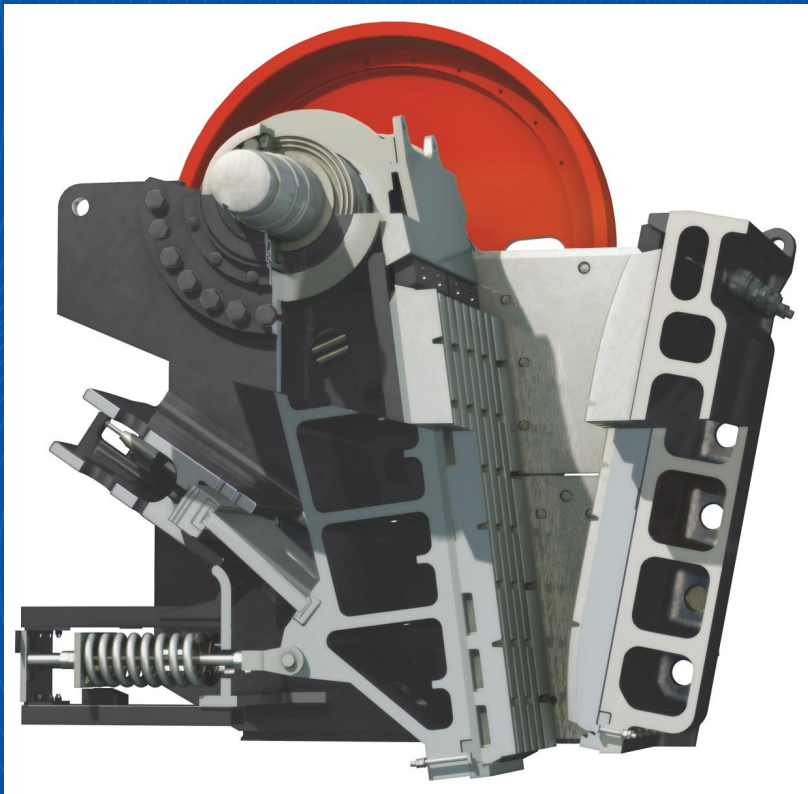




Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# TECNOLOGÍA MINERALÚRGICA



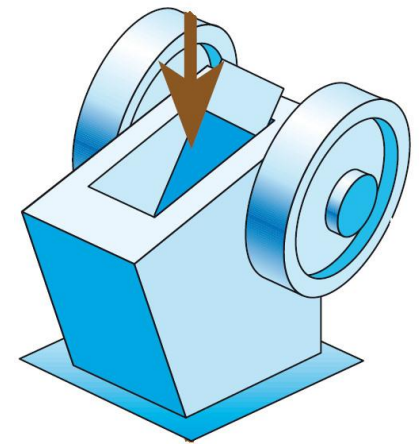
## TEMA 3: REDUCCIÓN DE TAMAÑO - TRITURACIÓN

### PARTE 1



# 3

## REDUCCIÓN DE TAMAÑO: TRITURACIÓN – PARTE 1



### Machacadoras de Mandíbulas

- 3.1. Historia del Machaqueo. Evolución de los Equipos
- 3.2. Machacadora de Mandíbulas de Doble Efecto. Tipo Blake
- 3.3. Machacadoras de Mandíbulas Tipo Dodge
- 3.4. Machacadoras de Mandíbulas de Simple Efecto
- 3.5. Dimensionado Machacadoras de Mandíbulas



# El machaqueo en los últimos 100 años

3.1. Historia del Machaqueo

## Trituración Primaria. Evolución de los equipos de trituración :

- La construcción de grandes equipos de trituración, **especialmente trituradoras giratorias**, comienza a mediados de los años 20 motivada por la apertura de grandes minas a cielo abierto para la extracción de minerales de cobre e hierro.
- Por otro lado, los fabricantes de áridos motivan la aparición y posterior desarrollo de **los conos** para fabricar áridos con un control en la distribución del tamaño y de la forma del producto a altos ratios de producción.
- A modo de ejemplo, la caliza empleada en fabricar cemento, generalmente se tritura a pie de cantera empleando **equipos de mandíbula o giratorias**, siendo empleados **los conos o los molinos de impacto en la planta de tratamiento**, por delante de **molinos de cilindros o molinos de bolas**.
- A partir de **1910**, la necesidad de triturar grandes tonelajes de mineral procedente de minas a cielo abierto, llevó a un crecimiento espectacular en el tamaño de los equipos de trituración.



# El machaqueo en los últimos 100 años. Introducción

## 3.1. Introducción

Trituración Primaria.

Evolución de los equipos de trituración:



- En 1905, una gran trituradora de mandíbulas solía tener unas dimensiones de boca 0.77 m x 0.61 m, movida por un motor de 34-kW. Para esas mismas fechas, una gran trituradora giratoria tendría de dimensiones 0.46 m x 1.61 m con un motor de 75-kW.
- 15 años después, una gran trituradora de mandíbulas tendría una dimensiones de 2.15 m x 3.07 m y una giratoria (modelo superior) alcanzaría unas dimensiones de 1.84 m; ambas máquinas requiriendo un motor de 375-kW.
- El incremento en la demanda de minerales de hierro afectó también al diseño de estos equipos. Así, cuando los depósitos de hematites de elevada ley en la franja de hierro de Minnesota (EEUU) fueron agotados, durante el periodo de las dos guerras mundiales, sólo quedaban, en esa franja, las capas de mineral de taconita. Un mineral de baja ley caracterizado por su dureza, abrasividad y su contenido en magnetita. Este mineral tenía que ser triturado con equipos más avanzados.



# El machaqueo en los últimos 100 años. Introducción

## 3.1. Introducción

Trituración Primaria.

Evolución de los equipos de trituración:



- Los principales fabricantes de equipos de trituración de la época, **Traylor**, **Nordberg** y **Allis-Chalmers** comenzaron a fabricar equipos más grandes y robustos, para etapas primarias y secundarias, incorporando sistemas de lubricación mejorados y motores y sistemas de rodamientos más fiables. Así se fabricó una trituradora giratoria de 1.54 m con una potencia instalada de **750 kW**.
- En 1970, las plantas de trituración estaban operando con equipos que procesaban más de 100.000 tpd y hacia el año 2000 ya se podía construir cualquier planta para triturar cualquier tonelaje de mineral.
- Estas últimas plantas son inmensas estructuras que necesitan de importantes excavaciones para obtener adecuados flujos por gravedad del material triturado. Ejemplo, la trituradora giratoria de Bougainville Copper Limited (Papua New Guinea) que procesa 120.000 tpd de mineral de baja ley.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

### Un poco de historia sobre la machacadora Blake:

- La machacadora Blake tuvo su origen en la decisión de la corporación municipal de New Haven (Connecticut, EEUU), en **1852** de pavimentar 3.2 km de calle en el centro de la ciudad empleando el método MacAdam, sistema en uso desde 1815.
- El sistema MacAdam, para la construcción de carreteras, consistía en pavimentar a través del entrelazado de fragmentos de roca, de 6 cm de diámetro, que después se sellaban con algún aglomerante.
- La fabricación de estos fragmentos se hacía de forma manual, empleando martillos o mazas, lo que suponía un gran esfuerzo y un gran consumo de tiempo y de dinero.
- Eli Whitney Blake, miembro de una familia de industriales de la ciudad de New Haven (EEUU) y uno de los responsables de los trabajos de pavimentación, pensó que una máquina que fragmentara la roca procedente de la cantera, reduciría el coste y el tiempo de ejecución.
- El equipo de trituración que diseñó Eli Blake era capaz de hacer el trabajo de 100 trabajadores en el mismo periodo de tiempo y a un tercio del coste que supondría emplear dicha mano de obra.
- La machacadora Blake fue diseñada en **1853** y patentada en **1858**.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

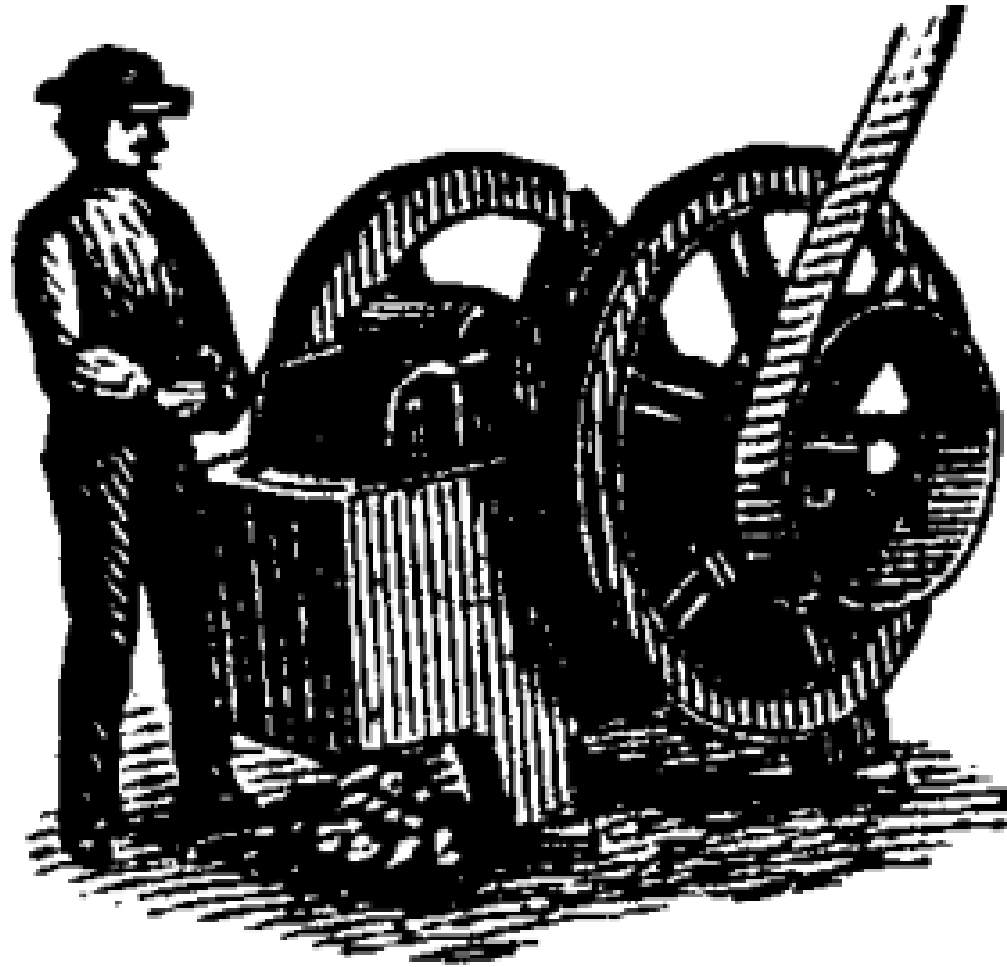
Un poco de historia sobre la machacadora Blake :

- Las primeras machacadoras Blake ofrecían una producción comprendida entre **5-15 tph** (actualmente los equipos Blake llegan a las **1200 tph**).
- Aunque esta capacidad fue incrementándose significativamente, a medida que nuevas unidades más grandes iban fabricándose.
- El uso principal, por lo tanto, de la machacadora Blake fue en la construcción de carreteras, como unidad principal en la fabricación de árido.
- Pero a partir de **1861** se convierte en uno de los equipos estándar en la trituración de mineral, a partir del éxito obtenido en la planta de procesamiento de mineral en Comstock (Nevada, EEUU).
- La machacadora Blake fue uno de los primeros éxitos que surgieron durante el siglo XIX dirigidos a la reducción de tamaños de fragmentos de mineral.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto



Primer modelo Blake (1858)





# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

### Elementos principales del equipo:

- **La mandíbula móvil (1)**, da lugar a un balancín articulado en su parte superior, que está sólidamente fijado al bastidor.
- **A través del movimiento de la biela (3)**, por efecto de la excéntrica (5), la mandíbula móvil se aproximará y alejará de la mandíbula fija (2), triturando el mineral.
- **El movimiento de la biela transmite a la mandíbula móvil el movimiento de oscilación a través de las placas de articulación (4).**
- **Los extremos de las placas se apoyan sobre semi-cojinetes de acero extraduro, embutidos en el pie de la biela, en el pie del balancín y en la corredera (punto de apoyo fijo).**
- **Sobre la corredera se puede actuar, a través de un sistema mecánico o hidráulico, desplazándola tanto vertical como horizontalmente, regulando de esta forma la amplitud de la carrera, abertura de salida de la trituradora, y disminuir efectos de desgaste sobre mandíbula y articulaciones.**

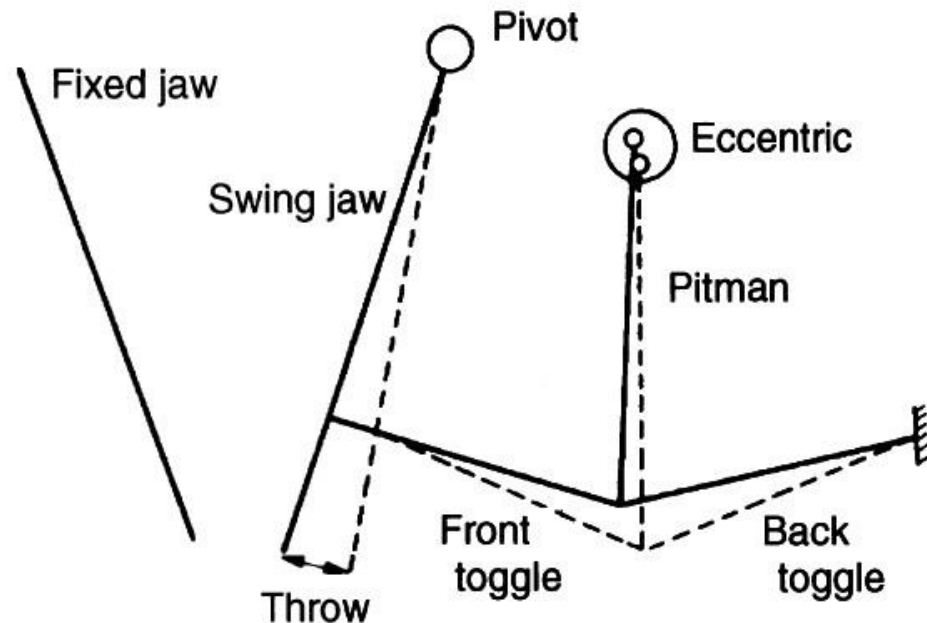


# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

### Elementos principales del equipo:

- La varilla y los resortes de recuperación (6), mantendrán el sistema de articulaciones en su posición durante la operación de trituración.
- La fuerza que origina el movimiento de los mecanismos descritos anteriormente, es proporcionada por grandes volantes de acero fundido, los cuales son accionados por motores eléctricos a través de la transmisión de correas trapezoidales.

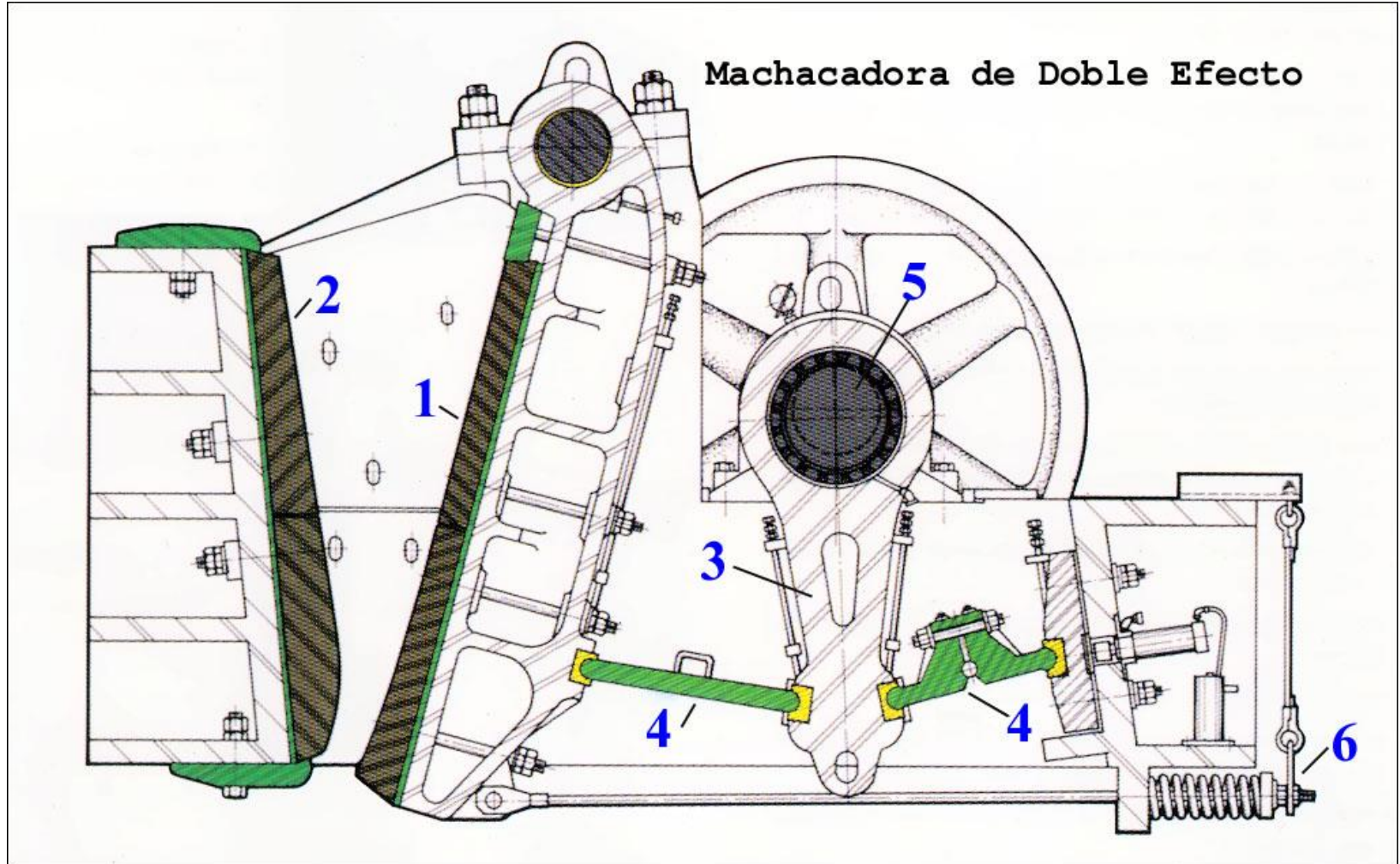


Blake jaw crusher (functional diagram)



