

8.1. Trituradoras de impactos

CARLOS GASCUÑANA
Ingeniero Industrial
S. E. de Construcción Naval

Durante muchos años la trituración primaria de la piedra se ha venido realizando, casi exclusivamente, con trituradoras de mandíbulas, o giratorias de cono excéntrico.

En ambos tipos de trituradoras rompe la piedra por compresión, que es precisamente el esfuerzo ante el que la piedra presenta sus resistencias máximas. Los esfuerzos necesarios para la rotura de la piedra por este procedimiento son íntegramente transmitidos a los bastidores en las máquinas, que han de ser por ello extraordinariamente robustos. Por este motivo las trituradoras que trabajan en la forma indicada son máquinas muy pesadas y, consiguientemente, muy costosas.

La relación de trituración de tales trituradoras es muy baja; esto obliga a establecer una trituración secundaria, e incluso una trituración terciaria, si la piedra ha de ser procesada hasta su pulverización. Los costes de primer establecimiento, conservación y consumo de energía son por ello muy elevados, como consecuencia de la serie de alimentadores, transportadores, tamices vibratorios y las importantes obras de ingeniería civil que hay que instalar y realizar.

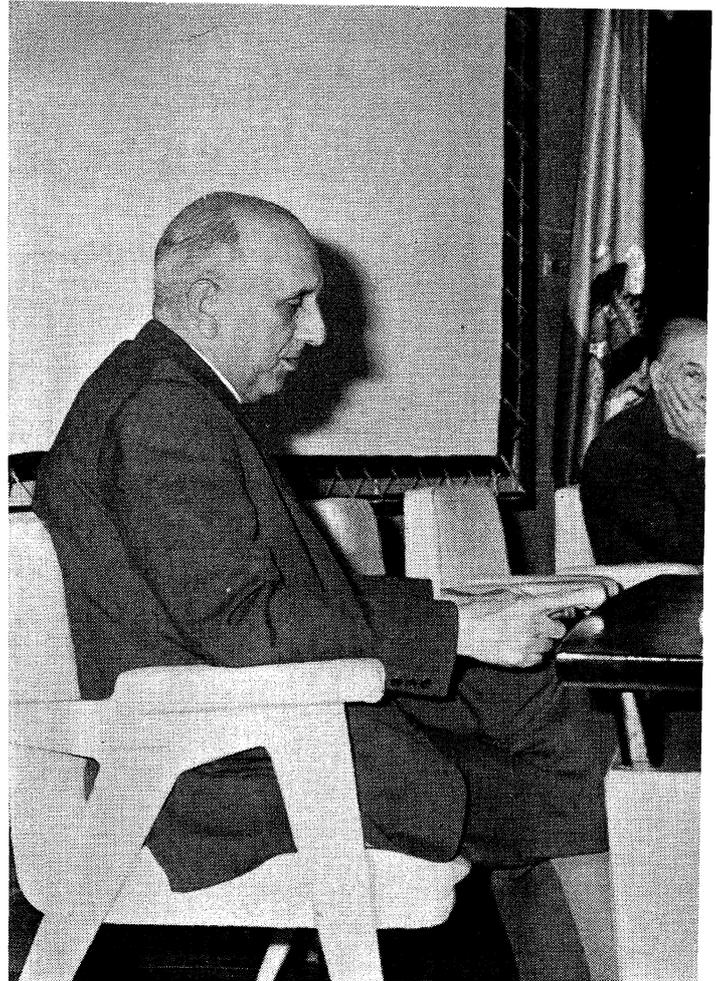
En las figuras 1 y 2 se representan, en forma esquemática, instalaciones de trituración en 1 y 2 ó 3 escalones.

Pero los sistemas de trituración mencionados tienen otro grave inconveniente, particularmente acusado en la industria del cemento. Cuando el material a triturar se halla estratificado—y éste es el caso que en la industria del cemento se presenta siempre en mayor o menor grado, por trabajarse con materiales sedimentarios—, la piedra sale de la trituradora en forma de losas que, si bien su grueso no puede exceder del correspondiente a la abertura de salida de la trituradora, lo excesivo de las otras dos dimensiones, ancho y largo, crea constantes problemas en los escalones siguientes de trituración.

Desde hace relativamente pocos años aparecieron las trituradoras de impactos, que han revolucionado las técnicas de trituración, pues permiten efectuar ésta, en muchos casos, de una sola pasada, y, lo que es más importante, se elimina la tendencia a la formación de losas a que antes nos hemos referido.

Esquemáticamente, la trituradora de impactos está representada en la figura 3.

La piedra a triturar cae sobre una rampa de inclinación regulable, que cumple la función de hacer que descienda, prácticamente «muerta», hasta entrar en contacto con las barras impulsoras. Es importante que la piedra llegue en esa forma para evitar el golpe directo, en sentido



