



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA MINERA

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE UNA PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS Y GRANULOMETRÍA DE SUS PRODUCTOS EN VILLASIMPLIZ.

León, Julio de 2016

Autor: Miguel Gómez del Campo Sancho

Tutor: Ana María Castañón García

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. Miguel Gómez del Campo Sancho, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería Minera.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. Ana María García Castañón, profesor/a del Grado en Ingeniería Minera.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Miguel Gómez del Campo Sancho

El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D./Dña. Ana María García Castañón

El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

En la actualidad hay un gran número de empresas relacionadas con el mundo de la producción mineral. Muchas de estas empresas desean adecuarse a la mejor maquinaria para poder lograr una producción estable al mismo tiempo consiguiendo la mejor calidad en sus productos y no encuentran una herramienta o una guía adecuada para el proceso de elección de este tipo de máquinas.

Muchas empresas llevan esta tarea de forma reservada, sin revelar datos que pudiendo considerarse interesantes para la empresa, no son revelados por la competencia entre estas. Llevar este proceso adecuadamente se hace una labor tediosa y costosa para las empresas, que ven una difícil implantación del mismo.

En este documento se intenta poner como ejemplo de lo que una empresa minera, con disposición de una planta de trituración, puede realizar para la elección de la máquina más importante del mismo, la machacadora de mandíbulas, con sus respectivos estudios económicos para evaluar la alternativa más favorable.

En varios aspectos del proyecto, se menciona otro tipo de maquinaria como molinos o cribas para la creación del esquema general de la planta explicando el proceso de tratamiento del mineral.

Se hace indispensable los procedimientos de ensayos necesarios, obligatorios por ley, y comprobación de la calidad de todos los productos obtenidos.

En este proyecto aparte de elaborar la elección de la mejor maquinaria, también se comentara el aspecto geológico de la zona de ocupación de la planta, tratando la geología, geotecnia y sectorización de la cantera.

ABSTRACT

Nowadays there are now a large number of companies related to the world of mineral production. Many of these companies want to adapt to the best machinery to obtain stable production while getting the best quality products and they don't find a tool or an appropriate guide for the process of choosing this type of machine.

Many commercial companies carry this task so reserved, they don't show information that could be considered interesting for the company, and they are not disclosed by the competition between them. Out this process properly a tedious and costly work for companies.

This document attempts to make an example of what a mining company, with provision of a crushing plant, with their respective economic studies to evaluate alternative more favorable.

In various aspects of the project, other machinery such as mills or screens to create the general outline of the plant explaining the treatment process ore mentioned.

Testing procedures necessary mandatory by law and check the quality of all the products obtained is essential.

In developing this project apart from choosing the best machinery, the geological aspect of the occupation area of the plant is also commented like geology, geotechnical information and sectorization of the quarry.

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
MEMORIA.....	X
1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	11
1.3 GEOLOGÍA.....	12
1.4 ESTRATIGRAFÍA.....	14
1.5 GEOMORFOLOGÍA.....	19
1.6 GEOLOGÍA DE DETALLE A ESCALA 1:2.000.....	20
1.6.1 Descripción de los materiales	21
1.6.2 Materiales antrópicos	23
1.6.3 Tectónica	23
2 ESTUDIO PETROGRÁFICO.....	24
2.1 INTRODUCCIÓN.....	24
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	25
2.2.1 Muestra Z-1.....	25
2.2.2 Muestra Z-2.....	26
2.2.3 Muestra Z-3.....	27
2.2.4 Muestra Z-4.....	27
2.2.5 Muestra Z-5.....	28
2.3 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA CUANTITATIVA.....	29
2.4 CONCLUSIONES MINERALÓGICA.....	30
3 ANALISIS GEOTÉCNICO Y SECTORIZACIÓN DE LA CANTERA.....	31
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MACIZO ROCOSO	32
3.1.1 Resistencia	32
3.1.2 Estado de fracturación	33

3.1.3	Alteración de los materiales rocosos.....	33
3.1.4	Montera	34
3.1.5	Descripción de la red de fracturación.....	34
3.1.6	Agua	35
3.2	SECTORIZACIÓN DE LA CANTERA.....	35
3.2.1	Orientación y número de familias	36
3.2.2	Agua	38
3.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	38
3.3.1	Análisis de la cantera	40
3.3.2	Discusión y recomendaciones.....	41
3.3.3	Conclusiones de la sectorización de la cantera	42
4	METODO DE EXPLOTACION	42
4.1	PERFORACIÓN	43
4.2	VOLADURA	44
4.3	MATERIAL UTILIZADO.....	44
5	MAQUINARIA UTILIZADA Y FUNCIONAMIENTO	45
5.1	CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA.....	45
5.1.1	Trituradora de mandíbulas modelo ROHER P.135.100	45
5.1.2	Tolva alimentadora metálica de cajón.....	47
5.1.3	Molino de conos HP4-NORBERG / Molino de impactos BARMAC ROTOPACTOR BP600 MKII	47
5.1.4	Cinta transportadora de 800x34 m y Cinta transportadora de 650 x 38,5 m. 48	
5.1.5	Dos Cribas de balasto CVL/S – 175.50 (3B) de 6000 x 2000 y 18,5 kW.....	48
5.2	TRITURADORAS Y SUS CLASES.....	50
5.2.1	Conceptos generales.....	50
5.2.2	Trituradoras de mandíbulas.....	54
5.2.3	Ventajas y comparativa entre simple efecto y doble efecto	56
5.2.4	Trituradoras giratorias	59
5.2.5	Comparación entre la trituradora Primaria y la trituradora Giratoria	61
6	ELECCIÓN RAZONADA DE LA MACHACADORA.....	62
6.1	ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD.....	62
6.1.1	Conceptos generales.....	62
6.1.2	Elección de la maquina adecuada.....	67

6.2	CÁLCULOS RAZONADOS EN PRIMARIA	68
6.2.1	Reglaje de la machacadora	69
6.2.2	Capacidad.....	70
6.2.3	Motor eléctrico necesario.....	71
6.3	CÁLCULOS RAZONADOS EN GIRATORIA.....	72
6.3.1	Motor eléctrico necesario.....	73
7	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	74
7.1	OBJETO DE APLICACIÓN.....	74
7.2	DEFINICIONES.....	74
7.3	APARATOS	75
7.3.1	Equipos de empleo general.	75
7.3.2	Equipos adicionales para la determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de ensayo de Los Ángeles.....	75
7.3.3	Equipos adicionales necesarios para la determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de ensayo de impacto	76
7.4	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN POR EL MÉTODO DE ENSAYO DE LOS ÁNGELES.....	76
7.4.1	Preparación de la muestra para el ensayo	77
7.4.2	Procedimiento operatorio	77
7.4.3	Cálculo y expresión de los resultados.....	78
7.4.4	Informe del ensayo	78
7.5	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN	78
7.5.1	Fundamento del método	78
7.5.2	Preparación de la muestra de ensayo:	79
7.5.3	Procedimiento operatorio	80
7.5.4	Cálculo y expresión de los resultados.....	80
7.5.5	Informe del ensayo	81
7.5.6	Opciones posibles para el ensayo de Los Ángeles.....	81
7.6	MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN POR IMPACTO.....	82
7.6.1	Requisitos de construcción, operación y seguridad	82
7.6.2	Construcción	82
7.7	DISPOSITIVO ELEVADOR.....	83
7.7.1	Martillo proceq	83
7.7.2	Guías.....	84

7.7.3	Motor para asegurar la elevación y puesta en carga	84
7.7.4	Recipiente para la muestra (porta-muestras).....	84
7.8	COMPROBACIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN POR IMPACTO	85
7.8.1	Objeto y ámbito de la aplicación	85
7.8.2	Lista de comprobación	85
7.8.3	Equipos y accesorios para el ensayo.....	86
7.8.4	Procedimiento operatorio	87
7.8.5	Comprobación de la superficie	87
7.8.6	Comprobación de los pernos y tornillos de sujeción.....	88
7.8.7	Comprobación del dispositivo de presión de contacto	88
7.8.8	Comprobación de la invariabilidad de la altura de caída	88
7.8.9	Determinación del efecto del impacto	88
7.9	MÉTODOS DE PRECISIÓN	89
7.9.1	Ensayo de Los Ángeles	89
7.9.2	Ensayo de impacto	89
7.9.3	Cálculo del valor del coeficiente SZ	90
8	ENSAYOS REALIZADOS EN EL MARCO DE ESTE INFORME	90
8.1	ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS DE CONTROL.....	90
8.1.1	Coeficiente de desgaste Los Ángeles	91
8.1.2	Resistencia a la compresión ensayo carga puntual Franklin	91
8.1.3	Densidad aparente de partículas	92
8.1.4	Densidad aparente del balasto	92
8.1.5	Absorción de agua.....	92
8.1.6	Granulometría	93
8.1.7	Limpieza 0,5 mm	93
8.1.8	Limpieza 0,063 mm	94
8.1.9	Elementos aciculares	94
8.1.10	Espesores mínimos de los elementos granulares.....	94
8.1.11	Partículas mayores de 100 mm.....	95
8.2	CONCLUSIONES	95
9	REPORTAJE FOTOGRÁFICO	97
	PLANOS	103

.....	105
PRESUPUESTO	106
1 FINANCIACIÓN ECONÓMICA DE LA MACHACADORA.....	107
1.1 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL.....	107
1.1.1 Valoración por tanteo rápido.....	107
1.1.2 Índices de Marshall & Swift	107
1.2 PRESUPUESTO ECONÓMICO DE LA PLANTA	111
ANEXO I	115
IMPACTO AMBIENTAL	115
1 IMPACTO AMBIENTAL.....	116
1.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	116
1.2 PROYECTO DE RESTAURACIÓN	118
1.3 MEDIDAS CORRECTORAS	119
1.4 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	120
1.4.1 Objetivo General	120
1.4.2 Objetivos Específicos.....	120
1.4.3 Propuesta para la implementación de las medidas de mitigación.....	120
1.4.4 Plan de Monitoreo	122
1.4.5 Monitoreo Durante La Ejecución Del Plan De Gestión Ambiental	122
1.5 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO	124
1.5.1 Alternativa de Localización	124
1.5.2 Alternativas Técnicas del Proyecto	124
1.6 CONCLUSIONES	124
ANEXO II	126
LEGISLACIÓN APLICABLE	126
1 LEGISLACIÓN APLICABLE	127
1.1 SITUACIÓN LEGAL DE LA CANTERA	127
1.2 REGLAMENTACIÓN EN LOS ENSAYOS.....	128
1.2.1 Norma EN 107-2:1988.....	129
1.3 REGLAMENTACIÓN EN TRITURACIÓN.....	131
1.3.1 Normas generales	131
1.3.2 Riesgos	133
1.3.3 Protecciones colectivas.....	134

1.3.4 Equipos de protección individual135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Zonas del macizo ibérico. → *Página 11*

Figura 1.2 - Situación de la cantera y unidades tectónicas de la zona Cantábrica del Macizo Ibérico.
→ *Página 12*

Figura 3.1 - Diagrama de frecuencia de orientación de la estratificación en las cuarcitas de la cantera. → *Página 36*

Figura 3.2 - Representación de frecuencias de las diaclasas en la Cantera. → *Página 36*

Figura 3.3 - Representación ciclográfica de las familias de juntas y de sus intersecciones (posibles cuñas). → *Página 38*

Figura 3.4 - Análisis de estabilidad de las juntas y cuñas teniendo en cuenta su orientación y el rozamiento. → *Página 38*

Figura 4.1 - Disposición de los barrenos. → *Página 43*

Figura 5.1 Esquema general de la planta. → *Página 48*

Figura 5.2 - Molino secundario de conos y tolva de regulación. → *Página 48*

Figura 5.3 - Cribas de balasto y silos. → *Página 49*

Figura 5.4 - Esquema general de la trituradora primaria. → *Página 53*

Figura 5.5 - Esquema general de la trituradora Giratoria. → *Página 59*

Figura 5.6 - Relación gráfica de reducción entre mandíbulas y giratorias. → *Página 60*

Figura 5.7 - Curvas granulométricas típicas de productos de trituradoras giratorias primarias (según Allis-Chalmers). → *Página 61*

Figura 6.1 - Gráfico de relación del factor "n". → *Página 65*

Figura 6.2 - Gráfico de alimentación por tolva o por camión en la línea rosada y azul respectivamente. → *Página 65*

Figura 6.3 – Gráfica de relación anual del M&S index. → *Página 75*

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 2.1 - Características de las muestras para estudio petrográfico. → *Página 24*
- Tabla 2.2 - Composición mineralógica cuantitativa. → *Página 28*
- Tabla 2.3 - Parámetros químicos de la muestra nº 501. → *Página 30*
- Tabla 3.1 - Características de las posibles cuñas y bloques en el talud principal del frente. → *Página 39*
- Tabla 5.1 - Características fundamentales entre trituradoras de simple y doble efecto. → *Página 57*
- Tabla 6.1 - Porcentaje de peso acumulado en función del tipo del material. → *Página 63*
- Tabla 6.2 – Coeficiente de mandíbulas y tratamiento. → *Página 64*
- Tabla 7.1 - Valoración de costes por tanteo. → *Página 73*
- Tabla 7.2 - Tabla de relación del índice de Marshall & Swift al diseño de plantas. → *Página 74*
- Tabla 7.3 - Catálogo de diferentes trituradoras de la marca ROHER. → *Página 77*
- Tabla 7.4 – Tabla de mediciones presupuestarias. → *Página 77*
- Tabla 7.5 – Tabla Presupuesto Final. → *Página 78*
- Tabla 8.1 - Otras opciones posibles al ensayo de Los Ángeles. → *Página 88*
- Tabla 8.2 - Datos iniciales para el cálculo del coeficiente. → *Página 96*
- Tabla 9.1 - Resultado del ensayo del desgaste de Los Ángeles. → *Página 97*
- Tabla 9.2 - Valores de resistencia a la compresión (R.C.) según ensayo de carga puntual Franklin. → *Página 97*
- Tabla 9.3 - Valores del ensayo de densidad relativa aparente. → *Página 98*
- Tabla 9.4 - Valores del ensayo de densidad aparente del balasto. → *Página 98*
- Tabla 9.5 - Valores de ensayos de absorción de agua. → *Página 98*
- Tabla 9.6 - Valores de la curva granulométrica. → *Página 99*
- Tabla 9.7 - Resultados de ensayos de limpieza. → *Página 99*
- Tabla 9.8 - Resultados de ensayos de limpieza (0,063 mm). → *Página 100*
- Tabla 9.9 - Resultados del ensayo de elementos aciculares. → *Página 100*

Tabla 9.10 - Valores resultantes del ensayo en espesores mínimos. → *Página 100*

Tabla 9.11 - Resultados del ensayo de elementos mayores de 100 mm. → *Página 101*

Tabla 9.12 - Resumen de los resultados en ensayos realizados. → *Página 102*

Tabla 10.1 - Resumen factores atmosféricos de la zona de implicación. → *Página 105*

Tabla 10.2 - Matriz de identificación de impactos. → *Página 106*

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 ANTECEDENTES

La existencia de una masa de roca de naturaleza cuarcítica en las proximidades de la localidad de Villasilpliz (Provincia de León), con buenas condiciones de afloramiento, situación geográfica y accesibilidad apropiadas y con muy buenas cualidades geotécnicas para su utilización en la elaboración de balasto para uso en líneas de ferrocarril, así como otros áridos para carreteras y todo tipo de obras constructivas.

Los usos a que se destina el material explotado en la cantera exigen una gran calidad geotécnica que ha de ponerse de manifiesto mediante unos valores elevados en los índices de calidad tanto del material como de la planta de tratamiento y del proceso de extracción y tratamiento.

La cantera de Villasilpliz está comprendida dentro de la sección “A” del artículo 8 de la Ley de Minas.

La masa de cuarcita que se explota pertenece a un afloramiento relativamente extenso y continuo, de la formación “Barrios”, que forma parte de la serie estratigráfica del Paleozoico de la Cordillera Cantábrica, en su vertiente sur.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objeto del trabajo es establecer la calidad del material que se explota en la cantera, la adecuación y calidad de la planta y el proceso de elaboración para la obtención de balasto y otros productos.

El estudio recoge y analiza todas investigaciones geológicas y geotécnicas realizadas con anterioridad y una serie de nuevos trabajos y actividades con vistas a conocer la calidad de la roca, su naturaleza y la viabilidad de la explotación, detallando el procedimiento de la planta de machaqueo y trituración.

1.3 GEOLOGÍA

La cantera se encuentra situada, a nivel regional, en la Cordillera Cantábrica, en su vertiente sur, que es una de las zonas en que se ha dividido el Macizo

Ibérico que a su vez es el más extenso afloramiento europeo de la cadena orogénica varisca.

Está formada por series sedimentarias principalmente paleozoicas que están afectadas por deformaciones variscas desarrolladas esencialmente en el Carbonífero. Las diferentes formaciones corresponden a conjuntos siliciclásticos y carbonatados depositados en una plataforma continental, perteneciente a Gondwana, en la que alternan ambientes de llanura de delta siliciclástico, con ambientes litorales, sublitorales y de plataforma con sedimentación siliciclástica y carbonatada.

Las series sedimentarias no son continuas y, por el contrario, se reconocen frecuentes lagunas que hacen que algunas formaciones falten en diversos sectores. Las series sinorogénicas son formaciones clásticas y carbonatadas carboníferas depositadas al frente de los mantos y trasladadas con éstos inmediatamente después, al propagarse la deformación hacia las zonas más externas.

Se han establecido las siguientes zonas estructurales

- 1) Zona de Pliegues y mantos. La estructura es en forma de cabalgamientos, pliegues y otros tipos de fallas.

Este y NNE que son progresivamente plegados, verticalizando e invirtiendo las capas. Las series paleozoicas están casi completas. Esta zona está formada por varias unidades, como la Unidad de Somiedo-Correcilla, la de Aramo y la de Esla-Valsurvio. A su vez cada una de ellas está subdividida en varias escamas.

- 2) Zona de la Cuenca Central. Se caracteriza por la sedimentación potente de formaciones del Carbonífero inferior y medio, que alcanzan los 6.000 metros, apoyado sobre un conjunto delgado cambro-ordovícico.

- 3) Zona de Mantos o Unidad del Ponga. Es un gran manto, subdividido en varias escamas, plegado y caracterizado por series paleozoicas en las que faltan casi completamente las formaciones silúricas y devónicas.

- 4) Unidad de los Picos de Europa. Se trata de un conjunto de escamas imbricadas formadas por materiales carbonatados de edad carbonífera.
- 5) Unidad del Pisuerga-Carrión. Está caracterizada por tener una serie devónica de facies diferente al resto de la Zona Cantábrica, y por mostrar una serie carbonífera muy desarrollada. Estructuralmente forma una unidad cabalgante más externa que las anteriores.

La deformación comenzó primeramente en las unidades más internas (Unidades de Somiedo-Correcilla) durante el Westfaliense B-C (310 Millones de años) y terminó con el desplazamiento de la Unidad de los Picos de Europa durante el Kasimoviense-Gzeliense .