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

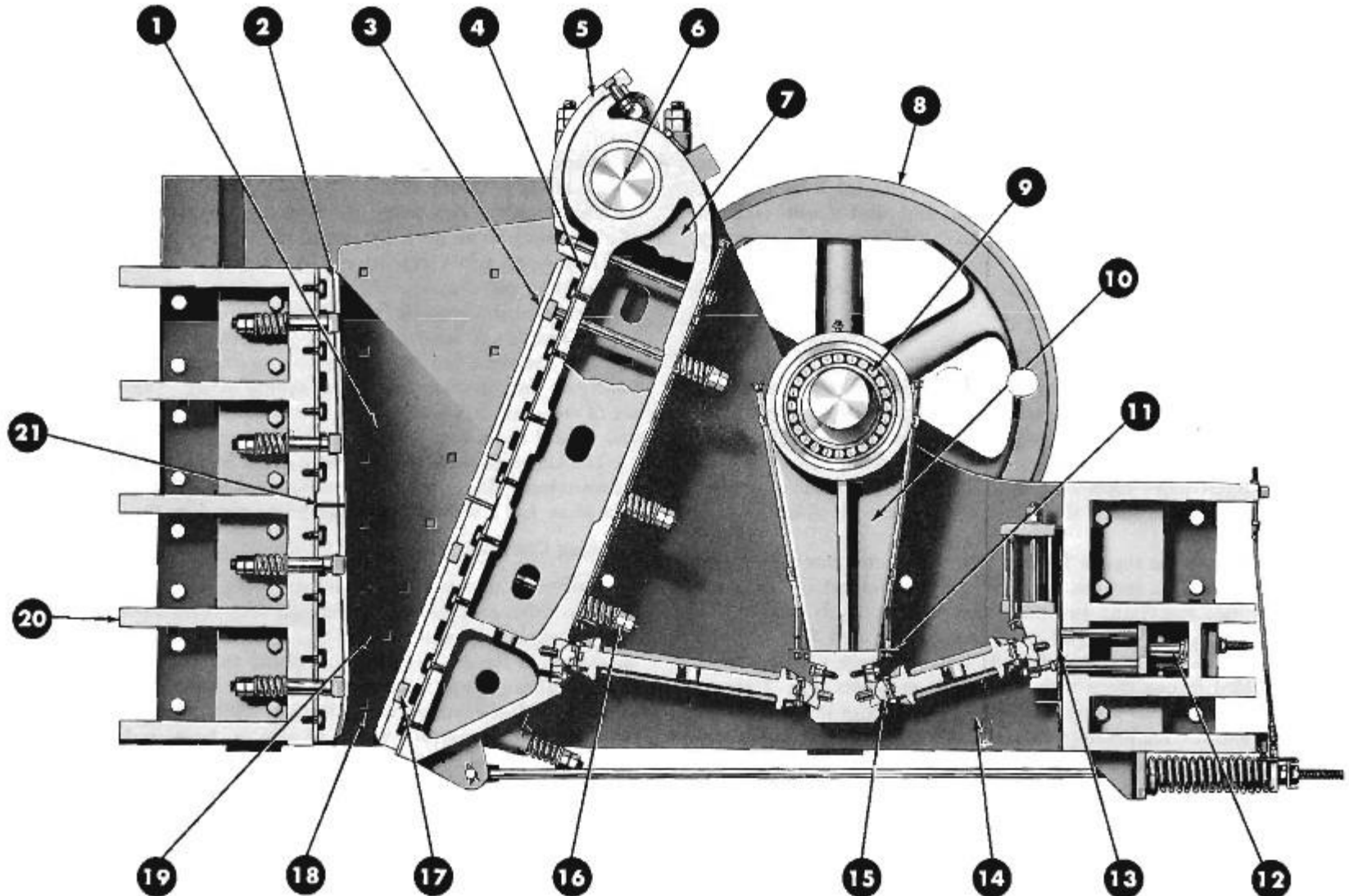


FIG. 4. Allis-Chalmers A-1 crusher (courtesy of Allis-Chalmers<sup>1</sup>). Legend: (1) crushing chamber, (2) fixed jaw plate, (3) interchangeable swing jaw plates, (4) protective wear plates, (5) swing jaw deflection plate, (6) swing jaw shaft, (7) swing jaw, (8) balanced flywheels (one driven), (9) anti-friction bearings, (10) steel cast and welded pitman, (11) shields over pitman toggle seats, (12) hydraulic setting control, (13) setting shims, (14) frame side plate, (15) toggle ends and seats, (16) bolt tension springs, (17) cap nuts, (18) crusher discharge, (19) manganese check plates, (20) ribbed front and back, (21) expansion joint.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

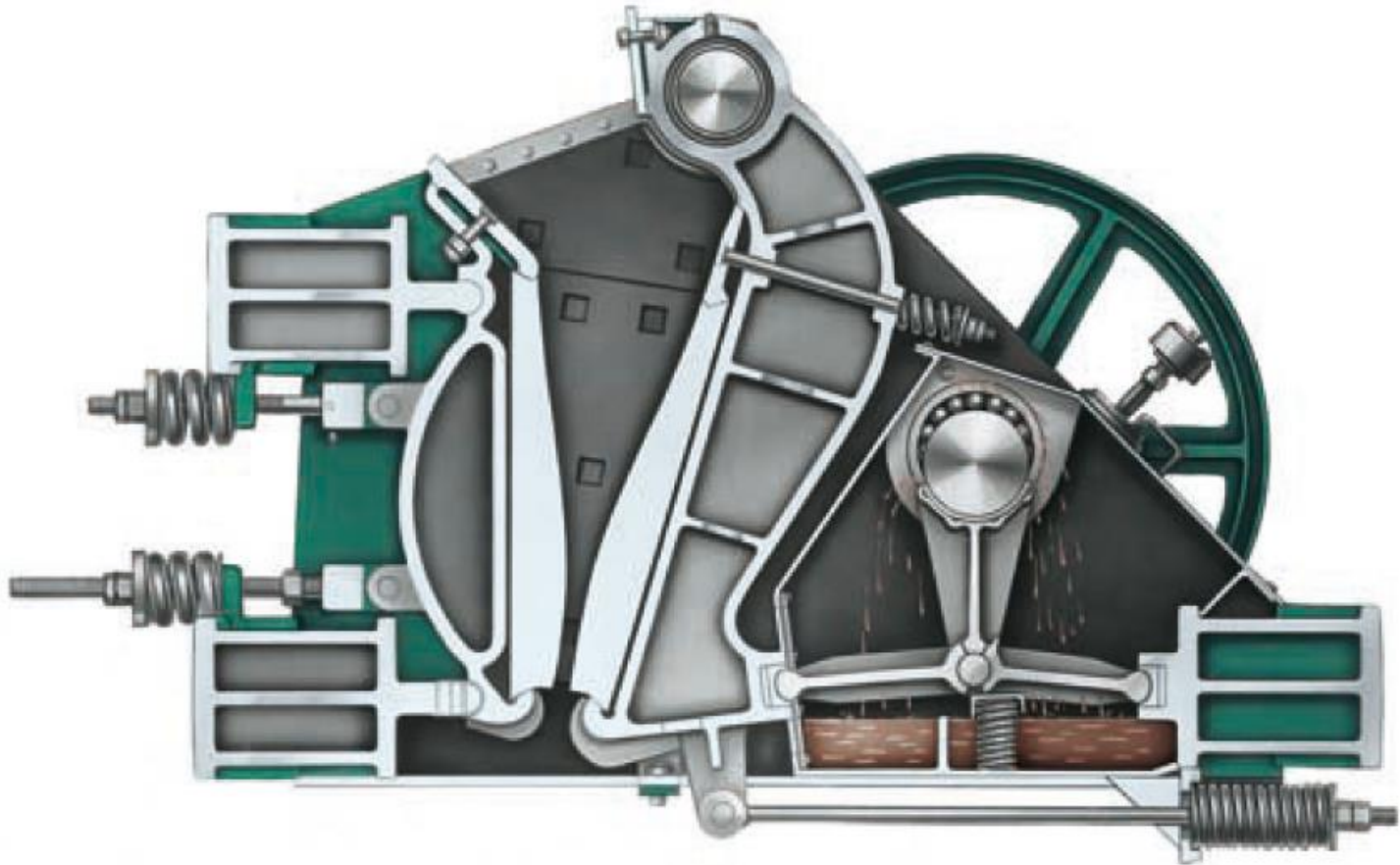
### Características de estos equipos:

- Este tipo de equipos, los de mandíbulas en general, son seleccionados cuando se trata de triturar materiales duros y abrasivos.
- La trituración se realiza, fundamentalmente, por acciones de compresión entre las dos placas, fabricadas de manera robusta. Se minimiza por tanto otras acciones de trituración como la fricción.
- Aunque depende del tipo de modelo, la mandíbula móvil presenta una geometría diseñada para avanzar de manera firme y perpendicular frente al material a triturar (de **100 a 400** revoluciones por minuto, la velocidad va inversamente proporcional al tamaño de los equipos).
- Un equilibrado de la mandíbula móvil permitirá altos ratios de eficiencia energética (**95%** de la potencia total del motor empleada en trituración), con lo que se necesitan motores más pequeños y con un menor coste.
- Tamaños de alimentación de **1200 mm** y una producción de tamaños con un diámetro nominal de **19 mm**. Este tamaño de salida se controla a través de la regulación del reglaje (distancia entre las dos mandíbulas en el punto de salida).



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto



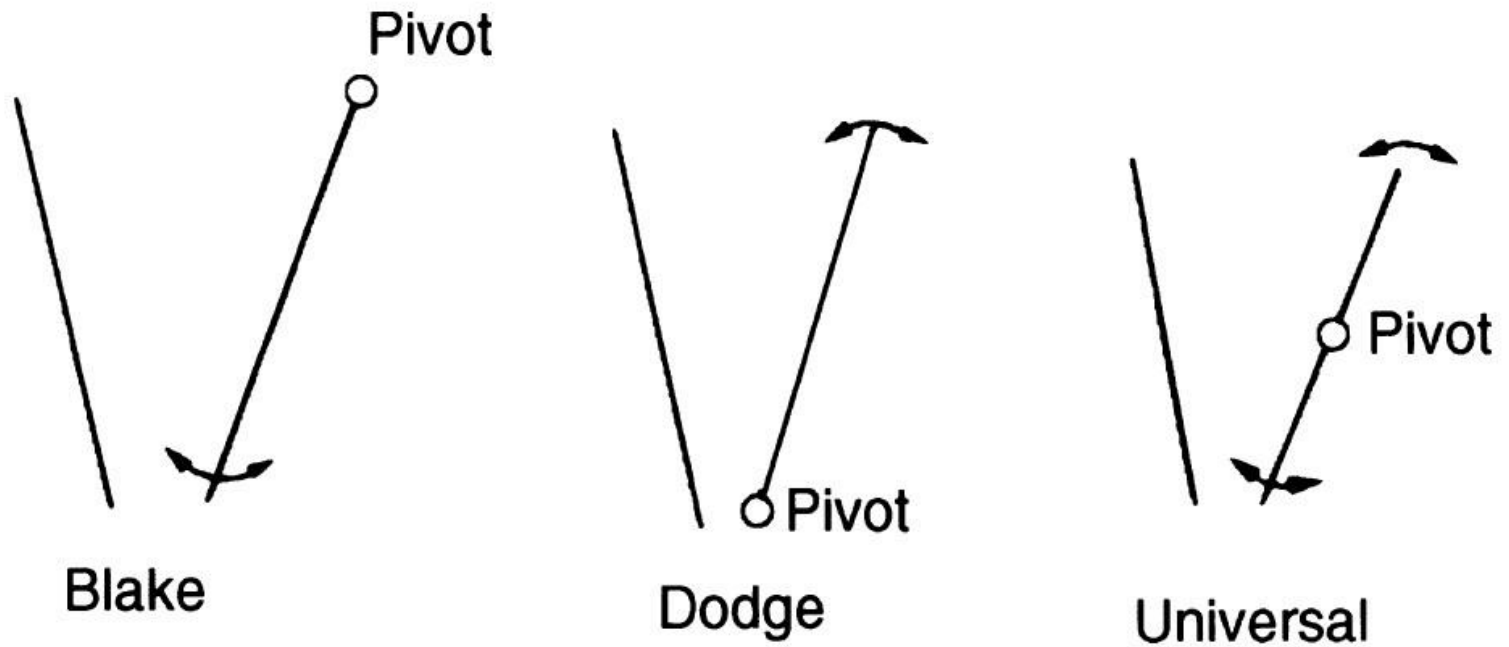
Equipo Pennsylvania con sistema de cuñas o calces (“*shims*”) detrás de la mandíbula fija para modificar el reglaje de salida.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Clasificación de las machacadoras de mandíbulas en función de la posición del punto de pivote.



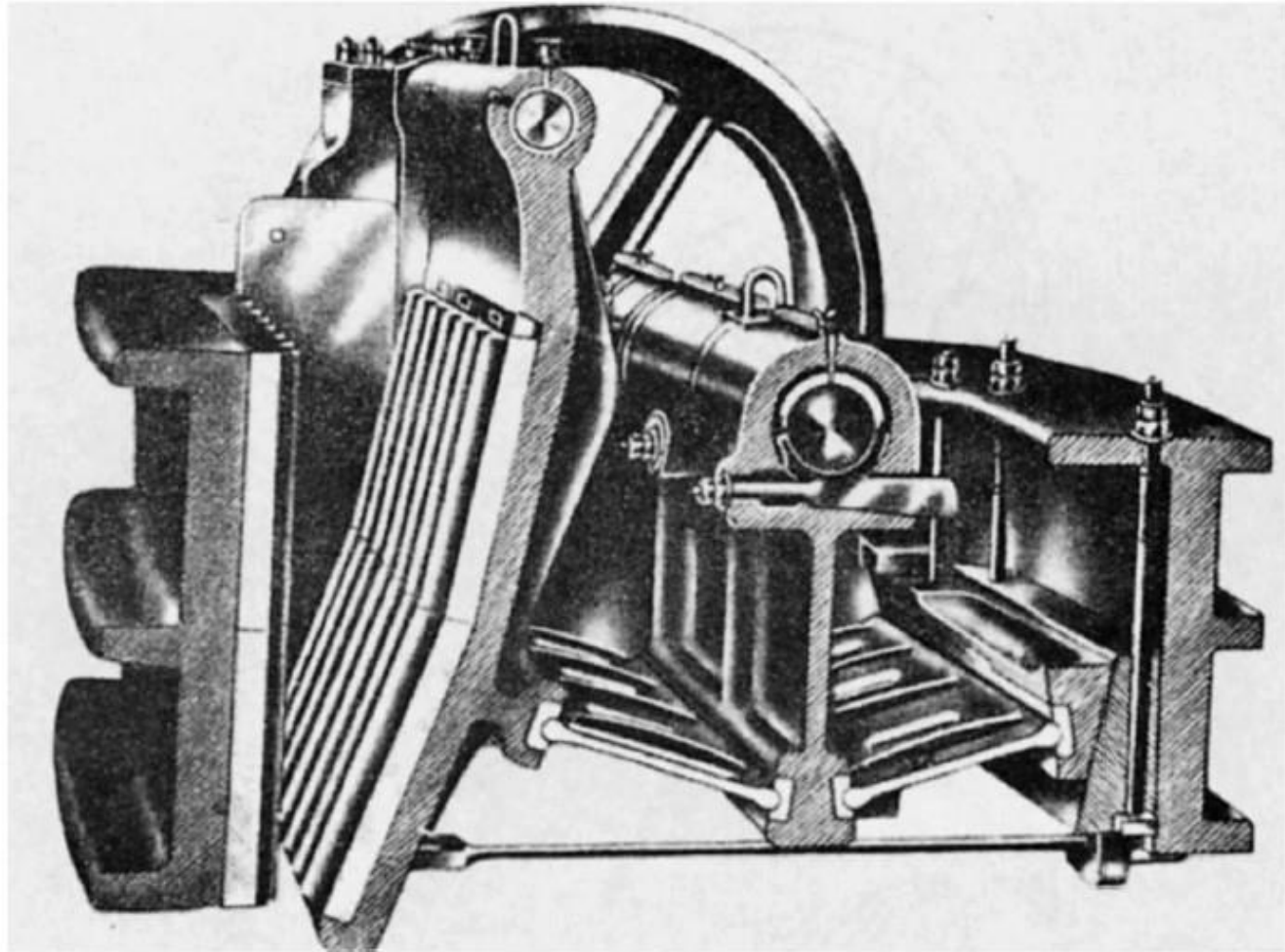
Jaw-crusher types



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Sección típica de una machacadora de doble efecto.



