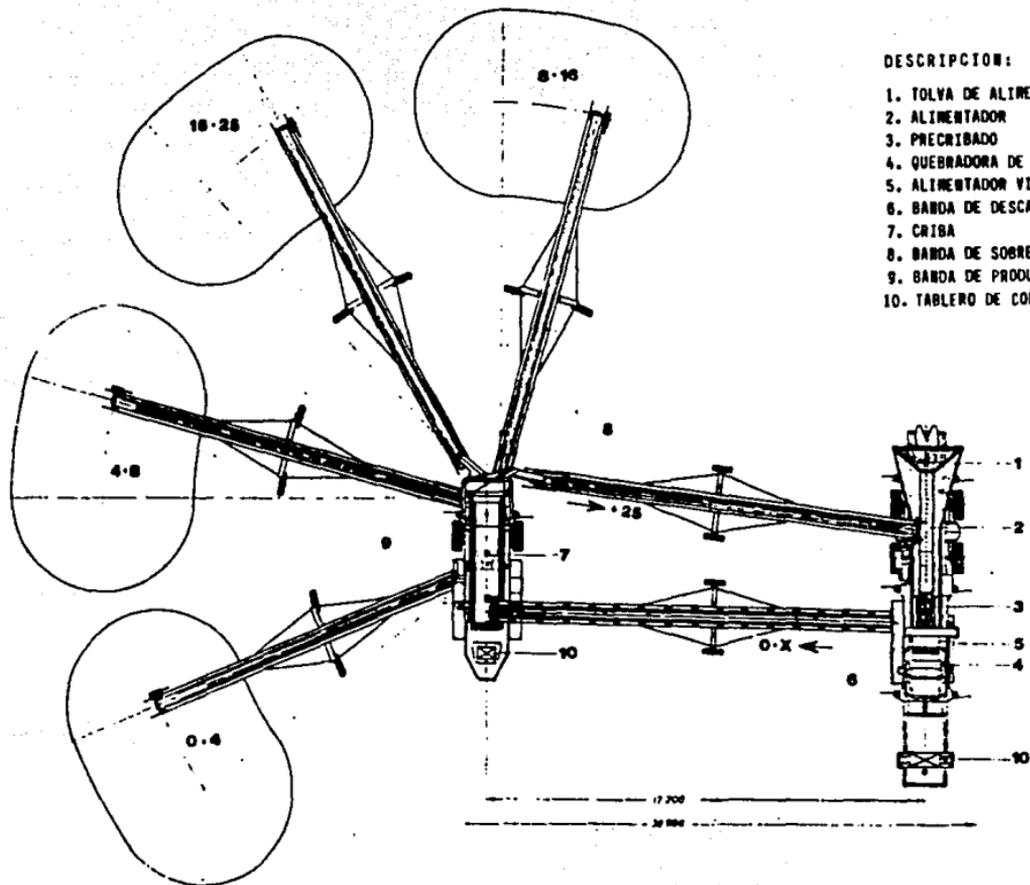
EQUIPO PRIMARIO

Sistema Tradicional	Sistema de Impacto
Alimentador	Alimentador
Precribado (Scalper)	Precribado
Triturador de quijadas	Triturador de impac.
Banda transp. a criba	Banda transportado.

EQUIPO SECUNDARIO

Sistema Tradicional	Sistema Impactos
Criba	Criba
Triturador sec. cono	Banda de salida
Banda de alimentación	Banda de retorno
Banda de retorno	Banda de salida

Más adelante se abundará en esta comparativa de sistemas. En las figuras II.7 y II.8 se muestran esquemas de ambos equipos.



DESCRIPCION:

1. TOLVA DE ALIMENTACION
2. ALIMENTADOR
3. PRECRIBADO
4. QUEBRADORA DE IMPACTO
5. ALIMENTADOR VIBRATORIO
6. BANDA DE DESCARGA
7. CRIGA
8. BANDA DE SOBRETARADO
9. BANDA DE PRODUCTO FINAL
10. TABLERO DE CONTROL

FIGURA II.7.- Planta móvil tipo Krokodil 90.

CAPITULO III

INTEGRACION DE EQUIPOS
PARA FINES DE
ANALISIS COMPARATIVO

C A P I T U L O I I I

INTEGRACION DE EQUIPOS PARA FINES DE ANALISIS COMPARATIVO.

Normalmente el Ingeniero Civil se encontrará con la situación de escoger el tipo de equipo para el tipo de banco que se tenga, el cual, como ya mencionamos en el capítulo I, se selecciona en función de aspectos tales como la proximidad de este a la obra, o por las características que hagan más práctica y sencilla su explotación, o por ser el material de mejor calidad y no presentar problemas de sanidad o por la facilidad de extracción, trituración y/o clasificación.

III.1.- CLASIFICACION DE BANCOS DE AGREGADOS PARA FINES DE TRITURACION.

La clasificación de bancos que se presenta a continuación para fines de análisis comparativo de

los sistemas de trituración, no es intrínsecamente de orden geológico, sino que esta referida a la forma de como una u otra técnica de trituración permite preparar un agregado dependiendo de las características del banco. Así pues, para fines de trituración los bancos se dividen en tres grupos genéricos:

- A) Bancos de materiales Calizos.
- B) Bancos de Materiales Aglomerados y/o de Cantos Rodados.
- C) Bancos de Materiales silicosos.

A).- Bancos de Materiales Calizos. Estos bancos están constituidos por Rocas Sedimentarias de muy variadas características, así tenemos desde el Sascab de Yucatan hasta las Dolomitas de Coahuila, pero tienen en común que: precisan de una extracción mecánica o mediante explosivos, son materiales poco abrasivos ya que su contenido de silicio es bajo; su resistencia al impacto es de baja a mediana; su densidad relativa rara vez pasa

de 2.0 siendo lo usual de 1.7 a 1.8; su índice de dureza Mohs es de 3 a 4. Hay que recordar que estamos excluyendo bancos de agregados no adecuados para concreto.

B).- Bancos de Materiales aglomerados y/o de Cantos Rodados. Estos bancos están constituidos por materiales no solubles que son el producto de la erosión y arrastre de materiales silicosos, su dureza Mohs es de 4 a 7 y su densidad relativa varía entre el 2.0 y 5.0; su resistencia al impacto es de mediana a alta dependiendo del material cementante y de la estructura; el material es de forma oval y cuando es útil para producir agregados unicamente se tritura el sobretamaño, es decir, el material que va de 1" a 10". Para las rocas de tamaño mayor se requiere de un quebrantamiento previo que hace incoesteable su uso para trituración.

C).- Bancos de Materiales silicosos. Estos bancos presentan los mayores problemas en su explotación por el alto costo de la

barrenación que se hace necesaria, en consecuencia presentan un alto costo de quebrantamiento y cuando se trituran ocasionan un desgaste en el equipo de mediano a severo, que significa un considerable aumento en los costos de mantenimiento.

Debido a la diversidad de tipos de materiales existentes en la naturaleza, los bancos que el Ingeniero Civil puede usar para producir agregados obligan a variar la forma de trituración para buscar hacerla mas económica y eficiente con el equipo adecuado. Con el fin de poder comparar y analizar esta situación, se integraran dos tipos de sistemas de trituración, para comparar sus costos de producción y conocer sus ventajas y desventajas. Dichos Sistemas seran los que ya se bosquejaron en el capítulo anterior: el Sistema tradicional Quijada-Cono y el Sistema de Impactos.

III.2.- INTEGRACION DE SISTEMAS PARA FINES DE COMPARACION.

Sabemos de antemano que los equipos de mayor tamaño y capacidad producirán los costos mas bajos en la producción de agregados para un mismo tipo de equipo. Por las razones expresadas en el Capítulo II de este trabajo, nos limitaremos a analizar los equipos portátiles, es decir, aquellos que pueden ser transportados sobre plataformas móviles y que dadas sus dimensiones sea factible su tránsito por los caminos de nuestro país (anchos de carreteras y altura de puentes). En cuanto a la capacidad horaria de producción elegiremos un equipo que si bien sea portátil, también nos ofrezca la capacidad de cubrir las demandas de materiales en un amplio rango. Finalmente otra condición que debe cumplir el equipo elegido, es que la granulometria del producto final cubra un rango lo suficientemente amplio para satisfacer las demandas de los tipos de agregados mas usuales.

Atendiendo a las consideraciones anteriores,

los parámetros generales para ambos sistemas serán los siguientes:

TIPO DE EQUIPO: Portatil. Transportable sobre un chasis móvil montado sobre llantas.

CAPACIDAD: 90 TON/HR

GRANULOMETRIA DE SALIDA: de 1 1/2" a finos.

PESO MAXIMO: 30 TON.

A continuación se darán las especificaciones de los equipos a comparar.

SISTEMA TRADICIONAL.

Este Sistema constara de dos módulos:

A) Módulo Primario constituido por:

TOLVA DE ALIMENTACION

TRITURADORA DE QUIJADAS CON ADMISION DE 635 X 1016 MM.

PESO TOTAL 32.9 TON

Los motores que se requieren son los siguientes:

ALIMENTADOR	5.50 KW
TRITURADORA	93.25 KW
BANDA DE TRITURADORA A CRIBA	5.50 KW
	<hr/>
	104.25 KW

B) Módulo Secundario:

Ya que el 40% del material triturado en el Módulo Primario es menor de 1 1/2", entonces la capacidad de producción del equipo secundario requerida será de:

$$0.6 \times 90 \text{ TON/HR} = 54 \text{ TON/HR}$$

Por lo tanto, el módulo secundario quedara constituido por una trituradora de Cono tipo "S" de 3' montada sobre un chasis móvil que contendrá además una criba de 4' x 8'.

Los motores que se requieren son los siguientes:

TRITURADORA SECUNDARIA	100.00 KW
CRIBA	13.40 KW
BANDA DE RETORNO	2.20 KW
BANDAS	4 X 2.20 KW = 8.80 KW
	<hr/>
	124.40 KW

El peso total de módulo secundario es de 21.90 ton.