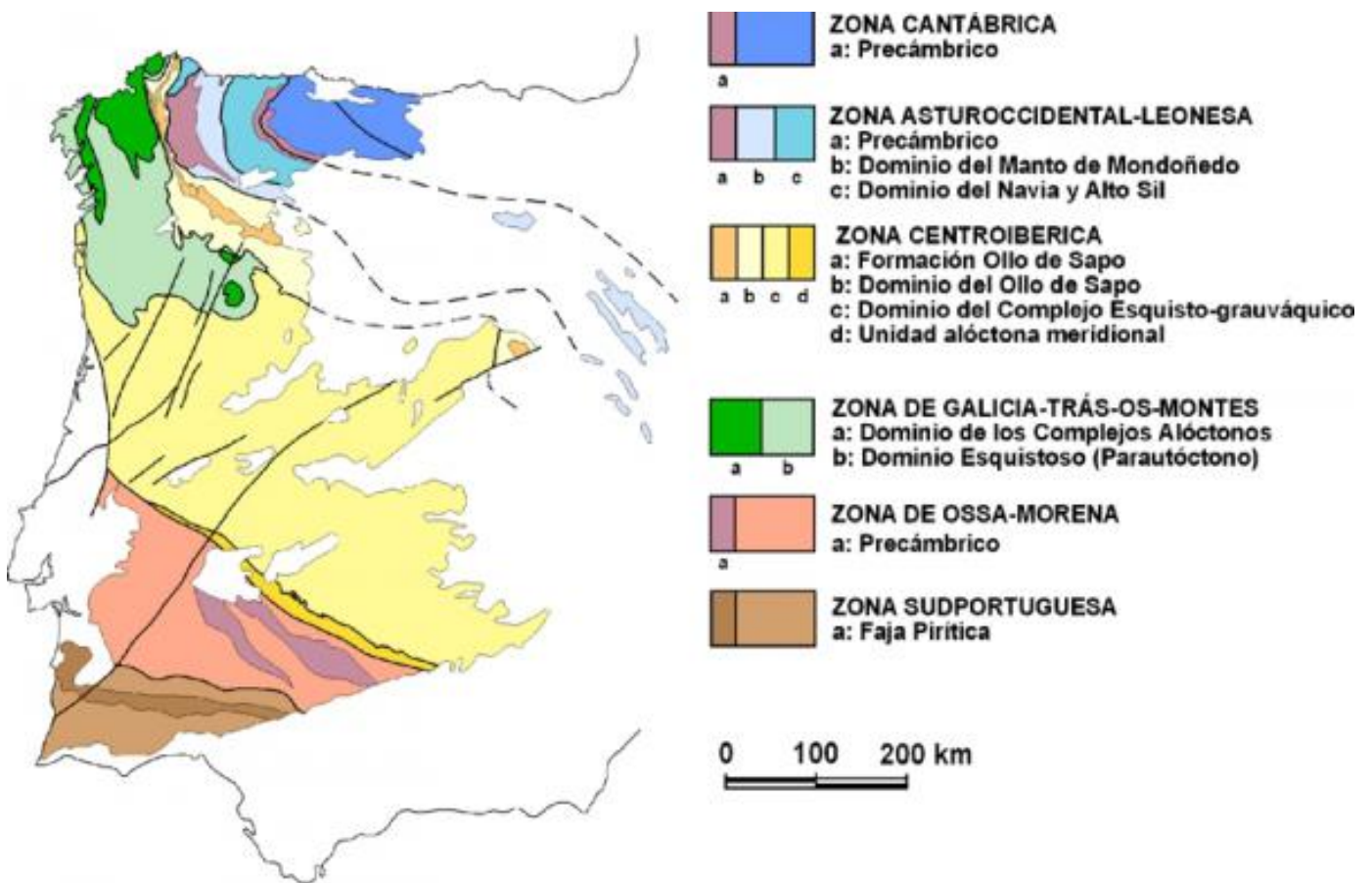


Fig 1.1 – Zonas del macizo ibérico

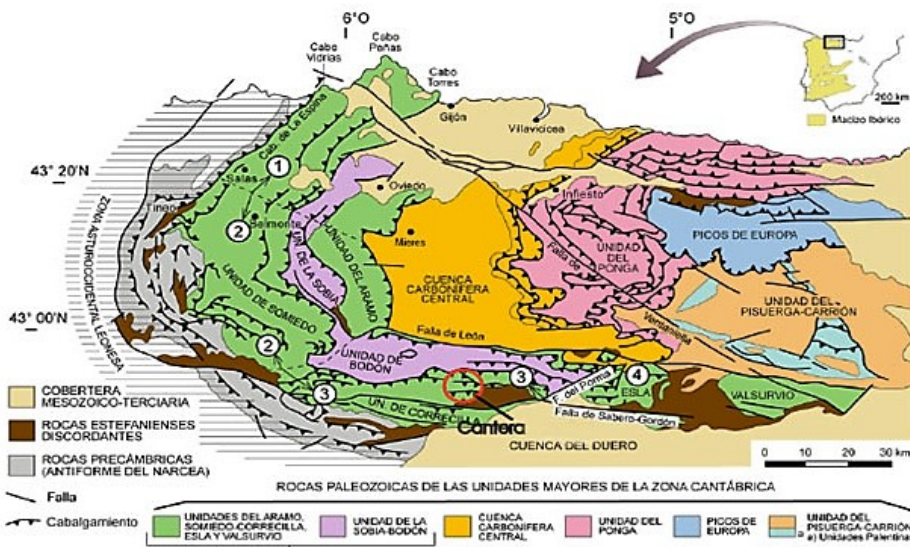


Fig 1.2 – Situación de la cantera y unidades tectónicas de la zona Cantábrica del Macizo Ibérico

1.4 ESTRATIGRAFÍA

Se encuentran formaciones paleozoicas pretectónicas que van desde la Formación Oville (Cámbrico superior-Tremadoc) hasta la Caliza de Portilla (Devónico superior), sobre las que en los alrededores de la localidad de Santa Lucía se disponen sedimentos posttectónicos del Estefaniense.

Formación Oville:

Está constituida por una sucesión de pizarras y areniscas frecuentemente galuconíticas cuyo espesor es muy variable (80 a 800 m), en general de pocos centenares de metros (unos 250 metros en la zona de la cantera), y con cuerpos de materiales ígneos básicos (diabasas) y con intercalaciones de cuarcitas a techo. El contenido en trilobites permite datarla como Cámbrico medio, entre Leoniense y Cesaraugustiense, a Ordovícico inferior (Tremadoc).

El depósito de esta formación se produjo en un contexto de movimientos tectónicos distensivos acompañados por vulcanismo básico. Aflora inmediatamente al norte de la formación de cuarcitas de Barrios en que se sitúa la cantera y en el área de Ciñera.

Formación Barrios (O2):

Está compuesta principalmente por cuarcitas claras (cuarzoarenitas) en bancos bien estratificados y/o masivos, con intercalaciones de limonitas y pizarras, así como algunos niveles

conglomeráticos. Esta formación es equivalente a la "Cuarcita armoricana" de otras regiones del Macizo Ibérico. Su espesor es de alrededor de 260 metros y contiene abundantes icnofósiles, con frecuentes Cruzianas, que dan una edad Tremadoc a Arenigiense. Se han reconocido tres miembros dentro del conjunto, separados por discontinuidades. La más importante se sitúa hacia la parte media de la formación, en el límite entre el Cámbrico y el Tremadoc, y es equivalente a la discordancia Toledánica. El medio sedimentario se supone que corresponde a una llanura trenzada de delta siliciclástico.

Esta es la formación que se explota en la cantera. Sobre ella formación se encuentra un conjunto de limonitas, pizarras, areniscas y carbonatos de edad incierta que son denominadas Capas de Getino e interpretadas como una serie condensada en la que están representados el Ordovícico medio y superior. No se diferencia esta unidad en el mapa geológico 1:25.000

Formación Formigoso:

Está separada de la cuarcita de barrios por una paraconformidad y está compuesta por una sucesión de limonitas, areniscas y pizarras negras más o menos limosas cuyo espesor varía entre 70 y 200 metros (160 metros en la zona próxima a la cantera). La edad es techo del Llandovery inferior a comienzo del Wenlock. El medio de sedimentación se ha interpretado como un medio inicialmente reductor que luego va pasando a un medio abierto, con aportes terrígenos dentro de una plataforma siliciclástica somera sometida a la acción de tempestades.

Formación San Pedro:

Constituye la unidad superior del Silúrico de la región y está compuesta por areniscas ferruginosas y pizarras que se organizan en tres miembros diferentes. El inferior está formado por areniscas rojas que pueden ser oolíticas, el medio por una alternancia de pizarras verdes y areniscas y el superior por una alternancia de pizarras negras y cuarcitas blancas. Su edad es Wenlock superior. El medio de sedimentación corresponde a una plataforma litoral poco profunda, inicialmente de alta energía (miembro de areniscas ferruginosas oolíticas) y después progresivamente a un medio más tranquilo probablemente debido a subsidencia. El alto contenido en hierro se ha interpretado como derivado de la erosión de materiales volcánicos subaéreos básicos meteorizados, vulcanismo que se ha relacionado con episodio tectónico de rifting.

Grupo La Vid: Formaciones Dolomías de Fermín y Calizas de Pedrosa:

Se trata de una secesión bien estratificada de dolomías grises o amarillentas con laminaciones, de microfacies wackestone, mudstone, y algunas intercalaciones de limonitas sobre las que se sitúan calizas y calizas margosas fosilíferas con alternancias de margas y lutitas. Su edad es Devónico inferior (Lochkoviense a Praguense).

El medio de sedimentación corresponde a una plataforma marina somera intermareal a sublitoral, en la que las Dolomías de Fermín representan una megasecuencia regresiva mientras que en la caliza de Pedrosa se inicia una etapa transgresiva. El conjunto alcanza un espesor de unos 220 metros.

Grupo La Vid: Formaciones Pizarras de Valporquero y Calizas de Coladilla:

Sobre la caliza de Coladilla se superpone una formación de pizarras pardas con lentejones escasos de calizas (Pizarras de Valporquero) a las que se superpone una formación de calizas detríticas rojizas alternantes con pizarras (Calizas de Coladilla). El conjunto de las dos formaciones refleja el paso de una megasecuencia regresiva a otra transgresiva, todo dentro de la plataforma somera homoclinal. La edad del conjunto se sitúa en el Emsiense inferior y parte baja del Emsiense superior y el espesor del conjunto de estas dos formaciones alcanza los 180 metros.

Formación Santa Lucía:

Esta formación está formada por calizas masivas y de color gris, con facies de wackestones, packstones y budstones. En la base aparecen calizas bioclásticas rojizas y por encima facies recifales muy fosilíferas, con estromatopóridos, corales, briozoos, braquiópodos y otros organismos fósiles, además de nódulos de sílex.

A techo se sitúan unas calizas grises masivas de aspecto brechoide y muy poco fosilíferas. El espesor total en la zona de la cantera es de 240 metros y la edad ha sido establecida como Emsiense superior a Eifeliense. El medio de sedimentación es una rampa marina de tipo rampa con fuerte desarrollo de arrecifes.

Formación Huergas:

Formada por pizarras negras nodulosas con intercalaciones de areniscas siempre muy bioturbadas y escasos lentejones calcáreos.

Representa una fuerte interrupción en la sedimentación carbonatada de la formación Santa Lucía por llegada masiva de sedimento terrígeno y se deposita en un ambiente de plataforma subsidente que da lugar a un medio ligeramente reductor. Su espesor es de unos 80 metros. La edad es Eifeliense a Giveteiense.

Formación Portilla:

Con esta formación se reanuda la sedimentación carbonatada de plataforma y recifal. A techo y a muro está formada por calizas y pizarras alternantes y en la parte media dominan las calizas masivas grises con facies mudstone, wackestone, graistone, bioclástico y oolítico, y budstone. El espesor es de unos 60-70 metros y su edad Givetiense a comienzo del Frasnense.

El medio sedimentario es una rampa carbonatada con una barrera de arrecifes bien desarrollada.

Estefaniense:

Entre Villasimpliz y Santa Lucía aflora un conjunto de sedimentos carboníferos, limitados por una falla de dirección E-W y pertenecientes al extremo occidental de la cuenca de Ciñera-Matallana. Corresponden a la Formación Cascajo y está formada por areniscas finas y lutitas arenosas depositadas en un medio lacustre. Hacia el techo hay algunas capas de areniscas fluviales

El espesor de esta formación en la cuenca es de unos 90-100 metros pero en esta zona aparece sólo una parte de la serie.

La edad es Estefaniense B.

Depósitos cuaternarios:

Los depósitos cuaternarios más desarrollados son los aluviales del río Bernesga, constituidos por gravas y arenas gruesas. Además hay algunos depósitos coluviales en las laderas.

Tectónica varisca:

El conjunto de formaciones sedimentarias paleozoicas está afectada por una tectónica de láminas de cabalgamiento o mantos de despegue que corresponden a la unidad de Somiedo-Correcilla, y más concretamente a la Unidad de Correcilla. Esta unidad aparece dividida por varios cabalgamientos limitada al norte por el cabalgamiento de Rozo y al sur por el cabalgamiento de Bregón, que la separa de otra escama situada al sur, la de Abelgas-Bregón.

Todavía otro cabalgamiento, situado inmediatamente al norte de la cantera, el cabalgamiento de Pozo, divide la escama de Aralla-Rozo en dos subunidades.

Las láminas de cabalgamiento muestran, además de los cabalgamientos principales y secundarios, grupos de pliegues que en general van paralelos a los cabalgamientos, salvo algunas excepciones. Las capas por ello han quedado en posición invertida, con buzamiento generalmente alto hacia el Norte.

En la escama de Aralla-Rozo el cabalgamiento basal es el de Rozo, situado fuera de la zona estudiada, hacia el Norte, siguiendo la base de la Formación Láncara, del Cámbrico inferior-medio, de tal forma que se trata de un rellano de techo que cabalga sobre el carbonífero situado al Norte, en la Unidad de La Sobia-Bodón. El cabalgamiento de Pozo está situado entre Villasimpliz y la cantera, y presenta al Este del río Bernesga un rellano de techo situado en la base de la Formación Oville, de tal manera que esta formación monta sobre un sinclinal en cuyo núcleo aflora el Grupo La Vid.

El sinclinal describe muestra hacia el Este un periclinal bien definido por las crestas en las formaciones Barrios, Formigoso y San Pedro. Hacia el Oeste del Bernesga el cabalgamiento de Pozo muestra un anticlinal de rampa de techo, con la formación Oville en el núcleo, que cabalga sobre un rellano de muro en el flanco norte del sinclinal de Villasimpliz. Las capas en este sector a un lado y otro del cabalgamiento de Pozo buzan, invertidas, entre 50º y 70º al Norte y llevan una dirección próxima a E-W. Por el sur el Cabalgamiento de Bregón da paso a la

escama de Abelgas- Bregón. Este cabalgamiento es fosilizado por los materiales del Estefaniense de la cuenca de Ciñera-Matallana, y su traza va ligeramente oblicua a la dirección de las distintas formaciones.

Este que pasa hacia el Oeste a una rampa de muro sobre la formación Santa Lucía. Todo el sector de esta escama situado inmediatamente al sur del cabalgamiento de Bregón está afectado por pliegues de dirección E-W y semilongitud de onda variable, entre kilométrica y hectométrica. Estos pliegues longitudinales a los cabalgamientos han sido interpretados como formados en relación con los cabalgamientos pero fueron también nuevamente apretados durante una etapa de acortamiento N-S, que es la misma que formó la estructura de la unidad de los Picos de Europa.

Un grupo de fallas de dirección E-W situado inmediatamente al Norte de Santa Lucía trastoca la estructura y controla el afloramiento de los sedimentos Estefanienses. Estas fallas enlazan hacia el Este, en la Cuenca de Ciñera- Matallana, con un accidente importante, el accidente de Sabero-Gordón, que es probablemente un cinturón de desgarre.

No se ha desarrollado durante la deformación varisca una fábrica tipo esquistosidad en las formaciones paleozoicas, por lo que la deformación interna ha sido muy baja. Por el contrario existe una red de fracturación frágil, que determina varias familias de diaclasas sistemáticas en todos los macizos de roca y que puede relacionarse con episodios tectónicos tardivariscos o incluso alpinos.

1.5 GEOMORFOLOGÍA

La cantera de Villasimpliz se sitúa en una región montañosa en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, con una topografía muy accidentada y altitudes entre 1.750 en las cumbres próximas. Como consecuencia de este relieve, del clima y de las características litológicas de las formaciones paleozoicas en la zona están activos en la zona procesos relacionados con la dinámica fluvial, la dinámica de laderas, los procesos de periglaciario y los procesos kársticos.

La forma de los relieves está en gran medida impuesta por los contrastes litológicos entre formaciones, de tal manera que las formaciones pizarrosas o lutíticas (Formaciones Oville, Formigoso, Pizarras de Valporquero, Huergas), más blandas, dan zonas deprimidas mientras que las formaciones duras y poco erosionables de cuarcitas, areniscas o calizas (Cuarcita de

Barrios, Arenisca de San Pedro, Calizas de Santa Lucía y Formación Portilla), dan crestas y relieves altos. La estructura determina también la orientación de estos relieves, de tal manera que las sierras y cerros se orientan según la dirección E-W y la distribución de áreas deprimidas y elevadas.

El valle del río Bernesga corta perpendicularmente esta estructura y tipografía mientras los valles secundarios de los ríos y arroyos tributarios se disponen paralelamente a las capas, normalmente sobre las formaciones blandas. En el fondo del valle se desarrollan depósitos aluviales, más anchos cuando el río cruza los relieves en rocas duras. Algunos abanicos y conos de deyección completan las formas debidas a la dinámica fluvial.

En las laderas la caída de bloques, los deslizamientos en masa, la reptación de ladera y la arroyada mantienen la evolución de las laderas en la zona. Algunos depósitos aluviales poco importantes se han formado en algunas laderas, por su pequeño tamaño.

Respecto a los procesos kársticos en la zona alrededor de la cantera no se han observado grandes formas, ni dolinas, ni úvalas ni otras formas características que, fuera de esta zona, se encuentran mejor desarrolladas. No obstante a pequeña escala las formaciones carbonatadas, esencialmente las calizas de Santa Lucía y las de Portilla presentan fenómenos kársticos por disolución a escala menor.

En la zona de La Gotera, donde se sitúa la cantera, el rasgo más destacable es la formación de un pequeño cañón o estrechamiento del valle del Bernesga de la cresta al cortar el río la dura y poco erosionable Cuarcita de Barrios. A ambos lados de esta formación se han formado sendas depresiones sobre los materiales de las pizarras de Formigoso y la formación Oville.

1.6 GEOLOGÍA DE DETALLE A ESCALA 1:2.000

El estudio de detalle de la cantera se ha realizado sobre la base del plano de labores. Las cuarcitas actualmente en explotación afloran en la dirección N100°E y corresponden a la formación Barrios.

El sector norte de los frentes hasta el Arroyo de las Fuentes, junto con la zona en la que los caminos suben a los bancos altos, corresponde a la formación Oville. Inmediatamente al norte del arroyo de las Fuentes, a unos 180 metros, se sitúa el cabalgamiento de Pozo, que da paso al sinclinal con núcleo de materiales del Grupo La Vid y Areniscas de San Pedro. Por lo tanto la

sucesión de materiales en la zona de la cantera va la formación Oville a la cuarcita de Barrios, al sur del cabalgamiento, y San Pedro y La Vid al norte de esa estructura.

La estructura es sencilla, con las formaciones Oville y Barrios buzando fuertemente hacia el Norte, formando el rellano de techo del cabalgamiento de Bregón. Al Norte, en el muro del cabalgamiento, la estructura es en forma de sinclinal.

1.6.1 Descripción de los materiales

Formación Oville: Miembro Adrados:

Aflora al sur del cabalgamiento de Bregón, en la zona septentrional de la zona de frentes. Está formada por lutitas y limonitas verdes con intercalaciones de areniscas ligeramente micáceas con glaucomita, en bancos decimétricos con bioturbación. La potencia visible es de unos 180-200 metros. El medio de sedimentación es una plataforma interna con secuencias de somerización. La edad es Cámbrico superior.