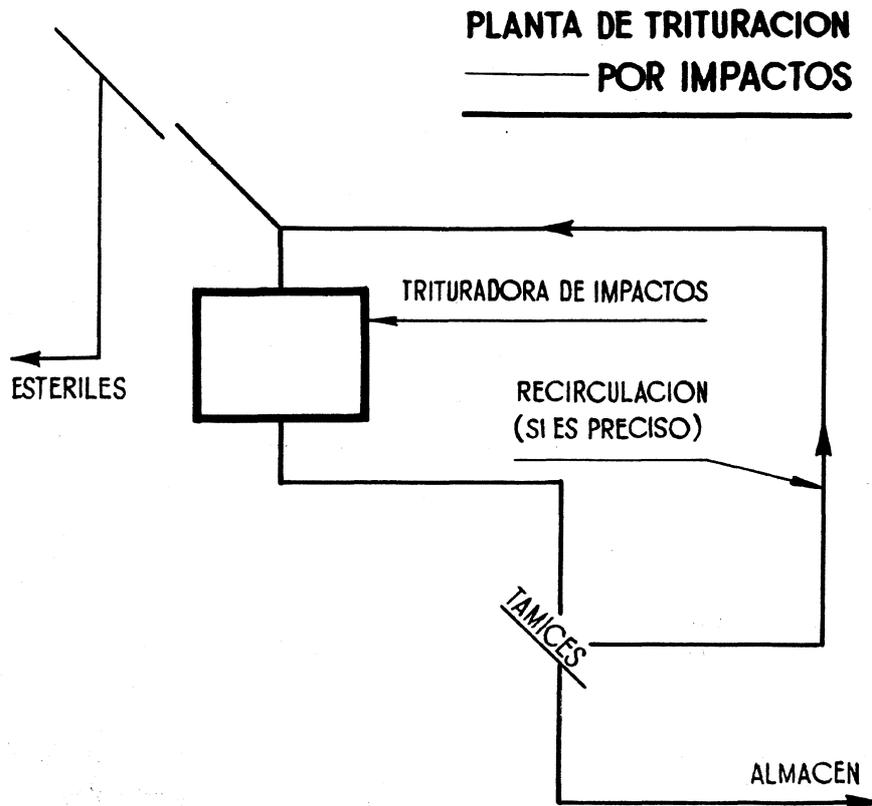


Fig. 1. — Esquema de trituración por impactos en un solo escalón.

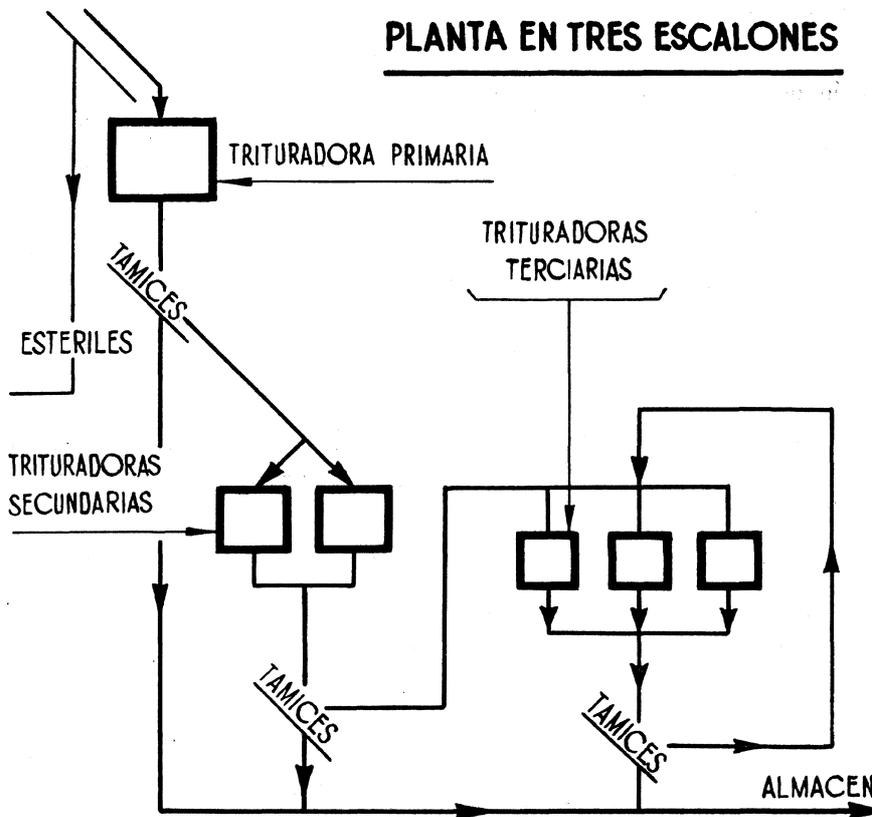


Fig. 2. — Esquema clásico de trituración en 2 ó 3 escalones.