SISTEMA DE IMPACTOS.

Este sistema constará de dos módulos:

- A) Módulo de trituración constituido por lo siguiente:

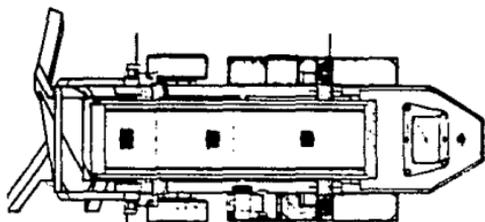
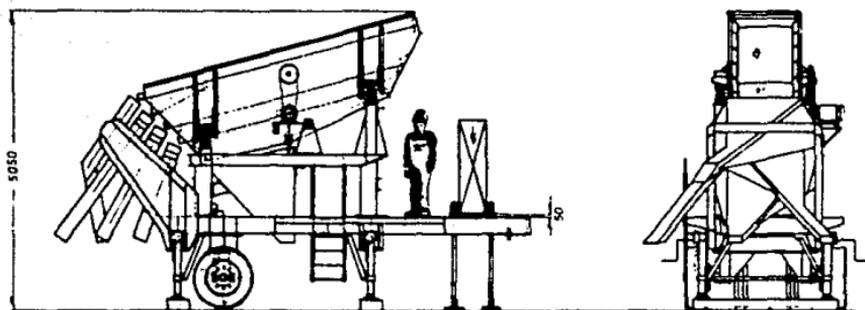
TOLVA DE ALIMENTACION

SCALFER O PRECRIBADO

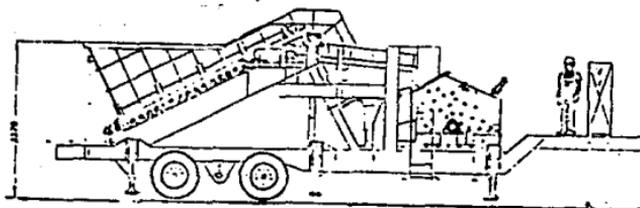
TRITURADORA DE IMPACTO CON ADMISION DE 450 X
1000 MM.

El peso total de el módulo primario es de 27.20 ton.

Los motores que se requieren son los siguientes:



UNIDAD DE CRIBADO PORTATIL, EN POSICION DE TRABAJO



UNIDAD DE TRITURACION POR IMPACTOS, EN POSICION DE TRABAJO

ALIMENTADOR	5.50 KW
SCALPER	2 X 1.36 KW = 2.72 KW
	2 X 0.77 KW = 1.44 KW
TRITURADORA	75.00 KW
BANDA A CRIBA	5.50 KW
	<hr/>
	90.26 KW

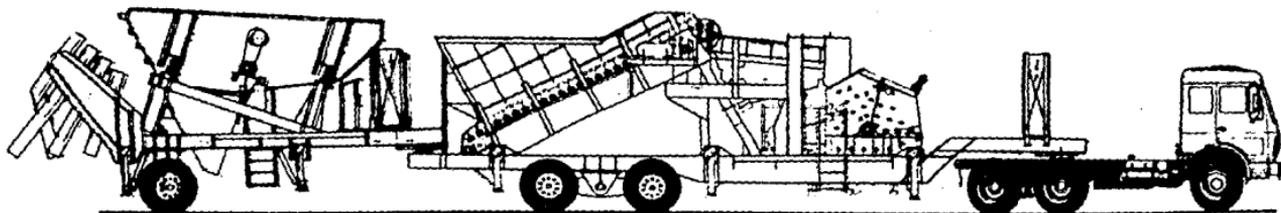
B) Módulo Secundario constituido por lo sig:
CRIBA DE CUATRO PISOS MONTADA SOBRE CHASIS MOVIL,
CON DIMENSIONES DE 8.60 X 2.90 X 4.00 MTS.
El peso total del modulo es de 11.50 ton.

Los motores que se requieren son los siguientes:

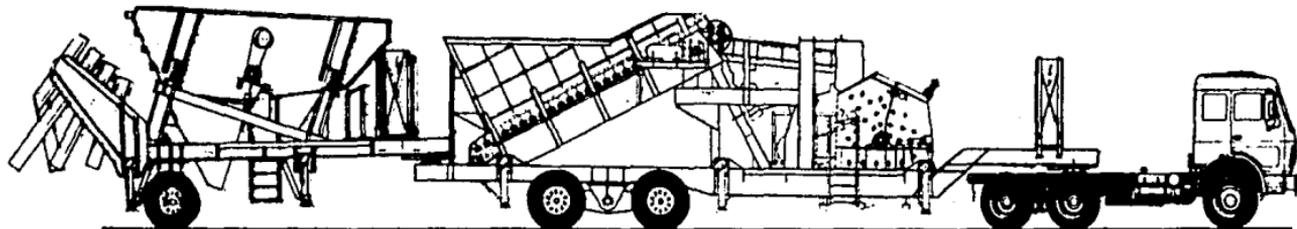
CRIBA	11.00 KW
BANDA DE RETORNO	2.20 KW
BANDA DE SALIDA	4 X 2.20 KW = 8.80 KW
	<hr/>
	22.00 KW

El total de energía requerida por el sistema tradicional es de 104.25 kw + 124.40 kw = 228.65

kw.



PLANTA MOVIL DE TRITURACION POR IMPACTOS Y CRIBA EN POSICION DE TRANSPORTE



-77-

PLANTA MOVIL DE TRITURACION POR IMPACTOS Y CRIBA EN POSICION DE TRANSPORTE

El total de energía requerida por el sistema de impactos es de $90.26 \text{ kw} + 22.00 \text{ kw} = 112.26 \text{ kw}$.

El generador recomendado para el sistema tradicional será:

$$228.65 \times 2.23 = 510 \text{ KVA}$$

El generador recomendado para el sistema de impactos será:

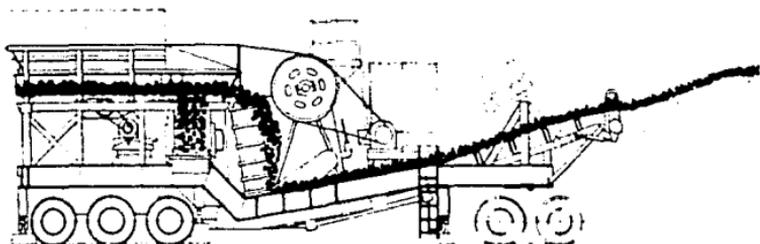
$$112.26 \times 2.23 = 250 \text{ KVA}$$

Los equipos integrados se muestran en las figuras III.1 y III.2 respectivamente.

Con estas configuraciones de equipos, se procederá en los capítulos siguientes a establecer las comparaciones entre ambos, y así obtener las ventajas y desventajas de cada uno de ellos ante diferentes tipos de Bancos de Material.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

-79-



EQUIPO PRIMARIO



EQUIPO PRIMARIO SECUNDARIO Y CRIBA

FIGURA III.2.- Sistema tradicional de trituración por róllos

CAPITULO IV

COSTOS COMPARATIVOS

CAPITULO IV

COSTOS COMPARATIVOS

En este capítulo trataremos del Análisis Comparativo de los Sistemas de Trituración por Impacto y el Tradicional Quijada-Cono enfrentados cada uno a los tres tipos de bancos a que se hizo referencia en el capítulo anterior. Este análisis se llevará a cabo en base al costo de producción de cada sistema, pesos por tonelada, el cual se obtendrá del costo horario de cada equipo y del rendimiento de este, no siendo necesario para el análisis la consideración de cargos indirectos, de financiamiento y de utilidad por no tener relación directa con el análisis que pretendemos.

La eficiencia de un sistema de trituración ante diferentes materiales es función directa del costo horario del equipo y del rendimiento de este, para la selección de alguno de los dos sistemas de trituración comparados, es esta eficiencia la que define la selección, es decir, el obtener el

máximo rendimiento y el menor costo horario del equipo.

Del análisis comparativo obtendremos comportamientos diferentes de los dos sistemas de trituración enfrentados a los tres tipos de bancos, dicho comportamiento será susceptible de ser expresado en valores numéricos concretos. En realidad los dos sistemas difícilmente se instalarán simultáneamente en ningún banco de agregados pero esto no impide llevar a cabo un análisis teórico que permita, basados en las relaciones numéricas de comportamiento y en los rendimientos y costos derivados de la experiencia y de la información proporcionada por el fabricante, inferir las ventajas y desventajas que presentarían los dos sistemas en cada uno de los tipos de bancos.

Las alternativas que trataremos en el análisis serán las siguientes:

IMPACTO			TRADICIONAL		
A	B	C	D	E	F
ENFRENTADO A LOS SIG			ENFRENTADO A LOS MISMOS		
CALIZO	CANTOS RODADOS	SILICOSO	CALIZO	CANTOS RODADOS	SILICOSOS
(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)

Se compararán A con D, B con E y C con F, es decir:

BANCO CALIZO		BANCO DE CANTOS RODADOS		BANCO SILICOSO	
IMPACTO (A)	TRAD (D)	IMPACTO (B)	TRAD (E)	IMPACTO (C)	TRAD (F)

IV.1.- Cotización de los Equipos.

Para poder realizar un análisis homogéneo los valores de los equipos se cotizarán en una sola fuente usando para ello los servicios de un Representante de Bolsa de Maquinaria Norteamericana que cotiza el equipo usado y reconstruido L.A.B. Laredo TX. U.S.A.

A continuación se presentan los valores comerciales del equipo, los precios están en

dólares americanos para darle validez mas permanente al análisis:

A).- SISTEMA DE TRITURACION POR IMPACTO.

a).- MODULO DE TRITURACION.

para materiales blandos	215,000.00 USDcy.
para materiales silicosos	247,000.00 USDcy.

b).- MODULO DE CRIBADO 128,000.00 USDcy.

c).- BANDAS TRANSPORTADORAS.

2 de 24" x 20.45 mts.	72,000.00 USDcy.
4 de 18" x 20.45 mts.	63,000.00 USDcy.