Formación Oville: Miembro La Barca:

Aflora inmediatamente al sur de la unidad anterior con un espesor de unos 80 metros. Está constituida por una alternancia de areniscas puras (cuarzoarenitas) y lutitas en bancos bien definidos. Contienen abundantes icnofósiles y su sedimentación se realiza en un medio litoral somero con aportes periódicos de tipo aluvial de carácter de sheet flood. En líneas generales corresponde a una megasecuencia regresiva, denominada miembro La Barca, cuyo paso a la formación Barrios se progresiva, sin ninguna discontinuidad entre ellas. Su edad es Cámbrico superior.

Formación Barrios: Miembro La Matosa:

La formación Barrios comienza con un miembro (Miembro La Matosa) formado por cuarzoarenitas blancas en bancos bien estratificados con alguna intercalación lutítica y limolítica y con algún nivel con contenido en glauconita.

Contiene icnofósiles (Cruziana, Skolithos) y lingúlidos y el espesor es normalmente de 100 a 115 metros. Son muy abundantes las estructuras sedimentarias (ripples, estratificación

cruzada de bajo ángulo, laminación paralela). Esta unidad constituye una megasecuencia granocreciente regresiva en la que se pasa hacia arriba de cuarzoarenitas finas de la base a arenitas de grano grueso e incluso microconglomeráticas. El paso desde la Formación Oville a esta unidad es progresivo, manteniendo la presencia de capas de cuarzoarenita en las que se interpreta un cambio de medio deposicional, desde sedimentos de "Sheet flood" aluviales distales alternantes con depósitos litorales de baja energía a depósito de sheet flood dominantes que hacia arriba culminan con depósitos de canales fluviales trenzados con algunos episodios transgresivos marcados por niveles bioturbados y con Skolithos.

El paso progresivo de la parte alta de la Formación Oville a la unidad La Matosa y su litología hacen que sea muy difícil diferenciar en el campo ambas formaciones, y por ello, siguiendo el criterio definido en el estudio de homologación de 2001, no se diferencian en la cartografía 1:2.000 ambas unidades, únicamente la parte más alta de esta unidad, en la se separan los 35 metros finales, caracterizada por presentar capas gruesas de cuarcitas sin intercalaciones lutíticas.

Formación Barrios: Miembro Tanes:

Está constituido por una sucesión de bancos de cuarcitas blancas que corresponden a cuarzoarenitas, con algunos niveles microconglomeráticos, bien estratificadas en la parte basal y en el resto muy masivas. Los bancos masivos que forman el grueso de esta unidad carecen totalmente de estructuras sedimentarias e icnofósiles.

Forma una secuencia granodecreciente transgresiva en la que se han interpretado los medios sedimentarios como paso de sedimentos fluviales entrelazados hacia arriba a facies lacustres y depósitos de lagoon. El contacto con la unidad La Matosa es una discontinuidad importante que se ha considerado equivalente a la discordancia sárdica.

La fábrica de estas rocas es granoblástica inequigranular, formada por un mosaico inequigranular interlobulado de granos de cuarzo equidimensionales e inequidimensionales, estos últimos ligeramente orientados. Los bordes de grano evidencian cierta interpenetración y son de tipo lobulado. Los granos varían de tamaño entre 0,1 y 0,7 mm (2,5 mm en los niveles de grano grueso) y están formados por cuarzo filoniano o de origen granítico con alguno más

escaso metamórfico de tipo mosaico orientado de recristalización dinámica (ameboides de grano muy fino) y muy escasos de lidita.

Contienen moscovita accesoria, aparte de circón, apatito, anatasa, turmalina y opacos, el espesor de esta unidad es de unos 160 metros y su disposición subvertical.

Formación San Pedro:

Aflora al norte del cabalgamiento de Bregón, en el fondo de un sinclinal que cierra con un periclinal por el Este. Está constituida esta formación por areniscas rojas muy ferruginosas, areniscas con oolitos ferruginosos, cuarcitas rojizas e intercalaciones de lutitas y limonitas. El medio es una plataforma litoral somera.

Grupo La Vid:

Corresponde esta unidad a las formaciones carbonatadas basales del grupo, la dolomía de Fermín y la Caliza de Pedrosa. Son dolomías grises y amarillas bien estratificadas, con laminaciones de algas y de ripples en intercalaciones de margas y alguna limonita. A techo pasa a calizas margosas con intercalaciones de margas. El medio es marino somero, probablemente una plataforma epicontinental en rampa. Generalmente presenta abundantes pliegues cuya formación es facilitada por el carácter bien estratificado.

1.6.2 Materiales antrópicos

Comprende todos los materiales debidos a la actividad en los frentes, como bloques caídos y acumulaciones temporales de material arrancado, así como los materiales en terraplenes en los caminos y en la planta.

1.6.3 Tectónica

La estructura varisca en la zona del entorno de la cantera se relaciona con el cabalgamiento de Bregón, un falla que cruza el área al norte de la cantera separando al norte los materiales del Silúrico y Devónico, representados por la formación San Pedro y el Grupo La Vid, que definen un sinclinal. Al sur se localizan las formaciones Oville y Barrios, esta última la que se explota en la cantera. Ambas formación aparecen formando el flanco de una estructura anticlinal cuyo

cierre periclinal se localiza hacia el Oeste, se trata de un pliegue de rampa de techo en cuyo núcleo aflora la formación Oville. Las capas en la cantera llevan una dirección de 110° y buzan hacia el Norte entre 50 y 80° , de tal manera que la serie está en posición invertida.

Esta posición invertida se demuestra a partir de estructuras sedimentarias que indican polaridad de la serie, como la estratificación cruzada en capas de areniscas. El fuerte buzamiento de las cuarcitas y su resistencia a la erosión provocan unas condiciones de topografía enérgica, con fuertes pendientes y un relieve elevado de los materiales de interés.

Las capas masivas del miembro Tenes están a la vez fuertemente afectadas por fracturación frágil en forma de varias familias o lotes de diaclasas que confieren al macizo de roca su aspecto característico de bloques limitados por un sistema de juntas sistemáticas.

2 ESTUDIO PETROGRÁFICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este estudio de renovación se han estudiado sobre lámina delgada cinco muestras de cuarcita tomadas del balasto elaborado para los ensayos de laboratorio y así poder definir con precisión la composición y la clasificación de las rocas que se encuentran en la cantera. Se ha realizado también un estudio cuantitativo de la composición mineralógica en una muestra, calculando lo que se denomina composición modal de la roca. Las muestras se sitúan en el plano geológico-geotécnico y han sido estudiadas desde el punto de vista textural y mineralógico cualitativo.

Todas las muestras presentan una composición mineralógica muy uniforme, por lo que el estudio cuantitativo es suficientemente representativo con una muestra. Todas las muestras han sido analizadas con la platina integradora, para determinar la composición mineralógica cuantitativa y refinar la clasificación petrográfica.

La situación de las muestras y sus características se muestran en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 - Características de las muestras para estudio petrográfico

Número	Localización	Litología
Z-1	Lado oeste	Cuarcita
Z-2	Lado central	Cuarcita
Z-3	Lado este	Cuarcita
Z-4	Lado oeste	Cuarcita
Z-5	Lado este	Cuarcita

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

2.2.1 Muestra Z-1

Clasificación: Cuarcita: Cuarzo arenita

Textura: Granoblástica inequigranular. La roca está formada por un mosaico de granos de cuarzo equidimensionales e inequidimensionales, estos últimos algo orientados, que procede del esqueleto detrítico por compactación.

Disolución por presión e interpenetración de unos granos en otros. Los bordes de granos son de tipo variable, predominantemente entre rectos y ondulados y en algunas caras de los granos lobulados. No hay prácticamente ningún hueco entre los granos de cuarzo, únicamente alguno muy escaso y pequeño, siempre relleno con agregados de micas blancas. Los granos varían de tamaño entre 0,1 y 0,7 mm, indicando muy buena clasificación, y están formados por cuarzo filoniano o de origen granítico con alguno más escaso metamórfico de tipo mosaico orientado de recristalización dinámica (cuarzo milonítico). Se observa moscovita, generalmente como placas en general muy pequeñas, situadas en los límites entre granos de cuarzo.

Composición mineral:

Cuarzo. Cristales simples incoloros con borde lobulado que pueden aparecer sin señales de deformación o con clara evidencia de deformación plástica, con extinción ondulante y subgranos muy evidentes. Se observan también granos compuestos, de tipo milonítico, formados por mosaicos de recristalización dinámica.

Moscovita: Aparecen en mucha menor proporción que el cuarzo, como pequeñas placas entre los bordes de granos de cuarzo, algunos escasos cristales de tamaño más grande y, finalmente, algunos agregados de cristales muy finos rellenando algunos huecos entre varios granos de cuarzo.

Minerales accesorios

Circón, Apatito, Turmalina, Rutilo (incluido en cuarzo).

2.2.2 Muestra Z-2

Clasificación: Cuarcita: Cuarzo arenita.

Textura: Granoblástica inequigranular. La roca está formada por un mosaico inequigranular bien clasificado, bimodal de granos de cuarzo. Los granos varían de tamaño entre 0,25 y 8,0 mm, tienen unos bordes rectos, ondulados y a veces parcialmente suturados y son principalmente simples, de cuarzo ígneo y algunos compuestos, claramente metamórficos deformados, formados por mosaicos con orientación preferente. La moscovita está deformada entre granos de cuarzo y el mineral de arcilla rellenando pequeños huecos de sección triangular. Son muy abundantes los óxidos de hierro de color marrónrojizo a negro en toda la lámina, situado entre bordes de granos de cuarzo.

Composición mineral:

Cuarzo. Cristales incoloros con borde recto a ondulado, con tamaños dominantes entre 0,25 y 0,3 mm y otros algo mayores, hasta 0,8 mm. Se observan granos limpios, sin deformación aparente y granos algo menos abundantes, deformados, con extinción ondulante y lamelas de deformación, o incluso claros subgranos. Los cuarzoes miloníticos, menos abundantes aunque sí muy conspicuos, presentan mosaicos de recristalización dinámica.

Moscovita: Cristales poco abundantes grandes, de 0,7 mm, dispuestos entre granos de cuarzo y en general doblados al adaptarse a los bordes de granos de cuarzo vecinos. También en agregados muy finos en algún hueco, muy escaso y pequeño entre varios granos de cuarzo.

Minerales accesorios:

Circón, Apatito, Turmalina, Opacos, Epidota.

Minerales secundarios:

Óxido de hierro, mineral de arcilla.

2.2.3 Muestra Z-3

Clasificación: Cuarcita: Cuarzo arenita.

Textura: Granoblástica inequigranular. La roca está formada por un mosaico de granos de cuarzo equidimensionales e inequidimensionales, de entre 0,1 a 0,3 mm entre los que destaca un número menor de granos mayores, de 0,5 a 0,9 mm.

Los bordes de los granos evidencian interpenetración por fenómenos de disolución por presión y son de tipo recto, ondulado y localmente lobulado.

La moscovita aparece como placas muy pequeñas situadas entre granos de cuarzo y localmente como algún cristal mayor, deformado.

Composición mineral:

Cuarzo: Cristales incoloros, con borde recto, que pueden aparecer sin señales de deformación o como un mosaico de granos de recristalización dinámica (cuarzo milonítico). El tamaño es bimodal, con una matriz de granos entre 0,1 y 0,3 mm sobre la que destacan granos algo mayores, entre 0,5 y 0,9 mm. Hay granos sin deformar y granos deformados con subgranos y más escasamente granos con recristalización dinámica.

Moscovita: En esta lámina la moscovita aparece con carácter muy accesorio y tamaño menor que en las otras muestras, en forma intersticial entre granos de cuarzo.

Minerales accesorios

Apatito, Turmalina, apatito, epidota, anfíbol, rutilo.

2.2.4 Muestra Z-4

Clasificación: Cuarcita: Cuarzo arenita.

Textura: Granoblástica inequigranular. La roca está formada por un mosaico de granos de cuarzo equidimensionales e inequidimensionales, de entre 0,1 a

0,9 mm, interpenetrados unos contra otros. Los bordes de los granos evidencian interpenetración por fenómenos de disolución por presión y son de tipo recto, ondulado y en raras ocasiones lobulados. La moscovita aparece como pajuelas muy pequeñas, entre granos de cuarzo, algún raro cristal mayor, deformado, y algunos agregados desflecados rellenando ciertos escasos espacios entre grupos de varios granos de cuarzo.

Composición mineral:

Cuarzo. Cristales simples con borde recto, que pueden aparecer sin señales de deformación o como un mosaico de granos de recristalización dinámica. El esqueleto está bien seleccionado, con tamaños entre 0,1 y 0,7 mm, con algún grano menos abundante algo mayor. Se observan granos ígneos sin deformar y granos deformados con extinción ondulante y subgranos. Algunos granos metamórficos, compuestos presentan mosaicos de recristalización dinámica.

Moscovita: Aparece con carácter accesorio y muy pequeño tamaño, en general con carácter intersticial entre granos de cuarzo, orientados en varias direcciones paralelamente a dichos bordes.

Minerales accesorios:

Apatito, Turmalina, apatito.

2.2.5 Muestra Z-5

Clasificación: Cuarzita: Cuarzo arenita.

Textura: Granoblástica inequigranular. Roca formada por un mosaico de granos de cuarzo equidimensionales e inequidimensionales, de entre 0,1 a 0,9 mm dando un esqueleto bien seleccionado. Los bordes de los granos evidencian interpenetración por fenómenos de disolución por presión y son de tipo recto, ondulado y localmente lobulado.

Contiene también moscovita que aparece como pajuelas muy pequeñas entre granos de cuarzo, también algún cristal mayor y algunos agregados de tamaño muy pequeño.

Composición mineral:

Cuarzo. Cristales simples, con borde recto, predominantemente no deformados pero también abundantes cristales deformados, con extinción ondulante o bien con claros subgranos. Algunos granos con un mosaico de granos de recristalización dinámica (cuarzo milonítico).

Moscovita: Carácter muy accesorio, intersticial entre granos de cuarzo.

Minerales accesorios

Apatito, Turmalina, apatito, rutilo.

2.3 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA CUANTITATIVA

Se ha estudiado la muestra Z-1 mediante la platina integradora, realizándose un contaje de puntos sobre la lámina delgada. A partir del número de puntos en que aparece cada mineral se obtiene la frecuencia de cada mineral en superficie, lo que es proporcional a la frecuencia en volumen en la roca. Se han tomado en el contaje el cuarzo, la moscovita y el resto de minerales accesorios.

Tabla 2.2 – Composición mineralógica cuantitativa

Mineral	Cuarzo	Moscovita	Resto Accesorios y secundarios
Porcentaje	99,5 %	0,40 %	0,10 %

Como se observa la moscovita es también un mineral por su porcentaje accesorio. Esta composición corresponde a una roca sedimentaria detrítica de tamaño de grano de arena, por lo tanto una samita, que está formada casi en su totalidad por clastos de cuarzo mientras que los demás minerales, moscovita y minerales pesados accesorios (circón, apatito, , rutilo, turmalina, opacos, otros) aparecen en un porcentaje bajísimo. Se trata por lo tanto de un cuarzo arenita que por su estado de diagénesis y consistente trabado entre granos es una cuarcita sedimentaria.

La mayor parte del cuarzo corresponde a granos monocristalinos pero hay un número más reducido que pertenecen a rocas con cuarzo anteriores, todas ellas deformadas y en ocasiones con clara evidencia de recristalización dinámica.

2.4 CONCLUSIONES MINERALÓGICA

El estudio de las muestras tomadas en los frentes de la cantera permite precisar la clasificación de estas rocas y conocer varios aspectos texturales y estructurales, así como algún detalle de su meteorización. Las muestras estudiadas muestran una gran homogeneidad y las diferencias mayores están en el grado de alteración. Las observaciones realizadas en las láminas delgadas conducen a las siguientes conclusiones:

- a) Las rocas que se explotan en la cantera de Villasimpliz son cuarcitas, clasificables petrográficamente en función de su composición como Cuarzo arenitas, originadas por diagénesis de arenas cuarzosas muy puras.
- b) La composición mineral alcanza el 99,5 % de cuarzo, el 0,5 o 1 % de moscovita y minerales accesorios, como turmalina, apatito, circón, rutilo y más raramente anfíbol.
- c) La fábrica de la roca es granoblástica heterogranular con bordes de granos rectos, ondulados y lobulados o suturados. El tamaño de granos es en general menor de 1 mm, oscilando entre 0,1 y 0,5 mm, si bien en alguna muestra los tamaños hasta 0,9 mm que destacan sobre la matriz más fina.
- d) Los cuarzos con inclusiones de apatito y rutilo y circón proceden probablemente de rocas metamórficas, y lo mismo los granos con mosaicos de granos de recristalización dinámica en una pequeña parte de clastos. Los cuarzos más limpios o con inclusiones muy pequeñas de minerales prismáticos y bandas de inclusiones fluidas son ígneos.
- e) El proceso de formación de la roca durante la diagénesis incluye recrecimiento con cuarzo de granos clásticos de cuarzo, eliminación de huecos, disolución por presión que da bordes de geometría variable, deformación moderada de granos, produciendo extinción ondulante, y migración moderada de bordes de grano en algunos contactos, dando bordes ondulados suturados.

Muchas de las señales de deformación más intensa son anteriores a la sedimentación, como los mosaicos de recristalización dinámica y muchas estructuras de tipo subgrano.

- f) Estas rocas muestran una alteración muy poco importante, con formación en ocasiones de óxidos de hierro, concentrado sobre anteriores accesorios opacos y bordes de granos y los escasos y pequeños huecos rellenos de filosilicatos. Estos procesos de alteración con

formación de óxidos afectan de forma muy desigual a la roca, que en ocasiones en lugar de su color blanco característico adopta unos tonos rosados.

g) La composición mineral de estas rocas, constituida por mayoritariamente por cuarzo, con muy pequeña proporción de otros silicatos, hace que no sean propensas a presentar ninguna reactividad frente a los álcalis. Los clastos de lidita, que son los únicos componentes que podían dar alguna reactividad, pero aparecen en muy escasa proporción (<1% en las muestras estudiadas) y por ello no deben influir en el comportamiento de la roca. Para establecer esta falta de reactividad frente a los álcalis de las muestras tomadas. Aportamos los resultados de un ensayo realizado sobre una muestra, la nº 501 como se muestra en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 – Parámetros químicos de la muestra nº 501

	24 horas	48 horas	72 horas
SiO ₂ (nmol/l)	45,94	68,91	87,72
Na ₂ O (nmol/l)	2242,35	1885,66	1592,05
SiO ₂ /Na ₂ O	0,0211	0,0370	0,0536

3 ANALISIS GEOTÉCNICO Y SECTORIZACIÓN DE LA CANTERA

Con objeto de eliminar frentes con roca de baja calidad o resaltar aquellos que reúnen mejores condiciones dentro de la cantera, es necesario hacer una sectorización de los frentes, para lo cual es preciso combinar los datos geotécnicos del macizo con los resultados de los ensayos de laboratorio.

Las condiciones geotécnicas determinan la estabilidad de los frentes de explotación y por lo tanto influyen en la estrategia de avances y en los ratios de producción. Así como las condiciones de estabilidad de los bancos durante la explotación. La presencia de agua en el macizo puede condicionar la estabilidad geotécnica y dificultar las labores de explotación.