Cross-section through double-toggle crusher

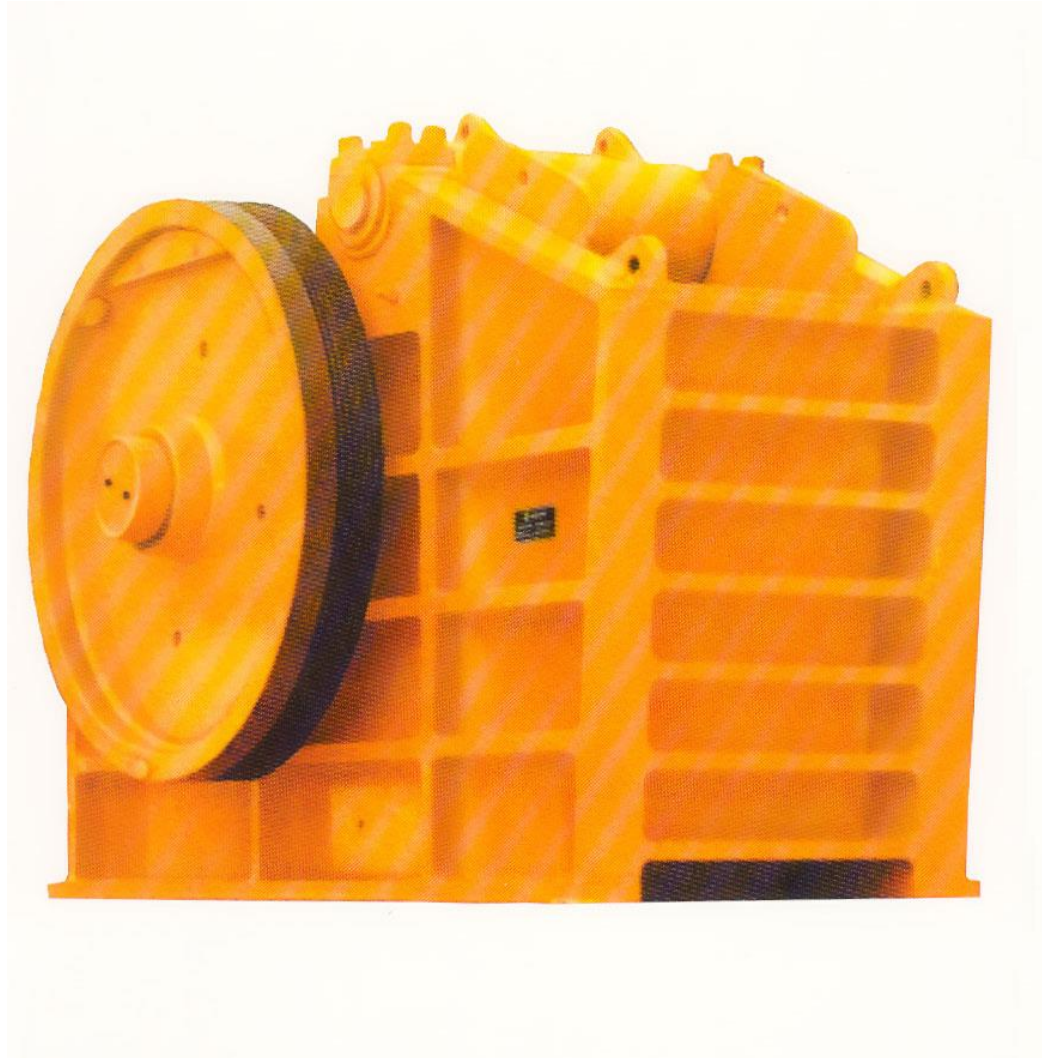




# Machacadoras de Doble Efecto:

3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Equipo Tipo Blake (cortesía de Aubema)





# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Instalación primaria de machaqueo (cortesía de Metso minerals)





# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

### Principales partes de una trituradora de doble efecto:

- **Bastidor:** Va a constituir el soporte de los elementos de trituración. Debe soportar los grandes esfuerzos y vibraciones. Está constituido por chapas de acero laminadas de gran espesor y con nervios de refuerzo para evitar deformaciones. Los laterales se protegen con chapas o forros de acero al manganeso intercambiables.
- **Cámara de trituración:** Viene definida por el espacio comprendido entre las mandíbulas móvil y fija y las placas laterales antidesgaste. Es donde tienen lugar los fenómenos de fragmentación. Las mandíbulas normalmente forman un ángulo de  $27^\circ$ .
- **Revestimientos:** Son planchas o placas intercambiables, fabricadas normalmente por aceros al manganeso de gran resistencia. Permiten ser acopladas a la cara exterior de las mandíbulas por medio de sistemas de fijación. Pudiendo invertirse su colocación (reversibles) para equilibrar el desgaste y optimizar su aprovechamiento.



# Machacadoras de Doble Efecto:

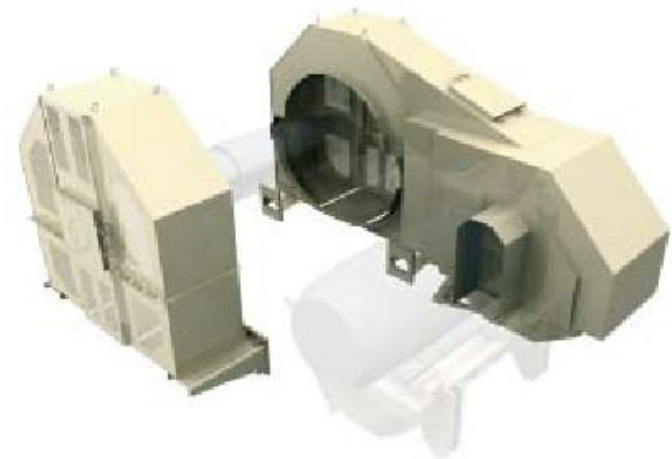
## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

### Principales partes de una trituradora de doble efecto:

- **Sistema de accionamiento:** Es el formado por aquel conjunto de elementos mecánicos que, mediante su movimiento interrelacionado, van a hacer que las mandíbulas trituren el mineral.
- El sistema o conjunto de accionamiento estará formado por: el volante, la biela, las placas de articulación, los resortes, el motor, las correas, la excéntrica, la pieza porta-mandíbulas móvil y los cojinetes. Elementos comentados anteriormente.



La base para motor integrada reduce los requisitos de espacio y los costes de mantenimiento.



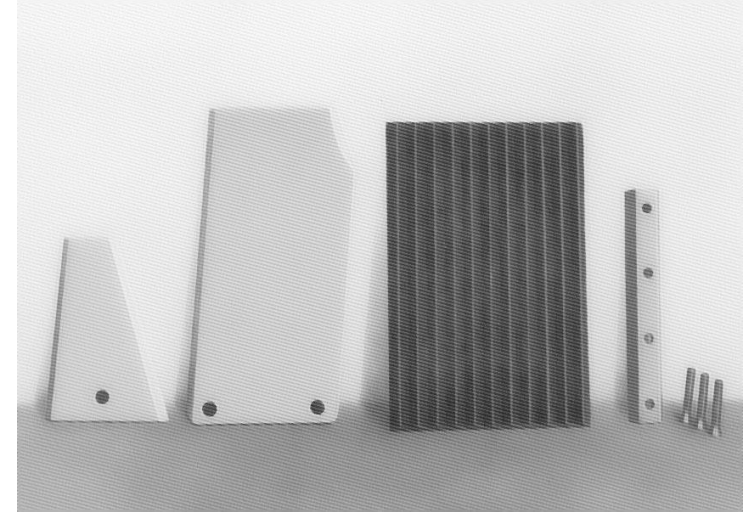
Los protectores de los volantes de inercia reducen los requisitos de espacio alrededor de la trituradora.



# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Tipos de revestimientos:



- **Dientes en forma de pico (estrías verticales): Materiales de dureza media.**
- **Dientes ondulados (estrías verticales): Materiales duros.**
- **Revestimientos lisos: Materiales extremadamente duros.**

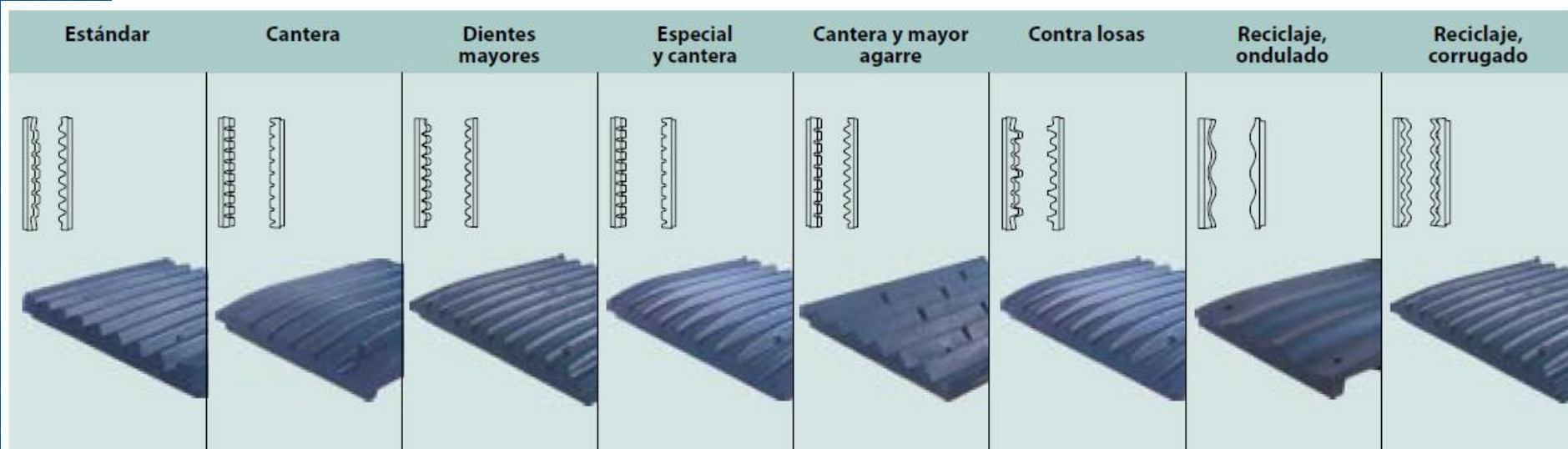




# Machacadoras de Doble Efecto:

## 3.2. Machacadoras de Mandíbulas de Doble Efecto

Tipos de revestimientos:





# Machacadora tipo Dodge:

3.3. Machacadoras de Mandíbulas tipo Dodge

## Datos y Características principales:

- Actualmente están en desuso para trabajos de elevada producción. Ideales cuando la capacidad es muy pequeña (laboratorios).
- Estas trituradoras eran accionadas por una excéntrica unida a una prolongación de la mandíbula móvil.
- La mandíbula móvil poseía un punto pivotante situado en su parte inferior, siendo como es lógico la carrera máxima a la entrada de la alimentación y mínima a la salida.
- Eran equipos muy simples desde un punto de vista mecánico.
- Proporcionaban una elevada razón de reducción (1:10).
- Tenían el inconveniente de un alto consumo de energía por tonelada tratada, producción de excesivo fino y mayor probabilidad de atascos.
- Actualmente, se fabrican para la obtención de muestras en laboratorio debido al mejor control en la distribución de tamaños (rangos muy estrechos).

# Machacadora tipo Dodge:

## 3.3. Machacadoras de Mandíbulas tipo Dodge

### Principales partes de una trituradora Dodge:

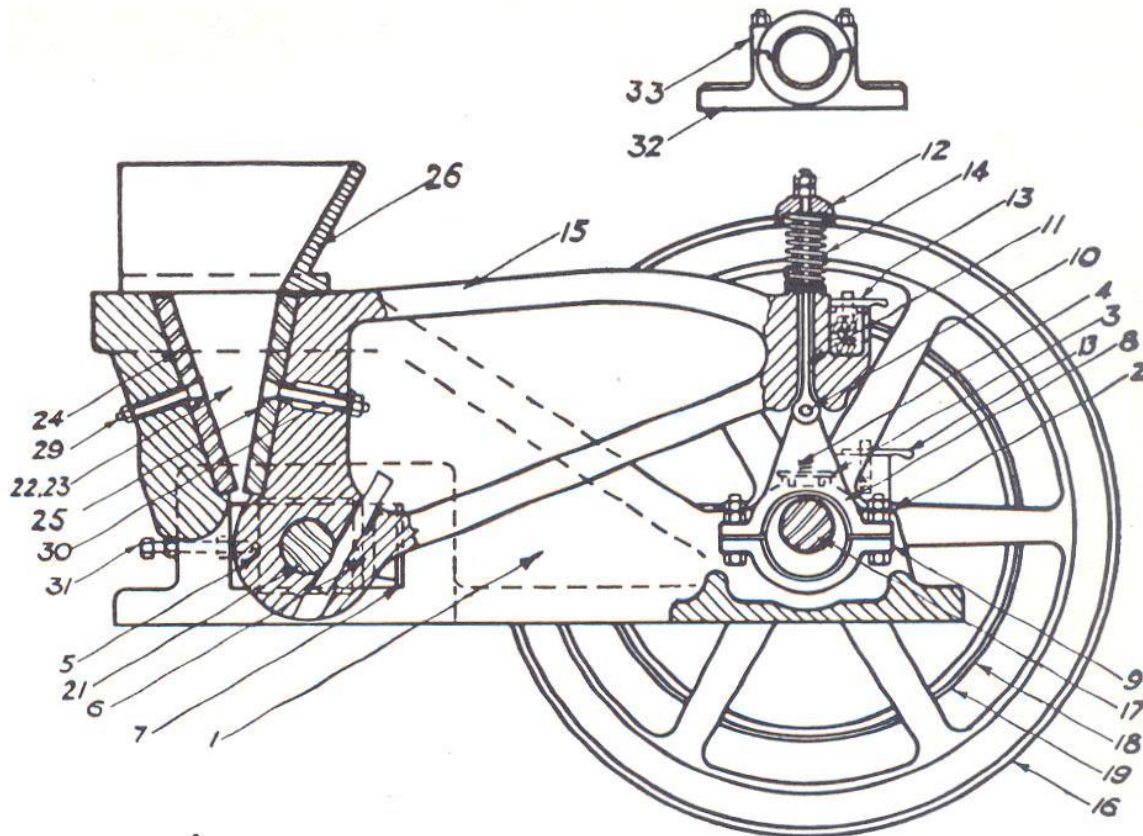


Fig. 5: Dodge-type crusher parts: (1) Frame, (2) Main bearing cap, (3) Oil well cover, (4) Oil well cover spring, (5) Swing jaw shaft box, (6) Breaking plate, (7) Shim, (8) Pitman, (9) Pitman cap, (10) Pitman pin, (11) Pitman eye bolt, (12) Pitman jaw spring cap, (13) Swing jaw and Pitman oil well cover, (14) Swing jaw spring, (15) Swing jaw, (16) Flywheel, (17) Eccentric shaft, (18) Loose pulley, (19) Tight pulley, (21) Swing jaw shaft, (22) Left hand side liner, (23) Right hand side liner, (24) Plain stationary jaw plate, (25) Plain swing jaw plate, (26) Hopper, (29) Stationary jaw plate bolt, (30) Swing jaw plate bolt, (31) Dog bolt, (32) Outboard bearing, (33) Outboard bearing cap





# Machacadoras de Simple Efecto:

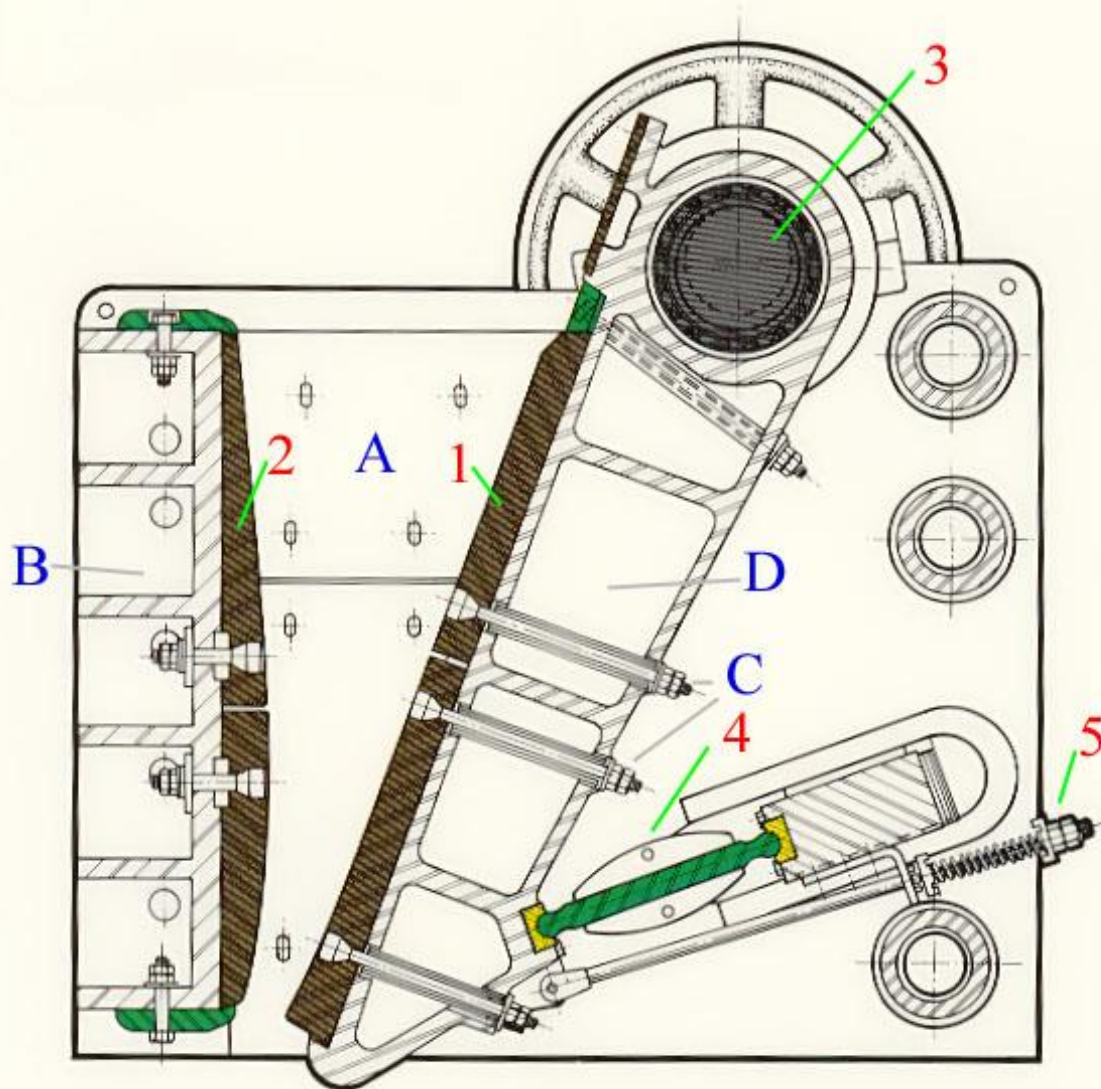
## 3.4. Machacadoras de Mandíbulas de Simple Efecto

### Características de estos equipos:

- Aparecieron 25 años después de la aparición del triturador Blake.
- En este tipo de equipos la pieza porta-mandíbulas móvil (D) se encuentra articulada directamente sobre el eje excéntrico (3), que está situado encima de la boca de alimentación de la trituradora.
- El movimiento de la parte inferior de la pieza porta-mandíbulas móvil, está controlado por una única placa de articulación (4), que está embutida al pie de la pieza porta-mandíbulas y de la corredera por medio de cojinetes semi-esféricos.
- Al igual que en la de Doble Efecto, dispone de un resorte de recuperación (5), para mantener la placa de articulación en su posición de trabajo y regular la salida del producto.
- Tanto en la pieza porta-mandíbulas móvil como en la pieza porta-mandíbulas fija (B), existen elementos de fijación (C), para acoplar los revestimientos de las mandíbulas (2) y (1) y de los laterales y formar la cámara de trituración (A).