B).- SISTEMA TRADICIONAL QUIJADA CONO.

a).- MODULO DE TRITURACION PRIMARIA (QUIJADA)

223,000.00 USDcy.

b).- MODULO DE TRITURACION SECUNDARIA (CONO)

407,000.00 USDcy.

c).- BANDAS TRANSPORTADORAS.

2 de 24" x 20.45 mts.	72,000.00 USDcy.
4 de 18" x 20.45 mts.	63,000.00 USDcy.

IV.2.- Inversión Inicial.

Esta inversión esta representada por el costo de adquisición de la maquinaria. A continuación se obtendrá el costo de adquisición de los sistemas de trituración.

A.- IMPACTO EN BANCO CALIZO

Costo del módulo de trituración	215,000 USDcy.
Costo de la banda transportadora de trituradora a criba	72,000 USDcy.
Costo del módulo de cribado	128,000 USDcy.
Costo de la banda transportadora de retorno de criba a trituradora	72,000 USDcy.
Costo de 4 bandas transportadoras de criba a almacén de producto final	252,000 USDcy.
	<hr/>
Total	739,000 USDcy.

B.- IMPACTO EN BANCO CANTOS RODADOS

Costo del módulo de trituración	247,000 USDcy.
Costo de la banda transportadora de trituradora a criba	72,000 USDcy.
Costo del módulo de cribado	128,000 USDcy.
Costo de la banda transportadora de retorno de criba a trituradora	72,000 USDcy.
Costo de 4 bandas transportadoras de criba a almacen de producto final	252,000 USDcy.
	<hr/>
Total	771,000 USDcy.

C.- IMPACTO EN BANCO SILICOSO

Costo igual a caso B	771,000 USDcy.
----------------------	----------------

IV.3.- Costo Horario de la Maquinaria.

Analizaremos aquí el costo horario de los dos sistemas de trituración que nos ocupan. Este costo es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo conforme lo estipulan las especificaciones y el contrato. Nótese que se calcula por hora efectiva de trabajo del equipo. Se integra de los siguientes cargos:

- a).- Cargos Fijos
- b).- Cargos por Consumo
- c).- Cargos por Operación

a).- Cargos Fijos. Son los que a su vez se derivan de los siguientes:

- i).- Cargo por Depreciación
- ii).- Cargo por Inversión
- iii).- Cargo por Seguro
- iv).- Cargo por Mantenimiento Menor y Mayor

i).- Cargo por Depreciación. Es el que resulta de la disminución en el valor original de la

maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de vida económica. El sistema más empleado para valorar este concepto es el Sistema Lineal, es decir, que la maquinaria se deprecia en la misma cantidad por unidad de tiempo. Se representa por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

Donde: D: depreciación por hora efectiva de trabajo.

V_a: representa el valor inicial de la máquina considerándose como tal el precio comercial de adquisición de la misma nueva en el mercado nacional, descontándose, en su caso, el valor de las llantas.

V_r: representa el valor de rescate de la máquina.

V_e: vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo.

ii).- Cargo por inversión. Es el cargo equivalente a los intereses que debe generar el capital invertido en el equipo. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} i$$

Donde: I: cargo por inversión por hora efectiva de trabajo.

Va: valor inicial de la máquina.

Vr: valor de rescate de la máquina.

Ha: número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

i: tasa de interés anual en vigor, expresada en forma decimal.

iii).- Cargo por Seguro. Este cargo representa la erogación que se hace para cubrir los riesgos a que esta expuesta la maquinaria de construcción durante su vida económica. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} s$$

Donde: Va, Vr y Ha ya se definieron antes.

s: prima anual promedio expresada en porcentaje del valor de la máquina. Expresada en forma decimal. (varía entre 3% y 6%)

iv).- Cargo por Mantenimiento. Son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar los equipos en buenas condiciones, a efecto de que trabajen con buen rendimiento durante su vida económica. Se divide en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que deban realizarse en el campo empleando personal especialista y que requieran retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable. Incluye obra de mano, repuestos y renovaciones de partes específicas, así como cambios de fluidos hidráulicos, bandas motrices, aceite de transmisión, filtros, grasas y estopas. Incluye el personal y equipo auxiliar que realizan estas operaciones de mantenimiento, los repuestos y todos los materiales necesarios. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$M = Q D$$

donde: M : cargo por mantenimiento mayor y menor por hora efectiva de trabajo.

Q : representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor. Se calculará con base en experiencias estadísticas; varía para cada tipo de máquina y las distintas características del trabajo.

D : representa la depreciación de la máquina.

b).- Cargo por Consumos. Son los cargos derivados de:

- i).- Combustibles
- ii).- Otras Fuentes de Energía
- iii).- Lubricantes
- iv).- Llantas
- v).- Piezas Especiales de Desgaste Rápido

En nuestro caso sólo son de interés los incisos ii) y v): El equipo está accionado por motores eléctricos y las piezas de desgaste son las barras de golpeo y los mantos. Para obtener el consumo horario de energía de un motor eléctrico en una hora de operación utilizaremos la siguiente fórmula:

$$E_c = 0.653 \text{ HP} \times P_e$$

COSTOS COMPARATIVOS TRITURACION DE QUILJADA COMO Vs IMPACTO

Tabla 2

- Comparison of Costs of a Crushing Plant for Chamotte before and after the Installation of an Impeller-Breaker

	Jaw-Breaker and Conical-Breaker DM/t	Impeller- Breaker SAP 3 DM/t
1. Energy - Costs		
(Jaw-Breaker 3,8 k Wh/t		
Colonical-Breaker 3,34 "	0,721	0,250
Impeller-Breaker 2,5 "		
2. Service - Costs (incl. repair)	0,018	0,024
3. Lubrication	0,019	0,001
4. Total Wear		
(Jaw-Breaker 0,038 DM/t		
Conical-Breaker 0,122 DM/t)	0,160	0,227
5. Writings Off (10 Years)	0,054	0,016
Jaw-Breaker DM 12 000,--		
Conical-Breaker DM 24 000,--		
Impeller-Breaker AP 3 DM 10 800,--		
Throughput 660 000 t (10 Years)		
Net crushing Costs Total	0,972	0,518

By the use of an Impeller Breaker, total savings of about 45% have been achieved.

The dates about grinding costs shown in table 3 have been gathered from another factory.

• Plantas de Triturado de Caliza

During a period of 15 months, 68,500 long tons were processed. When four sets of hammers and grates were used, the total costs, including man-hours, amounted to approximately 4¢ to 5¢ per ton.

• Trituración de materiales silicosos

Die selektive Zerkleinerungswirkung kommt dann zur Anwendung, wenn das Gestein mit taubem Gestein durchsetzt ist. Das taube Gestein, das Gesamtergebnis der Verkaufsware verschlechtert, wird bei der Prallzerkleinerung weitgehender zerschlagen als das gesunde Material. Durch einen Auslebungsvorgang -- bei geeigneter Korngröße -- kann man diese tauben Gesteinschichten weitgehend eliminieren.

Aufgrund der vielfach ausgelieferten Prallmühlen konnte das Verschleißverhalten in der Mühle -- -- genauestens beobachtet werden und ungerechnet pro Tonne Durchsatz ergeben sich folgende Werte, natürlich immer bezogen auf das vorliegende Material:

Flußkies	0,12 -- 0,20	DM/t
Rheinkies		
(Oberrhein hochhart)	0,32 -- 0,62	DM/t
Grauwacke (quarzitigisch)	0,28	DM/t
Kulmkiesel (3 500 kg cm ²)	0,10	DM/t
Granit (Bayr Wald)	0,30 -- 0,44	DM/t
Basalt (Hessen)	0,18 -- 0,30	DM/t

Zu den genannten Zahlen müssen noch ca. 10% hinzugerechnet werden, die den Verschleiß an den sonstigen Teilen berücksichtigen.

• Extractos de artículos técnicos.

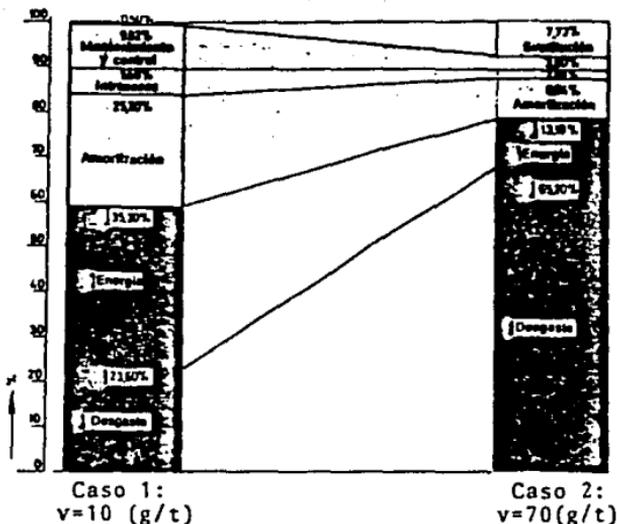
donde E_c : energía eléctrica consumida en KWH
 HP : potencia nominal del motor
 P_e : precio por KWH consumido por la máquina

Para obtener el consumo por piezas de desgaste rápido formularemos la siguiente ecuación, en la que los cocientes son equivalentes:

$$P_e = \frac{V_p}{H_r} = \frac{V_{gr} \text{ de acero al manganeso}}{R [t/hr] / D [gr/tn] \times P (\% SiO_2)}$$

donde: P_e : costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.
 V_p : valor de adquisición de las piezas de desgaste rápido.
 H_r : horas de vida económica de las piezas de desgaste rápido.
 V_{gr} : valor de adquisición del gramo de acero al manganeso.
 R : rendimiento del sistema de trituración en toneladas por hora.
 D : desgaste de las piezas en gramos por tonelada de agregado producido.
 P : porcentaje de silicio contenido por el material a triturar

En la siguiente tabla se muestra una comparativa entre el costo de piezas de desgaste



Distribución de los costos operativos sobre las diferentes categorías de costos.