El comportamiento geotécnico del macizo rocoso depende de la calidad geotécnica de la roca matriz, que se determina mediante alguno de los ensayos de laboratorio, así como de las observaciones en detalle de las condiciones del macizo en afloramiento (si es posible en sondeos y calicatas), del grado de alteración de la roca y también de la estructura, fracturas,

fallas etc. determinado mediante el análisis sistemático en campo de su orientación, situación y condición. Al estar el macizo cortado por varias familias de fracturas sistemáticas (diaclasas y fallas menores) el comportamiento geomecánico a macro escala depende casi completamente de la distribución de dichas discontinuidades en el macizo y de sus características. En efecto, la roca matriz presenta en general, con la excepción de la montera de alteración y zonas locales con mayor grado de trituración y alteración, una resistencia adecuada a la rotura por lo que la potencial inestabilidad de los taludes se debe a las inferiores condiciones resistentes de planos de discontinuidad del macizo (menor rozamiento y cohesión, presencia de agua, etc).

En este capítulo se aborda por lo tanto, primero una descripción geotécnica de las condiciones del macizo rocoso en su conjunto indicando todos los factores que pueden intervenir en su comportamiento geotécnico, el problema de la estabilidad geotécnica o geomecánica de los frentes y después la incidencia del comportamiento hidrogeológico del macizo rocoso en la zona de la cantera. Finalmente se termina con una sectorización geotécnica con vistas a identificar y separar la zona apta para la explotación para balasto.

Se ha realizado con estos objetivos un estudio de la red de fracturación siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) y su posterior análisis en términos de estabilidad de taludes. Con las medidas estructurales se han construido diagramas de frecuencia sobre proyección estereográfica y con ello se han definido, consiguientemente, las familias en que se agrupan las juntas y sus orientaciones preferentes.

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MACIZO ROCOSO

El macizo rocoso en que se sitúa en la cantera en su conjunto está constituido fundamentalmente por cuarcitas de la formación Barrios que dan un afloramiento continuo de roca nada o muy poco meteorizada, con apenas suelo o montera en sectores muy restringidos, formado por cuarcita con los planos de diaclasa muy abiertos y los bloques separados, dando así lugar a una disgregación del macizo esencialmente mecánica. La alteración meteórica es muy escasa consistiendo en una oxidación a lo largo de planos de diaclasa que localmente penetra unos milímetros o varios centímetros. Se puede clasificar la meteorización del macizo como de grado I o grado II (óxido en las juntas).

3.1.1 Resistencia

Según la resistencia estimada en el campo (varios golpes del martillo del geológico) y mediante la estimación de los ensayos de laboratorio (ensayos de Franklin), todas las rocas que forman

la cantera se pueden considerar como rocas de extremadamente duras a muy duras, con unos valores de resistencia a la compresión simple comprendidos entre 2000 y 3000 kg /cm². Siguiendo otro criterio, el de valoración del índice de calidad de las rocas, el índice RMR (rock mass rating), que depende de los factores intrínsecos de la roca y del grado de fracturación, se obtiene que este material tenga valores de entre 60-80, que corresponden a roca de buena calidad. Esta característica permite estimar algunos parámetros de la roca: cohesión aproximada de 4 kp/cm², ángulo de rozamiento interno próximo a entre 30 y 45º y un módulo de Young medio de alrededor de 80 GPa.

3.1.2 Estado de fracturación

Como se ha indicado anteriormente, la calidad geomecánica del macizo rocoso descrito está perturbada por la presencia de varios tipos de discontinuidades que favorecen la rotura y la escasa alteración de los materiales.

El macizo explotable de la cantera está afectado por varias familias de diaclasas, tanto sistemáticas como no sistemáticas. Dentro de las sistemáticas existen tres familias principales de diaclasas muy perceptibles y una familia de juntas mucho más importante constituida por los planos de estratificación de las cuarcitas. La orientación de estas familias de planos y la mayor parte de las intersecciones entre ellos, posibles cuñas, se inclinan hacia el interior del talud, por lo que son estables. Únicamente hay una cuña posible entre la estratificación y la principal familia de diaclasas que puede dar una cuña inestable, tal como se establece más adelante.

3.1.3 Alteración de los materiales rocosos

El conjunto del macizo rocoso está en el grado de alteración I o alteración II, cuando la oxidación ha penetrado ligeramente en la roca, desde unos milímetros hasta varios centímetros, esto último se observa sólo muy localmente.

En el macizo de roca prácticamente no tiene montera de alteración dado han dominado los procesos mecánicos de apertura de diaclasas y planos de estratificación, dando lugar a un desarrollo local de una capa de no más de medio metro de cuarcita en bloques separados y desorientados con muy poco material fino.

3.1.4 Montera

La montera está separada de forma muy nítida de la roca fresca. Presenta un espesor de unos 0,5 y es visible únicamente en zonas muy locales. El material está casi fresco, únicamente oxidado a lo largo de las juntas y al disgregarse el macizo en bloques y cantos se origina también una fracción fina que rellena huecos.

3.1.5 Descripción de la red de fracturación

Dado que la explotación de la cantera se verifica mediante extracción de roca a cielo abierto, la morfología inicial de la zona de cantera se modifica, sobre todo en lo que se refiere a las pendientes naturales. En los frentes se crean nuevas pendientes, los taludes de los bancos, cuya estabilidad depende de la pendiente y de la resistencia del macizo.

El rendimiento económico de la explotación obliga a optimizar el laboreo para que el gasto en las voladuras, el movimiento de tierras y la extracción del material sean mínimos. En este planteamiento entran en conflicto la obtención de pendientes tan altas como sea posible dentro de un margen de seguridad y las condiciones geológicas intrínsecas del macizo. El conocimiento de estos condicionantes geológicos permite identificar los posibles problemas que se pueden presentar.

En los sectores menos densamente fracturados los tipos de inestabilidad serán o roturas en bloque, a lo largo de un plano de discontinuidad buzando hacia afuera del talud, o roturas en cuña, a lo largo de la combinación de dos discontinuidades cuya intersección sale hacia fuera del talud. El equilibrio se pierde cuando la componente tangencial del peso de un bloque de roca limitado por discontinuidades supera la resistencia al deslizamiento. Esta resistencia viene dada por la cohesión y el rozamiento (rugosidad o relleno) a lo largo de la discontinuidad de potencial rotura.

La componente tangencial del peso dependerá del tamaño del bloque de roca, de su buzamiento y de los parámetros resistentes de la roca a lo largo de la discontinuidad.

El tamaño del bloque depende del número de familias de discontinuidades, de la frecuencia de planos en cada una o, dicho de otra forma, de su espaciado y de la altura de los taludes (esta última al limitar un tamaño máximo). La resistencia depende de cierto número de rasgos geomecánicos de los planos de discontinuidad, tales como la cohesión, la ondulación, el rozamiento, la presencia de rellenos, grado de alteración y presencia de agua.

La posibilidad de deslizamiento de bloques o cuñas dependerá también de la orientación respecto a los taludes. Así únicamente deslizan aquellos bloques que se sitúen sobre una discontinuidad que sale por el talud buzando hacia afuera y las cuñas cuya intersección tengan una orientación apropiada respecto al talud. También se pueden producir caídas y desprendimientos de bloques de tamaño medio o pequeño controlados especialmente por discontinuidades no sistemáticas.

Tomando en consideración estos principios se han seguido los siguientes pasos en el estudio de estabilidad:

- Las fracturas han sido medidas en superficie en los diferentes bancos intentado cubrir todos los aspectos de la cantera y posteriormente se han agrupado por familias, teniendo cada familia una misma orientación.
- Una vez representados los datos de orientación de cada discontinuidad en proyección estereográfica y conocida la relación geométrica de las familias de diaclasas sistemáticas existentes, se ha realizado un análisis de estabilidad en función de la orientación de las discontinuidades. No se han realizado observaciones sistemáticas de espaciado, continuidad o rugosidad y por ello no se han introducido en el análisis, que sólo ha tratado de verificar la posibilidad de posibles inestabilidades pero sin llegar a dar coeficientes de seguridad.

3.1.6 Agua

No se ha observado flujo permanente de agua o filtraciones a lo largo de planos de discontinuidad, por lo que únicamente se espera que la red de discontinuidades tenga un flujo local, poco importante en los días de fuertes lluvias. La presencia de óxidos a lo largo de los planos de diaclasa evidencia, sin embargo, que efectivamente ha habido un flujo de agua en el pasado que actualmente sólo tiene un carácter muy temporal y limitado.

3.2 SECTORIZACIÓN DE LA CANTERA

Las diferentes características de los frentes y bancos de la cantera cuando se consideran el grado de meteorización del macizo, los resultados de los ensayos de laboratorio y los problemas de inestabilidad detectados, son la base para sectorizar el conjunto de la cantera, destacando los frentes que reúnen buenas condiciones geotécnicas y aislando aquellos que no reúnen las condiciones para la homologación.

Los problemas de inestabilidad geotécnica de los taludes de los bancos, en los frentes Oeste y Norte, no influyen de manera decisiva en la sectorización pero imponen la necesidad de proceder con cuidado para evitar accidentes. Por el contrario, el factor determinante de la calidad de la roca es la meteorización, junto con el grado de fracturación del macizo, que controla localmente el grado de penetración en el macizo de roca.

La meteorización procede de arriba a abajo, pero es de muy poca potencia y de carácter muy discontinuo, por lo que no es un criterio, en este caso, para sectorizar en este caso la cantera.

La estructura, tanto en lo que toca a la orientación de la estratificación (principal plano de debilidad del macizo) como de la red de diaclasas es también muy homogénea a nivel de macizo y por ello tampoco constituye un criterio de sectorización en el caso de la cantera de Villasimpliz.

El único criterio que se puede adoptar es la calidad de la roca. La roca que reúne las condiciones adecuadas para la elaboración de balasto es la Cuarcita de la Formación Barrios. Es una cuarcita competente, con las propiedades geomecánicas adecuadas, como demuestran los ensayos y se presenta en bancos potentes sin intercalaciones de otros materiales incompetentes, como pizarras o areniscas más finamente estratificadas.

Consecuentemente se establecen dos sectores en la cantera. El sector A corresponde al afloramiento de la Formación Barrios, con areniscas menos competentes, cuarcitas en bancos más delgados y frecuentes intercalaciones de pizarras. Este sector corresponde a los dos tercios septentrionales de la cantera, en la zona por la que discurren los caminos de acceso a las bermas del frente.

3.2.1 Orientación y número de familias

Del análisis de las principales familias de discontinuidades (Figuras 3.1 y 3.2), se definen para toda la cantera cuatro familias de discontinuidades. La discontinuidad principal es la estratificación; el macizo aparece así surcado por una familia de planos de discontinuidad que limitan los estratos y le confieren una fuerte anisotropía.

Estos planos de estratificación se orientan según N113- 58 NE, es decir casi perpendiculares al talud del frente de explotación, que se orienta según N30°. Las diaclasas más frecuentes, J-1, se orientan según una dirección entre 103 y 156 y buza entre 79 W y 65 NE. Las otras dos familias de diaclasas, J-2 y J-3, se orientan según 103-27 SW y 23-40 E respectivamente.

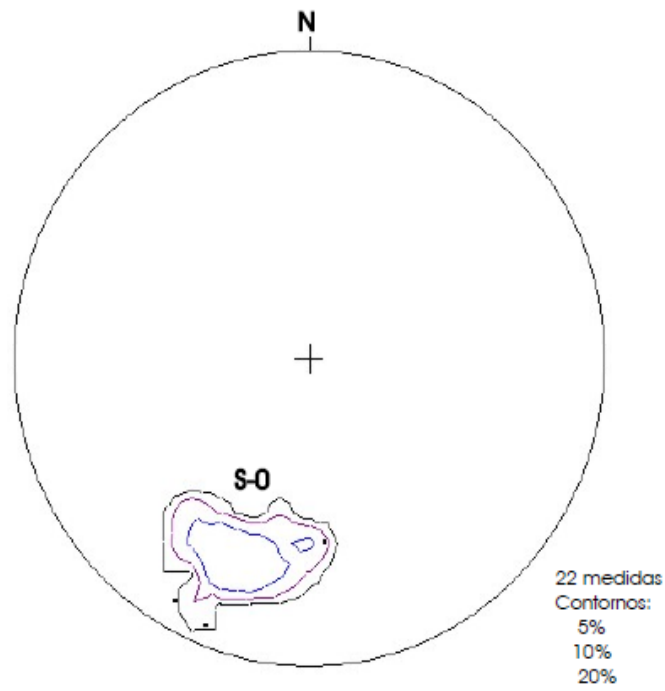


Figura 3.1 - Diagrama de frecuencia de orientación de la estratificación en las cuarcitas de la cantera

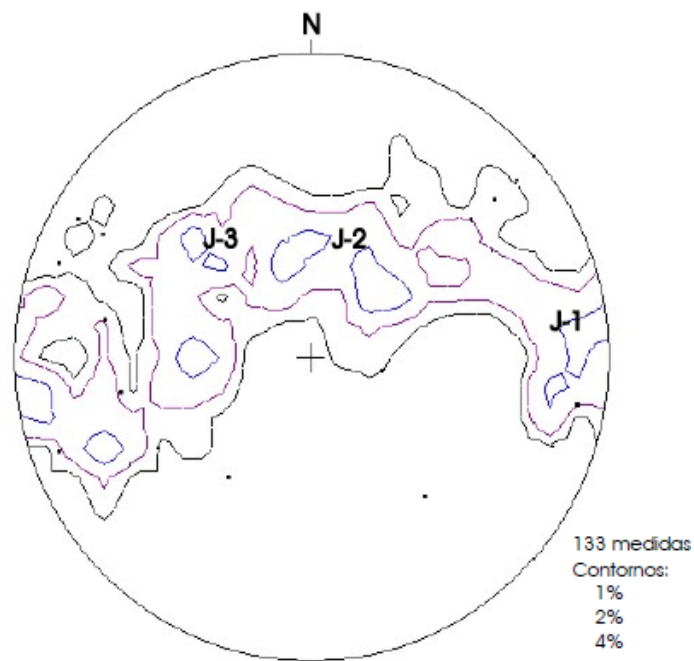


Figura 3.2 - Representación de frecuencias de las diaclasas en la Cantera

3.2.2 Agua

No se ha observado flujo permanente de agua o filtraciones a lo largo de planos de discontinuidad, por lo que únicamente se espera que la red de discontinuidades tenga un flujo local, poco importante en los días de fuertes lluvias.

La presencia de óxidos a lo largo de los planos de diacasa evidencia, sin embargo, que efectivamente ha habido un flujo de agua en el pasado que actualmente sólo tiene un carácter muy temporal y limitado.

3.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Determinados los modelos se han analizado siguiendo el criterio de "Harkland", sobre un diagrama estereográfico se han comparado los buzamientos con el ángulo de rozamiento. Se han identificado así las posibles inestabilidades en cada frente.

El estudio de la estabilidad del talud se basa en el análisis de estabilidad de las cuñas generadas, que en el modelo geotécnico se encuentran por delante del círculo máximo que representa el talud.

Con las medias de las familias de discontinuidades se han determinado las intersecciones de todas ellas (figura 3.3) y se han representado frente a la orientación de los taludes de los frentes de explotación. Dichos taludes llevan una dirección NNE-SSW y la explotación va a progresar hacia el Este. Sobre el diagrama resultante se han representado las intersecciones de familias de juntas, que serían las cuñas potenciales posibles en los taludes de los frentes.

Sobre estas familias de juntas y posibles cuñas se ha realizado el análisis, en el que se han comparado las orientaciones de todos estos elementos con respecto del talud. Se han reconocido los modelos potenciales de deslizamiento en el frente actual, orientado aproximadamente N30-80°NW, es decir posibles deslizamientos en bloques (una única discontinuidad), cuñas normales (dos discontinuidades con buzamientos contrarios) o cuñas inversas (dos discontinuidades con buzamiento en el mismo sentido). En la figura 3.4 también se incluye un círculo de rozamiento interno, que tomamos como de 30° para ser conservadores pues el ángulo posiblemente está próximo a 40°, estimado de los parámetros de resistencia y de estado y condiciones de las discontinuidades.

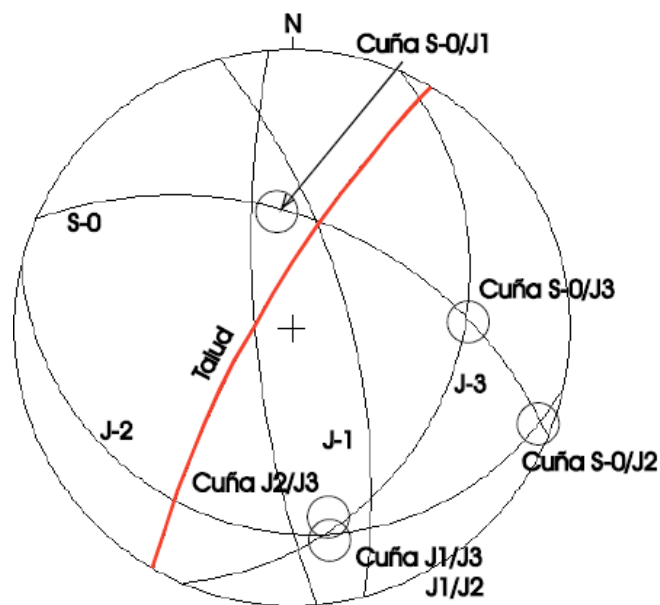


Figura 3.3 - Representación ciclográfica de las familias de juntas y de sus intersecciones (posibles cuñas).

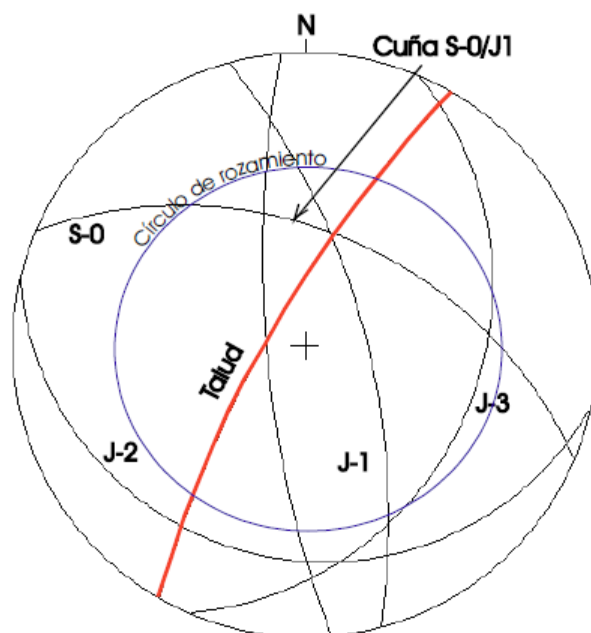


Figura 3.4 – Análisis de estabilidad de las juntas y cuñas teniendo en cuenta su orientación y el rozamiento

3.3.1 Análisis de la cantera

Las familias de discontinuidades presentan una orientación favorable dentro del frente de cantera porque o su direcciones son perpendiculares al talud (caso de la estratificación (S0) y de las juntas J1 y J2 o bien buzan hacia el interior (caso de J3). Respecto a las cuñas posibles sólo la formada por S1 y la estratificación sale por el talud y, además, con un ángulo mayor que el ángulo de rozamiento.

Por lo tanto esta es la única inestabilidad potencial que puede afectar al talud, es decir una cuña entre S0 y J1, normal o dada la dispersión de buzamientos, en ocasiones inversa. La dirección de deslizamiento potencial estaría entre 344-51 y 169-37 y la caída puede afectar a bloques de tamaños entre 0,3 y 1 metro de lado.