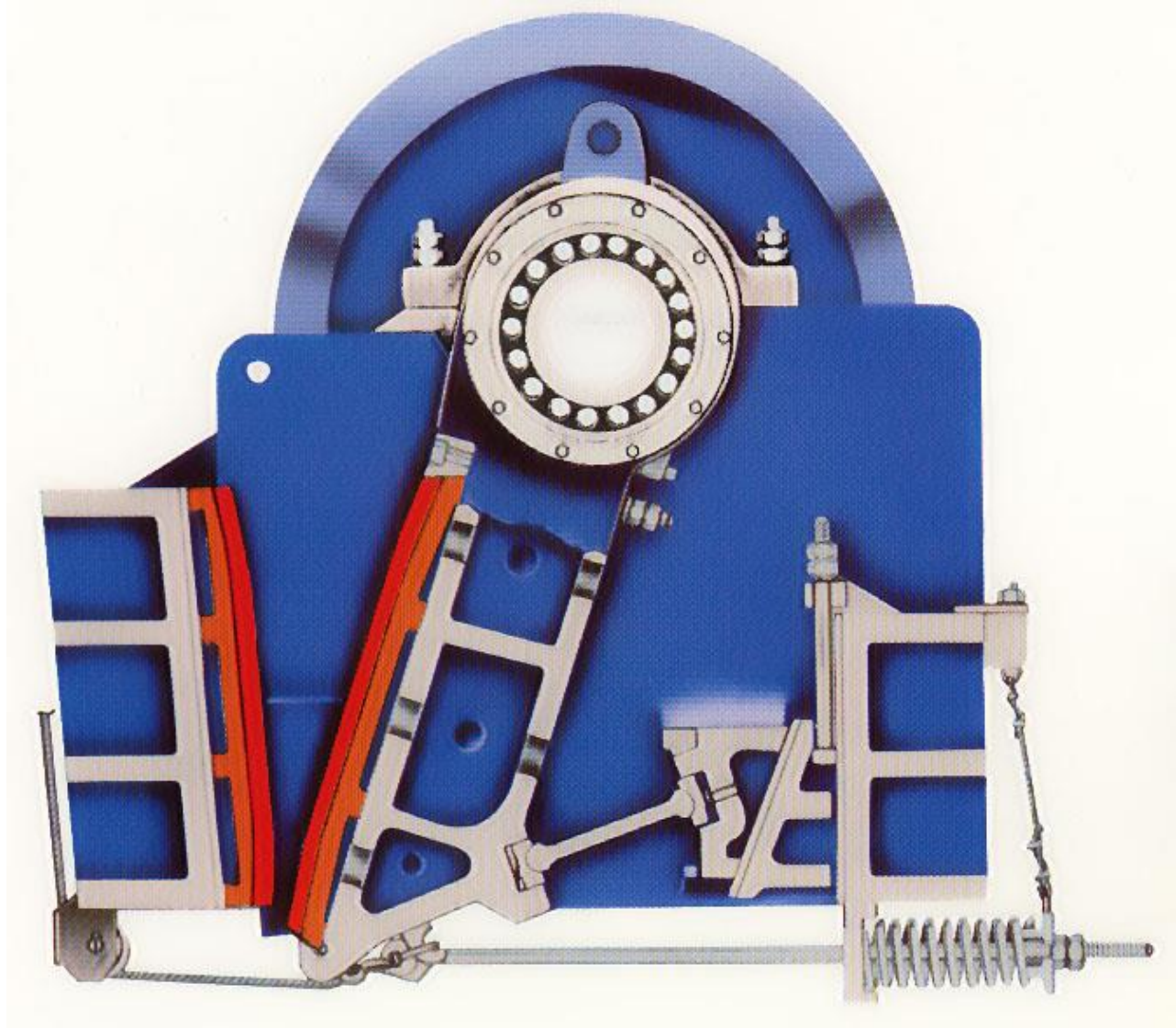


(Cortesía Svedala-Fuller)



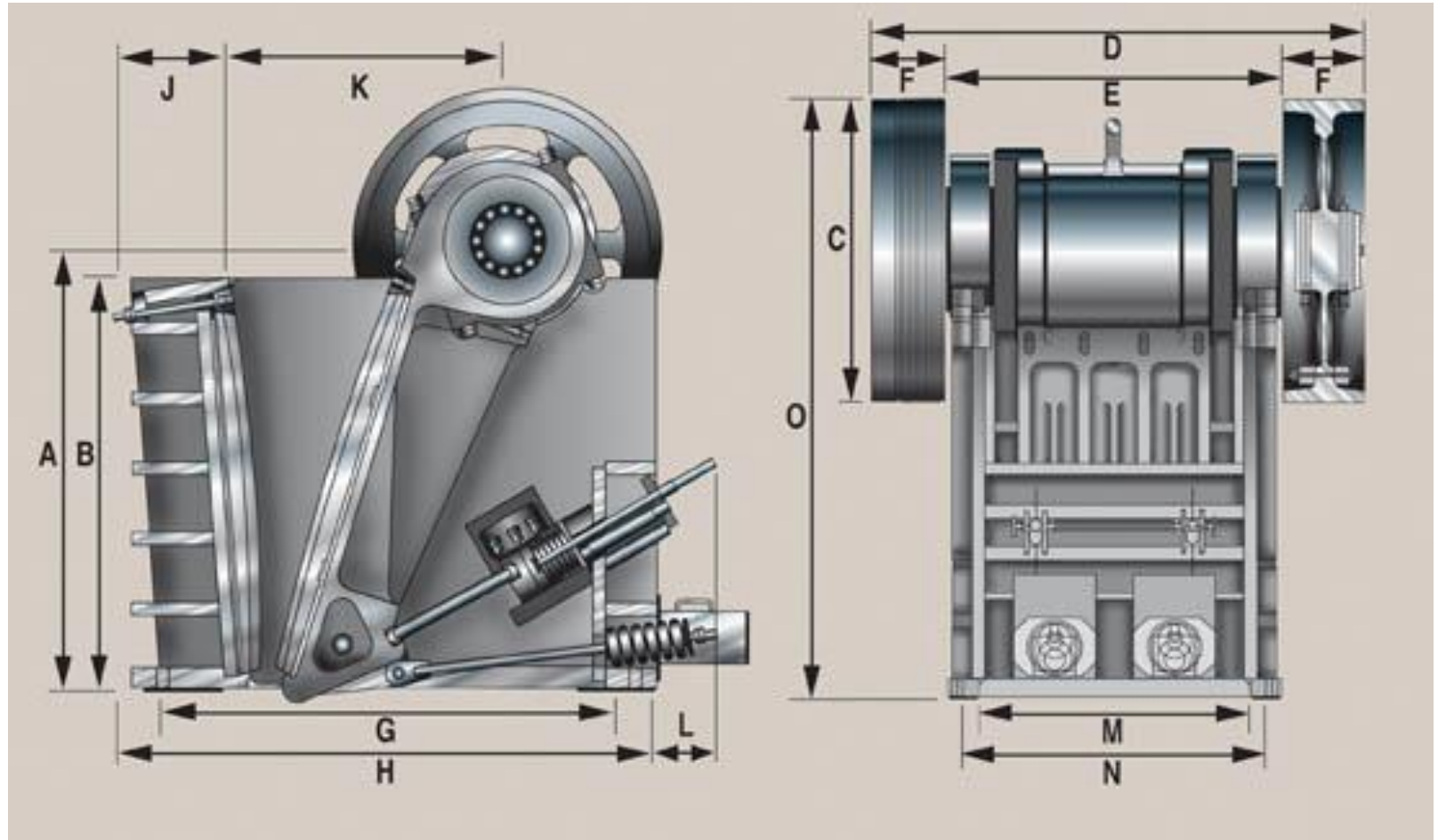


Sistema de accionamiento:





Vista lateral y posterior de una machacadora de simple efecto:





(Cortesía FAM)





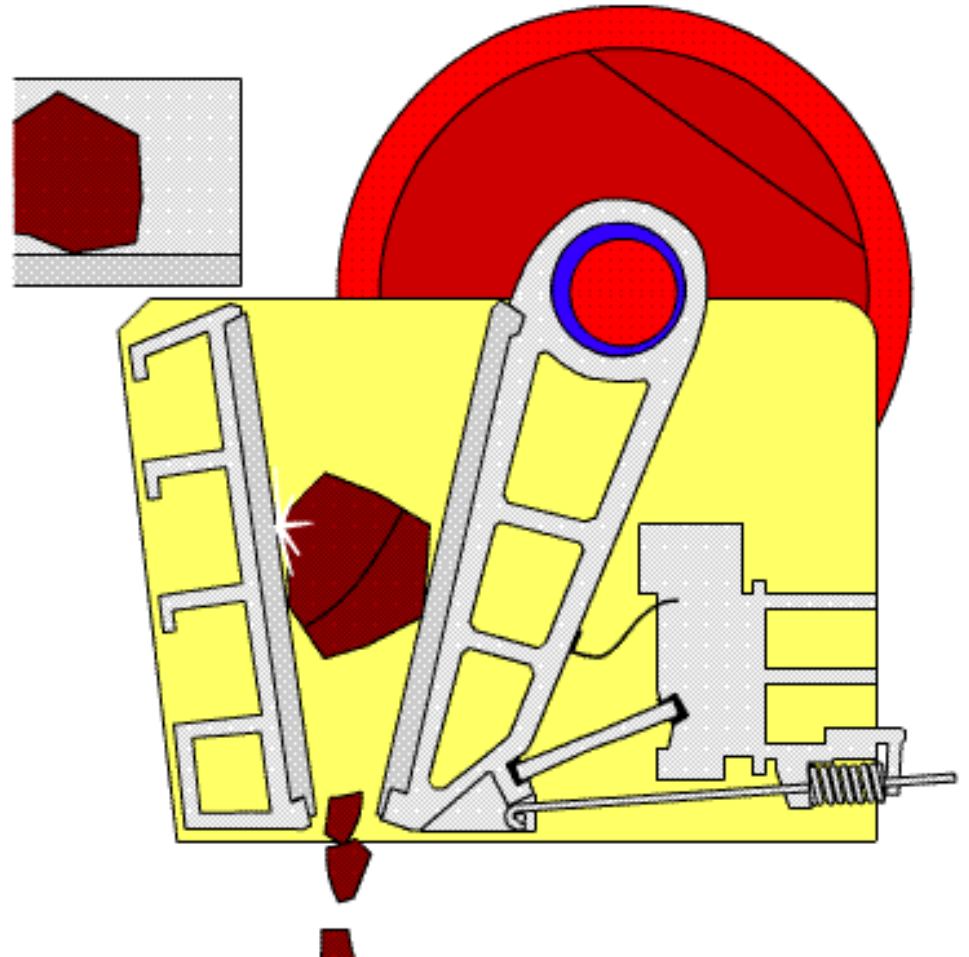
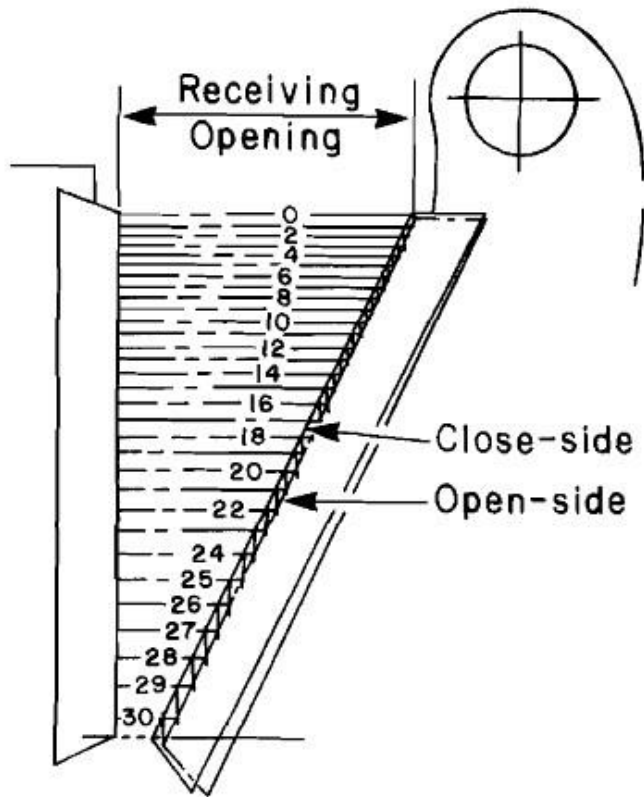
(Cortesía FAM)

Bastidor



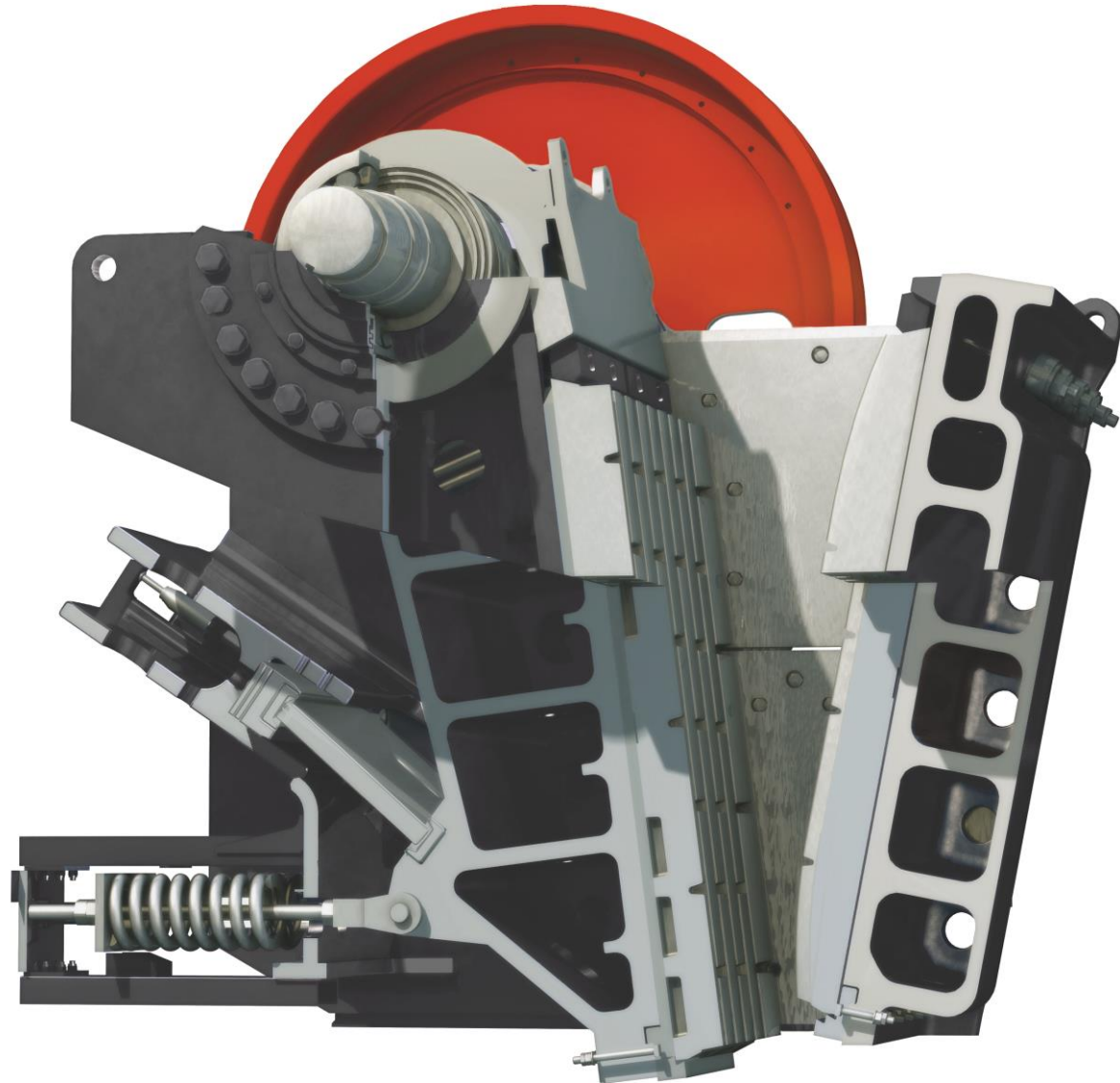


(Modo de trabajo de una machacadora de simple efecto)