Piezas de costo	Costos (Pesos/t)	% E ₁
Barras de golpeo	4,100	71,3
Piezas de impacto	1,220	21,7
Piezas de triturado	6,316	3,5
Subtotal de impacto y piezas rotatorias	6,130	2,1
Bases	3,734	100,0
Costos de desgaste	3,80	

Reparto de los costos sobre las diferentes piezas de desgaste.

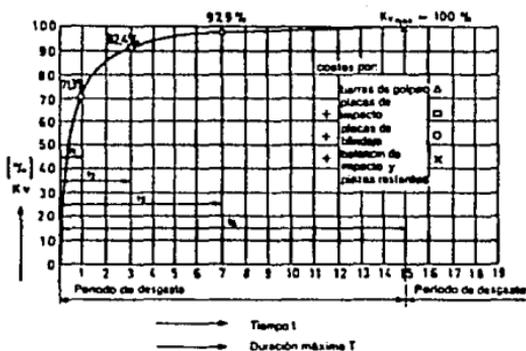
rápido para cada uno de los dos equipos estudiados:

	SISTEMA DE TRITURACION IMPACTOS	DE TRITURACION TRADICIONAL
	\$/Hr	\$/Hr
MATS CALIZOS 0 < SiO2 < 10%	10.0	9.5
CANTOS RODADOS 10% < SiO2 < 20%	12.0	11.0
MATS SILICOSOS 20% < SiO2 < 30%	35.0	14.0
45% < SiO2 < 60%	43.0	18.0
SiO2 > 60%	65.0	25.0

c).- Cargos por Operación. Este cargo es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago del salario al personal encargado de la operación del equipo, por hora efectiva de trabajo de la misma. Este cargo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Co = \frac{So}{H}$$

donde: Co: cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo.



Costos con relación a la duración de la vida respecto al diagrama producción-duración.

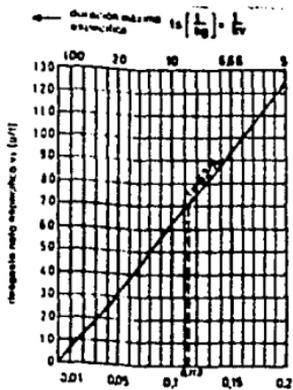


Diagrama que muestra los costos netos de desgaste específicos (valor por unidad-costo de desgaste).

S: representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por Seguro Social, impuestos sobre remuneraciones pagadas, días festivos, vacaciones y aguinaldo, es decir, el salario real de este personal.

H: representa las horas efectivas de trabajo que se consideran para la máquina, dentro del turno.

Vida Útil: Es el período en el cual el equipo está en condiciones de realizar trabajo sin que los gastos de su posesión excedan las utilidades que el propietario obtiene por la operación del mismo, aunque dichas utilidades sean mínimas.

Vida Económica: es el período durante el cual se deben obtener las máximas utilidades del equipo durante la operación de este. Es decir, es el período durante el cual la operación del equipo es máxima y eficiente, realizando su trabajo satisfactoria y oportunamente. A medida que pasa el tiempo y aumenta el uso del equipo la productividad, la eficiencia y las utilidades de

este, tienden a disminuir mientras que sus costos de operación irán aumentando constantemente. No obstante esto el equipo puede seguir trabajando pero ya dentro de su vida útil. La fecha de terminación de la vida económica está en función de la política de ganancias que fije el propietario.

Valor de Rescate. Es el valor comercial que tiene el equipo al final de su vida económica. Se acostumbra considerarlo como un porcentaje del valor de adquisición que puede variar entre el 5% y el 20%

En la tabla IV.1 se muestran los valores de los diferentes conceptos que necesitan definirse para la formulación de los costos horarios de los dos sistemas de trituración que se están comparando. Los costos horarios de ambos sistemas de trituración enfrentados a los tres tipos de bacos se muestran en seguida.

Antes de seguir adelante es oportuno hacer algunos comentarios aclaratorios acerca de los

	BANCOS CALIZOS		BANCOS DE CANTOS RODADOS		BANCOS SILICOSOS					
	CONTENIDO DE SILICE 0 - 10%		CONTENIDO DE SILICE 10% - 20%		CONTENIDO DE SILICE 30%		CONTENIDO DE SILICE 45%		CONTENIDO DE SILICE 60%	
	A	D	B	E	C	F	C	F	C	F
Valor de Adquisición (Va).	739,000.00	1'026,000.00	771,000.00	1'026,000.00	771,000.00	1'026,000.00	771,000.00	1'026,000.00	771,000.00	1'026,000.00
Porcentaje de rescate (Vr).	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Vida económica en años (Ve).	10	12	8	10	8	10	8	10	8	10
Horas efectivas de trabajo al año (Ha).	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de interés (i)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Prima anual de Seguro (S)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Depreciación Fiscal.	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Factor de mantenimiento (0).	1.00	1.00	1.13	1.10	1.25	1.15	1.25	1.15	1.25	1.15

TABLA IV.1.- Costos de cada sistema comparados con los tres tipos de bancos.

conceptos de la tabla IV.1.

Vida Económica en Años. La duración de la vida económica de un equipo de trituración se ve influida por su manejo y conservación que obedece a particularidades de la operación y la administración, y como factores externos se debe de considerar como el más importante de ellos a el tipo de material que se ha de triturar. En el caso de materiales densos, duros y altamente abrasivos estos factores pueden reducir hasta en un 20% la expectativa de vida de un equipo, esto se refleja en los valores de 10 y 8 años para el equipo de impacto y la considerada de 12 y 10 años para un sistema de trituración quijada-cono. Reconocemos, sin embargo, que es usual encontrar equipos con 20 y mas años de uso, esto es producto de la situación financiera de las empresas que al no estar en posibilidades de renovar sus equipos no tienen mas que la opción de conservarlos y explotarlos por el mayor tiempo posible aunque esto obre en detrimento de la eficiencia de los mismos.

Vida Anual en Horas de Uso. Se estimaron 1,500 horas de uso anual despues de consultar los

catálogos de cargos fijos de CNIC y los valores que se presentan en "Factores de Consistencia de Costos y Precios Unitarios" de la FI por ser un valor conservador pero adecuado para su uso en la valoración de cargos fijos de equipo de trituración.

Tasa de Interes. Se opto por emplear la "Prime Rate" por dos razones basicamente. Primero, la valuacion del equipo fue hecha en dolares estadounidenses para otorgar mas permanencia al análisis y segundo por ser equipos que se reemplazan en dolares; pues aún en México es esta la moneda que priva para suscribir créditos y compromisos financieros para maquinaria de construcción.

Tasa de Seguros. Los equipos de trituración trabajan en areas expuestas a voladuras defectuosas, deslaves y otros imprevistos lo que eleva las primas de seguros por lo que se tomo el porcentaje usual mas alto aplicable a esta valoración.

Depreciación Fiscal. Las plantas de trituración son verdaderas instalaciones fabriles por lo que su depreciación debiera apegarse a la normatividad respectiva y dado que su vida económica coincide casi con este parámetro se tomó un plazo de 10 años para la depreciación lineal de los equipos.

Cargos por Mantenimiento. El factor Q se incremento para los equipos de impacto en mayor grado que para los de quijada-cono y para ambos en razón del material y su contenido de silice variando hasta en un 25% si dicho contenido aumenta del 10% al 50%. Los porcentajes de desgaste fueron valorados en base a la experiencia y van de 10 a 70 gramos por tonelada triturada según la granulometría, humedad y porcentaje de silice del material.

El análisis comparativo tema de este trabajo solamente se ocupa del costo del proceso de trituración, es decir, solamente nos ha interesado saber cuanto cuesta triturar el material en greña.

COSTO HORARIO

MAQUINA: IMPACTO

MODELO:

DATOS ADIC.: BANCO CALIZO 0-10X SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ 739,000.00	Fecha cotización:	Julio de 1990
[Equipo adicional]:		Vida económica (Ve):	10 años
		Horas por año (Ha):	1,500 hr/año
		Motor:	ELECTRICO de 112.26 kw
Valor inicial (Va):	\$ 739,000.00	Factor operación:	
Valor rescate (Vr):	20 % = \$ 147,800.00	Potencia operación:	HP. op
Tasa interés (i):	10 %	Factor mantenimiento (f):	1.50
Prima seguros (s):	4 %		

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	=	\$ 39.41
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 29.50
c) Seguros:	$S = \frac{Va - Vr}{2 Ha}$	=	\$ 11.82
d) Mantenimiento:	$M = f \cdot D$	=	\$ 39.41

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 120.14

II. CONSUMOS

a) Combustible: E = e Pc			
Diesel: E = 0.20 x	HP. op. x \$	/lit.	\$
Gasolina: E = 0.24 x	HP. op. x \$	/lit.	\$
b) Otras fuentes de energía:	$0.0954 \times 0.80 \times 112.26$	=	\$ 8.55
c) Juego de Bandas:	$\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,300}{1,500}$	=	3.87
d) Cribas:	$\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500}$	=	1.33
e) Piezas de desgaste rápido: Pe =	$\frac{Vp}{Hr}$	=	10.00

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 23.85

III. OPERACION

Salaries: S	
2 Operador: 1a. (\$5,000.00)	\$ 13,000.00
2 Operador: 2a. (\$4,000.00)	8,000.00
2 Ayudantes: (\$2,000.00)	4,000.00
Sal/turno-proa.	\$ 25,000.00

Horas/turno-proa. (H)

H = 8 horas * (factor rendimiento) = horas

Operación = $D = \frac{S}{H} = \frac{25,000.00}{1,500.00}$ horas = \$ 16.67

COSTO OPERACION POR HORA \$ 16.67

HORA ACTIVA	\$ 160.88
HORA INACTIVA	\$

-103-
COSTO HORARIO

MAQUINA: QUIJADA COMO MODELO: _____
 DATOS ADIC.: BANCO CALIZO 0-104 S/LTZE

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ 1'026,000.00	Fecha cotización:	Julio de 1990
Equipo adicional:	_____	Vida económica (Ve):	12 años
_____	_____	Horas por año (Ha):	1,500 hr/año
Valor inicial (Va):	\$ 1'026,000.00	Motor:	ELECTRICO de 228.55 Kw
Valor rescate (Vr):	20 % = \$ 205,200.00	Factor operación:	_____ HP. op
Tasa interés (i):	10 %	Factor mantenimiento (Q):	1.00
Prima seguros (s):	4 %		