En la tabla 3.1 se muestran los datos de orientación de estas familias de juntas:

Tabla 3.1- Características de las posibles cuñas y bloques en el talud principal del frente

Cuñas	Dirección	Inmersión	Condición	Observaciones
S0-J1	344°/13°	51°/57°	Inestable	Frecuente, buza hacia fuera del talud con ángulo mayor que el rozamiento
S0-J2	111°	6°	Estable	
S0-J3	87°	38°	Estable	
J1-J2	143°	40°	Estable	
J1-J3	167°	24°	Estable	
J2-J3	171°	25°	Estable	
Bloques	Dirección	Buzamiento	Condición	Observaciones
S0	113	58 NE	Estable	Normal al talud
J1	165/175	79W/73E	Estable	Casi normal al talud
J2	103	27S	Estable	Normal al talud
J3	23	40 E	Estable	Buza hacia adentro del talud

Como el frente progresa en profundidad hacia el Este se formarán dos taludes laterales en los que sí pueden surgir otros tipos de inestabilidad. Para el talud situado al NE del frente en avance la junta o diaclasa J2 puede dar deslizamiento en bloque aunque está en el límite de la estabilidad si se tiene en cuenta el rozamiento. Respecto al talud lateral situado al SW sería en ese caso la estratificación S0 la que podría dar bloques, esta vez con toda seguridad dado que su buzamiento saldría por un talud de buzamientos altos (próximos a 80°) y superaría el ángulo de rozamiento interno.

3.3.2 Discusión y recomendaciones

Tomando en consideración la descripción geotécnica del macizo, los diagramas de los datos de fracturación y las observaciones en los frentes se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El macizo en su conjunto es un material fresco y competente (Grado alteración I), con solo ligera alteración por oxidación a lo largo de diaclasas (Grado II) en zonas localizadas. Hacia la superficie existe una montera muy delgada en la que el macizo se disgrega por acciones mecánicas, siendo su espesor de 0,5 metros. Normalmente la roca aflora sin montera, como afloramiento rocoso ligeramente oxidado y cubierto por líquenes.
- Las discontinuidades presentan unas características muy homogéneas independientemente de sus familias. En líneas generales presentan espaciados de 0.3 a 0.6 metros, con continuidades bajas a moderadas según rumbo entre 1 y 10 metros (baja-moderada), superficie tanto ondulada rugosa como lisa.
- Existen tres familias de diaclasas y la familia principal de juntas constituida por la estratificación de las cuarcitas, siendo en total cuatro las familias de juntas observadas.
- Se han detectado diferentes situaciones geométricas del frente activo y los taludes laterales que se forman al avanzar hacia el interior del macizo. Para el frente principal la única inestabilidad potencial va ligada a la cuña formada por la estratificación y la familia de diaclasas J1, que puede producir deslizamiento hacia fuera del talud en una dirección entre 344 y 13. Los taludes laterales pueden presentar inestabilidades muy probable según los planos de estratificación (talud situado al SW) y menos probable según las juntas J2 (talud situado al NE del frente).
- Hay que tener en cuenta el problema de la estabilidad geotécnica de los taludes dada su orientación, perpendicular a las capas de cuarcita, para progresar hacia el Este, hacia los

relieves situados en la dirección de la cumbre de Peña Solana. Es recomendable por todo ello tener en cuenta estas posibles inestabilidades dado que las pendientes que se están adoptando presentan valores muy altos.

3.3.3 Conclusiones de la sectorización de la cantera

Las diferentes características de los frentes y bancos de la cantera cuando se consideran el grado de meteorización del macizo, los resultados de los ensayos de laboratorio y los problemas de inestabilidad detectados, son la base para sectorizar el conjunto de la cantera, destacando los frentes que reúnen buenas condiciones geotécnicas y aislando aquellos que no reúnen las condiciones para la homologación. Los problemas de inestabilidad geotécnica de los taludes de los bancos, en los frentes Oeste y Norte, no influyen de manera decisiva en la sectorización pero imponen la necesidad de proceder con cuidado para evitar accidentes. Por el contrario, el factor determinante de la calidad de la roca es la meteorización, junto con el grado de fracturación del macizo, que controla localmente el grado de penetración en el macizo de roca.

La meteorización procede de arriba a abajo, pero es de muy poca potencia y de carácter muy discontinuo, por lo que no es un criterio, en este caso, para sectorizar en este caso la cantera.

La estructura, tanto en lo que toca a la orientación de la estratificación (principal plano de debilidad del macizo) como de la red de diaclasas es también muy homogénea a nivel de macizo y por ello tampoco constituye un criterio de sectorización en el caso de la cantera de Villasimpliz.

El único criterio que se puede adoptar es la calidad de la roca. La roca que reúne las condiciones adecuadas para la elaboración de balasto es la cuarcita de la Formación Barrios. Es una cuarcita competente, con las propiedades geomecánicas adecuadas, como demuestran los ensayos y se presenta en bancos potentes sin intercalaciones de otros materiales incompetentes, como pizarras o areniscas más finamente estratificadas.

4 METODO DE EXPLOTACION

La masa de roca de la cantera de Villasimpliz se explota mediante talud forzado en un único frente con bancos escalonados con la plaza de cantera a una cota de 1.134 metros y un desnivel de unos 140 metros, de tal manera que el banco más alto culmina por encima de los

1.278 metros. Actualmente hay cinco bancos de altura muy desigual. Según el plano de labores el primero tiene una altura de 15 metros y el segundo de 84 metros. La explotación actual se realiza en los tres bancos situados por encima de estos dos. El tercer banco tiene un espesor de unos 30-38 metros. Por encima hay otro banco de espesor variable, entre 10 y 20 metros.

El conjunto del frente abierto lleva una dirección de N30º, El frente presenta una longitud aproximada de unos 160 metros, si bien la zona en la que se ha realizado el avance es de 120 metros. La plaza de cantera tiene una superficie de 12.800 m² y el acceso desde ella a los diferentes frentes se realiza por un conjunto de vías desarrolladas en el lado norte. Los bancos terminan por el Oeste contra un saliente de la cuarcita que hace el papel de protección contra la caída de rocas a la carretera.

El método de extracción de la roca es a cielo abierto mediante banqueo descendiente, y el arranque se realiza mediante perforación y voladura.

Esto permite iniciar la restauración con antelación desde los bancos superiores (hasta los de menor cota) y exige construir toda la infraestructura de vías para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte en los primeros años de cantera.

4.1 PERFORACIÓN

El método de perforación empleado será el de martillo en cabeza, empleándose bocas de 89 mm y barras de 51 mm. Por otro lado, se recomienda el uso de tubo de guía para evitar roturas de la barra y desviaciones en los tiros, ya que como se vio en el estudio geológico, se trata de un terreno fuertemente estratificado.

Para que la perforación se haga correctamente deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Precisión en el emboquille.
- Rectitud de los barrenos.
- Precisión en el diámetro y forma de los barrenos.
- Precisión en la alineación.
- Precisión en la profundidad.

4.2 VOLADURA

Se perforaran barrenos de 89 mm en bancos de 15 m de altura aproximadamente con una sobreperforación de 1,77 m los barrenos tendrán una inclinación de 15° para:

- Mejorar el frente de voladura.
- Conseguir un mayor espaciamento.
- Mejorar la fragmentación.
- Reducir el problema del repiés.
- Causar menor daño al talud en la nueva superficie creada.

Puesto que se trata de voladura en banco, los barrenos se colocaran en tres filas, como se indica en la figura 4.1, con salida a la cara libre.

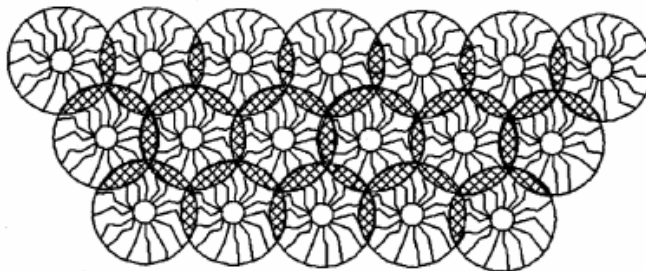


Figura 4.1 – Disposición de los barrenos

Características:

- El número de barrenos que se proyecta perforar es de 51, distribuidos en tres hileras, la primera 18, la segunda 17 y la tercera 16.
- Tendremos un diámetro de 89 mm y un espaciamento de 3,9 m.
- La longitud de carga de fondo, carga de columna y retacado serán respectivamente 3,08 m, 11,36 m y 2,82 m.

4.3 MATERIAL UTILIZADO

El arranque del material se está realizando mediante perforación y voladura, rebajando los bancos en etapas sucesivas. Para la perforación se utiliza un carro perforador hidráulico TAMROCK 600, de 120 CV con martillo en cabeza y captador de polvo y un TAMROCK 1100. En

las voladuras se utiliza como explosivo GOMA 2 ECO o RIOGEL, para la carga de fondo, y NAGOLITA, para la carga en columna. El material arrancado en los bancos se recoge al pie de los taludes en las caras de banco y es cargado para su transporte a la planta. Se cuenta con una retroexcavadora a pie de frente CATERPILLAR 365 y una LIEBHERR 954. Las palas cargadoras son CATERPILLAR 980 G y una 966 E. El transporte se realiza mediante camiones volquete.

En la planta de trituración y clasificación, situada en el nivel inferior de la cantera se realiza actualmente todo el proceso de elaboración del balasto. El dispositivo de la planta se analiza en el siguiente apartado. En este dispositivo se dispone un circuito primario, que produce el proceso de machaqueo inicial, y un circuito secundario, en el que actúa un molino de conos y otro de impactos, una criba de balasto y cintas y tolvas como elementos principales. El material extraído se almacena en cuatro silos de 70 m³.

5 MAQUINARIA UTILIZADA Y FUNCIONAMIENTO

5.1 CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA

5.1.1 Trituradora de mandíbulas modelo ROHER P.135.100

La trituración se produce por el efecto de compresión-atrición que tiene lugar entre dos mandíbulas, una fija y otra móvil, que se desplazan una respecto de otra.

Consta de una mandíbula fija y otra móvil que está articulada en su parte superior sobre un eje que la permite acercarse y alejarse de la anterior para comprimir la roca entre ellas.

La fuerza para la compresión se comunica por medio de volantes movidos por el motor y que van sobre un eje excéntrico, diferente del anterior sobre el que oscila la mandíbula, que mueve una biela que a su vez va articulada mediante dos placas o tejas de dispositivo, es un eficiente multiplicador de fuerzas que permite llegar a romper las rocas situadas entre las mandíbulas cuando estas se acercan.

El material triturado y situado en la parte inferior, entre las mandíbulas, sale al abrirse estas y recomienza el ciclo. Para garantizar el retroceso de la mandíbula móvil y mantener unido todo el conjunto de piezas de la transmisión de fuerzas, la mandíbula está unida al bastidor mediante un vástago soportado por un muelle que es comprimido al cerrarse las mandíbulas y luego en la fase de apertura fuerza a esta.

El sistema anti desgaste consiste simplemente en unas placas que recubren las mandíbulas, construidas con acero al manganeso, muy resistente al desgaste y endurecible por el golpe repetitivo que sufren. Estas placas pueden diseñarse de forma que sean reversibles, ya que el mayor desgaste se produce en la parte inferior, de forma que se las pueda cambiar de posición y aumentar la vida útil de las mismas. Pueden ser rectas o tener un perfil determinado y en cuanto a su superficie puede ser liso o acanalado, siendo las ultimas las más frecuentes.

El sistema antiinriturables consiste en que cada una de las placas o tejas de articulación está perforada o debilitada para que tenga una cierta resistencia calculada, de esta forma si penetra un triturable al sobrepasarse esta resistencia la placa se romper, cesando de forma inmediata la transmisión de la fuerza y retrocediendo la mandíbula móvil por la acción del muelle tensor.

Este sistema tiene el inconveniente de detener la producción y tener que sustituir la pieza.

El mecanismo de regulación del tamaño de salido puede ser muy variado y en esencia consiste un sistema que permite mover el apoyo fijo de la segunda placa, de forma que se acerque o aleje todo el conjunto de la mandíbula fija.

La boca de las machacadoras será rectangular siendo el largo de la boca. El ángulo que forman las mandíbulas suele ser cuadrada o rectangular siendo el largo de la boca, normalmente, como mucho 1,5 veces su ancho. La salida inferior tiene naturalmente una forma claramente rectangular. Estos apartados se denominan normalmente por las dimensiones de boca expresadas en mm.

El ángulo que forman las mandíbulas es normalmente menor de 26 grados con el fin de que la roca sea efectivamente atrapada y no sea despedida hacia arriba.

Las revoluciones del volante deben de ser las adecuadas para permitir salir al material triturado y no provocar pérdidas de tiempo, siendo normalmente más elevada la velocidad. Suele variar entre 90 y 300 rpm.

La separación entre mandíbulas en el punto de mayor retroceso es lo que va a controlar la granulometría del producto denominada regulación.

La razón de reducción típica de estos aparatos es de entre 4 y 8. Es una máquina muy resistente a la abrasión ya que las fuerzas actuantes son prácticamente de compresión pura

con un mínimo de frotamiento entre el material y las paredes metálicas. Por lo que es muy adecuada para materiales abrasivos tales como corindón, carborundun...etc.

Sirve para cualquier otro tipo de material salvo los pegajosos ya que la evacuación es por gravedad y atascarían el aparato.

La elección de la marca y del modelo de la machacadora se explicará más adelante en los siguientes apartados.

El rechazo del precibado pasa a la Trituradora de mandíbulas modelo ROHER P.135.100, de una potencia de 150 kW, que da un producto que se lleva mediante cinta transportadora 1000 x 32 m al molino secundario. Pasa por una tolva de regulación de 24 m³ y llega al molino de conos HP-4.

5.1.2 Tolva alimentadora metálica de cajón

150/95 m³ de capacidad, de chapa de acero A-42 rigidizada con perfiles IPN en los bordes y centros de las caras. Lleva incorporado un paramento de sujeción de tierras que sirve de muro de contención, el cual, y por medio de tirantes metálicos embutidos en el terraplén hace solidario al conjunto y evita cualquier tipo de deformación.

Seguidamente a la tolva alimentadora se encuentra el alimentador de cadenas AT- 125-50 TR, de 10 KW, de 3,00 CV para abastecimiento de la unidad de molienda.

5.1.3 Molino de conos HP4-NORBERG / Molino de impactos BARMAC ROTOPACTOR BP600 MKII

En el molino de conos el material sufre la trituración secundaria y el producto es llevado a un segundo molino, éste de impactos, cuyo objetivo es eliminar aristas de las partículas para mejorar respecto al desgaste.

Las cifras de producción son aproximadas para dar una idea de la capacidad del molino. Estas cifras se han obtenido triturando en circuito abierto, roca de masa específica 2,6 kg/dm³ como el granito normal. Un molino es una parte de un proceso, su funcionamiento depende, entre otras cosas, de la triturabilidad y densidad de la roca, de la adecuada selección y funcionamiento de alimentadores, transportadores, cribas, estructuras soporte, motores eléctricos, transmisiones y conductos

Ambos tienen la potencia de 300 kW.

5.1.4 Cinta transportadora de 800x34 m y Cinta transportadora de 650 x 38,5 m.

El producto es luego llevado por una cinta transportadora de 800 x 34 a las cribas de balasto.

Teniendo en cuenta el progreso realizado en la fabricación de bandas, tanto en anchuras, como en calidades, es corriente en la actualidad, el transporte de hasta 10000 T/Hora, existiendo cintas que transportan hasta 50000 T/Hora.

5.1.5 Dos Cribas de balasto CVL/S – 175.50 (3B) de 6000 x 2000 y 18,5 kW.

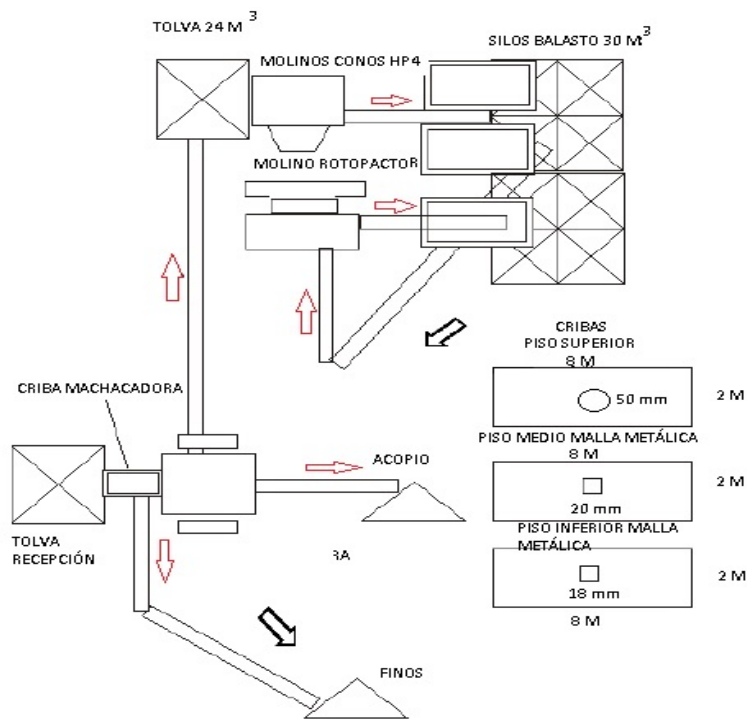
La disposición de los tamices es:

- *Piso superior: Superficie de 12 m² (2x6), goma con luces redondas de 65 mm.*
- *Piso medio: Alambre con luces cuadradas de 30 mm.*
- *Piso inferior: Alambre con luces cuadradas de 18 mm.*

En las dos cribas CVL/S – 175.50 (3B) el material es sometido a la clasificación final del balasto. El rechazo en el piso superior vuelve por una cinta 650 x 38,5 al circuito para ser nuevamente llevado al molino secundario de conos. El rechazo en el piso medio (60-30) es introducido en cuatro silos dispuestos 2 a 2. Seguidamente está unido a cuatro silos de balasto de 70 m³.

La criba restante es la criba separadora CVE/L 135.30, de 15 KW, que elimina finos antes de la trituradora y da un rechazo para la trituradora de mandíbulas.

En la Figura 5.1 vemos el esquema de producción general de la planta, en la que el material después de ser triturado tiene diferentes salidas dependiendo de su fracción granulométrica.