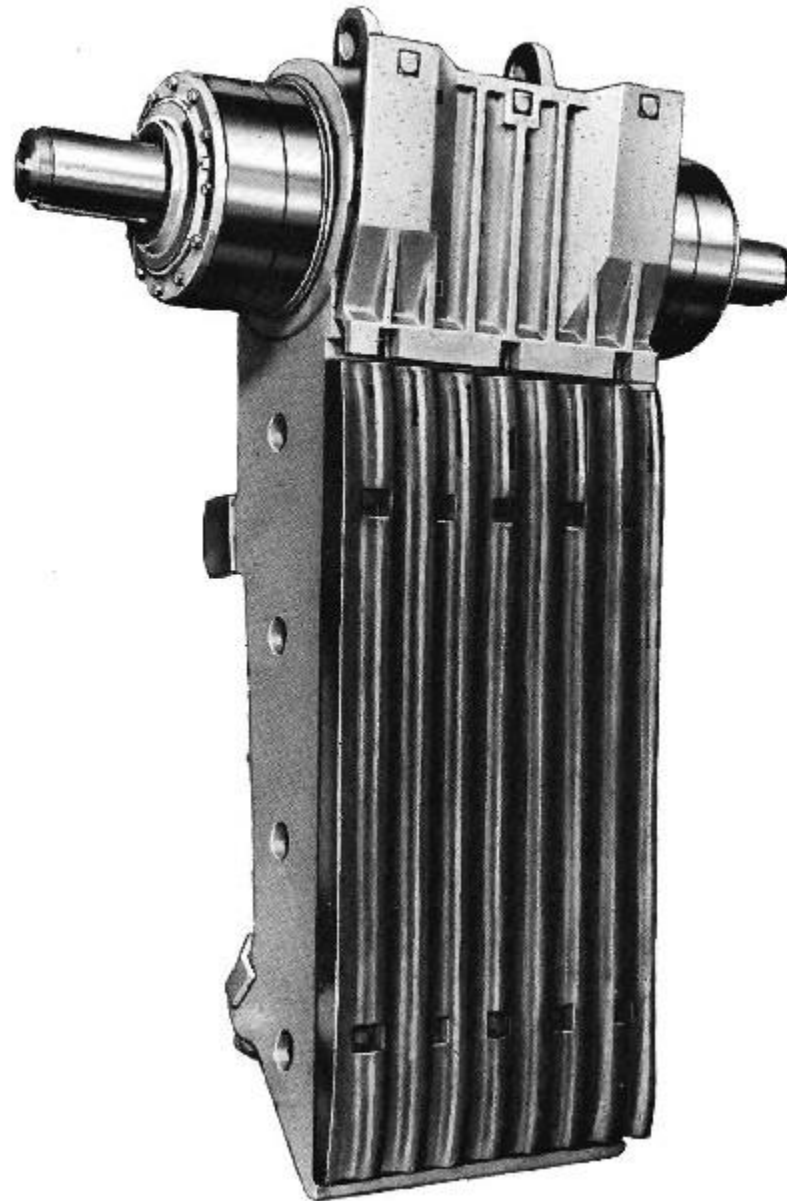
## Sistema de accionamiento (cortesía Sandvik)







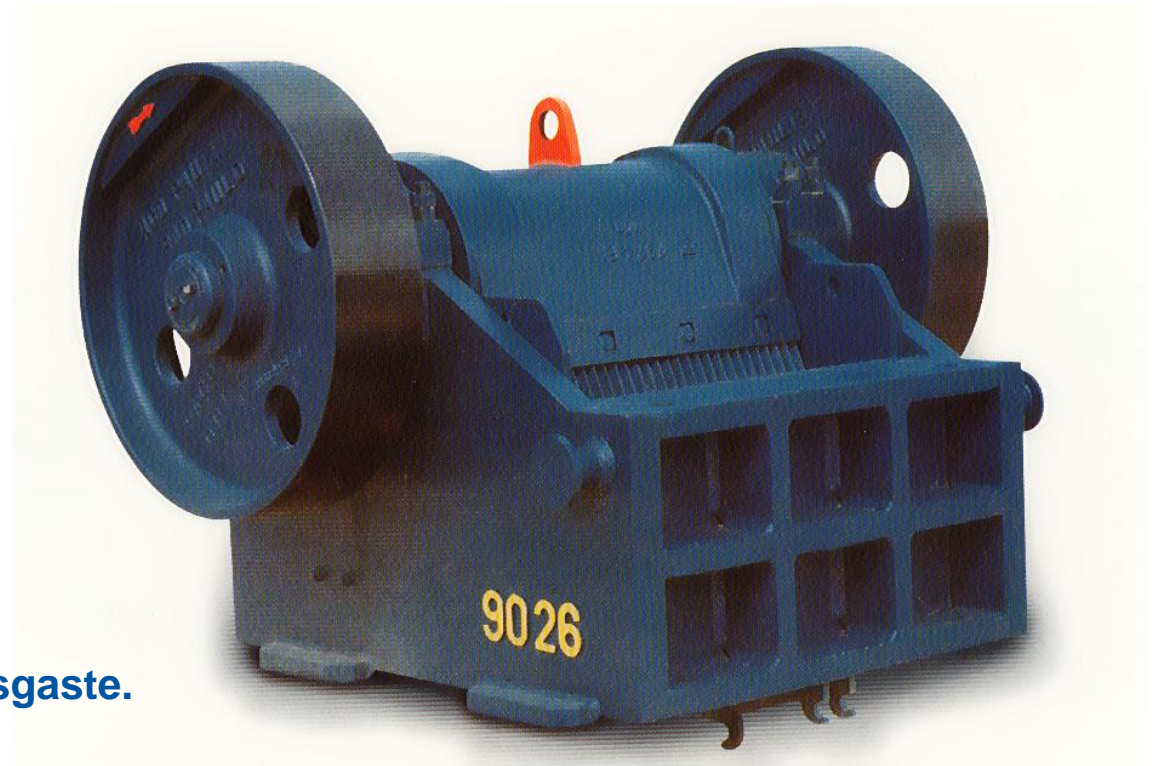
Mandíbula móvil:





## Grupos principales de elementos de estos equipos:

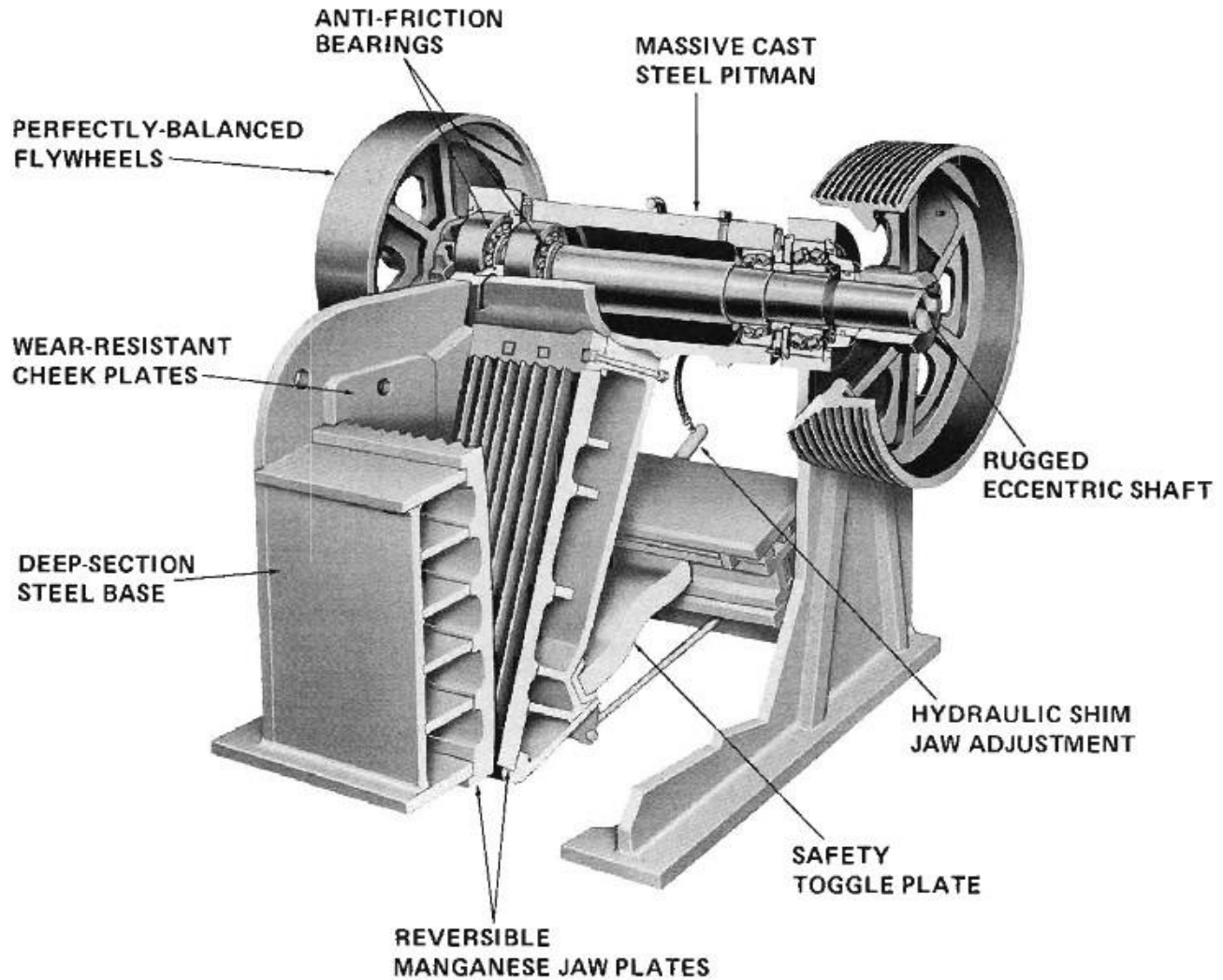
- Bastidor o carcasa.
- Cámara de trituración.
- Revestimientos de desgaste.
- Sistema mecánico de accionamiento.



Equipo primario Svedala



# Universal "HQ" Crusher (Cortesia Universal Engineering Corp.)





## Bastidor y volante de inercia/motriz (cortesía Sandvik)



Revestimientos



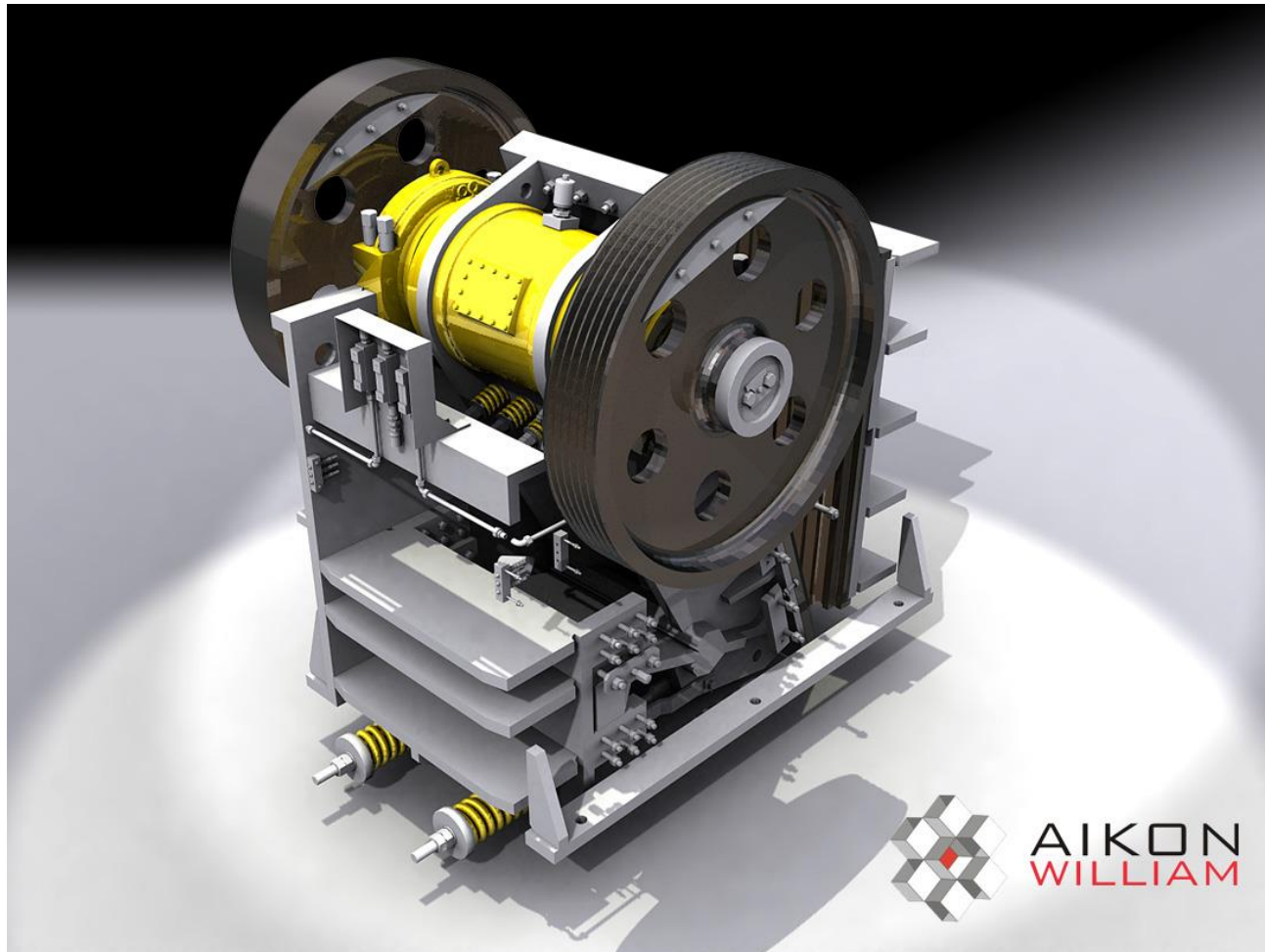


## Movimiento del porta-mandíbulas móvil:

- En la zona superior próxima al eje excéntrico, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es **circular**, efectuándose la fragmentación por fuerzas de compresión.
- En la zona inferior próxima a la salida de la máquina, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es **elíptico**. Por lo tanto la fragmentación se efectúa por medio de fuerzas de fricción (evitan el atasco del material).
- En la zona intermedia, existe un movimiento intermedio **entre elíptico y circular**. Produciéndose la fragmentación por compresión y por fricción.
- En las máquinas tipo **Blake** el movimiento de la mandíbula móvil es **circular**, luego las fuerzas de fragmentación que aparecen son fundamentalmente compresión.

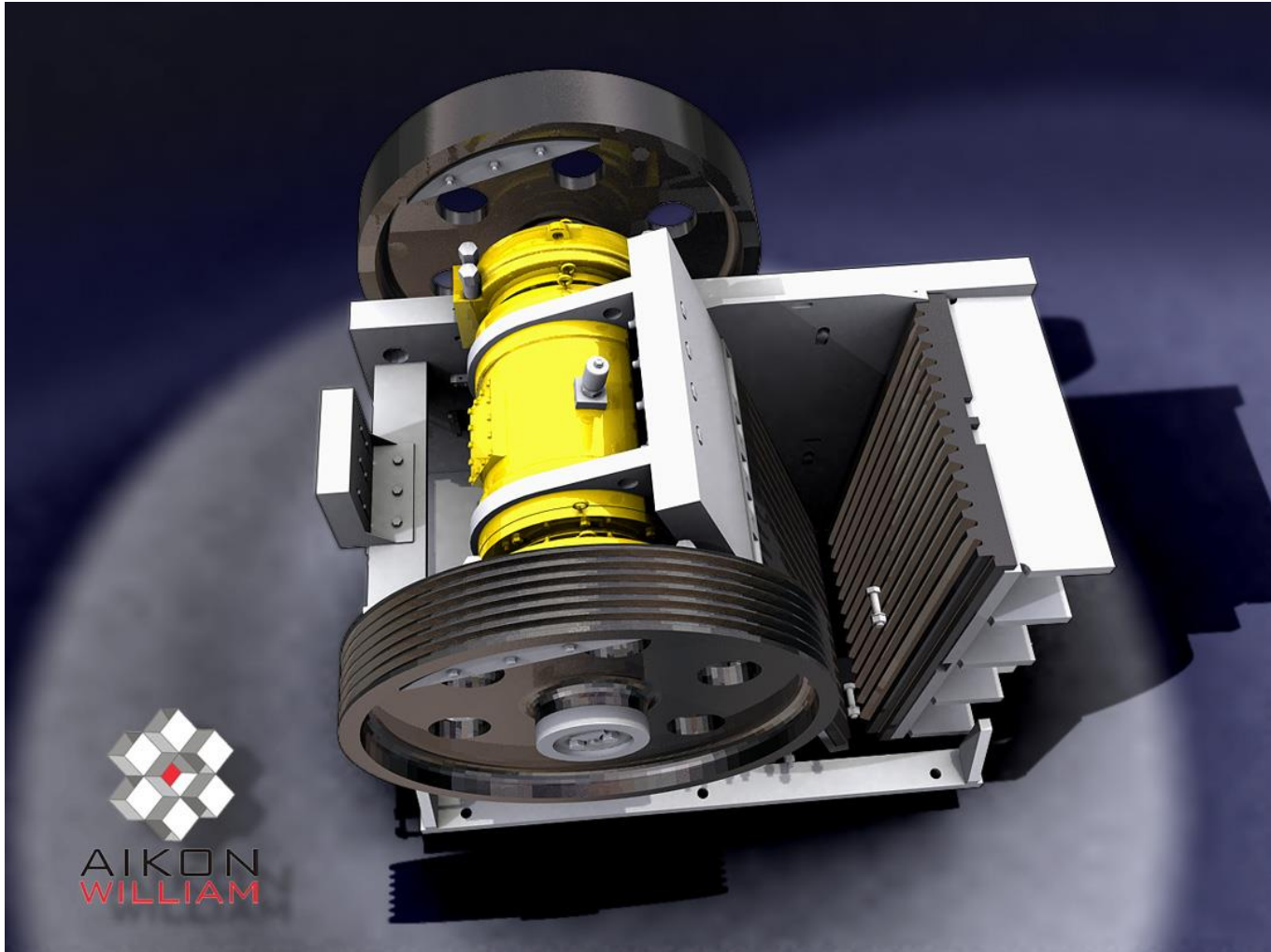


Vista posterior de una machacadora de simple efecto:





Vista superior de una machacadora de simple efecto:





## Movimiento del porta-mandíbulas móvil:

- En la zona superior próxima al eje excéntrico, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es **circular**, efectuándose la fragmentación por fuerzas de compresión.
- En la zona inferior próxima a la salida de la máquina, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es **elíptico**. Por lo tanto la fragmentación se efectúa por medio de fuerzas de fricción (evitan el atasco del material).
- En la zona intermedia, existe un movimiento intermedio **entre elíptico y circular**. Produciéndose la fragmentación por compresión y por fricción.
- En las máquinas tipo **Blake** el movimiento de la mandíbula móvil es **circular**, luego las fuerzas de fragmentación que aparecen son fundamentalmente compresión.