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	= \$	45.60
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	= \$	41.04
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	= \$	16.42
d) Mantenimiento:	$M = QD$	= \$	45.60
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 148.66

II. CONSUMOS

a) Combustible: $E = e Pc$			
Diesel: $E = 0.20 \times$	HP. op. x \$	/lt.	= \$
Gasolina: $E = 0.24 \times$	HP. op. x \$	/lt.	= \$
b) Otras fuentes de energía:	$0.0964 \times 0.80 \times 228.55$	= \$	17.63
c) Juego de Bandas:	$\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,800}{1,500}$	=	3.87
d) Cribas:	$\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500}$	=	1.33
e) Piezas de desgaste rápido: $Pe = \frac{Vp}{Hr}$		=	9.50
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 32.33

III. OPERACION

Salarios: S			
2 Operador: 1a. (6,500.00)	\$	13,000.00	
2 Operador: 2a. (4,000.00)		8,000.00	
2 Ayudantes: (2,000.00)		4,000.00	
Sal/turno-proc.	\$	25,000.00	
Horas/turno-proc. (M)			
M = 8 horas x (factor rendimiento) =		horas	
∴ Operación = $D \cdot \frac{S}{M}$	\$	25,000.00	
		1,500.00	horas = \$ 16.67
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 16.67

HORA ACTIVA	\$ 197.66
HORA INACTIVA	\$ _____

COSTO HORARIO

MAQUINA: IMPACTO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: CANTOS RODADOS 10-20R SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ 771,000.00	Fecha cotización:	Julio de 1990
[Equipo adicional]:	_____	Vida económica (Ve):	8 años
_____	_____	Horas por año (Ha):	1,500 hr/año
Valor inicial (Va):	\$ 771,000.00	Motor:	ELECTRICO de 112.25 kw
Valor rescate (Vr):	20 % = \$ 154,200.00	Factor operación:	_____
Tasa interés (i):	10 %	Potencia operación:	_____ HP. op
Piensa seguros (s):	6 %	Factor mantenimiento (O):	1.15

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	=	\$ 51.60
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 30.84
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 12.34
d) Mantenimiento:	$M = OD$	=	\$ 58.08
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 152.66

II. CONSUMOS

a) Combustibles: $E = e Pc$			
Diesel: $E = 0.20 x$	HP. op. x \$ _____ /lit.	=	\$ _____
Gasolina: $E = 0.24 x$	HP. op. x \$ _____ /lit.	=	\$ _____
b) Otras fuentes de energía:	$0.0964 x 0.80 = 137.28$	=	\$ 8.65
c) Juego de Bandas:	$\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,800}{1,500}$	=	3.87
d) Cribas:	$\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500}$	=	1.33
e) Piezas de desgaste rápido:	$Pe = \frac{Vd}{Hr}$	=	12.00
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 25.85

III. OPERACION

Salarios: \$			
2 Operador: 1a. (6,500.00)	\$ 13,000.00		
2 Operador: 2a. (4,000.00)	8,000.00		
2 Ayudantes: (2,000.00)	4,000.00		
Sal/turno-prom.	\$ 25,000.00		
Horas/turno-prom. (H)			
$H = 8 \text{ horas} \times$	(factor rendimiento) = _____ horas		
∴ Operación = $D = \frac{S}{Z}$	$\frac{25,000.00}{1,500.00}$	horas	= \$ 16.67
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 16.67

HORA ACTIVA	\$ 195.18
HORA INACTIVA	\$ _____

-105-
COSTO HORARIO

MAQUINA: QUIJADA CONO MODELO: _____
 DATOS ADIC.: CANTOS RODADOS 10-20% SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ 1'026,000.00	Fecha cotización:	Julio de 1990
Equipo adicional:	_____	Vida económica (Ve):	10 años
	_____	Horas por año (Ha):	1,500 hr/año
Valor inicial (Va):	\$ 1'026,000.00	Motor:	ELECTRICO de 228.65 Kw
Valor rescate (Vr):	20 % = \$ 205,200.00	Factor operación:	_____
Tasa interés (i):	10 %	Potencia operación:	_____ HP. op
Prias seguros (s):	4 %	Factor mantenimiento (Q):	1.10

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	=	\$ 54.72
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 41.04
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 16.42
d) Mantenimiento:	$M = QD$	=	\$ 50.19
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 172.37

II. CONSUMOS

a) Combustible: E = e Pc			
Diesel: E = 0.20 x _____ HP. op. x \$ _____ /lt.	=	\$ _____	
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x \$ _____ /lt.	=	\$ _____	
b) Otras fuentes de energía:	$0.0954 \times 0.80 \times 228.65$	=	\$ 17.63
c) Juego de Bandas:	$\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,800}{1,500}$	=	3.87
d) Cribas:	$\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500}$	=	1.33
e) Piezas de desgaste rápido: Pe = $\frac{Vp}{Nr}$		=	11.00
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 33.83

III. OPERACION

Salarios: S			
2 Operador: 1a. (6,500.00)	\$	13,000.00	
2 Operador: 2a. (4,000.00)		8,000.00	
2 Ayudantes (2,000.00)		4,000.00	
Sal/turno-prov.	\$	25,000.00	
Horas/turno-prov. (N)			
N = 8 horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas			
∴ Operación = $O = \frac{S}{N} = \frac{25,000.00}{1,500.00}$			\$ 16.67
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 16.67

HORA ACTIVA	\$ 222.87
HORA INACTIVA	\$ _____

COSTO HORARIO

MAQUINA: IMPACTO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: BANCOS SILICOSOS 30% SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 771,000.00
 Fecha cotización: Julio de 1990
 Equipo adicional: _____
 Vida económica (Ve): 8 años
 Horas por año (Ha): 1,500 hr/año
 Motor: ELECTRICO de 112.26 Kw
 Valor inicial (Va): \$ 771,000.00
 Factor operación: _____
 Valor rescate (Vr): \$ 154,200.00
 Potencia operación: _____ HP. op.
 Tasa interés (i): 20 %
 Factor mantenimiento (Q): 1.25
 Prima seguros (s): 4 %

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{771,000.00 - 154,200.00}{8} = \$ 51.40$
 b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{771,000.00 + 154,200.00}{2 \times 1,500} = \$ 30.84$
 c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{771,000.00 + 154,200.00}{2 \times 1,500} = \$ 12.34$
 d) Mantenimiento: $M = QD = 1.25 \times 51.40 = \$ 64.25$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 158.83

II. CONSUMOS

a) Combustible: $E = e Pc$
 Diesel: $E = 0.20 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} = \$$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} = \$$
 b) Otras fuentes de energía: $0.096 \times 0.80 \times 112.26 = \$ 8.65$
 c) Juego de bandas: $\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,500}{1,500} = 3.67$
 d) Cribas: $\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500} = 1.33$
 e) Piezas de desgaste rápido: $Pe = \frac{Vp}{Wr} = 35.00$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$ 48.86

III. OPERACION

Salarios: S
 2 Operador: 1a. (6,500.00) \$ 13,000.00
 2 Operador: 2a. (4,000.00) \$ 8,000.00
 2 Ayudantes: (2,000.00) \$ 4,000.00
 Sal/turno-prog. \$ 25,000.00
 Horas/turno-prog. (H)
 $H = 8 \text{ horas} \times \text{(factor rendimiento)} = \text{horas}$
 $\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{K} = \frac{25,000.00}{1,500.00} = \$ 16.67$

SUMA OPERACION POR HORA

\$ 16.67

HORA ACTIVA
HORA INACTIVA\$ 226.36
\$

COSTO HORARIO

MAQUINA: QUIJADA CONO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: BANCOS SILICOSOS 30X SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 1'026,000.00Fecha cotización: Julio de 1990

Equipo adicional: _____

Vida económica (Ve): 10 añosHoras por año (Ha): 1,500 hr/añoValor inicial (Va): \$ 1'026,000.00Motor: ELECTRICO de 228.65 KwValor rescate (Vr): 20 % = \$ 205,200.00

Factor operación: _____ HP. op

Tasa interés (i): 10 %Factor mantenimiento (O): 1.10

Primo seguros (s): _____ %

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$ _____ = \$ 54.72b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} =$ _____ = \$ 41.04c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} =$ _____ = \$ 16.42d) Mantenimiento: $M = OD =$ _____ = \$ 60.19

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA

\$ 172.37

II. CONSUMOS

a) Combustible: $E = e Pc$ Diesel: $E = 0.20 \times$ _____ HP. op. \times \$ _____ /lt. = \$ _____Gasolina: $E = 0.24 \times$ _____ HP. op. \times \$ _____ /lt. = \$ _____b) Otras fuentes de energía: 0.0964 \times 0.80 \times 228.65 = \$ 17.63c) Juego de Bandas: $\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,800}{1,500} = 3.87$ d) Cribas: $\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500} = 1.33$ e) Piezas de desgaste rápido: $Pe = \frac{Vp}{Hr} = 14.00$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$ 36.83

III. OPERACION

Salarios: \$

2 Operador: Ia. (6,500.00) \$ 13,000.002 Operador: Za. (4,000.00) 8,000.002 Ayudantes: (2,000.00) 4,000.00Sal/turno-prom. \$ 25,000.00

Horas/turno-prom. (H)

H = 8 horas \times (factor rendimiento) = _____ horas \therefore Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{25,000.00}{1,500.00}$ Horas = \$ 16.67