5.1 Esquema general de la planta

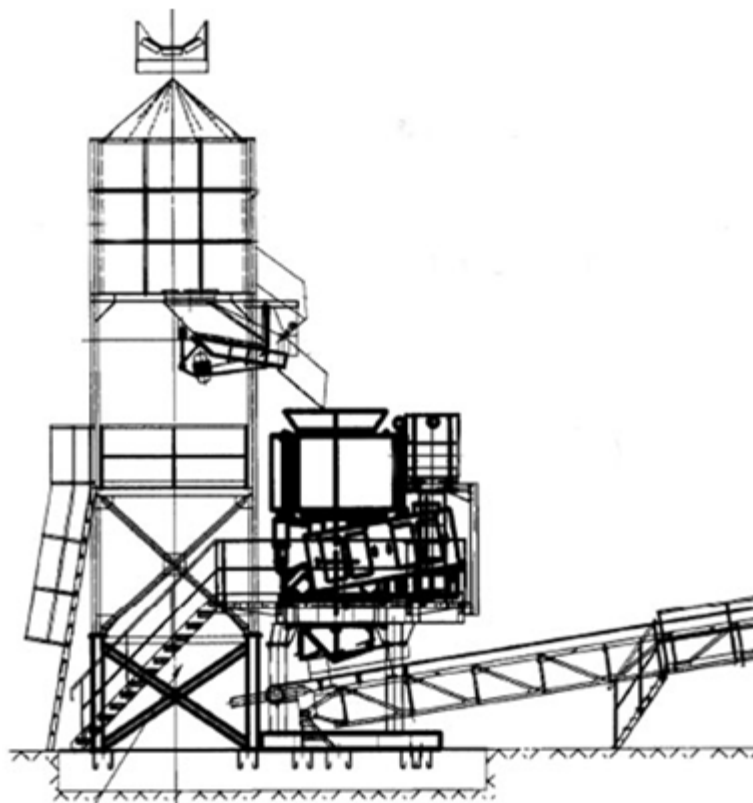


Figura 5.2 - Molino secundario de conos y tolva de regulación

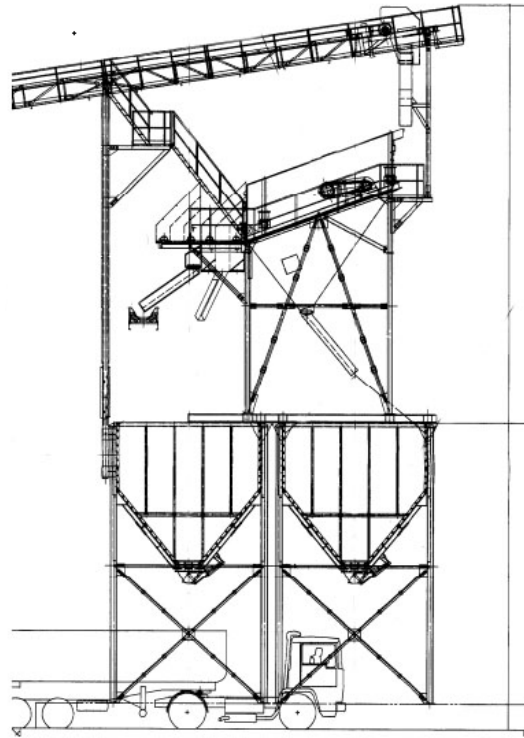


Figura 5.3 - Cribas de balasto y silos

Teniendo en cuenta el esquema siguiente el producto tiene tres formas o granulometrías diferentes para su compra, en general, el material triturado será la cuarcita obtenida de los bancos ya que es la especie mineralógica más abundante en las pruebas realizadas.

Los diferentes productos obtenidos varían entre arena, entre un 0 y 6 mm de tamaño, árido de un tamaño entre 6 y 12 mm, 12 y 20 mm, 20 y 32 mm. Unas dimensiones mayores de 32 mm sería considerado balasto.

Con la cantidad de silos que tenemos no tendremos ningún problema para clasificar dicho nuestro producto en las dimensiones mencionadas.

5.2 TRITURADORAS Y SUS CLASES

5.2.1 Conceptos generales

La trituración primaria recibe, normalmente, el todo-uno o mineral bruto de la explotación minera y realiza la primera reducción de tamaño. Los equipos utilizan preferentemente las fuerzas de compresión y las de impacto o percusión.

Los equipos se deben caracterizar por la dimensión del tamaño que admiten, por su robustez y por la capacidad para admitir o rechazar elementos o componentes no deseados mediante los sistemas apropiados. En toda operación de reducción de tamaño va a existir un roce, más o menos notable, dependiendo del tipo de fuerza aplicada y de la forma en que se aplica, diseño del equipo, entre el material a fragmentar y ciertas partes del equipamiento. Dado el carácter normalmente abrasivo de las sustancias minerales, va a producirse un desgaste de partes más o menos vitales de los equipos mineros de fragmentación.

Los equipos característicos para la realización de este trabajo son de tres tipos, caracterizados por la forma en que aplican la fuerza necesaria para la fragmentación.

a) Quebrantadoras, machacadoras o trituradoras de mandíbulas: Estos equipos utilizan como fuerza predominante la compresión y la aplican de forma discontinua por atrapamiento entre dos mandíbulas, una fija y otra móvil mediante diferentes sistemas de actuación. Pueden ser de simple o de doble efecto, denominación que se corresponde con la traducción del inglés de single toggle (teja, palanca o placa de articulación) o double toggle (doble palanca).

b) Trituradoras giratorias: Utilizan el mismo principio que las de mandíbulas pero lo aplican de forma giratoria por lo que parece que el proceso, aun siendo discontinuo, tiene la apariencia de continuo. En el efecto de giro el material situado en un punto es comprimido y fragmentado entre la nuez (ó cabeza) y el cóncavo y pasado el instante de presión es liberado. El efecto desde el punto de vista exterior al equipo es de un funcionamiento continuo.

c) Otros equipos, trituradores de choque, de impacto y de percusión: Utilizan la energía del impacto, la fuerza de compresión o el cizallamiento según la tecnología empleada

El trabajo es alternativo y por este motivo es necesario disponer de volantes de inercia para facilitar un funcionamiento más regular de los accionamientos y motores.

a) Sistema antidesgaste: Lo forman las placas, desmontables, que recubren las mandíbulas, construidas en acero al manganeso de alta resistencia al desgaste. Estas placas, en el diseño del equipo, se prevén con la opción de reversibilidad (cambio de posición) para aumentar la durabilidad dado que el mayor desgaste se produce en la boca de salida de los productos triturados. Las placas pueden ser lisas o acanaladas siendo preferible este último método de fabricación ya que facilita la fragmentación.

b) Sistema antiinriturables: Una de las palancas o placas se diseña de menor resistencia (mediante perforado, disminución del espesor, acoplamiento mediante tornillos calibrados, etc.), de tal forma que se rompe ante la presencia de un intriturable de resistencia superior a la prevista, cesando en el momento de la rotura la transmisión de esfuerzos y liberando la abertura de las mandíbulas mediante la acción del resorte (muelle tensor). Este sistema presenta el inconveniente de tener que parar el equipo en el momento que se produce el imprevisto y sustituir la pieza rota con lo que implica de parada de producción.

c) Sistema de regulación. El mecanismo de regulación del tamaño de salida se fundamenta en la modificación de la distancia de las mandíbulas actuando sobre la placa fija que soporta una de las palancas. Se acerca o aleja todo el conjunto de la mandíbula móvil con respecto a la fija. Un método consiste en un juego de cuñas (sistemas hidráulicos de actuación, adición de placas de diverso espesor, etc.).

d) Denominación del equipo. Se denomina, normalmente, por las dimensiones de la boca de carga A x L, expresado normalmente en mm, o bien por la superficie de la boca de descarga para el reglaje elegido.

e) Forma de la boca. La boca de la trituradora suele ser cuadrada o rectangular siendo el largo de la boca entre 1 y 1,5 veces el ancho. La salida inferior es necesariamente rectangular, forma de ranura, por el efecto de cono que impone la reducción de tamaño.

f) Ángulo de las mandíbulas. Normalmente inferior a 26° para que la roca o el mineral sea realmente molida y no salga despedida en dirección contraria a la circulación del material.

g) Revoluciones del volante. La velocidad de rotación está relacionada con la verticalidad de las mandíbulas y con la geometría de las mismas de tal forma que el material troceado descienda en la cámara de trituración en la proporción adecuada a la velocidad de rotación, sin producir pérdidas de producción ni bloqueo del equipo. La velocidad es normalmente mayor cuanto más pequeño es el equipo y está comprendida entre 90 y 300 r.p.m.

h) Regulación. Variable relacionada con el tamaño y granulometría de los productos, es la máxima separación de las mandíbulas en su parte inferior, distancia entre mandíbulas en el punto más alejado o posición abierta, y se mide normalmente en cm. Se representa por "s" y nos define el tamaño máximo que puede salir de la trituradora.

En el producto de salida suele haber de un 15% a un 25% de producto de dimensión mayor que el reglaje, y el tamaño máximo puede ser hasta un 60% mayor que el reglaje por la forma de ranura de la abertura de salida. ($D_{\max} \approx 1,6 \cdot s$).

i) Recorrido. La oscilación de la mandíbula móvil en su parte inferior, el trayecto recorrido en línea recta, se denomina regulación y se representa por "d". Con las definiciones anteriores, la apertura mínima para una regulación dada es $e \text{ (cm)} = s - d$.

j) Razón de reducción. Es la relación entre los productos de entrada y los de salida medida sobre el d80. Está comprendido entre 4 y 8 normalmente, siendo el valor de trabajo habitual una relación de 4 ó 5.

k) Productos adecuados. Es una máquina muy resistente por su diseño y funcionamiento, trabaja fundamentalmente por compresión, por lo que es adecuada para la mayoría de los productos y especialmente indicada para productos muy abrasivos. No está indicada para productos pegajosos (por su humedad o por su naturaleza) ya que la descarga es por gravedad y la evacuación del producto molido en estos casos se dificulta.

l) Mandíbulas. Construidas normalmente de dos piezas, una parte de material resistente para la fragmentación, normalmente acero al manganeso endurecido, y otra parte que hace de soporte de la anterior de resistencia adecuada. Normalmente son acanaladas, dependiendo el diseño de los canales de cada fabricante, ya que este diseño, acanalado, produce menos finos que las mandíbulas lisas.

m) Instalación. Son máquinas muy pesadas, robustas, de bastantes toneladas, que además trabajan mediante un movimiento vibratorio. Los esfuerzos transmitidos a las bases de hormigón que las sustentan son de gran amplitud y poca frecuencia. Lo anterior hace necesario considerar en el cálculo de las fundaciones un coeficiente de seguridad del orden de 3 o superior, lo que representa para una máquina de 30 t considerar en cálculo 90 t, y además considerarlas con un cierto coeficiente dinámico.

n) Motor de accionamiento, potencia necesaria. Se utiliza en el cálculo de la potencia necesaria de accionamiento la fórmula de Bond con los pasos de malla del producto identificados para el 80%, (D80 y d80), y utilizando los coeficientes de mayoración, por el trabajo alternativo y la irregularidad de la carga.

5.2.2 Trituradoras de mandíbulas

Siguiendo la referencia del esquema se identifican las partes principales siguientes:

- a) Bastidor. De concepción robusta, está construido normalmente en acero laminado, en un solo bloque (monobloque). Si se construye en varios bloques, por el tamaño del equipo, estos trabajan como una unidad. Existen bastidores de fundición de resistencia adecuada.

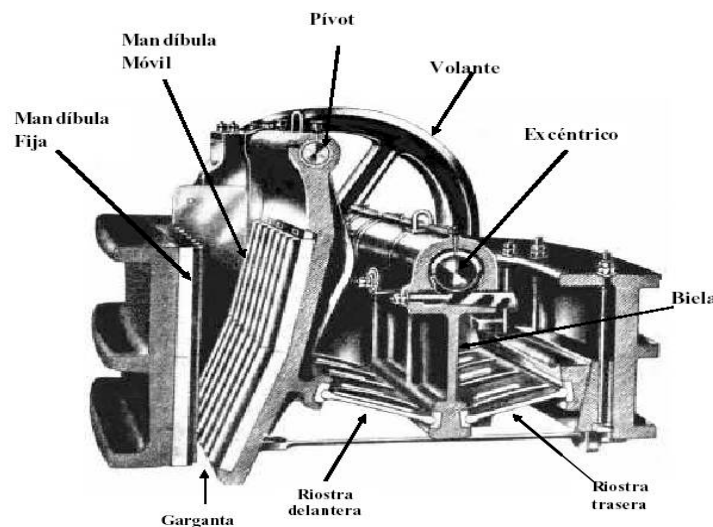


Figura 5.4 – Esquema general de la trituradora primaria

- b) Mandíbula móvil. Construida en acero moldeado de alta calidad, se apoya en un eje que actúa de balancín y que va firmemente anclado al bastidor. Gira sobre cojinetes de rodillos y soporta los esfuerzos que genera la fragmentación.

- c) Mandíbulas fija y móvil. Ya descritas anteriormente. A veces, la mandíbula móvil se denomina balancín. La disposición de la mandíbula fija puede ser en forma de ángulo con la vertical o en posición totalmente vertical para facilitar la caída de los productos triturados.

- d) Cámara de compresión. Espacio entre mandíbulas, varía con el movimiento de oscilación e identifica la capacidad en producción horaria de la trituradora. Lateralmente está protegido por dos placas de desgaste que delimita la cámara de trituración. Su forma, delimitada por las mandíbulas y los laterales, se puede modificar variando la forma de las mandíbulas, curvándolas, y así conseguir que el material en su avance no atore la máquina. En general evitar el atranque de la máquina se puede conseguir por los procedimientos siguientes:

1. Modificando el ángulo que forman las mandíbulas.
2. Curvando las mandíbulas, normalmente la mandíbula móvil, para conseguir un perfil más constante.
3. Aumentando el número de revoluciones del volante.

e) Placas de arriostramiento o de articulación. Transmiten, junto con la biela, el movimiento de rotación del volante a las mandíbulas, transformándolo en un movimiento de oscilación o vaivén. Una de las placas, normalmente la ligada al sistema de regulación de placas, está dimensionada como sistema de intriturables. Tienen las funciones siguientes:

1. Transmitir el esfuerzo de la biela a la mandíbula móvil.
2. Variar el reglaje mediante técnicas del tipo:
3. Variar la posición de las placas, desplazar placas en forma de cuña.
4. Modificar el espárrago de reglaje (variar longitud).
5. Cambiar la quicionera, diferentes tamaños o desplazarla.
6. Introducir placas de diferente grosor entre la quicionera y el soporte.
7. Hacer de elemento de seguridad o fusible. Cuando el esfuerzo rebasa un valor predeterminado de protección del equipo, el esfuerzo de compresión se transforma, normalmente, en un esfuerzo de cortadora y siega los bulones instalados que están normalmente calibrados.
8. Otros procedimientos

f) Quicionera. Soporte que sirve de alojamiento de las placas de arriostramiento y permite un movimiento de oscilación y giro. Admite o facilita la introducción de placas de regulación.

g) Varilla de recuperación. Su misión es mantener la mandíbula móvil contra las placas de arriostramiento. Transmite la fuerza del resorte a la mandíbula móvil para facilitar la abertura de la mandíbula.

h) Eje excéntrico. Es un eje central excéntrico que apoya sobre dos palieres solidarios al bastidor. Gira sobre cojinetes de rodillos y transforma el movimiento de rotación en un movimiento de desplazamiento lineal que transmite a la biela.

i) Volantes. Hay dos normalmente para equilibrar el sistema mecánico. Uno de ellos acanalado donde se acoplan las correas trapezoidales para transmitir el movimiento y la potencia del motor, y otro liso que actúa como volante de inercia únicamente. Unidos solidariamente al eje excéntrico, tienen dos misiones principales:

1. Hacer de transmisor del movimiento.
2. Hacer de reserva de energía, la acumula en el periodo de retroceso de la mandíbula móvil y la devuelve en el periodo de empuje.

5.2.3 Ventajas y comparativa entre simple efecto y doble efecto

Las trituradoras de mandíbulas están diseñadas para superar las necesidades de trituración primaria de los clientes de los sectores de canteras, minería y reciclaje. Se aplica principalmente en la trituración gruesa y media de las materias de resistencia a compresión no mayor a 320MPa, caracterizada por alta relación de reducción, alta producción, granulosis homogénea, estructura sencilla, funcionamiento fiable, mantenimiento fácil, coste de operación económico, etc.

Constan de una cámara, llamada “de machaqueo” de forma prismática. Sus caras superior (por donde entra el material) e inferior (por donde sale triturado) son abiertas. De las otras caras, dos forman mandíbulas dispuestas en “V”: una fija y otra oscilante por biela excéntrica y placas de articulación. El retroceso de la mandíbula móvil se debe a un vástago con muelle. Las mandíbulas se protegen piezas de acero al manganeso para evitar un desgaste prematuro.

La rotura fundamental es por compresión. El retroceso de la mandíbula permite a los fragmentos descender hasta la parte más estrecha. Se obtiene un material lajoso y con tendencia a ser un material uniforme con pocos finos (mal graduadas). Normalmente no se admiten bloques que sean superiores a 0,75 veces el tamaño de la boca.

Se pueden clasificar las machacadoras de mandíbulas en doble efecto (también llamadas tipo “Blake” o de doble articulación) y las de simple efecto (tipo “Dalton” o de articulación única).

MACHADADORA DE DOBLE EFECTO

Se trata de una mandíbula móvil accionada por un balancín articulado en su parte superior. Son un 20-30% más pesada que las de simple efecto, más cara y de menor producción. No presenta movimientos de deslizamiento entre mandíbulas (como en simple efecto). Por ello sólo son usadas con material extra duro o muy abrasivo, nunca con materiales plásticos.

Este tipo de dispositivo es un eficiente multiplicador de fuerzas que permite fragmentar las rocas y minerales entre las mandíbulas del equipo cuando estas se acercan y liberar la presión cuando se separan.

Para garantizar el retroceso de la mandíbula móvil y mantener unido todo el conjunto de piezas móviles existe un vástago con un muelle de presión que es comprimido al cerrarse la mandíbula y fuerza la apertura en la fase de abertura.

MACHADADORA DE SIMPLE EFECTO

Trituradora de mandíbula de simple efecto o tipo "Dalton" difiere de la anterior en que la mandíbula móvil va montada directamente sobre un balancín que está suspendido en la parte superior por el eje, excéntricamente y el movimiento está dado por el motor. La mandíbula simple hace de "biela" en un movimiento elíptico.

En este diseño, la mandíbula móvil hace las funciones de biela y se suprime una de las placas de articulación. El resto de mecanismos descritos anteriormente son válidos y similares en su función, pero se simplifica notablemente el diseño y la construcción del equipo reduciendo el peso de acero y se abarata el notablemente la trituradora.

Tritura por compresión (parte superior) y por fricción (parte inferior). Son más utilizadas por su mayor producción, menor precio y menor apelmazamiento en la cámara. No es adecuada para materiales abrasivos. Da un producto triturado más fino.

No se aconseja la trituración de material pegajoso, pues atascaría el aparato y disminuiría la producción. El número de compresiones por minuto habitualmente oscila entre 150 y 300, aunque pueden ampliarse este rango de 50 a 750. La razón de reducción alcanzada está entre 4 y 8.

Si disminuimos la salida, conseguimos un tamaño menor del producto resultante, aumentamos los finos y la energía necesaria, mejoramos la forma del producto, pero reducimos la producción.

En la tabla 5.1 se agrupan las características generales de los dos tipos mencionados en este apartado con el fin de elegir la más adecuada para nuestra producción:

Tabla 5.1 – Características fundamentales entre trituradoras de simple y doble efecto

Concepto	Trituradora Blake	Trituradora de simple efecto
Desgaste	Normal, sólo compresión	La componente vertical del movimiento produce deslizamiento roca-acero, es decir, un mayor desgaste por abrasión
Uso principal	Trituración primaria	Trituración primaria
Otros usos		Trituración secundaria modificando: <ol style="list-style-type: none"> 1) Velocidad de giro 2) Disminuir la excentricidad 3) Disminuir los surcos de las mandíbulas
Posibilidades	En minas grandes	En minas o canteras pequeñas puede hacerse trituración completa
Material triturado, tamaño máximo	(1,5 – 1,6) - reglaje	(1,5) – reglaje
Producto mayor que el reglaje	15% -20% mayor que el reglaje	
Desplazamiento "d"	Mayor que en las de simple efecto	El desplazamiento es menor que en las Blake, pueden reglar más fino
Coste	Proporcional al peso	Son más ligeras y por tanto más baratas
Esfuerzos	Distribuido sobre dos ejes	Los esfuerzos en la parte superior de la cámara son mayores, y se transmiten al eje y al bastidor, pudiendo producir averías
Conclusión	Apta para todo tipo de materiales	Son más ligeras, más baratas y tienen algo más de capacidad.