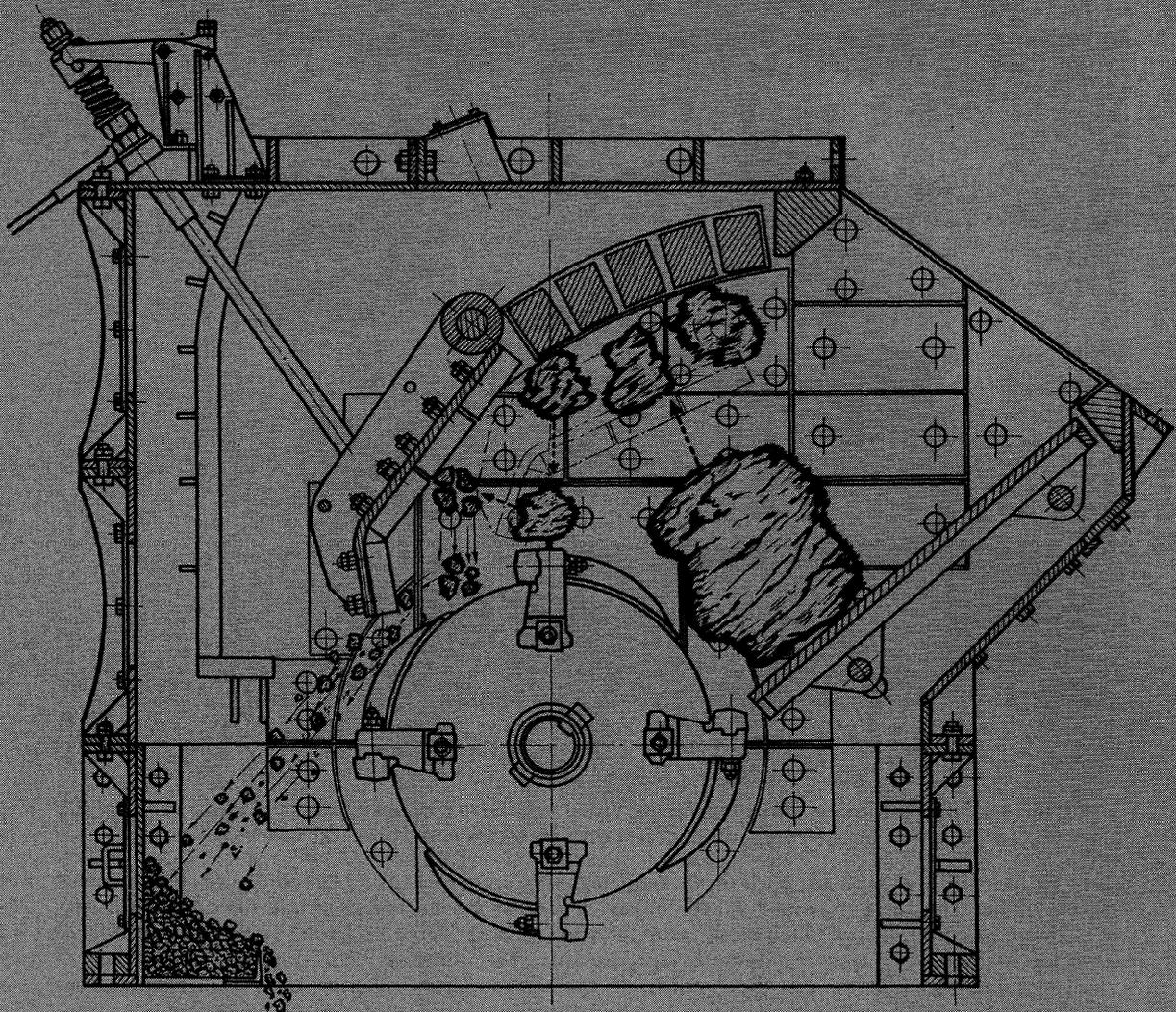


Fig. 3.—Disposición esquemática de una trituradora de impactos.

radial, contra el rotor, lo que daría lugar a esfuerzos anormales sobre los rodamientos comprometiendo su vida.

La piedra sufre el primer impacto de las barras solidarias al rotor y es lanzada contra las barras situadas en el techo de la máquina. Rebota sobre tales barras y vuelve a entrar en contacto con las barras del rotor, que la lanzan contra la placa rompedora. La trituración final tiene lugar entre el borde inferior de la placa rompedora y los martillos solidarios al rotor, siendo la separación entre placa y martillos la que determina el tamaño máximo de salida del producto triturado.

Como la reducción del material contra las barras de impacto, situadas en el techo de la trituradora, es tan importante, la colocación de estas barras se efectúa en forma cerrada, en el sentido de la rotación, para que las piedras proyectadas por las barras impulsoras no pierdan su impulso inicial antes del momento del impacto.

Las barras de impacto son de sección cuadrada, para que la trayectoria del rebote pueda ser perfectamente calculada, de tal manera que la piedra vuelva a entrar en contacto con las barras impulsoras. La reducción final se produce contra la placa rompedora en su cara inclinada

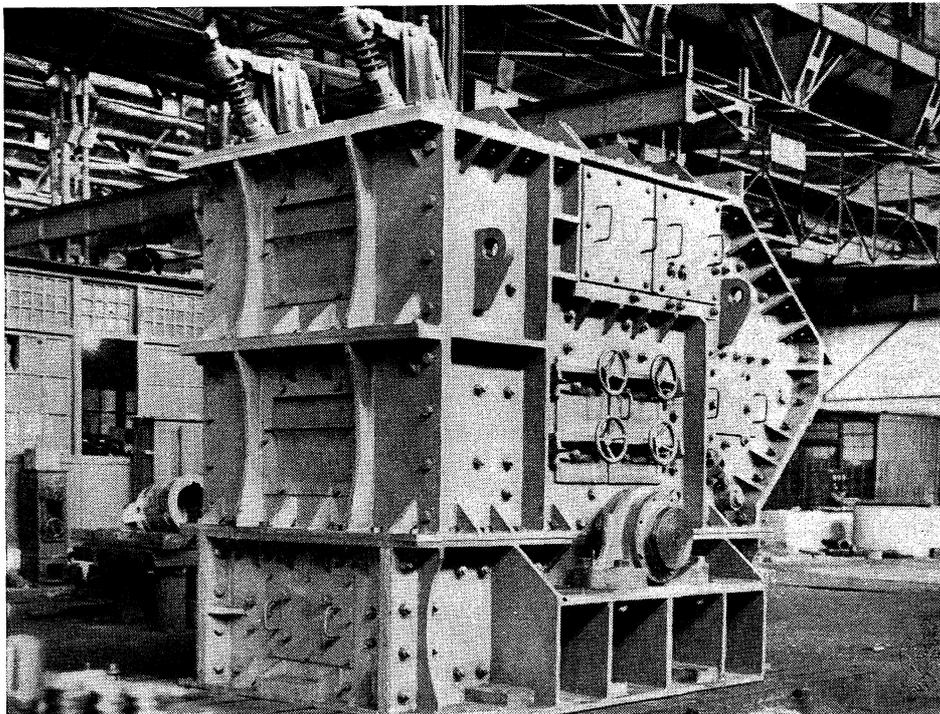


Fig. 4.
Trituradora
de impactos
de 50" x 40"
(127 x 101,6 cm)
de boca.

y, por último, el «mordisco» que tiene lugar entre las barras impulsoras y el borde inferior de la parte vertical de la placa rompedora determina el tamaño máximo de salida deseado.