SUMA OPERACION POR HORA

\$ 16.67HORA ACTIVA \$ 225.87

HORA INACTIVA \$ _____

COSTO HORARIO

MAQUINA: IMPACTO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: BANOS SILICOSOS 45% SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 771,000.00 Fecha cotización: Julio de 1990
 Equipo adicional: _____ Vida económica (Ve): g años
 _____ Horas por año (Ha): 1,500 hr/año
 Motor: ELÉCTRICO de 112.26 Kw
 Valor inicial (Va): \$ 771,000.00 Factor operación: _____
 Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 154,200.00 Potencia operación: _____ HP. op
 Tasa interés (i): 10 % Factor mantenimiento (D): 1.35
 Prima seguros (s): 4 %

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$ = \$ 51.40
 b) Inversión: $I = \frac{V_a + V_r}{2 \cdot H_a}$ = \$ 30.84
 c) Seguros: $S = \frac{V_a + V_r}{2 \cdot H_a}$ = \$ 12.34
 d) Mantenimiento: $M = 0D$ = \$ 69.39

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 163.97

II. CONSUMOS

a) Combustible: $E = e \cdot P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times$ _____ HP. op. \times \$ _____ /lt. = \$ _____
 Gasolina: $E = 0.24 \times$ _____ HP. op. \times \$ _____ /lt. = \$ _____
 b) Otras fuentes de energía: $0.096k + 0.80 \times 112.26$ = \$ 8.65
 c) Juego de bandas: $\frac{V_e \text{ bandas}}{H_a} = \frac{5,800}{1,500} = 3.87$
 d) Cribas: $\frac{V_e \text{ cribas}}{H_a} = \frac{2,000}{1,500} = 1.33$
 e) Piezas de desgaste rápido: $P_e = \frac{V_p}{H_r} = 43.00$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 56.85

III. OPERACION

Salarios: \$
 2 Operador: 1a. (6,500.00) \$ 13,000.00
 2 Operador: 2a. (4,000.00) 8,000.00
 2 Ayudantes: (2,000.00) 4,000.00
 Sal/turno-pros. \$ 25,000.00
 Horas/turno-pros. (H)
 $H = 8 \text{ horas} \times$ _____ (factor rendimiento) = _____ horas
 $\therefore \text{Operación} = D = \frac{S}{K} = \frac{25,000.00}{1,500.00} \text{ horas} = 16.67$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 16.67

HORA ACTIVA \$ 237.50
 HORA INACTIVA \$ _____

COSTO HORARIO

MAQUINA: QUIJADA CONO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: BANCOS SILICOSOS 45% SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 1'026,000.00
 Equipo adicional: _____
 Valor inicial (Va): \$ 1'026,000.00
 Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 205,200.00
 Tasa interés (i): 10 %
 Prima seguros (s): 4 %

Fecha cotización: Julio de 1990
 Vida económica (Ve): 10 años
 Horas por año (Ha): 1,500 hr/año
 Motor: ELECTRICO de 228.65 kw
 Factor operación: _____
 Potencia operación: _____ HP. op
 Factor mantenimiento (f): 1.12

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$ = \$ 56.72
 b) Inversión: $I = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}}$ = \$ 41.06
 c) Seguros: $S = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}}$ = \$ 16.62
 d) Mantenimiento: $M = 00$ = \$ 51.29

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA

\$ 173.47

II. CONSUMOS

a) Combustible: $E = e \cdot P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times \text{HP. op.} \times \text{\$/lt.}$ = \$ _____
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \text{\$/lt.}$ = \$ _____
 b) Otras fuentes de energía: $0.0964 \times 0.80 \times 728.65$ = \$ 17.63
 c) Juego de Bandas: $\frac{V_e \text{ bandas}}{H_a} = \frac{5.800}{1,500} = 3.87$
 d) Cribas: $\frac{V_e \text{ cribas}}{H_a} = \frac{2.000}{1,500} = 1.33$
 e) Piezas de desgaste rápido: $P_e = \frac{V_e}{H_r} = 18.00$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$ 40.83

III. OPERACION

Salarios: \$
 2 Operador: 1a. (8,500.00) \$ 13,000.00
 2 Operador: 2a. (4,000.00) 8,000.00
 2 Ayudantes: (2,000.00) 4,000.00
 Sal/turno-proa. \$ 25,000.00
 Horas/turno-proa. (M)
 $M = 8 \text{ horas} \times \text{(factor rendimiento)} = \text{horas}$
 $\therefore \text{Operación} = D = \frac{S}{M} = \frac{25,000.00}{1,500.00} \text{ horas} = \$ 16.67$

COSTO OPERACION POR HORA

\$ 16.67

HORA ACTIVA \$ 230.97
 HORA INACTIVA \$ _____

-110-
COSTO HORARIO

MAQUINA: IMPACTO ADELO: _____
 DATOS ADIC.: BANCOS SILICOSOS 60X SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ 771,000.00	fecha cotización:	Julio de 1990
Equipo adicional:	_____	Vida económica (Ve):	8 años
Valor inicial (Va):	\$ 771,000.00	Horas por año (Ha):	1,500 hr/año
Valor rescate (Vr):	20 % = \$ 154,200.00	Motor:	ELECTRICO de 112.26 Kw
Tasa interés (i):	10 %	Factor operación:	_____
Prima seguros (s):	4 %	Potencia operación:	_____ HP. op
		Factor mantenimiento (O):	1.50

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	=	\$ 51.40
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 30.84
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	=	\$ 12.34
d) Mantenimiento:	$M = OD$	=	\$ 77.10
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 171.68

II. CONSUMOS

a) Combustibles: E = e Pc			
Diesel: E = 0.20 x	HP. op. x \$	/lit.	\$
Gasolina: E = 0.24 x	HP. op. x \$	/lit.	\$
b) Otras fuentes de energía:	$0.0584 \times 0.80 \times 112.26$	=	\$ 5.20
c) Juego de Bandas:	$\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha}$	=	$\frac{5.200}{1.500} = 3.47$
d) Cribas:	$\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha}$	=	$\frac{2.000}{1.500} = 1.33$
e) Piezas de desgaste rápido: Pe =	$\frac{Vp}{Hr}$	=	65.00
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 78.86

III. OPERACION

Salarios: S			
2 Operador 1a. (6,500.00)	\$	13,000.00	
2 Operador 2a. (4,000.00)		8,000.00	
2 Ayudantes (2,000.00)		4,000.00	
Sal/turno-proa.	\$	25,000.00	
Horas/turno-proa. (N)			
N = 8 horas x	(factor rendimiento) =	_____ horas	
∴ Operación = O =	$\frac{S}{N} = \frac{25,000.00}{1,500.00}$	=	\$ 16.67
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 16.67

HORA ACTIVA	\$ 267.21
HORA INACTIVA	\$ _____

COSTO HORARIO

MAQUINA: QUIJADA COMO

MODELO: _____

DATOS ADIC.: BANCOS FILTROS DE SILICE

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 1'026,000.00
 Equipo adicional: _____

Fecha cotización: Julio de 1990Vida económica (Ve): 10 añosHoras por año (Ha): 1,500 hr/añoMotor: ELECTRICO dr 228.65 cv

Factor operación: _____

Valor inicial (Va): \$ 1'026,000.00Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 205,200.00

Potencia operación: _____ HP. op

Tasa interés (i): 10 %Factor mantenimiento (F): 1.15Prima seguros (s): 4 %

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$ = _____ = \$ 54.72b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$ = _____ = \$ 41.04c) Seguros: $S = \frac{Va - Vr}{2 Ha}$ = _____ = \$ 16.42d) Mantenimiento: $M = 00$ = _____ = \$ 62.93SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 175.11

II. CONSUMOS

a) Combustible: $L = e Pt$ Diesel: $L = 0.20$ x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = \$ _____Gasolina: $L = 0.24$ x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = \$ _____b) Otras fuentes de energía: 0.0964 x 0.80 x 228.65 = \$ 17.63c) Juego de Bandas: $\frac{Ve \text{ bandas}}{Ha} = \frac{5,800}{1,500} = 3.87$ d) Cribas: $\frac{Ve \text{ cribas}}{Ha} = \frac{2,000}{1,500} = 1.33$ e) Piezas de desgaste rápido: $Pe = \frac{Vp}{Hr} = 25.00$ SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 47.83

III. OPERACION

Salarios: \$

2 Operador: 1a. (6,500.00) \$ 13,000.002 Operador: 2a. (4,000.00) 8,000.002 Ayudantes: (2,000.00) 4,000.00Sal/turno-proa. \$ 25,000.00

Horas/turno-proa. (H)

 $H = 8 \text{ horas} \times (\text{factor rendimiento}) = \text{_____} \text{ horas}$ ∴ Operación = $D = \frac{S}{H} = \frac{25,000.00}{1,500.00} \text{ horas} = \$ \underline{16.67}$ SUMA OPERACION POR HORA \$ 16.67HORA ACTIVA \$ 239.61

HORA INACTIVA \$ _____

Pero existen otros factores que no debemos pasar por alto y que en un momento dado pudieran desequilibrar la balanza de decisión en uno u otro sentido, por ejemplo: el costo de quebrantamiento del material en el banco y la dimensión de la boca de admisión del equipo, ambos factores interrelacionados.

Consideramos que no es conveniente tomar como verdaderos los postulados que el fabricante hace de sus equipos de trituración, sin antes hacer una valoración basada en la experiencia del Ingeniero y las condiciones particulares en las que el equipo operará en la práctica. Los sistemas aquí analizados se escogieron con una capacidad de producción de 90 ton/hr, para materiales calizos de dureza media o baja y hemos considerado un factor de rendimiento que "castiga" dicha capacidad según aumenta la dureza del material y su abrasividad.

En los equipos de impacto, debido a las condiciones cinéticas de su diseño, cuando se trata de materiales con densidad relativa superior a 2.5,

se tiene una restricción consistente en que no debe admitir material en greña mayor de 12", esto incrementara irremediamente los costos de los trabajos de selección y fragmentación del material a triturar.

En la siguiente tabla se presenta la máxima dimensión del material en greña recomendable para los dos sistemas de acuerdo a las dimensiones de su admisión y al tipo de roca a triturar. El criterio empleado está basado en calcular el tamaño máximo de material en greña en función del 90% de las dimensiones de la admisión de la trituradora.