## Diferencias con los equipos tipo Blake:

Característica	Máquina favorable
Peso de la máquina	Doble Efecto = 1.3-1.4 Simple Efecto
Precio	Doble Efecto = 1.25 Simple Efecto
Capacidad	Simple Efecto = 1.3 Doble Efecto
Razón de reducción	Mayor en la de Simple Efecto
Desgaste de mandíbulas	Simple Efecto = 2 Doble Efecto

- En **trituración primaria**, la forma del producto que dan ambos tipos de máquinas es similar.
- En **trituración secundaria**, las trituradoras de simple efecto dan un producto más cúbico que las de doble efecto.
- Ambos equipos producen pocos finos. Razón de reducción entre 3 y 4.
- Las trituradoras de simple efecto se han impuesto frente a las trituradoras de doble efecto. Éstas últimas únicamente se emplean para la trituración de minerales extremadamente duros y muy abrasivos.

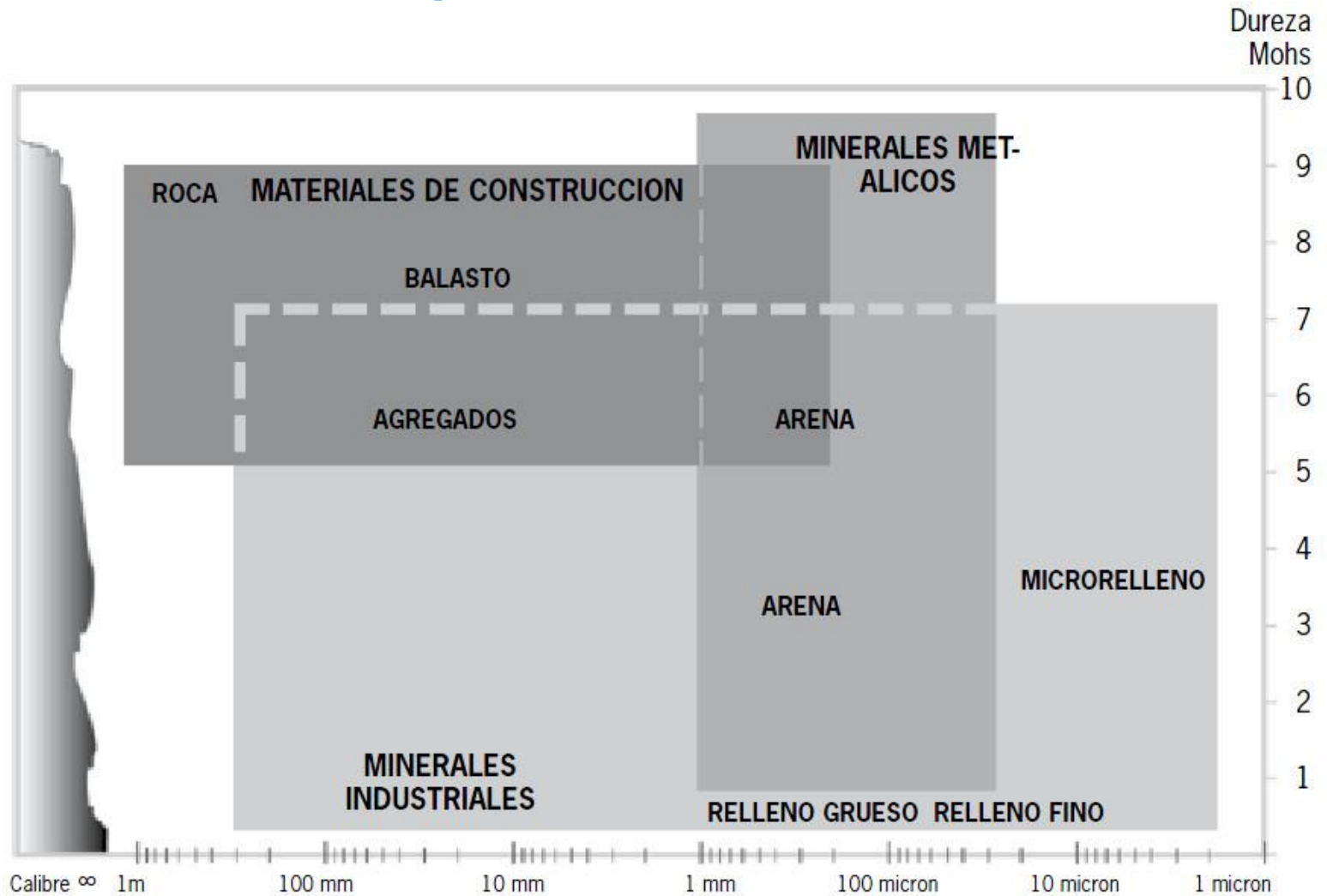


## Concepto de Dureza y Abrasividad:

- El concepto de **dureza** se entiende como la resistencia que opone una roca a la compresión.
- **Materiales Blandos (< 1000 kg/cm<sup>2</sup>):** asbestos, yeso, pizarra, carbón, sales, talco, caliza blanda, cal.
- **Materiales Medios (1000-1500 kg/cm<sup>2</sup>):** caliza, dolomía, arenisca, bauxita.
- **Materiales Duros (1500-2000 kg/cm<sup>2</sup>):** cuarcita, granito, diorita, gabro, andesita, basalto, clinker.
- **Materiales Muy Duros (> 2000 kg/cm<sup>2</sup>):** granito, taconita, grava granítica, ferroaleaciones.
- El concepto de **abrasividad** va relacionado con el contenido de sílice o pirita que contiene la roca: material abrasivo > **6 – 8%** de sílice libre o pirita.



## Áreas de trabajo según dureza Mohs:





## Tablas de valores de abrasividad e índice de trabajo (Bond):

<b>Indice de Trabajo de Impacto <math>W_i</math></b>		
<b>Material</b>	<b>Valor <math>W_i</math></b>	
Basalto	20	± 4
Diabasa	19	± 4
Dolomita	12	± 3
Min. de Hierro Hematita	11	± 3
Min. de Hierro Magnetita	8	± 3
Gabro	20	± 3
Gneiss	16	± 4
Granito	16	± 6
Vacia gris	18	± 3
Caliza	12	± 3
Cuarcita	16	± 3
Porfirio	18	± 3
Arenisca	10	± 3
Sienita	19	± 4

### INFLUYE SOBRE

- Reducción de tamaño
- Requerimientos de energía
- Estado de la máquina

<b>Indice de abrasión <math>A_i</math></b>		
<b>Material</b>	<b>Valor <math>A_i</math></b>	
Basalto	0,200	± 0,20
Diabasa	0,300	± 0,10
Dolomita	0,010	± 0,05
Min. de Hierro Hematita	0,500	± 0,30
Min. de Hierro Magnetita	0,200	± 0,10
Gabro	0,400	± 0,10
Gneiss	0,500	± 0,10
Granito	0,550	± 0,10
Vacia gris	0,300	± 0,10
Caliza	0,001	- 0,03
Cuarcita	0,750	± 0,10
Porfirio	0,100	- 0,90
Arenisca	0,600	± 0,20
Sienita	0,400	± 0,10

### INFLUYE SOBRE

- Grado de desgaste



Video: Trituración de caliza para la fabricación de cemento (Vietnam) – Equipo 1200x900mm – Cortesía FAM:





## Parámetros principales para el dimensionado de Machacadoras de Mandíbulas:

- **Diámetro máximo y boca de admisión.**
- **Capacidad y reglaje.**
- **Granulometría y porcentaje de paso por la malla de reglaje.**
- **Potencia absorbida y potencial motor.**



## $D_{max}$ y Boca de Admisión

- La boca de admisión de una trituradora queda definida por las dimensiones de abertura de boca (A) y el ancho de boca (L).
- Para no tener problemas con la entrada de fragmentos grandes a la trituradora, ésta debe cumplir:

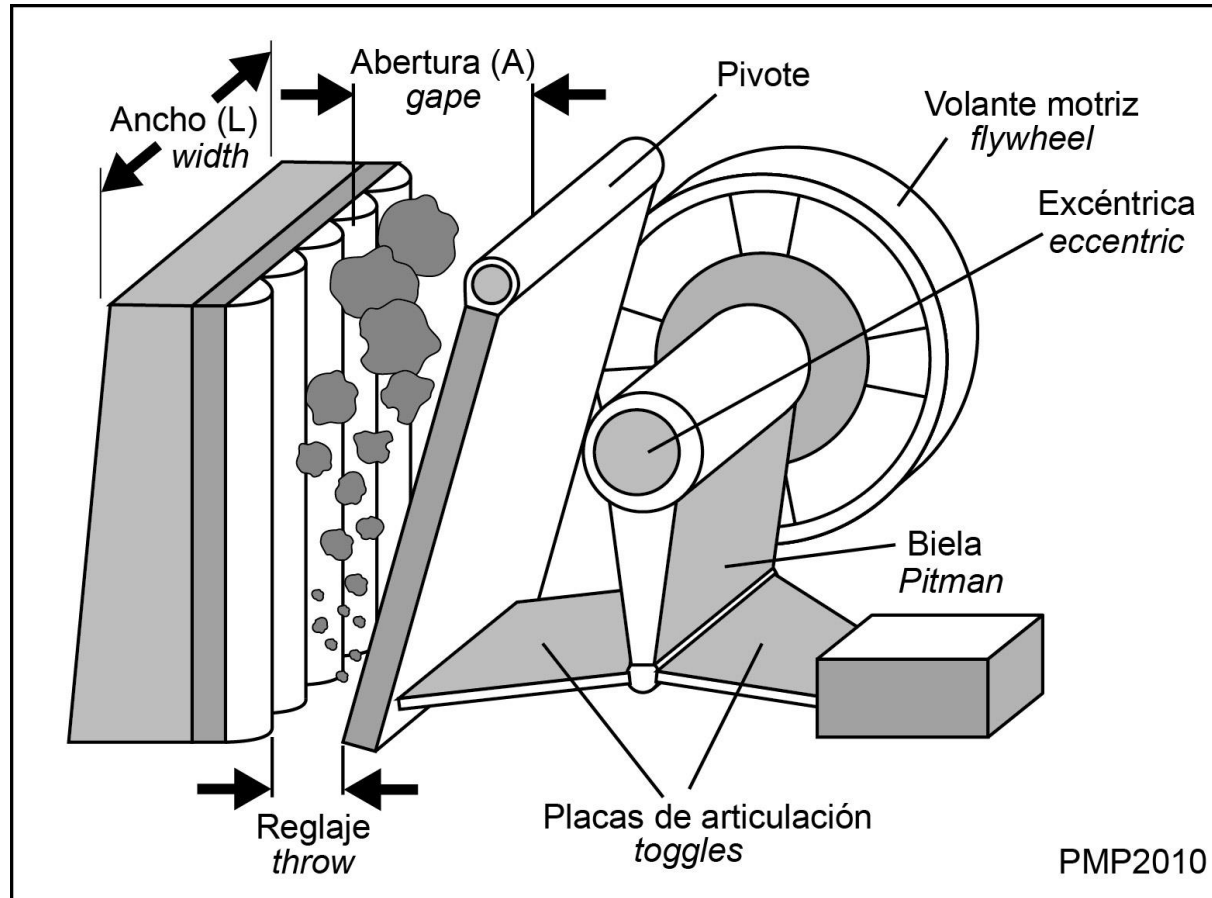
$$D_{max} = 0.8 \times A$$

- La abertura y el ancho están relacionados por la siguiente expresión (aunque ésta dependerá del fabricante de equipos):

$$L = (1.5 - 2) \times A$$



## $D_{max}$ y Boca de Admisión



- Terminología empleada en las expresiones de dimensionado.

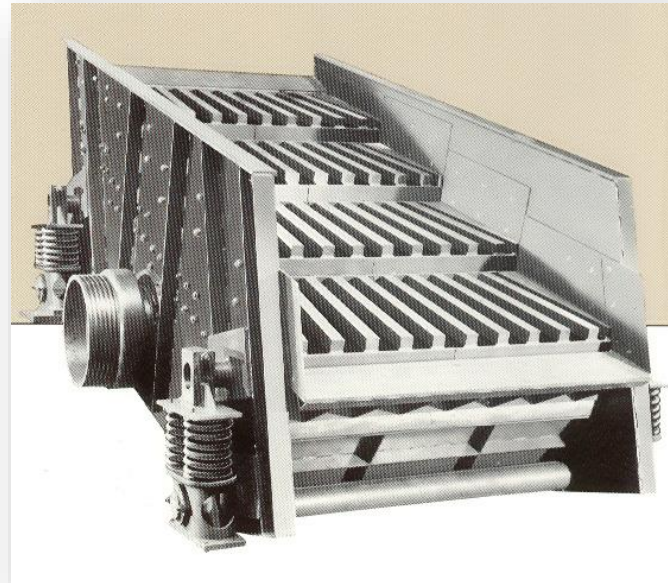




El diámetro máximo ( $D_{max}$ ) se obtendrá a través de:

- La información proporcionada por el precibado previo (parrillas o grizzlies).
- El uso de ábacos, o gráficas, que relacionan el diámetro máximo con la capacidad del cazo ( $m^3$ ) empleado en la operaciones de carga.
- Dato conocido (tamaño material explotado).

grizzly





## Reglaje:

- El reglaje en máquinas de trituración primaria es la abertura de la salida en **posición abierta** (O.S.S., de “*open side setting*”).
- El reglaje de una trituradora viene dado por:

$$r = s + t$$

$$r = \text{reglaje}$$

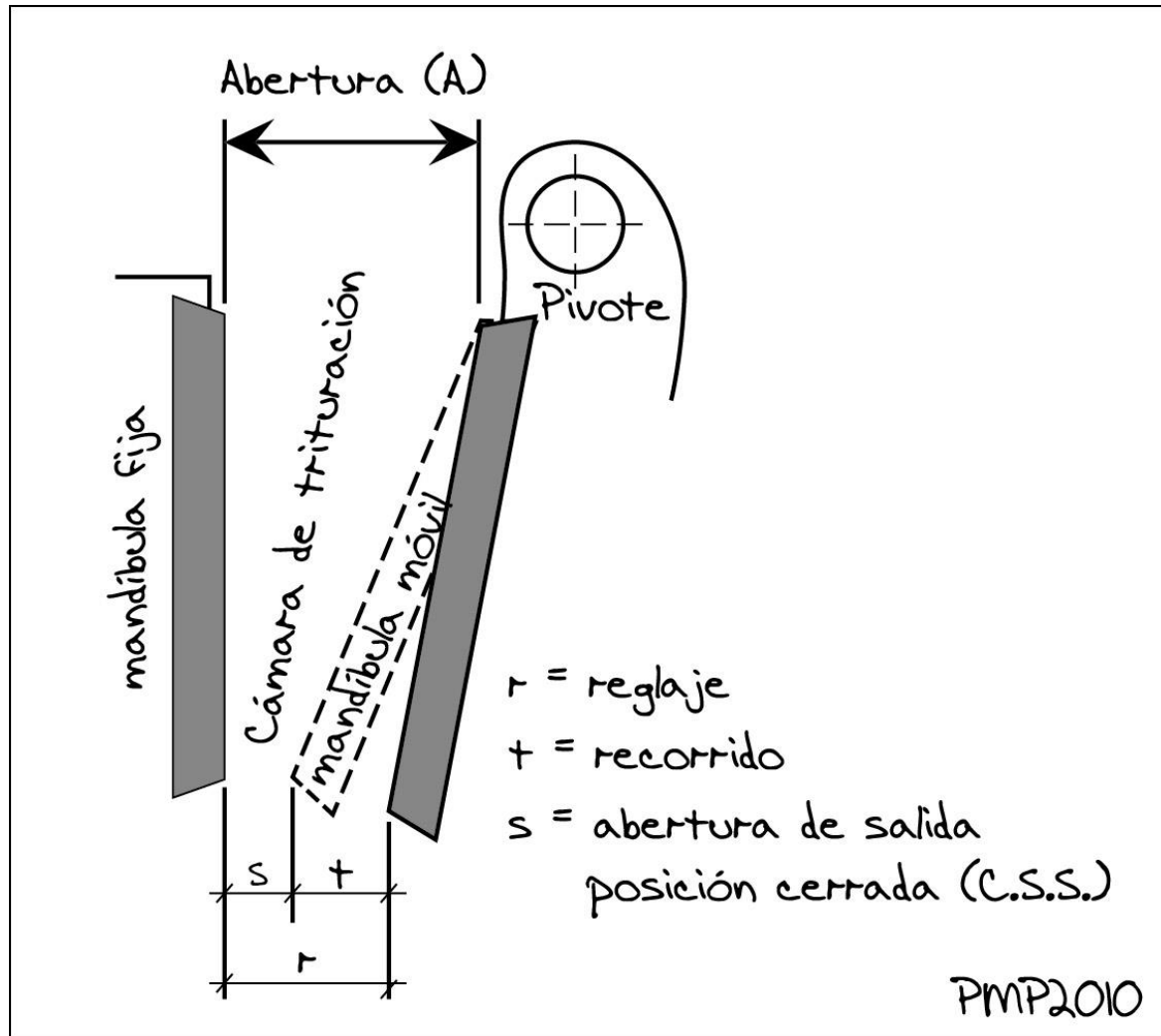
$$t = \text{recorrido}$$

$$s = \text{abertura de salida en posición cerrada}$$

- Ver terminología en la siguiente figura.