En la trituración por impacto, el desgaste dentro de la máquina está directamente relacionado con el tamaño de alimentación y la velocidad periférica de las barras impulsoras. Por ello, en estas máquinas el tamaño máximo de alimentación recomendable se hace función del diámetro del rotor al objeto de que los desgastes producidos sean mínimos. No quiere ello decir que estas máquinas no puedan admitir piedras de tamaño superior al máximo recomendable, ya que realmente pueden triturar cualquier tamaño que quepa por su boca de carga, pero sí que los desgastes que en la máquina se obtengan serán desproporcionados cuando habitualmente se exceden los tamaños máximos aconsejados. Como confirmación de lo que acabamos de decir, están los resultados alcanzados en una investigación comparativa efectuada sobre dos máquinas de 30" y 40" de diámetro de rotor, con tamaños de alimentación y de salida iguales. El coste del desgaste, por tonelada de piedra triturada fue, en la de 40" de diámetro, la quinta parte del que se obtuvo con la de 30" de diámetro. Es decir, cuanto mayor es el diámetro del rotor, menores son los costes de trituración.

La figura 4 muestra el conjunto de una trituradora de impactos, tamaño 55, actualmente trabajando en una importante fábrica de cementos en las proximidades de Barcelona.

Como consecuencia de la disminución del número de alimentadores, transportadores, tolvas, etc., todos ellos necesarios en las instalaciones clásicas de trituración en varios escalones, la trituración por impactos puede quedar reducida, exclusivamente, al alimentador, la trituradora y el transportador de evacuación del producto triturado. Con ello la instalación de trituración resulta mucho más económica, ya que sólo la trituradora, para una producción de 300 t/hr con tamaños de alimentación hasta de 1 m, viene a costar 40 por 100 menos que las de iguales capacidad y boca en mandíbulas y giratorias.

Por la forma en que la trituración se produce, el producto triturado tiene una forma cúbica, ideal cuando se trata de ser utilizado como árido.

En la figura 5 se muestran las características más importantes de los distintos tamaños de las trituradoras de impactos.

	22	33	44	T	A	M	A	N	O	66	69
Peso neto aproximado (t)	5,15	9	18,75	44	45	45	55	56	56	66	69
Dimensiones de boca (pulg)	20 x 18	30 x 24	40 x 32	18,75	26	32	34,5	37,5	37,5	54	65
Dimensiones de boca (mm)	508 x 457,2	762 x 609,6	1.016 x 812,8	1.016 x 812,8	1.270 x 812,8	1.270 x 812,8	1.270 x 1.016	1.524 x 1.016	1.524 x 1.016	1.524 x 1.270	2.286 x 1.270
Tamaño máximo de alimentación recomendable (mm)	305	458	610	610	686	686	915	915	915	1.016	1.016
Capacidad aproximada con caliza de dureza media y 3" tamaño de salda (t/hr)	25/35	45/70	80/120	80/120	100/150	100/150	125/190	150/230	150/230	200/270	270/400
ROTOR:											
Peso neto aproximado (t)	1,5	2,75	5,5	5,5	8	8	10,75	11,5	11,5	18	26
Diámetro (mm)	508	832,8	1.016	1.016	1.016	1.016	1.270	1.270	1.270	1.524	1.524
Longitud (mm)	508	832,8	1.016	1.016	1.270	1.270	1.270	1.524	1.524	1.524	2.286
GD ² (kg/m ²)	136	510	1.635	1.635	2.043	2.043	5.650	6.780	6.780	14.198	21.297
Potencia de accionamiento (HP)	30/75	60/150	100/250	100/250	100/300	100/300	150/350	150/450	150/450	150/500	150/700
Velocidad (r.p.m.)	700/1.200	600/1.000	500/850	500/850	500/850	500/850	350/650	350/650	350/650	300/450	300/450

Fig. 5. — Cuadro de características más importantes de trituradoras de impactos.

El tamaño de salida del producto triturado puede variarse a voluntad, sin más que ajustar la separación entre la placa rompedora y las barras impulsoras al tamaño máximo deseado. Este ajuste puede realizarse incluso con la máquina en marcha. A tal fin, la placa rompedora está libremente suspendida por su parte superior y soportada en su parte inferior mediante robustos husillos de ajuste que transmiten, por intermedio de resortes, los esfuerzos soportados por la placa rompedora (fig. 6).

Los soportes sobre los que enroscan los husillos de la placa llevan unos pasadores que actúan como elementos de seguridad, rompiendo ante una sobrecarga anormal, derivada de la entrada en la trituradora de hierros procedentes del frente de cantera. La causa más frecuente, en esta clase de accidentes, es la introducción de un diente de cuchara de pala excavadora. La rotura de los elementos de seguridad deja la placa rompedora libremente suspendida y la trituración continúa después de haber dado paso al elemento extraño, si bien se tendrá un aumento en el tamaño de salida del producto triturado. La reposición de los elementos de seguridad se efectúa sin parar la máquina y sólo suspendiendo su alimentación.

Actuando sobre los husillos soporte es posible alterar, fundamentalmente, la granulometría del producto triturado sin variar la velocidad de giro del rotor. La figura 7 recoge los resultados obtenidos con una misma máquina, triturando caliza y dando a la placa rompedora distintas separaciones.