SISTEMA DE TRITURACION	(a) Caliza extraída por voladura	(b) Cantos Rodado silicosos	(c) Silicosas extraída por voladura
	P<2.5;SiO2<20%	P>2.5;SiO2>20%	P>2.5;SiO2>20%
Tradicional 25" x 40"	22"x36"	(22")	(22")
Impacto 42" x 40"	38"x36"	(12")	(12")

(a).- La granulometria del material en greña de bancos calizos debe restringirse para evitar bloqueos en la admisión de la trituradora. Este tipo de material usualmente presenta la

CONCEPTO	MATERIALES CALIZOS 0-10% SILICE		MATERIALES CANTOS RODADOS 10-20% SILICE		MATERIALES SILICOSOS (% SiO ₂)					
					30%		45%		60%	
	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
DEPRECIACION	39.41	45.60	51.40	54.72	51.40	54.72	51.40	54.72	51.40	54.72
INVERSION	29.50	41.04	30.84	41.04	30.84	41.04	30.84	41.04	30.84	41.04
SEGURO	11.82	16.42	12.34	16.42	12.34	16.42	12.34	16.42	12.34	16.42
MANTENIMIENTO	39.41	45.60	58.08	60.19	64.25	60.19	69.39	61.29	77.10	62.93
PIEZA DESGASTE RAPIDO	10.00	9.50	12.00	11.00	35.00	14.00	43.00	18.00	65.00	25.00
ENERGIA	8.65	17.63	8.65	17.63	8.65	17.63	8.65	17.63	8.65	17.63
OTROS CONSUMOS	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
OPERACION	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67
TOTAL	160.66	197.66	195.18	222.67	224.38	225.67	237.50	230.97	267.21	239.61
FACTOR RENDIMIENTO	1.00	1.00	0.80	0.85	0.78	0.80	0.69	0.73	0.63	0.71
TON/HORA	90.00	90.00	72.00	76.50	68.40	72.00	62.10	65.70	56.70	63.90
PRECIO TONELADA	1.79	2.20	2.71	2.91	3.28	3.14	3.82	3.52	4.71	3.75

TABLA IV.2.- Cuadro comparativo de costos.

siguiente relación de formas:

$$(a, b, c) = (1, 2, 3)$$

(b).- La relación de formas para este tipo de material puede ser (1, 1, 1) ó (1, 1.5, 1.5) y en la distribución granulométrica del material en greña el 15% es mayor de 20" y el 10% ó 5% es mayor de 6", donde a elección del Ingeniero el sobretamaño puede eliminarse, o bien fragmentarse para su uso.

(c).- En los bancos silicosos la relación de forma usual, es también (1, 2, 3) aproximadamente, pero en los equipos de impacto existe una restricción para materiales de mas de 12" los que pueden representar del 7% al 15% del volumen en greña, lo que ocasiona un gran incremento en los costo de selección y quebrantamiento del material en banco.

La forma de demolición para lograr la eliminación del sobretamaño varía mucho, a continuación mencionaremos algunas de las más usuales:

- a) En forma manual con el uso de carro
- b) Mediante "moneo"
- c) Mediante explosivos plásticos
- d) Mediante peras o pilones de inercia
- e) Mediante cuñas de madera
- f) Mediante cal viva
- g) Mediante pistolas rompedoras
- h) Mediante martillo rompedor hidráulico o neumático

El costo que involucra el uso de estos medios varía enormemente y es escogido en función de factores de disponibilidad de equipo y baja inversión inicial. Por ello es frecuente el picapedrero y el uso de pistolas rompedoras más en función de la disponibilidad del equipo y la baja inversión inicial que como elección basada en la rentabilidad.

Cuando se hace uso de la alternativa más eficiente (martillo hidráulico o neumático) se aprovecha una retroexcavadora que durante el cambio de turno o por las tardes lleva acabo la labor de quebrantar las rocas que exceden el tamaño de admisión de la quebradora. Entonces, como es posible darse cuenta, es frecuente que la solución más económica requiera la más alta inversión inicial desafortunadamente.

CONCLUSIONES
Y
COMENTARIOS

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Sin lugar a dudas los agregados juegan un papel muy importante en las obras de ingeniería. Por esta razón es de suma importancia revisar sus características físicas, químicas y geométricas estableciendo normas y parámetros que permitan obtener no solo en laboratorio sino en campo calidades adecuadas, cantidades suficientes y costos competitivos; y esto será imposible sin hacer uso de los métodos de producción de agregados que reporten los máximos valores ponderados de calidad, cantidad y costo.

En los primeros capítulos de esta tesis se pretende establecer de manera clara que es un agregado, para fines del análisis propuesto nos vimos obligados a omitir aquellos agregados que por su rareza o singularidad solo complicarían el análisis aquí realizado sin aportar ningún elemento de juicio significativo. Esto excluye a materiales de uso común tales como cascajo, grasa de

fundición, arcillas expandidas, vidrio, bagazo de caña, fibra de vidrio, poliéster, fibra de coco y otros cuyo tratamiento como agregado es sumamente específico prefiriendo fundar el análisis en el material usual por antonomasia para agregados; las rocas.

A pesar de que las rocas nos proporcionan los mejores agregados no debemos olvidar que para una buena elección del mismo se debe efectuar un análisis del tipo de roca de que se trata, su disposición y origen deberán ser cuidadosamente evaluados antes de elegir un banco de materiales para la obtención de agregados, nunca serán suficientes las evaluaciones y muestreos previos a la explotación y entonces será necesario realizar más estudios de este tipo durante la misma con el objeto de asegurar la calidad requerida en el producto final.

En el primer capítulo se pretendió establecer una clasificación basada en la geología y

mineralogía del banco, así como su evaluación para fines de explotación y se hizo énfasis en que sus características y clasificación son función de su disponibilidad, calidad y costo de explotación, sin pasar por alto que existen cualidades del banco que dependen de factores geográficos, de infraestructura, sociales y políticos. Todo lo anterior nos lleva al manejo de parámetros cuya definición está en función del costo involucrado de la explotación en cada caso particular.

El primer capítulo concluye recordando que los criterios de selección de un banco están orientados por el tipo de agregado definido en el proyecto para el que se fabricarán, cuyo marco de referencia puede estar dado por un estudio de mercado, un contrato de obra o suministro o bien por las especificaciones de fabricación. A veces el Ingeniero tendrá que diseñar un programa de trituración que suministre varios tipos de agregados y cada tipo deberá estar definido por normas de las cuales se presenta un resumen. Una

tabla al final nos permite concluir que muchas de las características deseables de un concreto hidráulico o asfáltico son función de la calidad de los agregados empleados.

Cuando hemos establecido lo anterior podremos asegurar la calidad y el volumen y establecer las variables económicas del proceso de trituración.

El análisis de conveniencia de un equipo de trituración requiere como mínimo: conocer el tipo de material a triturar, conocer el tipo de agregado a producir, conocer la dimensión del contrato de suministro en cuanto a tiempo, ubicación, infraestructura, lugar, volúmenes de entrega, etc., en lo que se refiere a variables físicas y en cuanto a variables económicas debemos conocer precios, condiciones de entrega, fianzas, anticipos, etc. El análisis del equipo más viable está en función de: disponibilidad, confiabilidad, tiempo de arranque, requerimientos energéticos, equipos auxiliares, capacidad en ton/hr,

flexibilidad, costo de operación, inversión inicial, rentabilidad, etc. La selección deberá ser meditada como la función maximal que sea posible obtener.

Un análisis técnico como el anterior, fue el objeto de este trabajo, en el cual para darle generalidad se jugó con una serie de bancos de características tipo, obteniendo las siguientes conclusiones de orden general y técnico.

En el caso de bancos calizos el equipo de impactos aparece como la opción mas adecuada por su baja inversión inicial, su flexibilidad y mayor tamaño en la boca de admisión en función de un tonelaje dado, además las demandas de energía permiten si no existe corriente suministrada por C.F.E., rentar un equipo generador mas sencillo.

El costo, no analizado aquí, de la explotación del banco será menor y el coeficiente de forma del material, así como la eliminación de

tensiones internas en el mismo, nos garantiza un mejor desempeño que la solución de quijada-cono (tradicional).

En el caso de bancos de cantos rodados con contenido de sílice mayor de 10% pero menor de 20%, aunque el costo por tonelada triturada en el equipo de impactos resulta ligeramente menor, esa diferencia puede perderse cuando los cantos rodados tengan un alto porcentaje de tamaño mayor de 12" lo que obligaría a tener un sistema de quebrantamiento de material en greña que invertiría la relación económica; sin embargo, si no es este el caso, el sistema de impactos representa una menor inversión inicial y un consumo energético más manejable, por lo que podría resultar atractiva.

El grado de contaminación del material por limos y arcillas podría obligar a utilizar sistemas de lavado o de selección en dos pasos, para lograr una mejor calidad en los agregados, esto puede ser

favorable a uno u otro sistema pero los costos no son radicalmente diferentes.

Finalmente si se trata de bancos de materiales silicosos el problema del costo de las piezas de desgaste rápido (barras de golpeo, muelas y mantos) es el factor de mas peso a considerar, ello obliga a optar por equipos mas robustos complicados y costosos que en el caso de el equipo de impactos, en aras de una mayor economia de operación, pero finalmente dicho equipo se ve desfavorecido en este tipo de material.

Es bien sabido que los fabricantes de equipo suelen magnificar las cualidades y ocultar las deficiencias de sus productos, por lo que solo la ponderación de los factores que influyen en la calidad y el costo de los agregados debe ser factor decisivo en la elección final.

El objetivo de esta tesis no es el de dar una solución determinista para la elección de uno u

otro equipo, se pretende solamente establecer un método de análisis comparativo que permita cuantificar la influencia que tiene la selección de un equipo en los costos de producción de agregados; esto sin entrar al análisis de los costos de extracción, almacenaje, acarreo e indirectos. El objetivo de este trabajo se limito solamente a proponer un modelo de análisis comparativo pues bien sabemos que la selección de un equipo de trituración no es siempre una función del costo por tonelada triturada, la disponibilidad del equipo es quizá el factor principal que mas afecta dicha selección pero su análisis no es una cuestión técnica de ingeniería sino de mercado e inventario.