# Reglaje:





# Capacidad. Datos de Fabricantes:

Capacity MTPH (STPH)

Closed side setting (CSS)		Crusher model										
mm	in	CJ208	CJ209	CJ211	CJ408	CJ409	CJ411	CJ412	CJ612	CJ613	CJ615	CJ815
30	1 1/8	50-60 (55-70)	60-75 (65-80)									
40	1 5/8	55-80 (65-85)	70-95 (75-105)	80-110 (90-120)								
50	2	65-95 (75-105)	85-115 (95-130)	95-135 (105-150)	75-110 (85-120)	85-115 (95-125)						
75	3	90-137 (97-151)	115-170 (127-187)	127-192 (140-212)	95-150 (105-165)	100-160 (110-175)	150-200 (165-220)	165-220 (180-245)				
100	4	110-175 (125-195)	140-215 (150-240)	160-250 (175-275)	115-180 (125-200)	125-200 (140-220)	200-265 (220-290)	220-290 (240-320)				
125	5	135-220 (150-240)	170-270 (185-300)	195-310 (215-340)	140-210 (155-230)	150-235 (165-260)	245-325 (270-360)	270-355 (300-390)	300-395 (330-435)	330-430 (365-475)	385-495 (425-545)	
150	6	160-260 (180-285)	200-320 (220-355)	230-370 (250-410)	160-250 (175-275)	175-275 (195-305)	295-390 (325-430)	325-430 (360-475)	355-465 (390-515)	385-505 (425-555)	445-590 (490-650)	480-625 (530-690)
175	7		240-380 (264-419)	265-430 (290-475)	180-285 (200-315)	200-320 (220-350)	340-445 (375-490)	385-505 (425-555)	405-530 (445-585)	440-575 (485-635)	505-665 (555-735)	545-710 (600-785)
200	8			300-490 (330-540)			385-505 (425-555)	445-580 (490-640)	455-595 (500-655)	495-650 (545-715)	570-745 (630-820)	610-800 (675-880)
225	9						430-565 (475-625)	495-650 (545-715)	505-660 (555-730)	550-730 (605-805)	630-825 (695-910)	675-885 (745-975)
250	10							550-720 (605-795)	560-735 (615-810)	605-810 (670-895)	700-920 (770-1015)	745-975 (820-1075)
275	11							605-790 (665-870)	610-805 (670-890)	660-885 (730-975)	765-1000 (845-1100)	820-1070 (905-1180)
300	12									715-960 (790-1060)	(825-1085) (910-1195)	885-1160 (975-1280)

Sandvik

The capacity figures given in the table above are approximate and are intended only to give an indication of what the crushers can be expected to produce. They apply for the open-circuit crushing of dry blasted granite with a bulk density of 1600 kg/m<sup>3</sup> (100 lbs/ft<sup>3</sup>) and a maximum size which can be fed into the crushing chamber without difficulty. The lower values apply for a feed from which the material finer than the crusher's CSS has been removed. The higher values apply for a feed which includes the fine material. The minimum CSS at which the crusher can be operated depends on the feed size distribution, the material's crushability (Wi), the degree of contamination and moisture in the feed, the type of jaw plates fitted and the condition of the manganese.



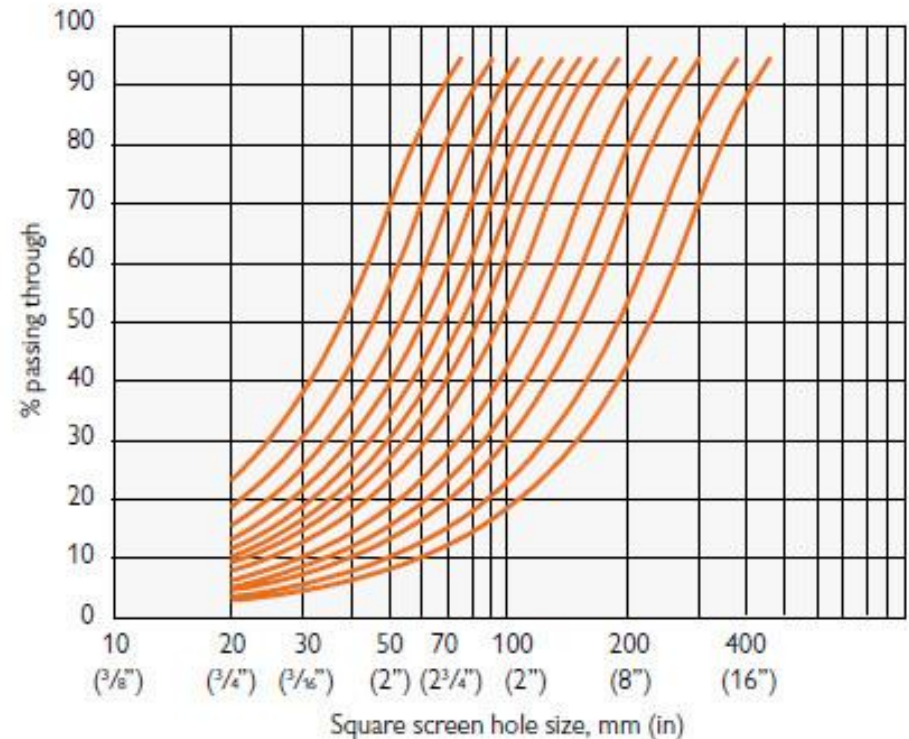
# Granulometría. Datos de Fabricantes:

Sandvik

## Performance data

### Product curves

The figure shows product distribution curves which are representative for medium-hard material [Impact Work Index ( $W_i = 16$ )], with approx. 75% of the product smaller than the crusher's Closed Side Setting (CSS). The shape of the product curve and the proportion of the product which will be smaller than the CSS depend on the characteristics of the feed material. Operation with common rock materials with different crushabilities (Work Index between 12 and 20) normally results in a product curve that is between 65% and 85% smaller than the crusher's CSS.





# Capacidad. Datos de Fabricantes:

## Capacities

c.s.s.		C63	C80	C100	C105	C110	C125	C140	C145	C160	C200	C3055
mm	In.	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph	Mtph Stph
40		40	65									
	1-5/8"	45	70									
50		55	80									
	2"	60	90									
60		65	95									
	2-3/8"	70	105									
70		80	115	150	155	190						240
	2-3/4"	90	125	165	170	210						265
80		95	130	170	175	210						270
	3-1/8"	105	145	190	195	235						295
90		110	150	190	200	235						295
	3-1/2"	120	165	210	220	260						325
100		120	165	215	220	255	290					325
	4"	135	180	235	245	285	320					355
125			210	265	280	310	350	385	400			390
	5"		230	290	305	345	385	425	440			430
150			250	315	335	370	410	455	470	520		460
	6"		275	350	370	405	455	500	520	575		510
175			290	370	390	425	470	520	540	595	760	530
	7"		320	405	430	470	520	575	595	655	840	585
200				420	445	480	530	590	610	675	855	600
	8"			465	490	530	585	650	670	740	940	660
225							590	655	680	750	945	
	9"						650	725	750	825	1045	
250							650	725	750	825	1040	
	10"						720	800	825	910	1145	
275									820	900	1130	
	11"								900	995	1250	
300										980	1225	
	12"									1080	1350	

The above figures are based on feed material with an average bulk density of 1.6 t/m<sup>3</sup> (100 lbs/ft<sup>3</sup>), with a maximum feed size that will readily enter the crushing chamber without bridging. The capacities shown are top capacities and may vary depending on the feeding method and on feed characteristics such as

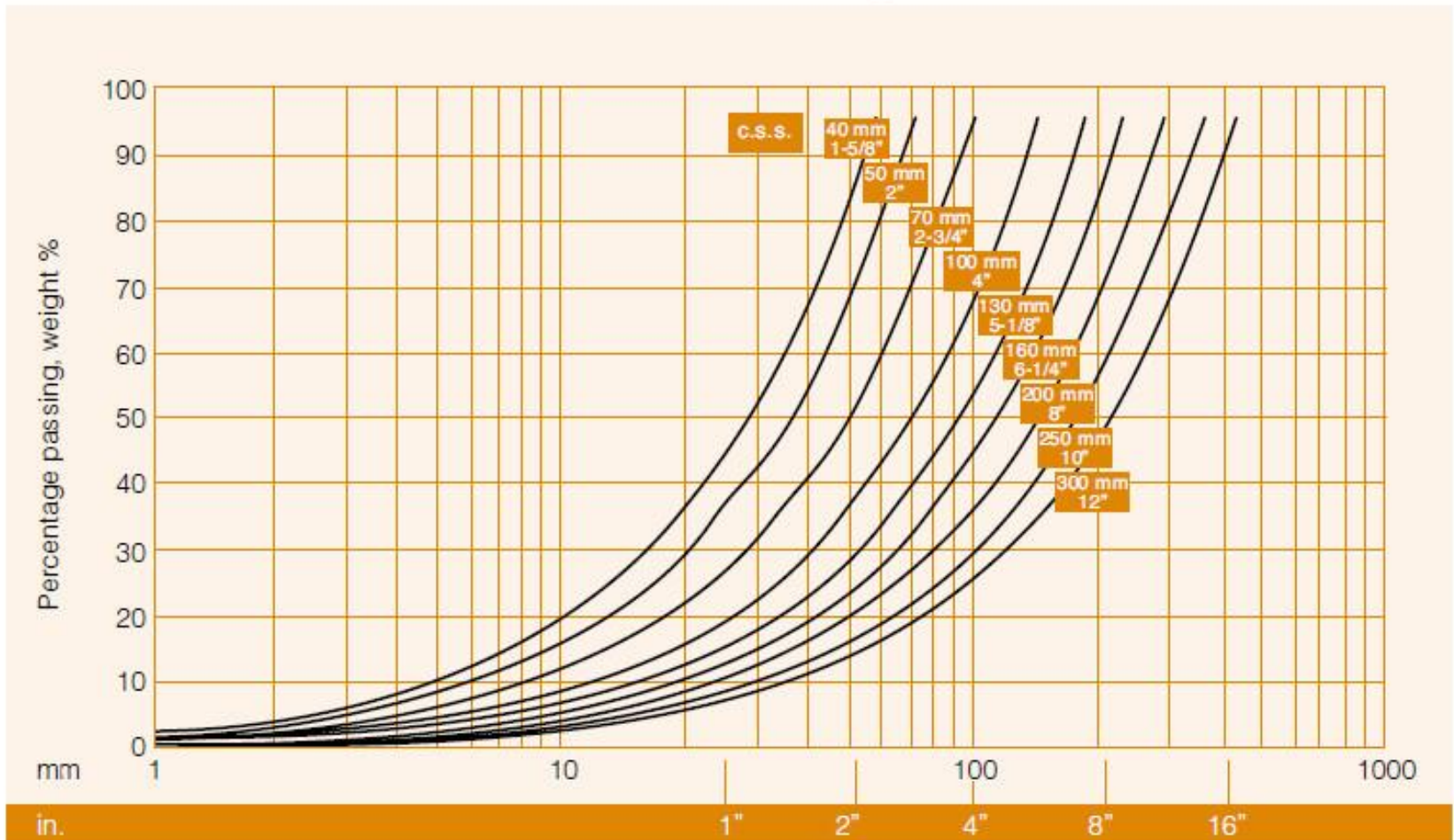
gradation, bulk density, moisture, clay content and crushability. Measurement of the jaw crusher's closed side setting (c.s.s.) varies depending on the jaw profile that is being used. Refer to the technical documentation of your crusher for details.



# Granulometría. Datos de Fabricantes:

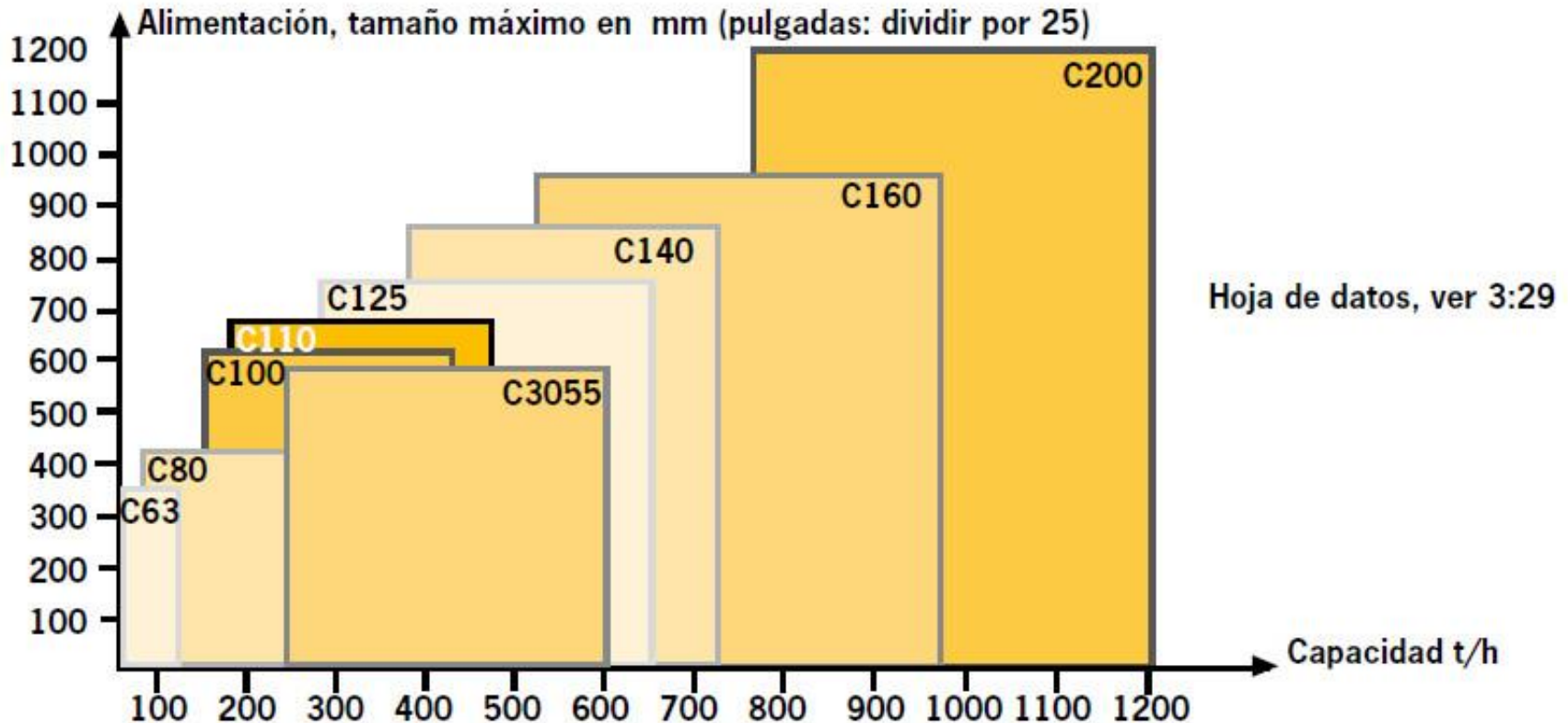
Metso Minerals

## Indicative product gradation





# Capacidad. Datos de Fabricantes:



Metso Minerals – Trituradores primarios Serie C





## Capacidad. Fórmulas empíricas:

Taggart

$$T = 0.6 \times L \times (s + t) = 0.6 \times L \times r$$

Donde:

- T = Capacidad de la máquina (sht)
- L = Longitud de la máquina (pulgadas)
- r = reglaje (pulgadas)



## Capacidad. Fórmulas empíricas:

Broman (1984)

$$Q = \frac{B \cdot S \cdot s \cdot k \cdot 60 \cdot n}{\tan a} \quad m^3 / h$$

- $Q$  = Capacidad de la máquina ( $m^3/h$ )
- $B$  = Ancho de la trituradora (m)
- $S$  = reglaje del lado abierto o O.S.S. (m)
- $s$  = recorrido (throw) (m)
- $a$  = ángulo que forman las mandíbulas
- $n$  = velocidad de la trituradora (rpm)
- $k$  = constante del material



## Capacidad. Fórmulas empíricas:

Gieskieng

$$T = f \times \rho_a \times L \times r \times t \times n \times a \times u$$

Donde:

- $T$  = Capacidad de la máquina (tph).
- $f$  = Coeficiente cuyo valor depende del tipo de alimentación y del tipo de mandíbulas empleadas (ver tabla).
- $\rho_a$  = densidad aparente. Puede tomar el valor de  $0.6 \cdot \rho_r$  (densidad real).