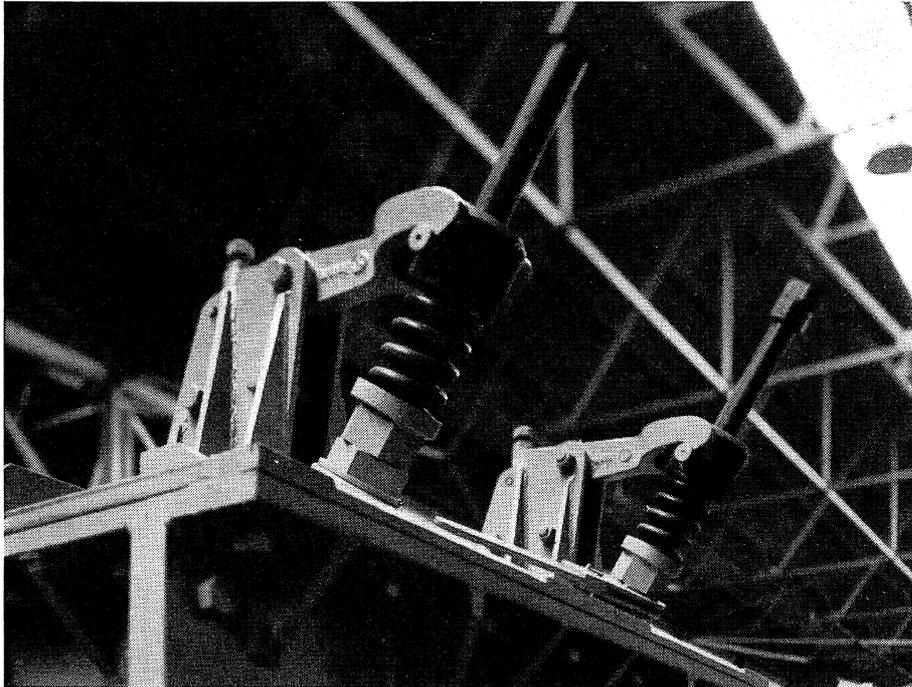


Fig. 6.—Sistema de soportes elásticos de la placa rompedora.

No es posible dar cifras de producción de los distintos tamaños de esta máquina, ya que tales cifras dependen del material a triturar, del tamaño de alimentación y del tamaño deseado en el producto triturado. Sólo a título de orientación podemos indicar que el tamaño mayor puede alcanzar una producción, en caliza, de 400 t/hr con un tamaño de salida de 2" (50,8 mm).

Igualmente, por lo que respecta a los consumos de potencia y de energía, son los tres factores indicados los que determinan tales consumos. Sólo el ensayo en la planta piloto puede darnos con seguridad tales datos, así como la granulometría del producto obtenido. En los tamaños grandes, y para un tamaño de salida inferior a 3", el consumo de potencia varía entre 0,8 y 1 HP./t producida. Debido a la mayor inercia del rotor, a medida que aumenta el tamaño de la máquina tales consumos tienden a bajar, para la misma piedra e igual relación de reducción.

ENSAYOS SOBRE CALIZA

Velocidad r.p.m.	Separación de la placa	% QUE PASA SOBRE LA MALLA										
		6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	1/4"	1/8"	1/16"
640	1/8"				100	98	91,5	85	67	55	44	37,5
640	2"		100	97	85	66	52	44	37	27,5	21	15
640	3"	100	97	79,5	59	47	36,5	31	25	19	14,5	11
640	4"	100	71,5	57	46,5	36,5	30,5	26	22	17,5	14	10
640	5"	85,5	64	47	38	30	23	19	15	11	8,7	6,7
640	6"	83	42	31,5	27	22,5	18	15,5	12,5	9,5	7,5	5,7

Fig. 7.—Tabla de ensayos sobre caliza, de variación de la granulometría para distintas separaciones de la placa rompedora.

Las principales ventajas de la trituración por impacto pueden resumirse como sigue:

- 1.º Gran relación de reducción (40" a 2"). Las trituradoras de mandíbulas pueden dar una relación de 40 a 7 pulgadas.
- 2.º Grandes tamaños de alimentación.
- 3.º Imposibilidad de dejar pasar losas en materiales muy estratificados.
- 4.º Forma cúbica ideal del producto triturado.
- 5.º Gran capacidad.
- 6.º Facilidad para variar el tamaño del producto triturado.
- 7.º Bajo consumo de potencia.
- 8.º Reducido costo de primer establecimiento.
- 9.º Reducidos gastos de conservación.

No podemos dar cifras orientativas de los costes de mantenimiento que se obtienen con las máquinas de este tipo instaladas en España y construidas por nosotros, debido a los pocos meses que aún llevan trabajando, si bien hemos podido comprobar desgastes inapreciables. Como orientación damos a continuación los resultados alcanzados con algunas de las máquinas instaladas en el Reino Unido.

En una trituradora tamaño 55, instalada en Derbyshire, triturando caliza con 8/12 por 100 de sílice, desde tamaños de alimentación, normales, de 36"×40"×48" (914,4×1.016×1.219,2 mm) hasta un producto de 2" (50,8 mm), a razón de 200 t/hr, el consumo de potencia es de 1,2 HP/t triturada y los precios de coste en las primeras 100.000 t han sido de 2 peniques (1,40 pesetas) tonelada.

En otra trituradora del mismo tamaño, y con iguales producción y tamaños de alimentación y salida, los revestimientos de las barras impulsoras, antes de darles la vuelta, se conservan perfectamente después de 25/30.000 t, resultando un coste por tonelada, por este concepto, de 0,4 peniques (0,28 pesetas). El revestimiento inferior de la placa rompedora se conservaba en condiciones perfectamente aceptables después de triturar 280.000 t de piedra.

La información que precede ha sido basada sobre la trituración en una sola etapa; pero donde se halla instalada con anterioridad una trituradora primaria (de mandíbulas o giratoria), la trituradora de impactos puede utilizarse como trituradora secundaria aprovechando por completo las ventajas enumeradas.