5.2.4 Trituradoras giratorias

En estas máquinas los materiales a triturar se reducen por compresión entre una pared cónica fija, denominada cóncavo, y un tronco de cono móvil, denominado nuez o cabeza, que está dotado de un movimiento excéntrico en el interior del espacio limitado por ambas superficies.

El cono móvil, en su desplazamiento de giro excéntrico en uno de los extremos, se acerca a cada una de las generatrices de la pared cónica fija y después se aleja, sometiendo al material a sucesivas compresiones y liberaciones de presión.

La nuez puede girar solidaria con el eje o libre para disminuir el rozamiento y el movimiento excéntrico se puede producir por el giro excéntrico de la base del eje o por el giro centrado y ser la nuez la que está montada de forma excéntrica y solidaria.

El material en el interior circula por gravedad a una zona inferior donde será sometido a una nueva compresión. La fuerza dominante es la compresión existiendo en menor grado acciones de flexión y de abrasión por el efecto de giro relativo de la nuez y el cóncavo y las acanaladuras de las protecciones.

La trituración es discontinua en cada generatriz pero el efecto práctico durante un giro completo, en la cámara de quebrantado (volumen entre los dos conos, el móvil y el fijo), es de continuidad en el proceso. La descarga es continua en tanto se mantenga la alimentación.

La regulación se efectúa modificando la altura relativa de cóncavo y nuez y esto se puede conseguir regulando la tuerca superior que soporta la nuez o bien mediante un sistema hidráulico que eleva el eje y que, normalmente, sirve de sistema anti-intriturable.

Como característica relevante se puede indicar que este tipo de equipos produce menos atascamientos que los de mandíbulas y que para similar boca de entrada tiene una mayor producción.

Se designa, normalmente, por la apertura de la boca que es la distancia radial desde el borde del cóncavo hasta la nuez, valor que es algo inferior a la mitad del diámetro del cóncavo.

El ángulo de toma es el formado entre el cono móvil y el fijo en la posición más cerrada y el reglaje se mide, por el contrario, en la posición relativa más abierta del movimiento de rotación de las mandíbulas.

La descarga del material es por gravedad pero a través de un plano inclinado de recogida, por lo cual es más sensible que las de mandíbulas a los materiales pegajosos, es más sensible a la humedad.

La constitución de las trituradoras giratorias se clasifica en:

- a) Bastidor inferior, que encierra, normalmente, los órganos de accionamiento para el giro, y el reglaje en las de tipo hidráulico. En las de tipo mecánico el reglaje se efectúa, normalmente, por la tuerca o sistema de sujeción superior de la nuez.
- b) Bastidor superior, revestido interiormente de placas de aislamiento, soporta la acción directa de los materiales, y hace las funciones de mandíbula fija. El revestimiento está dividido en placas para facilitar el recambio.

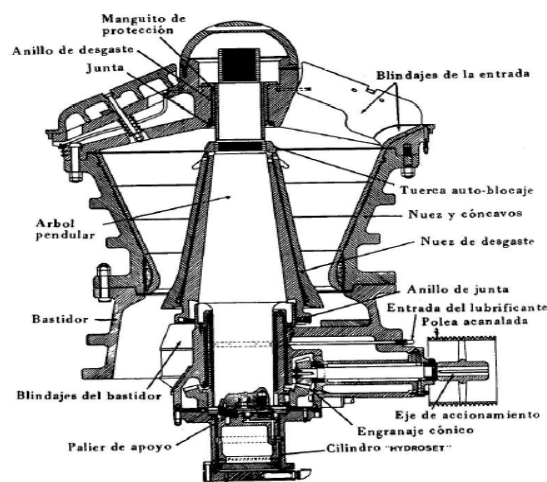


Figura 5.5 – Esquema general de la trituradora Giratoria

c) Anillo de entrada, sección circular que soporta el crucero o viga (o patas de araña, las sujeciones pueden ser 2, 3 o 4 y van revestidas con placas de acero al manganeso por la dureza del trabajo en la posición de entrada al equipo, reciben el mayor impacto) que sirve de apoyo al cono móvil o mandíbula móvil mediante una tuerca. La tuerca se utiliza para modificar el reglaje. En los equipos con sistema hidráulico, es este sistema el utilizado para soportar la mandíbula y modificar el reglaje.

d) En general son dos troncos de cono, uno fijo que hace las funciones de mandíbula fija y uno móvil e invertido que hace las funciones de mandíbula móvil. La abertura de admisión es el radio libre superior y marca cual es el tamaño máximo admisible en el equipo.

5.2.5 Comparación entre la trituradora Primaria y la trituradora Giratoria

La capacidad, para igual abertura de admisión, de la trituradora giratoria es de 3 a 5 veces superior a la de mandíbulas, también es notablemente más pesada por lo cual es más cara en similar proporción al peso.

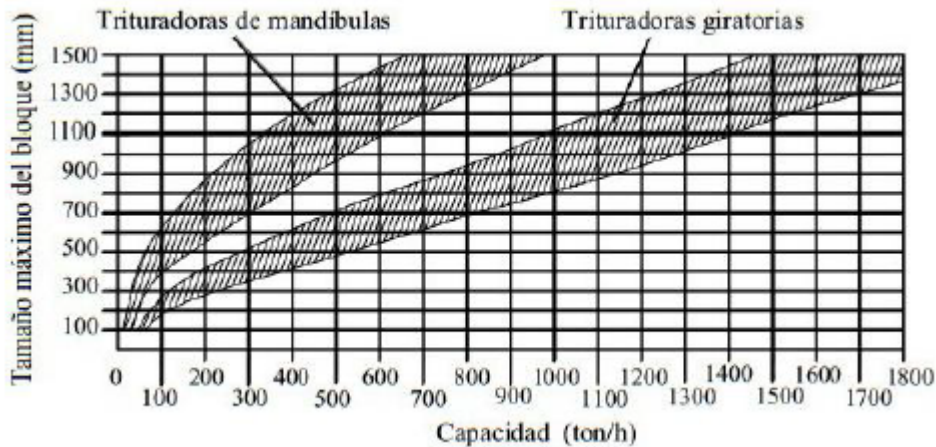


Figura 5.6 - Relación gráfica de reducción entre mandíbulas y giratorias

La relación de reducción habitual es de 3 a 8 y, por su capacidad, es indicada para grandes tonelajes, uso en grandes minas o canteras. Tiene un uso indicado como trituración primaria, y admite una utilización como secundaria llegando a tamaños de 40 mm o algo inferiores según regulación y abertura de admisión.

De forma general se pueden aplicar los principios estudiados para las trituradoras de mandíbulas con las particularidades propias que se indican.

Con respecto a la proporción de sobre tamaños con relación a la regulación, es menor en las giratorias que en las trituradoras de mandíbulas debido a la forma de corona circular de la salida que limita, en extensión, el paso de las lajas.

La granulometría se deduce de las curvas características y que lo constituye una familia de curvas (en el caso de la trituradora de mandíbulas es una única curva) correspondiendo cada curva a una regulación diferente de la máquina.

Se da como ejemplo las curvas de la figura que se adjunta, Allis-Chalmers, para alimentación directa de todo uno o cribado por rejilla fija. En estas figuras hay que entrar en abscisas, donde está representado el tanto por ciento en peso, con el valor del paso por una malla cuadrada

igual al reglaje y subir verticalmente hasta un valor de la abertura igual al reglaje. La curva que pasa por ese punto es la que corresponde a la granulometría del producto. Si no coincide ninguna se interpola entre las dos más próximas.

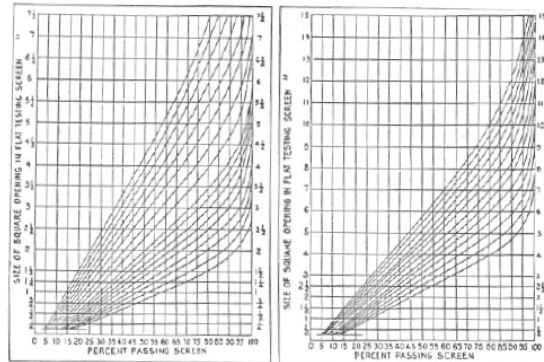


Figura 5.7 - Curvas granulométricas típicas de productos de trituradoras giratorias primarias

El factor principal de selección, igual que en las de mandíbulas, es el tamaño máximo de admisión, que debe ser como máximo el 80% de la abertura de la boca.

$$D_{\max} < 0,8 \cdot (R_c - R_n)$$

R_c: Radio del cóncavo

R_n: Radio de la nuez.

6 ELECCIÓN RAZONADA DE LA MACHACADORA

6.1 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD

6.1.1 Conceptos generales

El criterio fundamental para la elección de una machacadora es la relación entre el tamaño máximo a procesar y las dimensiones de la boca del aparato. El tamaño máximo debe ser como mucho un 80% de la dimensión menor de la boca. Tampoco interesa que sea mucho menor pues se desperdiciará la capacidad del aparato.

Si el tamaño máximo correspondiera a granos muy poco frecuentes, para no exagerar las dimensiones de la machacadora, se puede recurrir a limitar su entrada mediante una parrilla o criba previa, para trocearlos por otro sistema, impidiendo de esta forma el atasco de la boca.

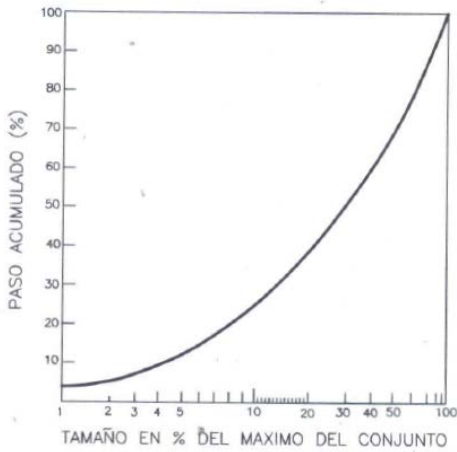
Los granos de la alimentación que ya son de por sí menores que el producto a conseguir, no es necesario tampoco que pasen por el aparato con la consiguiente producción de excesivos finos y consumo de energía, pudiéndose instalar antes de la trituradora una criba con luz de malla igual a la regulación, de forma que una criba con luz de malla igual a la regulación, de forma que el rechazo pase a la máquina mientras el paso se une luego al producto. Esta es una disposición muy corriente y el tipo de criba a utilizar depende fundamentalmente de la granulometría, no necesitándose una alta perfección de corte.

La razón de reducción a utilizar puede ir hasta 4 u 8 y la granulometría de producto está condicionada por la regulación de la máquina y la naturaleza del material. Como la abertura de la salida es rectangular, pueden salir trozos alargados o planos con una o dos dimensiones mayores que la regulación y que no pasarían por una malla cuadrada de dimensiones iguales a la misma, dependiendo esto mucho de la mayor o menor tendencia a la rotura equidimensional de la roca que se trate, así en las pizarras este efecto sería muy exagerado. En la tabla se muestran casos típicos orientativos para los materiales corrientes y las máquinas más usuales incluyendo las trituradoras giratorias.

Otro condicionante importante es a la hora de machacar la piedra, producir una predisposición a la fractura según algún plano preferente, la machacadora a emplear será de cono, cuando no y se alimente con piedras de gran tamaño, como en nuestro caso y por razones económicas, es elegida habitualmente las de mandíbulas y las de cono.

Dentro de admitir la piedra de tamaño no demasiado grande, si se desea la forma del producto resultante lo más parecido al cúbico, deberá emplearse una machacadora de martillos. La machacadora de mandíbulas se utiliza cuando la dimensión de los elementos a machacar es relativamente importante con relación a una producción horaria determinada. Cuando el caudal de producción es muy importante frente a la dimensiones de los productos a tratar se impone la elección de una machacadora giratoria.

Tabla 6.1 – Porcentaje de peso acumulado en función del tipo del material



Trituradora	Alimentación	Granito	Caliza	Cuarcita
Blake	Todo-uno de cantera	70-75	85-90	95-70
Blake	Con rejilla fija previa	65-70	80-85	60-65
Blake	Cribada con cuidado	60-70	75-80	55-60
Simple efecto	Cribada con cuidado	70-75	80-85	60-65
Giratoria primaria	Todo-uno de cantera	75-80	85-90	65-70
Giratoria primaria	Con rejilla fija previa	70-75	80-85	60-65
Giratoria secundaria	Cribada con cuidado	80-85	85-90	75-80
Giratoria secundaria (a.v)	Cribada con cuidado	65-70	70-75	65-70

La forma de la curva y los valores, son coincidentes con los indicados posteriormente para diversos tipos de triturados, tomando la curva correspondiente a las trituradoras de mandíbulas. Aquí el eje de abscisas está en escala logarítmica y posteriormente se usa una escala lineal y se da su valor tabulado.

Teniendo en cuenta la tabla anterior y con la gráfica del tipo de la granulometría de las trituradoras de mandíbulas que se presenta en la gráfica de la tabla 6.1, es posible estimar cual va a ser la curva granulométrica producida en una determinada operación si se conoce el tipo de material y la regulación de la machacadora.

La curva de la figura tiene las abscisas expresadas como tanto por ciento del tamaño máximo para que sea válida con carácter general. Hay que entrar con el porcentaje que pasa por la malla, en ordenadas y leer en abscisas el porcentaje del tamaño máximo que le corresponde. Este porcentaje es igual a la regulación entre dicho porcentaje y multiplicando por cien.

Obteniendo el tamaño máximo es fácilmente calculable cualquier otro tal como el d_{80} . También se puede hacer uso de curvas siniestradas por los fabricantes con las correcciones adecuadas para adaptarlas al material en concreto de que se trate.

Para estimar la capacidad de una determinada machacadora, además de poder utilizar los datos de los fabricantes o suministradores, se puede recurrir a una serie de fórmulas entre las que se va a mencionar la de Giesecking, que tiene la forma siguiente:

$$Capacidad\left(\frac{t}{h}\right) = f \cdot p_a \cdot w \cdot r \cdot t \cdot n \cdot a \cdot u$$

Donde f es un coeficiente dependiente de la naturaleza de las mandíbulas y del tratamiento previo de la alimentación para eliminar los finos y está dado en esta tabla.

Tabla 6.2 – Coeficiente de mandíbulas y tratamiento

Contenido en finos	Mandíbulas lisas	Mandíbulas acanaladas
Con finos naturales	0,000144	0,000106
Finos eliminados sobre rejillas fina	0,000126	0,000088
Finos eliminados cuidadosamente	0,000108	0,000072

- p_a . es la densidad aparente de la alimentación que se puede estimar como el 60% de la real.
- w es la longitud de la ranura de salida (igual a la longitud de la boca), expresada en centímetros.

- r es el reglaje, expresado en centímetros. Este reglaje tiene como valores extremos de un tercio a un octavo de la anchura de la boca de admisión.
- t es el recorrido o amplitud del movimiento expresado en centímetros. Suele oscilar entre el 25 y 40% de r . si no se conoce se puede tomar el valor medio de $0,33 r$.
- n . es el número de oscilaciones por minuto, igual a las rpm del volante. Si no se conoce se puede tomar en función del ancho de la boca.
- a . es un coeficiente dependiente del ángulo de las mandíbulas y que vale:

$$1 + 0,003 \times (26 - \text{ángulo de las mandíbulas})$$

- u es un coeficiente que depende de la forma de la alimentación a la machacadora y de la relación del tamaño máximo de grano de dicha alimentación al ancho de la boca

Si se utilizan tablas o datos de los fabricantes es útil adaptarlos al caso concreto de que se trata, utilizando la variación al caso concreto de que se trata, utilizando la variación de valor de los factores de la fórmula anterior entre las condiciones impuestas por el fabricante a sus datos y los del caso particular en cuestión.

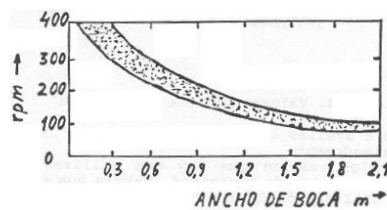


Figura 6.1 - Gráfico de relación del factor "n"

En el gráfico se da una aproximación que sirve como primera información y que relaciona el ancho de la boca de admisión con la velocidad de giro de la excéntrica.

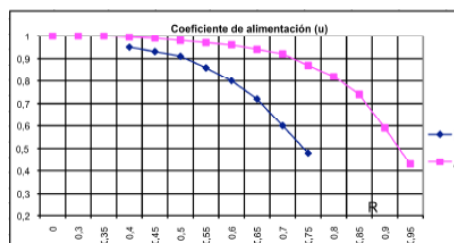


Figura 6.2 – Gráfico de alimentación por tolva o por camión en la línea rosada y azul respectivamente

6.1.2 Elección de la maquina adecuada

La elección del equipo es fundamentalmente por la capacidad de la boca de admisión. El criterio fundamental es la relación entre el tamaño máximo a procesar y las dimensiones de la boca del aparato.

El tamaño máximo debe ser como mucho un 80% de la dimensión menor de la boca de carga.

$D_{max} < 0,8 \cdot A$ ($D_{max} < 0,8 \cdot H$ en denominación inglesa).

El tamaño máximo no interesa que sea mucho menor ya que se desaprovecha capacidad de producción y no es deseable un tamaño claramente inferior al recomendado ya que se pueden producir atascos del equipo por saturación de la cámara si esta es por descarga directa no controlada.

Si existen en la alimentación granos poco frecuentes pero de tamaño elevado, superior al recomendado o incluso que no entra al equipo, se debe recurrir a limitar su entrada mediante una parrilla para no dimensionar excesivamente la trituradora, y fragmentar estos granos por otros medios antes de alimentar el equipo (p.e.: martillo neumático instalado en cabeza de trituradora).

Por el contrario, los granos ya triturados o que cumplen las características de salida del equipo instalado, no deben pasar por el aparato para evitar la producción excesiva de finos y el consiguiente consumo de energía innecesario. En este caso se recomienda instalar una criba, entre la parrilla de protección y la trituradora, de luz de malla igual a la regulación. El producto de salida de la criba se une luego al producto triturado, siendo la criba de tipo robusto con preferencia sobre la calidad de corte.

En el producto de salida de una trituradora de mandíbulas, por el efecto de forma de la descarga, rectangular, pueden y de hecho salen trozos de dimensión superior al reglaje, normalmente alargados, con una o dos dimensiones mayores que la regulación. Este efecto es más pronunciado para aquellos materiales con tendencia a exfoliar como es el caso de la pizarras donde este efecto es muy acusado, o de las micas.

Respecto a la capacidad de tratamiento hay que tener en cuenta las necesidades de mantenimiento que son elevadas. Si se trabaja a dos turnos el tercero será para necesidades de mantenimiento.

La disponibilidad de estos equipos en un año medio será del 80%–90% máximo. Cuando de los cálculos, por capacidad, se pueda desprender la necesidad de dos equipos es necesario compara el funcionamiento de estos con el de una trituradora giratoria que los sustituya.

La elección entre una machacadora de mandíbulas y otra giratoria dependerá de su función o valor en los parámetros de capacidad en toneladas, su potencia eléctrica nominal que consume y su valor económico

6.2 CÁLCULOS RAZONADOS EN PRIMARIA

Se utiliza para la solución la fórmula de Gieseking, que se fundamenta en el estudio técnico del funcionamiento del equipo, aplicada a la realidad del trabajo de fragmentación y las tablas y gráficos que se adjuntan a continuación y que indican, para los diversos tipos de trituradora, el análisis granulométrico estándar de los productos triturados.