# Capacidad. Fórmulas empíricas:

Gieskieng

<b>Naturaleza de la alimentación</b>	<b>Mandíbulas Lisas</b>	<b>Mandíbulas Acanaladas</b>
Con sus finos normales	<b>0.000144</b>	<b>0.000106</b>
Finos eliminados	<b>0.000126</b>	<b>0.000088</b>
Cribado cuidadosamente	<b>0.000108</b>	<b>0.000072</b>

Tabla para la obtención del coeficiente “f”



## Capacidad. Fórmulas empíricas:

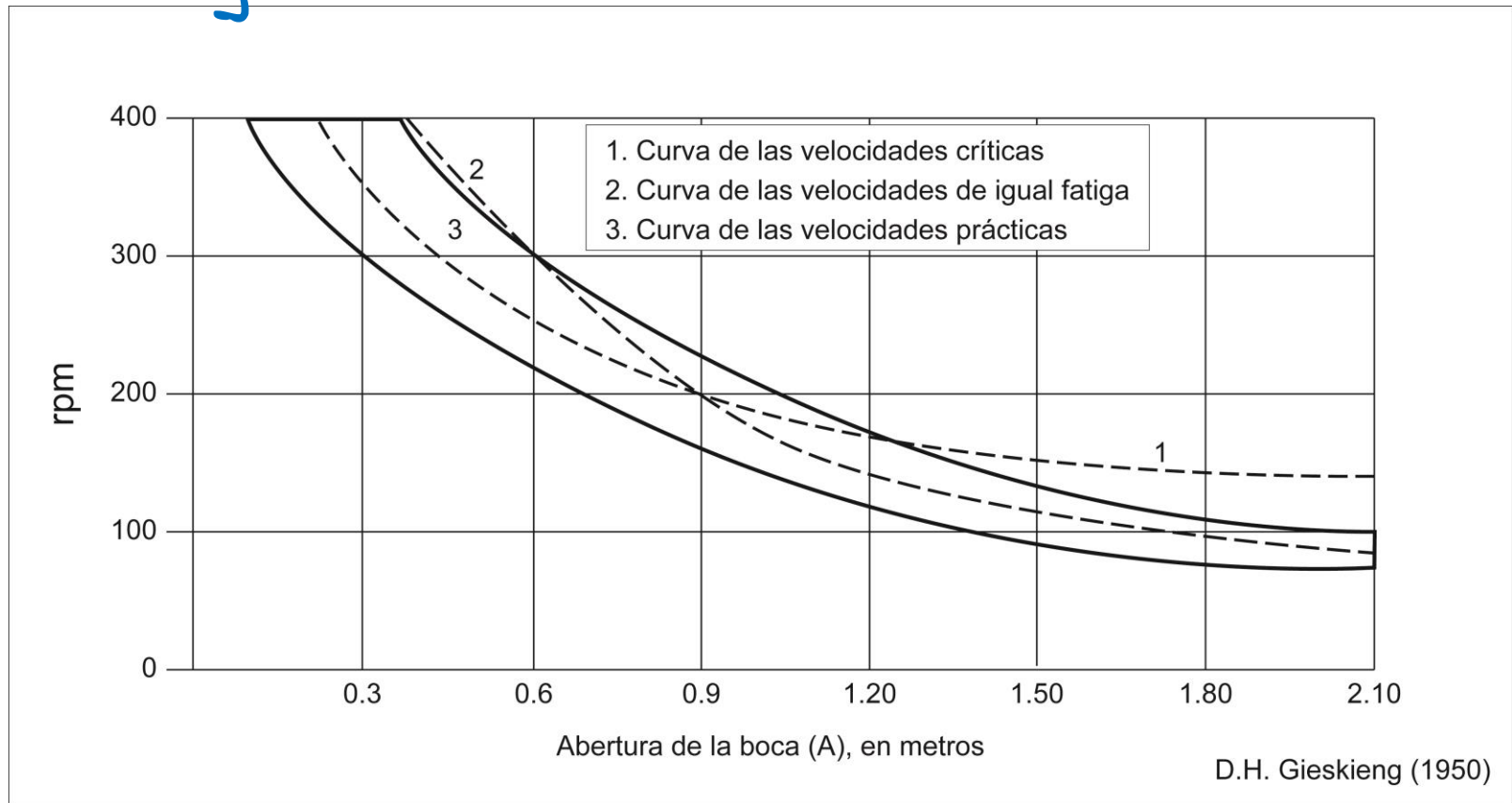
### Gieskieng

- $L$  = Longitud de la cámara de trituración (cm). Es la dimensión ( $L$ ) en la figura.
- $r$  = Reglaje (cm). Abertura en posición abierta. Con mandíbulas acanaladas, esta distancia se mide entre valle y cumbre.
- $t$  = Recorrido (cm). Si se desconoce se puede estimar como  $t = 0.33 \cdot r$ .
- $n$  = Número de revoluciones por minuto. Si no se dispone, se puede estimar por medio de curvas (ver curva siguiente).



# Capacidad. Fórmulas empíricas:

Gieskieng



Gráfica para la obtención de "n" (r.p.m.)



## Capacidad. Fórmulas empíricas:

### Gieskieng

- $a$  = Coeficiente que depende del ángulo que forman la mandíbula fija y la móvil en posición cerrada y toma el siguiente valor:

$$a = 1 + 0.03 \cdot (26 - \alpha)$$

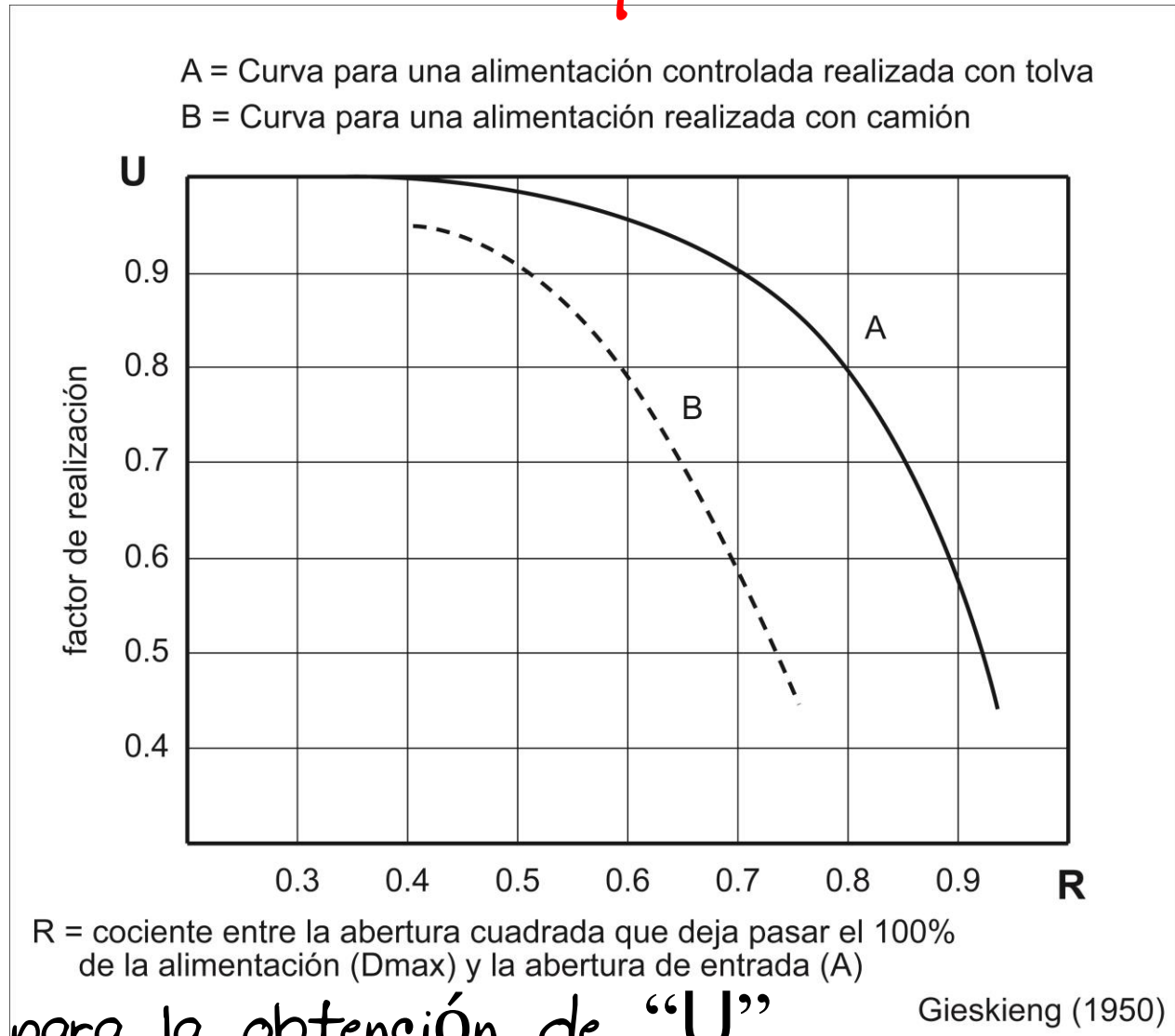
$\alpha$  es el ángulo que forman las mandíbulas a la entrada en posición cerrada.

- $u$  = Coeficiente de utilización. Su valor se obtiene a través de gráfica (ver gráfica siguiente).
- $R = D_{\max}/A$ , siendo  $A$  la abertura de alimentación.



# Capacidad. Fórmulas empíricas:

Gieskieng



Gráfica para la obtención de “U”

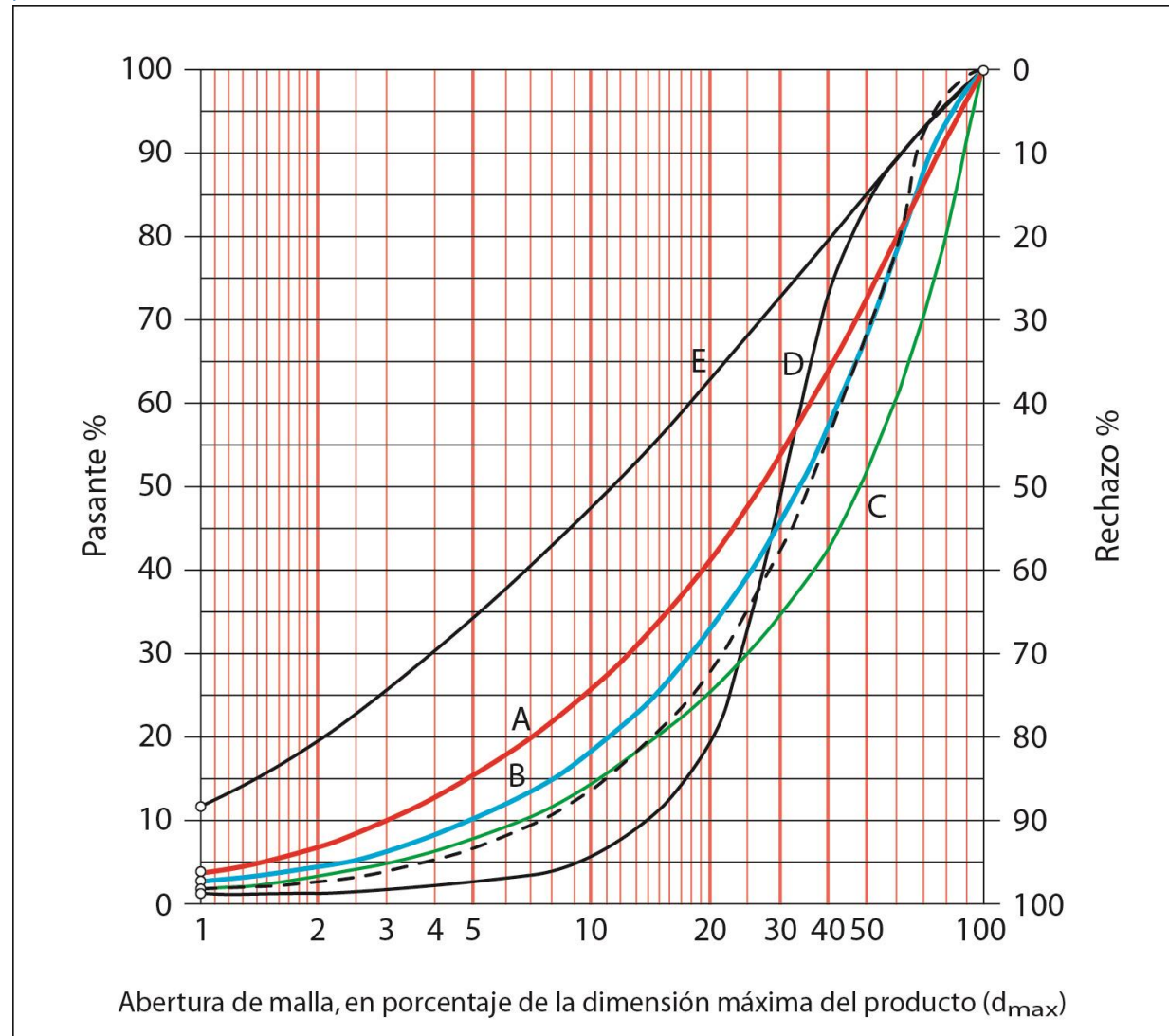




# Granulometría:

## 3.5. Dimensionado Machacadoras de Mandíbulas

La curva granulométrica para el producto de una trituradora de mandíbulas la representa la **curva A**.





# Granulometría

## 3.5. Dimensionado Machacadoras de Mandíbulas

La siguiente tabla proporciona el porcentaje de paso para una malla de abertura cuadrada igual a la abertura del reglaje de las trituradoras de mandíbulas.

Tipo de máquina	Tipo de Alimentación	Caliza (%)	Granito (%)	Cuarcita (%)	Minerales Medios (%)
Doble Efecto	Todo-Uno	85-90	70-75	65-70	85-90
Doble Efecto	Finos eliminados(*)	80-85	65-70	60-65	80-85
Doble Efecto	Cribado	75-80	60-70	55-60	75-80
Simple Efecto	Cribado	80-85	70-75	60-65	80-85

(\*) = empleo de un cribado somero previo a través del uso de barrotes o grizzlies



# Cálculo de la Potencia

3.5. Dimensionado Machacadoras de Mandíbulas

La potencia absorbida, según Bond, viene dada por:

$$P_a = 10 \cdot w_i \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) \cdot Q$$

Siendo:

- $P_a$  = Potencia absorbida (kW).
- $Q$  = Capacidad de la trituradora (tph).
- Nota: si  $w_i$  se da en kWh/t, no hace falta dividir por 0.907.
- La potencia motor o potencia útil es igual a:  $P_m = 2 \cdot P_a$



## Elementos del precio de coste de una trituradora:

**Amortización:** (5-10 años). Este periodo es muy variable dependiendo de diversos factores como el mantenimiento que ha sufrido, calidad de la máquina, etc.

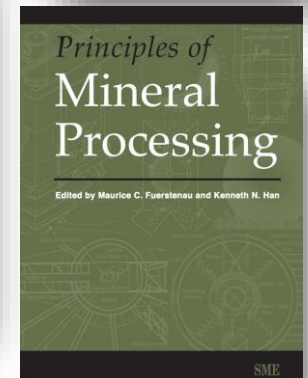
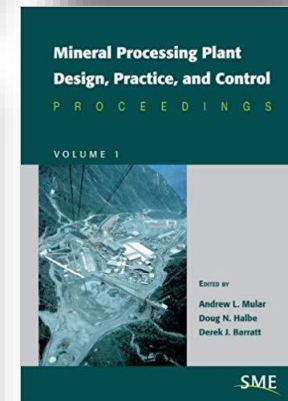
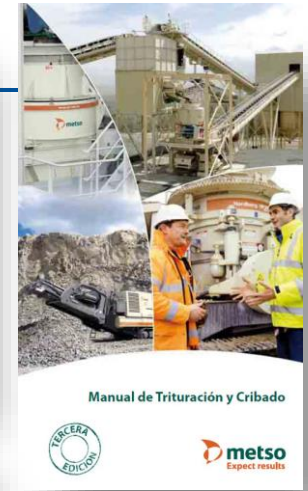
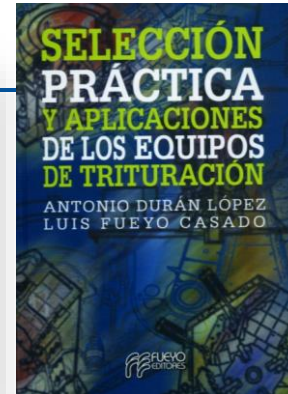
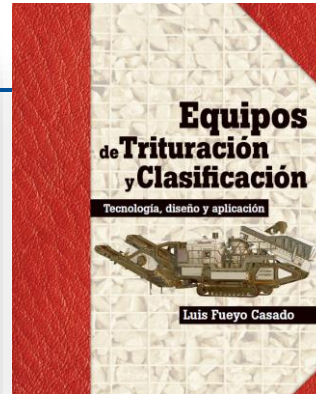
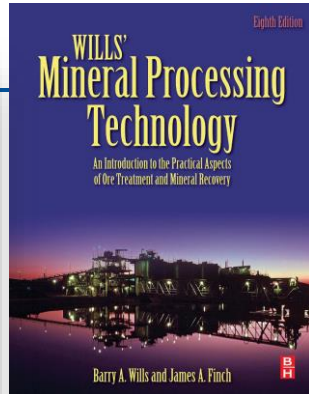
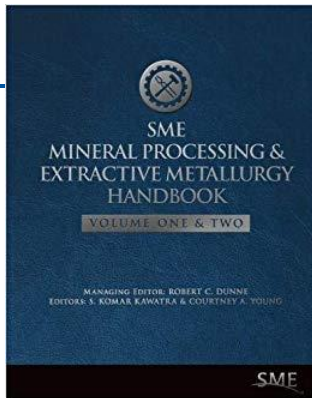
**Fuerza motriz:** El consumo medio se sitúa entre 0.5 y 1.5 kw-h por tonelada tratada.

**Mano de obra:** Debe considerarse un vigilante por máquina en machaqueo primario, mientras que un vigilante es suficiente en trituración secundaria a cargo de una batería de trituradoras.

**Desgaste:** Los principales elementos de desgaste son las mandíbulas, los revestimientos, las placas de articulación y los puntos de apoyo.

**Mantenimiento general:** Se refiere al engrase, los reglajes periódicos, el cambio de piezas de desgaste, varillas, resortes, fijaciones, etc.

# Referencias:



Coal Processing and Utilization

D.V. Subba Rao  
Formerly Head of the Department of Mineral Beneficiation, S.D.S Autonomous College, Andhra Pradesh, India

T. Gouricharan  
Senior Principal Scientist and Head, Coal Preparation, Central Institute of Mining and Fuel Research, Dhanbad, Jharkhand, India