En tales casos, la inversión de capital es considerablemente inferior que la que requiere la trituración en tres etapas tan frecuente en la preparación de áridos.

Permítasenos dar algunos detalles constructivos de esta máquina, cuya forma de trabajar hemos analizado hasta aquí.

Los bastidores están constituidos por robustas estructuras de chapa soldada, como puede apreciarse en las figuras 8 y 9. En el bastidor inferior van dispuestas las consolas sobre las que se apoyan los soportes de los rodamientos oscilantes, de doble hilera de rodillos, sobre los que gira el eje del rotor. Los rodamientos van protegidos por laberintos que impiden la entrada de polvo.

En la figura 9 pueden apreciarse la boca de carga, parte de las barras rompedoras y las puertas de inspección.

Las partes sometidas a desgaste son cambiables con facilidad y están constituidas por aceros aleados al cromo manganeso de una gran resistencia a la abrasión.

Amplias puertas de visita acharneladas permiten una rápida observación del interior de la máquina y proporcionan fácil acceso al mismo.

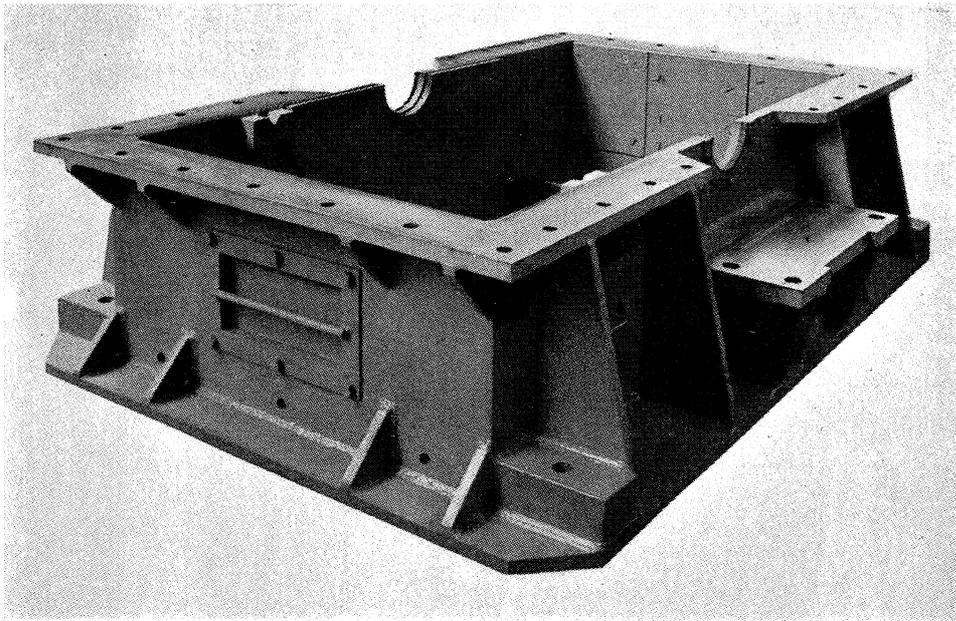


Fig. 8.—Bastidor inferior.

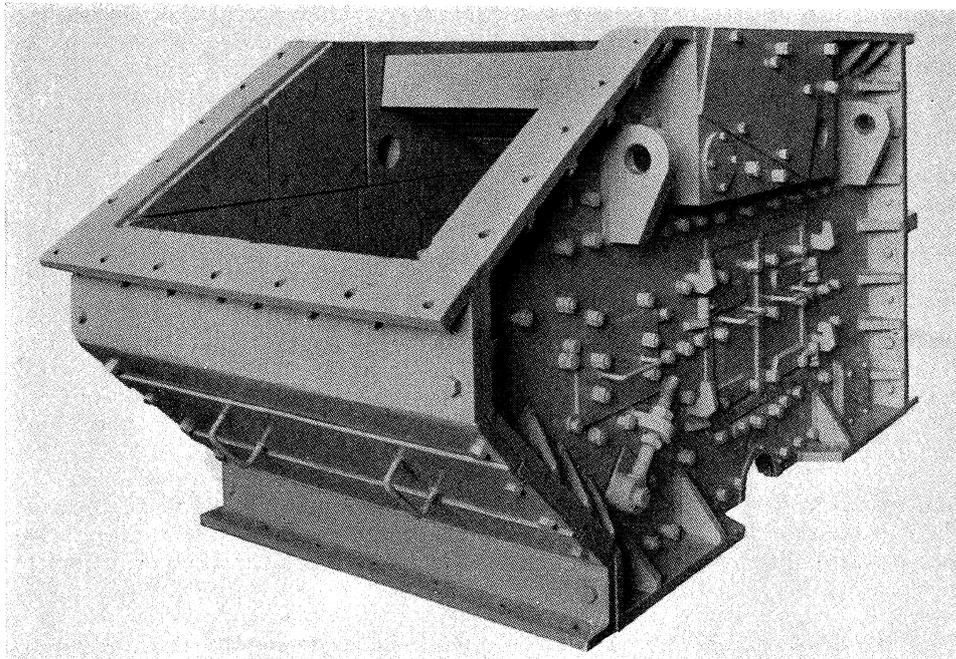


Fig. 9.—Bastidor superior.