Quisiéramos decir que el análisis termina con una definición concreta, pero preferimos dar solamente una hipótesis de trabajo como nombre genérico a nuestras conclusiones que si bien se basan en valores obtenidos de la experiencia, se analizan en un supuesto teórico al comparar dos equipos hipotéticos en 3 bancos de tipo ideal.

No escapa a nuestro deseo el manifestar que la tecnología prepara cada día nuevos materiales y procedimientos, explosivos, martillos de demolición, nuevas aleaciones, motores de mayor par de arranque y menor consumo de energía, pero el Ingeniero no solo debe aceptar toda innovación como buena, sin antes verificar el rendimiento y eficiencia comparativa para detectar bondades y analizar debilidades.

Un país como el nuestro, con demasías sociales derivadas de un acelerado crecimiento poblacional, nos compromete a afinar nuestros métodos de evaluación y análisis para lograr mas altos niveles de eficiencia en nuestra profesión. Por ello, este trabajo pretende aportar, aunque sea en mínima escala, una metodología de evaluación para equipos de construcción.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

A. - LIBROS.

PRODUCERS FACT BOOK
UNIVERSAL ENGINEERING CORPORATION
IOWA, U.S.A.

DICCIONARIO RIOUERO
GEOLOGIA Y MINERALOGIA
EDICIONES RIOUERO
ESPANA

AGREGADOS PARA CONCRETO
EDITORIAL LIMUSA
MEXICO D.F.

TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS
ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
FUNDEC, A.C.
MEXICO, D.F.

FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y P.U.
ING. JORGE H. DE ALBA CASTANEDA
ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
FUNDEC, A.C.
MEXICO, D.F.

PRINCIPIOS DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA
D.P. KRYNINE
W.R. JUDD
OMEGA
ESPANA

TECNOLOGIA DE LOS APARATOS DE FRAGMENTACION Y DE
CLASIFICACION DIMENSIONAL
E.C. BLANC
COLECCION ROCAS Y MINERALES
ESPANA

EXPLOSIVOS Y VOLADURAS APLICADAS A LAS OBRAS DE
INGENIERIA CIVIL
ING. FRANCISCO RICCI CHACON
INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA CONSTRUCCION
MEXICO

GEOLOGIA FISICA
LONGWELL Y FLINT
LIMUSA
MEXICO

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO
IMCYC
MEXICO

ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS EN MEXICO, D.F.
EXCAVACIONES
CONGRESO MEXICANO DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION
1987

B. - MANUALES Y CATALOGOS

FACTS AND FIGURES
PORTEC INC.
MINNEAPOLIS, U.S.A.

AGGREGATE PRODUCERS HAND BOOK
SMITH ENGINEERING WORKS
MILWAUKEE, U.S.A.

AGENDA DEL CONSTRUCTOR
EDITORIAL AGENDAS TECNICAS
MEXICO

TELSMITH PORTABLE GYRASPHERE PLANTS
SMITH ENGINEERING WORKS
MILWAUKEE, U.S.A.

PORTABLE PRIMARY CRUSHING PLANTS
TELSMITH
SMITH ENGINEERING WORKS
MILWAUKEE, U.S.A.

PROCESS MACHINERY
NORDBERG
MILWAUKEE, U.S.A.

HEWITT ROBINS
COLUMBIA, SOUTH CAROLINA, U.S.A.

MANUAL MINERO ANTOLOGICO
MINERO NOTICIAS TOMO I Y II
PUBLI-NOTICIAS
MEXICO

GUIA DE COMPRAS
MANUAL MINERO
No 61 AÑO 5
MEXICO

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS
GODYNE EXTRA
ATLAS DE MEXICO, S.A.
MEXICO

MANUAL PARA EL USO DE EXPLOSIVOS
DUPONT
MEXICO

ROCK TALK MANUAL
KENNEDY VAN SAMM Co.
PENNSYLVANIA U.S.A.

BITUMINOUS CONSTRUCTION HANDBOOK
BARBER-GREEN
ILLINOIS, U.S.A.

MANUAL SELMEC
MEXICO

CATALOGO IEM DE MOTORES ELECTRICOS
MEXICO

UTILIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO
COMPAIR CONSTRUCTION AND MINING LTD.
ENGLAND

LISTA DE PRECIOS Y CONDICIONES GENERALES DE VENTA
PRODUCTOS DE BASALTO, S.A. DE C.V.
MEXICO

REVISTA INFORMAQUINA
MEXICO

HAZEMAG IMPACT CRUSHER
DESIGN, OPERATION AND FIELD OF APPLICATION
HAZEMAG
CANADA

BABBITLESS
CONSTRUCCIONES Y ESTUDIOS ESPECIALES
ESPAÑA

MANUAL DE QUEBRADORAS DE QUIJADA
FHASA
MEXICO

LA TRITURADORA DE IMPACTO PARA ROCA DURA
SPOKAME CRUSHER MANUFACTURING Co.
U. S. A.

COMPLETE EQUIPMENT FOR MINERAL AND CHEMICAL
PROCESSING INDUSTRIES
DENVER-JOY
U. S. A.

LA MAQUINARIA DRAGON DE PREPARACION MECANICA DE
MATERIALES
APPAREILS DRAGON-FIVES LILLE-CAIL
FRANCIA

CRUSHERS AND FEEDERS
TAYLOR-FULLER COMPANY
U. S. A.

MAQUINARIA PARA TRITURACION
MAQUINARIA INTERNACIONAL, S.A.
MEXICO

HAMMER TYPE ROCK CRUSHER
GRUENDLER
U. S. A.

QUEBRADORA DE MARTILLOS A IMPACTO
ASAG MAQUINARIA Y CONSTRUCCIONES, S.A.
MEXICO

MOLINOS DE MARTILLOS
GEGSA
MEXICO

FUNDICION DE PIEZAS DE DESGASTE
MOVISA
MEXICO

TRITURADORAS CIRCULARES Y DE CONO
HUMBOLDT WEDAG
ALEMANIA

HIDRAULIC HAMMERS
TRAMAC
U.S.A.

CATALOGO DE CARGOS PARA CALCULO DE COSTOS HORARIOS
DE MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION
CNIC
MEXICO 1985

C.- PUBLICACIONES Y REVISTAS

REVISTA IMCYC No 74
VOL XIII
MEXICO

CONSTRU-NOTICIAS
SISTEMAS MOVILES DE TRITURACION
LUIS H. GONZALEZ BONILLA

ANALISIS DE COSTOS DE MATERIALES PARA CONSTRUCCION
BIMSA
CESAR ORTEGA GOMEZ
MEXICO

TECNICAS Y PROCESOS DE MINAS Y CANTERAS
ROCAS Y MINERALES
ESPANA

LINING UN FINANCING
MINING EQUIPMENT INTERNATIONAL
VOL 6 No 5
U.S.A.

ADQUISICION Y REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO
MINOMET
TERCERA EPOCA No 105
MEXICO

THE EQUIPMENT MARKETPLACE
ROCK & DIRT VOL 31 No 26
U.S.A.

BLASTHOLE DRILLS
WORLD MINING EQUIPMENT VOL 12 No 1
U.S.A.

COMPRA O RENTA?
MARIO SCHJETMAM DANTAN
CONSTRUCCION MEXICANA No 253

EXPLOSIVES: TAILORED TO THE TASK
KIM W. WRIGHT
WORLD MINING EQUIPMENT VOL 10 No 3
U.S.A.

NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISENO Y
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
REVISTA DE INGENIERIA CIVIL No 204
MEXICO

MAQUINAS PARA MINERIA A CIELO ABIERTO
CONSTRUCCION PANAMERICANA VOL XI No 7
MEXICO

APPLICATION POSSIBILITIES OF THE IMPELLER BREAKER IN
THE STONES AND EARTHS INDUSTRIES
HANS LEHMANN
TONINDUSTRIE-ZEITUNG
GERMANY

ERFAHRUNGEN DEIM EINSATSOVEN PRALLMULEN IM
HARTGESTEIN
DIE NATURSTEIN-INDUSTRIE
DIETRICH SNELL
GERMANY

LA TRITURACION POR IMPACTO
MINERO-NOTICIAS
H. SCHDIT, BERGISH-GLADBACH Y M. MARTIN DUCE
MEXICO

IMPACT CRUSHERS IN THE CEMENT INDSTRY
ROCK PRODUCTS
A. ANDREW
U.S.A.

D. - ESTUDIOS Y PROYECTOS

THE HAZEMAG APK IMPACT CRUSHER
ASBESTOS WILLOW GROVE
U.S.A.

XIII CONVENCION NACIONAL
ASOCIACION DE INGENIEROS DE MINAS. METALURGISTAS Y
GEOLOGOS DE MEXICO
MEXICO

ASPECTOS FINANCIEROS DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION
REVISTA MEXICANA DE LA CONSTRUCCION No 368
CNIC
MEXICO

TECNICAS Y PROCESOS DE MINAS Y CANTERAS
ROCAS Y MINERALES
ESPANA

PLANOS DE INSTALACIONES PARA TRITURACION,
CLASIFICACION Y ENSILADO
IBERTECNIC, S.A.
MADRID, ESPANA

PLANTA TRITURADORA DE GRAVA
PERFIL DE INVERSION
FONDO NACIONAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
MEXICO

EL MERCADO DE MOLINOS, TRITURADORAS Y EQUIPOS
COMPLEMENTARIOS EN MEXICO 1984-1990
INFUTEC
MEXICO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UNA PLANTA DE
TRITURACION
CORFINA-IMOCOM
GUATEMALA

PLANTAS PORTATILES DE TRITURACION
COTIZADAS POR: CONSTRUMAC. S.A.
MEXICO