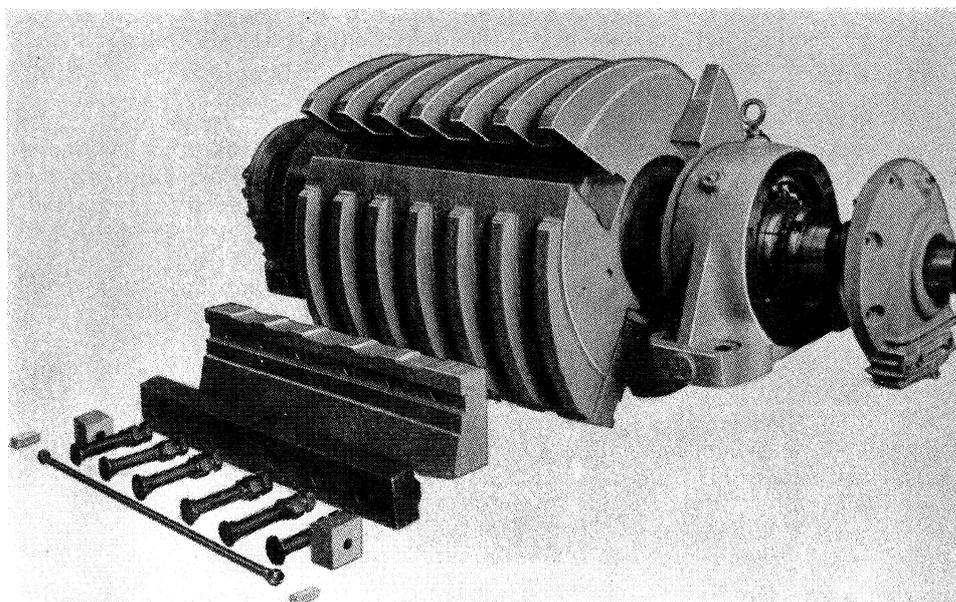


Fig. 10.—Detalles constructivos del rotor.

El rotor está constituido por chapas de 6" a 8" (152 a 203 mm) de grueso, torneadas y soldadas entre sí, constituyendo un conjunto macizo que va chaveteado sobre el eje de acero forjado y tratado.

Terminado el rotor, es equilibrado dinámicamente y la ausencia de vibraciones es tal que en una trituradora tamaño 55, instalada en Vallirana, junto a Barcelona, trabajando a plena carga, se sostuvo de canto, sin caerse, una moneda de 5 pesetas.

En la figura 10 pueden apreciarse los detalles constructivos del rotor. Los bloques soporte de las barras rompedoras ajustan en forma de cuña en las mortajas practicadas en el rotor. La fuerza centrífuga creada por la rotación mantiene estos bloques perfectamente ajustados. No obstante, quedan inmovilizados por unos tacos que, igualmente en forma de cuña, van situados en los extremos y apretados por tensores roscados.

Las costillas soldadas al rotor no coadyuvan a la resistencia de los soportes de las barras impulsoras, soportes que tienen su sección calculada para el trabajo por cortadura a que se hallan sometidos, y deliberadamente tales costillas se hallan separadas de los bloques soporte. Su finalidad exclusiva es proteger las tuercas de los pernos del golpe de las piedras y de la abrasión.

La placa rompedora (fig. 11) es, asimismo, de gruesa chapa soldada y lleva revestimientos intercambiables y reversibles de acero aleado.

Del lado de salida del material triturado va dispuesta (fig. 12) una bandeja sobre la que se acumula material triturado que actúa como colchón, impidiendo que la piedra triturada caiga con fuerza sobre el transportador evacuador del producto triturado y provoque un desgaste anormal.

En todo caso, las trituradoras de impactos deben llevar cabeza de carga con cortinas de protección de cadenas (fig. 13), para evitar puedan proyectarse hacia el exterior trozos del producto triturado.

Finalmente, la rampa de alimentación, a través de la cual el material a triturar es dirigido al rotor, es de chapa laminada de gran espesor, y el conjunto de la rampa tiene inclinación regulable para adaptarla a los distintos tipos de materiales que precisen ser triturados.

Como consecuencia de la simplicidad de este tipo de máquina y de las ventajas enumeradas, puede decirse que están siendo prácticamente eliminadas las clásicas trituradoras de mandíbulas y giratorias.

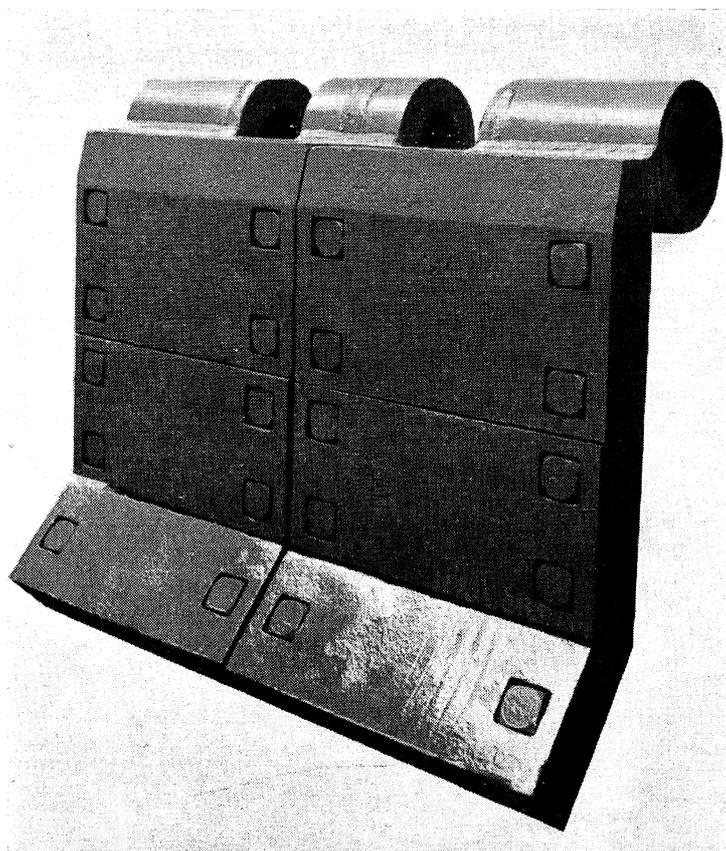


Fig. 11.—Detalle de la placa rompedora.

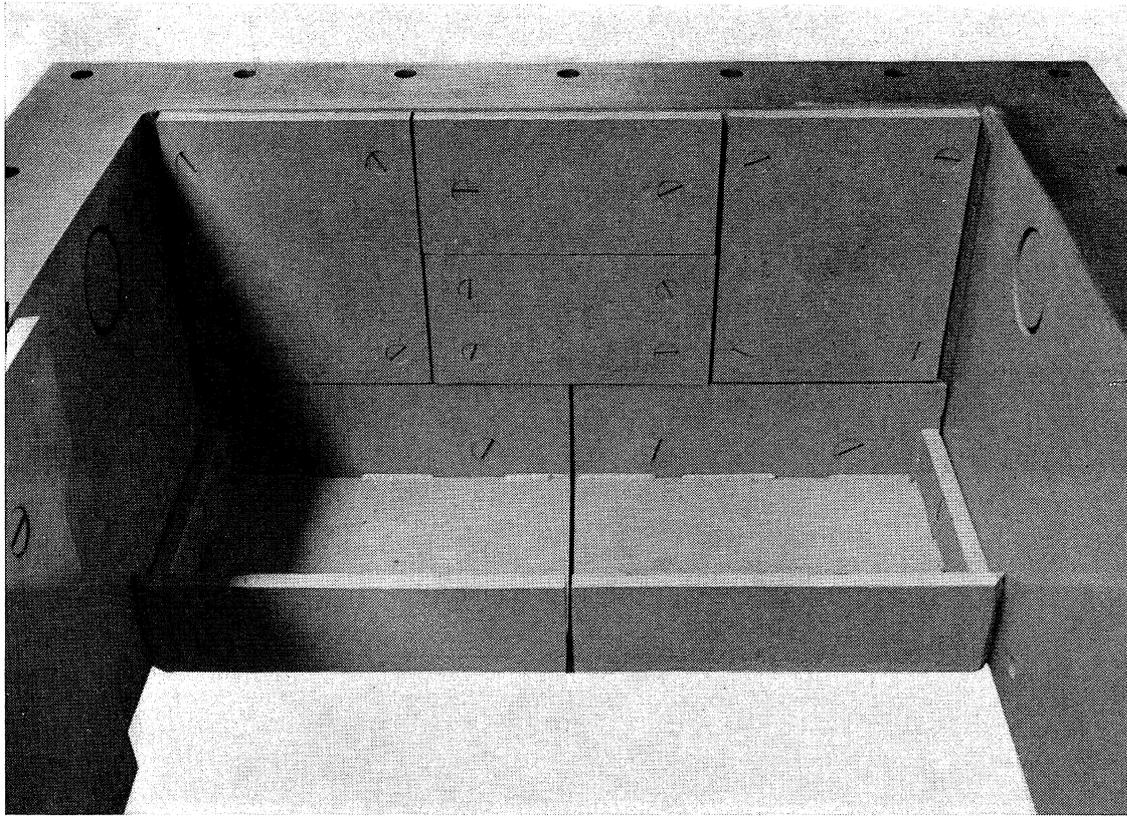


Fig. 12.—Bandeja-colchón de salida del material triturado.

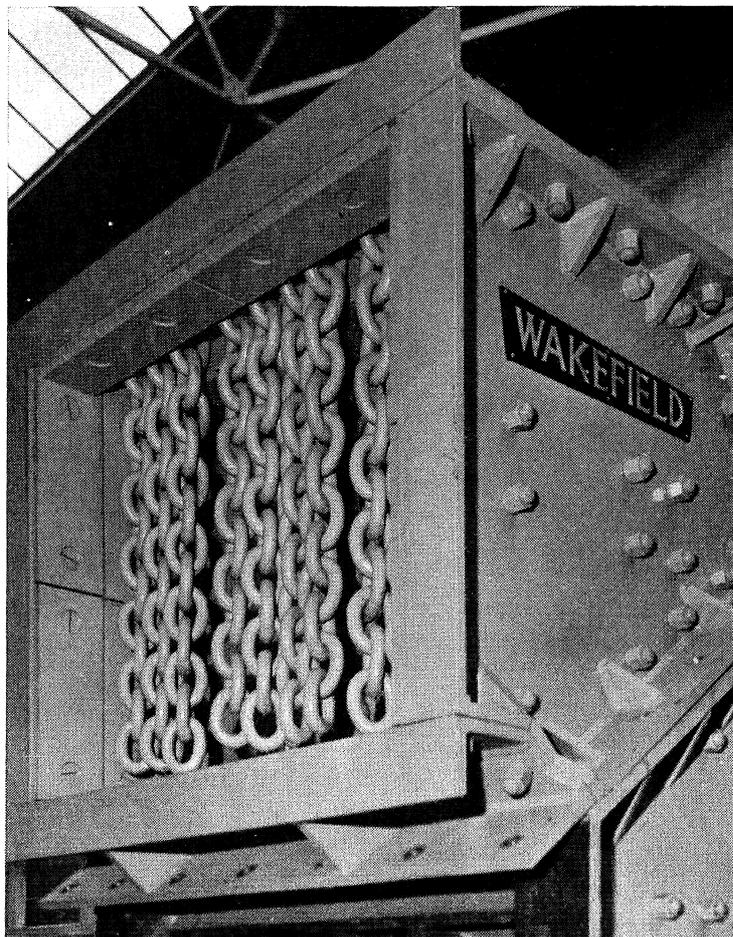


Fig. 13.—Cabeza de carga con cortina de protección de cadenas.