En el gráfico de “curvas generales correspondientes a la distribución granulométrica para diferentes tipos de trituradoras”, se da el porcentaje de pasantes para un tamaño dado de producto triturado. El tamaño de producto se referencia, en porcentaje, al tamaño máximo posible con la regulación del equipo.

Si se utilizan tablas o datos de los fabricantes, es útil adaptar al caso en estudio, la variación del valor de los factores de la fórmula anterior, de Gieseking, entre las condiciones impuestas por el fabricante a sus datos y los del caso particular en estudio.

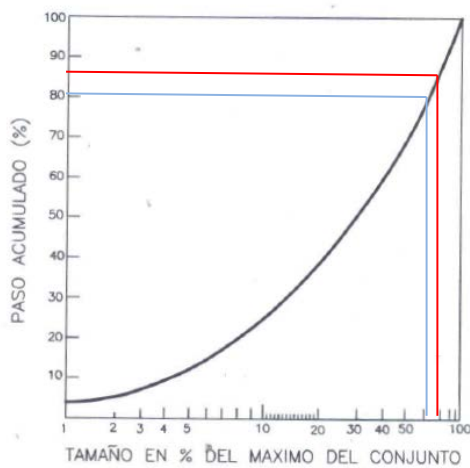
Contamos con los siguientes datos hipotéticos de nuestra máquina:

- Boca: 1350 x 1050 mm.
- Proyección horizontal del recorrido, en la parte inferior de la mandíbula: 90 cm.
- Ángulo de toma: 22°.
- Velocidad: 200 rpm.
- Mandíbulas acanaladas. Se alimenta con tolva reguladora y alimentador precribador.
- El tamaño de alimentación es $D_{80}=800$ mm y se pretende triturar a $d_{80}=140$ mm (consideramos un $D_{max} = 1200$ mm).

- El material usado como ejemplo en este cálculo será una caliza con $W_i = 11 \text{ kWh/sht}$ y la densidad real es de $\rho_s = 2,6 \text{ t/m}^3$. Se considera un valor de 0,6 para el coeficiente de aflojamiento.
- Se trabaja, según la legislación vigente, durante 8 horas al día, 365 días al año.

6.2.1 Reglaje de la machacadora

En primer lugar, debemos saber la regulación de la máquina, conocido el valor del d_{max} (140 mm). Para ello debemos considerar la curva granulométrica típica de los productos en las machacadoras.



Cogemos el tamaño en tanto por ciento de la máxima cantidad porcentual, es decir el 85%, representado con la línea roja, corresponde a un 70% en tamaño del máximo en conjunto.

De tal manera cogemos el tamaño correspondiente al 80% representado con la línea azul, corresponde a un 61,67%.

De este modo, calculamos el d_{max} :

$$d_{max} = \frac{140}{0,6167} = 227,014 \text{ mm}$$

Conocido el d_{max} , podemos calcular el reglaje o regulación a partir de la expresión:

$$d_{max} = \frac{r}{d_{85}} \rightarrow r = d_{max} \cdot d_{85} = 227,014 \cdot 0,7 = 158,91 \text{ mm}$$

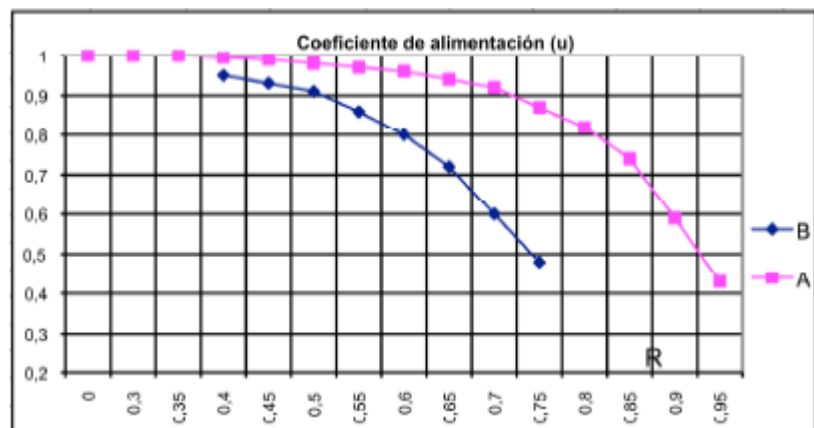
6.2.2 Capacidad

Calcularemos la capacidad en t/h mediante la fórmula de Giesecking:

$$Capacidad\left(\frac{t}{h}\right) = f \cdot p_a \cdot w \cdot r \cdot t \cdot n \cdot a \cdot u$$

- $f = 0,000088$
- $p_a = p \cdot \mu = 2,6 \cdot 0,6 = 1,56$
- $w = 120$ cm (tomamos esta medida para regular la salida del material)
- $r = 15,9$ cm
- $t = 5,25$ cm ($0,3 \cdot r$)
- $n = 180$ r.p.m.
- $a = 1 + 0,003 \times (26 - \text{alfa}) = 1,12$
- $u =$ tipo de descarga por tolva $R = D_{max} / Anchura$ $R = 400/1350$ $R = 0,30$
 $u = 1,00$
 $u = 0,997$ $R = 0,40$ $u = 0,995$ interpolación

R	B	A
0		1
0,30		1,00
0,35		1,00
0,40	0,95	1,00
0,45	0,93	0,99
0,50	0,91	0,98
0,55	0,86	0,97
0,60	0,80	0,96
0,65	0,72	0,94
0,70	0,60	0,92
0,75	0,48	0,87
0,80		0,82
0,85		0,74
0,90		0,59
0,95		0,43



Así analizados los diferentes elementos, la ecuación sería:

$$Capacidad = 0,000088 \cdot 1,56 \cdot 120 \cdot 15,9 \cdot 5,25 \cdot 180 \cdot 1,12 \cdot 1 = 277,23 \text{ t/h}$$

Si tenemos en cuentas las horas de la producción a lo largo del año será:

$$277,23 \text{ t/h} \cdot 8 \cdot 240 \text{ días} = 532281,6 \text{ t/año}$$

6.2.3 Motor eléctrico necesario

$$d_{80} = 140 \text{ mm} \quad 140000 \text{ } \mu\text{m}$$

$$800000 \text{ } \mu\text{m} D_{80} = 800 \text{ mm}$$

$$W_i = 14,7 \text{ kWh/st}$$

$$W_p = 10 \cdot W_i \cdot \frac{1}{\sqrt{140000}} - \frac{1}{\sqrt{800000}} = 0,3917 \text{ kWh/st}$$

Utilizamos el factor de conversión para cambiar de toneladas cortas a toneladas métricas:

$$\frac{0,3917 \text{ kWh/st}}{0,907} = 0,4319 \text{ kWh/t}$$

Calculamos la potencia del motor a instalar:

$$P = 277,23 \text{ t/h} \cdot 0,4319 = 119,74 \text{ kW}$$

Multiplicamos por dos (factor de mandíbulas) para conocer el valor real de la potencia frente a la potencia teórica.

$$P_{nominal} = 119,74 \cdot 2 = 239,48 \text{ kW}$$

Motor a instalar = **230 / 255** kW (cálculo en incrementos de 25 Ud).

Llegamos a la conclusión de que el nivel de la capacidad en este ejemplo de machacadora de mandíbulas es que posee un nivel capacitivo bueno y un motor eléctrico asequible a la hora de asumir los precios.

6.3 CÁLCULOS RAZONADOS EN GIRATORIA

Aplicaremos estos mismos conceptos con una trituradora giratoria primaria para comparar los resultados de capacidad entre las dos maquinarias, y lo más importante, el aspecto económico acorde con las disponibilidades financieras que estimaremos en la producción.

Básicamente, en el ámbito de la capacidad se trata del mismo procedimiento exceptuando minúsculos factores:

- Necesitamos conocer la excentricidad de la base de la nuez para conocer el recorrido. Se calculara a partir entre 15% – 30% del reglaje obtenido para saber si nos encontramos en unos valores óptimos de recorrido. En este caso será de 3,526 cm.
- La longitud de la ranura de salida se calcula de forma diferente, necesitamos conocer el diámetro inferior de la boca de salida.
- Nos fijaremos en una machacadora giratoria primaria con unas mandíbulas lisas con eliminado de finos mediante rejillas finas.
- Los parámetros de la boca serán 1,3716 m de anchura y un diámetro inferior de nuez de 1,8796 m.

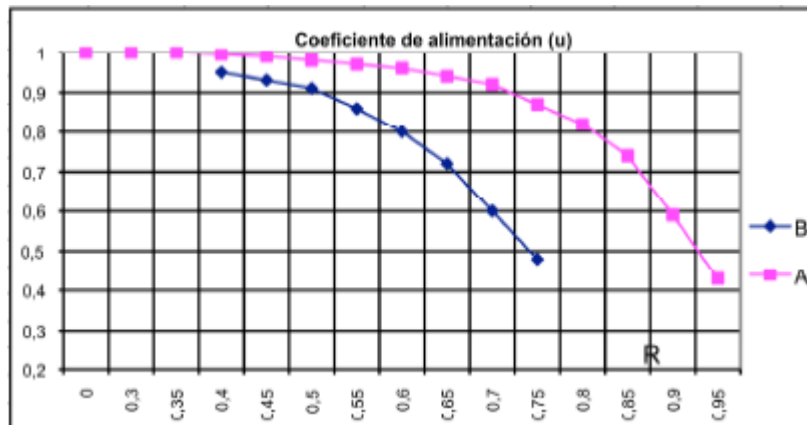
Por tanto:

$$\text{Capacidad} \left(\frac{t}{h} \right) = f \cdot p_a \cdot w \cdot r \cdot t \cdot n \cdot a \cdot u$$

- $f = 0,000126$
- $p_a = p \cdot \mu = 2,6 \cdot 0,6 = 1,56$
- $w = (\text{Ønuez} + r) \cdot \pi = (187,96 \text{ cm} + 15,9 \text{ cm}) \cdot \pi = 640,45 \text{ cm}$
- $r = 15,9 \text{ cm}$
- $t = 3,657 \text{ cm} (0,23 \cdot r)$
- $n = 170 \text{ r.p.m.}$
- $a = 1 + 0,003 \times (26 - \text{alfa}) = 1,12$
- $u = \text{tipo de descarga por tolva } R = D_{\text{max}} / \text{Anchura } 400 / 1137,16 \text{ mm} = 0,35$

Mediante tolva $u = 1,00$

R	B	A
0		1
0,30		1,00
0,35		1,00
0,40	0,95	1,00
0,45	0,93	0,99
0,50	0,91	0,98
0,55	0,86	0,97
0,60	0,80	0,96
0,65	0,72	0,94
0,70	0,60	0,92
0,75	0,48	0,87
0,80		0,82
0,85		0,74
0,90		0,59
0,95		0,43



$$Capacidad(t/h) = 0,000126 \cdot 1,56 \cdot 640,45 \cdot 15,9 \cdot 3,657 \cdot 170 \cdot 1,12 \cdot 1 = 1393,70 \text{ t/h}$$

$$1393,70 \text{ (t/h)} \cdot 8 \text{ h} \cdot 365 \text{ días} = 4069604,96 \text{ t/h}$$

6.3.1 Motor eléctrico necesario

$$d80 = 140 \text{ mm} \quad 140000 \text{ } \mu\text{m}$$

$$D80 = 350 \text{ mm} \quad 350000 \text{ } \mu\text{m} \quad Wi = 14,7 \text{ kWh/st}$$

$$Wp = 10 \cdot Wi \cdot \frac{1}{\sqrt{140000}} - \frac{1}{\sqrt{350000}} = 0,1444 \text{ kWh/st}$$

Utilizamos el factor de conversión para cambiar de toneladas cortas a toneladas métricas:

$$\frac{0,1444 \text{ kWh/st}}{0,907} = 0,1592 \text{ kWh/t}$$

Calculamos la potencia del motor a instalar:

$$P = 1393,70 \text{ t/h} \cdot 0,1592 = 221,89 \text{ kW}$$

Multiplicamos por 1,6 porque es el factor de conversión entre potencia teórica y real para giratorias.

$$P_{nominal} = 221,89 \cdot 1,6 = 355,02 \text{ kW}$$

Motor a instalar = **330 / 355** kW (cálculo en incrementos de 25 Ud).

En este caso el nivel de la capacidad, en este ejemplo, de machacadora es sobresaliente, incluso demasiada cantidad anual para guardarla en nuestros acopios si consideramos la magnitud de la cantera de Villasimpliz y un motor eléctrico más costoso que el otro ejemplo ya considerado.

7 ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1 OBJETO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica los procedimientos para la determinación de la resistencia a la fragmentación del árido grueso. Se definen dos métodos:

- Ensayo de los Ángeles (método de referencia).
- Ensayo de impacto (método alternativo).

Esta norma europea será de aplicación de los áridos naturales o artificiales empleados en la construcción e ingeniería civil.

7.2 DEFINICIONES

A los efectos de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

- Coeficiente de los Ángeles, LA: Porcentaje en masa de la muestra de ensayo que haya pasado a través del tamiz de 1,6 mm a la terminación del ensayo.
- Coeficiente de impacto, SZ: Valor SZ que proporciona una medida de la resistencia del árido a la fragmentación dinámica. Es igual a la quinta parte de la suma de los porcentajes de las masas de la muestra ensayada que pasan a través de 5 tamices de ensayo determinados, siguiendo el procedimiento establecido.
- Submuestra: Muestra utilizada para una sola determinación de una propiedad determinada en aquellos casos en los que el método de ensayo necesita realizar más de una determinación de dicha propiedad
- Muestra de ensayo: Muestra utilizada íntegramente para un mismo ensayo.
- Muestra de laboratorio: Muestra reducida obtenida de una muestra global, para realizar los ensayos en laboratorio.

- Masa constante: Masa obtenida después de sucesivas pesadas efectuadas, al menos, a intervalos de una hora y que no difieran entre ellas en más de un 0,1%.

7.3 APARATOS

Salvo indicación en contra, los aparatos empleados cumplirán los requisitos generales establecidos en prEN 932-5.

7.3.1 Equipos de empleo general.

- Tamices de ensayos, conformes a la Norma EN 933-2, con los tamaños de abertura correspondientes.
- Balanza, capaz de pesar la muestra de ensayo con una precisión de 0,1% de la masa de la muestra.
- Estufa convenientemente ventilada capaz de mantener una temperatura constante (110 °C).

7.3.2 Equipos adicionales para la determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de ensayo de Los Ángeles.

- Equipo para la reducción de la muestra de laboratorio, hasta obtener una muestra de ensayo, como el descrito en prEN 932-2.
- Máquina para el ensayo de Los Ángeles, constituida por los siguientes componentes principales.
- Cilindro fabricado de plancha de acero para la construcción de 12 mm de espesor conforme a la calidad S275 DE LA Norma EN 10025:1993, seleccionado para que pueda ser moldeado sin esfuerzos excesivos y soldado sin deformación significativa. El cilindro deberá estar cerrado por ambos extremos y deberá tener un diámetro interior de 711 mm con una variación de 5mm y una longitud inferior de 508 mm con una variación de 5 mm. Se deberá apoyar mediante dos bulones fijos horizontales montados en sus paredes laterales, sin llegar a penetrar en el interior del mismo. El cilindro deberá estar montado de modo que gire alrededor de un eje horizontal. Dispondrá de una abertura de 150mm de ancho, preferentemente a lo largo del tambor, para facilitar la introducción y la retirada de la muestra a la terminación del ensayo. La tapa o cubierta diseñada de modo que no altere la forma cilíndrica de la

superficie interior, debería cerrar herméticamente el tambor para impedir la salida del polvo durante el ensayo.

En la superficie cilíndrica interior se deberá colocar una placa saliente, situada entre 380 mm y 820 mm del borde más cercano a la tapa. Esta distancia deberá medirse a lo largo del interior del tambor, en el sentido de giro. La placa deberá tener una sección transversal rectangular, con una longitud igual a la del cilindro, una anchura de 90 mm, un espesor de 25 mm, y se deberá fijar rígidamente en un plano diametral, según una línea generatriz del cilindro.

La placa deberá ser sustituida cuando su anchura sea menor de 86 mm en cualquiera de sus puntos, y su espesor sea menor de 23 mm en cualquiera de sus puntos.

La base de la máquina deberá apoyar directamente sobre un pavimento de hormigón o de bloques de roca, convenientemente nivelado.

- Carga abrasiva consistente en 11 bolas de acero esféricas, con un diámetro entre 45 y 49 mm cada una de ellas y una masa comprendida entre 400 g y 445 g. La masa total deberá estar comprendida entre 4690 g y 4860 g.
- Motor para imprimir al tambor una velocidad de rotación entre 31 r.p.m. y 33 r.p.m.
- Bandeja para la recogida del material y bolas después del ensayo.
- Contador de revoluciones para la detención automática del motor después de dar el número de vueltas necesarias.

7.3.3 Equipos adicionales necesarios para la determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de ensayo de impacto

- Máquina de impacto
- Equipo para verificar la precisión de la máquina de impacto.
- Escobillas o cepillos y recipientes.

7.4 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN POR EL MÉTODO DE ENSAYO DE LOS ÁNGELES

La muestra del árido se voltea en el interior de un tambor giratorio, junto con las bolas de acero. Tras el volteo, se determina el material retenido por el tamiz de 1,6 mm.

7.4.1 Preparación de la muestra para el ensayo

La masa de la muestra enviada al laboratorio deberá ser al menos de 15 kg, con una granulometría comprendida entre 10 mm y 14 mm.

El ensayo se deberá realizar con el árido que pase por el tamiz de 14 mm y que quede retenido en el tamiz de 10 mm.

Además, la curva granulométrica de la muestra de ensayo deberá cumplir los requisitos siguientes:

Entre el 60% y el 70% del árido deberá pasar por el tamiz de 12,5 mm;

Entre el 30% y el 40% del árido deberá pasar por el tamiz de 11,2 mm.

Tamizar la muestra de laboratorio empleando los tamices de 10 mm, 11,2 mm y 14 mm para obtener fracciones granulométricas separadas en los intervalos de 10 mm a 11,2 mm y de 11,2 mm a 14 mm. Lavar cada fracción por separado, tal como establece el capítulo 6 de la Norma EN 933-1:1997, secándolas en la estufa a 110°C aproximadamente hasta obtener la masa constante.

Dejar enfriar las fracciones granulométricas a la temperatura ambiente. Mezclar las dos fracciones para obtener una muestra modificada de laboratorio con una granulometría entre 10 mm y 14 mm que cumpla con los requisitos granulométricos citados anteriormente.

Reducir la muestra modificada de laboratorio obtenida tras la mezcla, hasta conseguir una muestra de ensayo según se establece prEN 932-2.

La muestra de ensayo deberá tener una masa de 5000 g aproximadamente.

7.4.2 Procedimiento operatorio

Comprobar que el tambor este limpio antes de introducir la muestra. Colocar cuidadosamente las bolas en la máquina, y a continuación, introducir la muestra de ensayo. Poner la cubierta en su posición y hacer girar la máquina durante 500 vueltas a una velocidad constante entre 31 r.p.m. y 33 r.p.m.

Verter el árido sobre una bandeja dispuesta debajo del equipo, tomando la precaución de que la abertura esté justo encima de la bandeja para evitar la pérdida del material. Limpiar el tambor, extrayendo a todos los finos y prestando especial atención a las zonas próximas a la

placa saliente. Retirar con cuidado la carga de bolas de la bandeja evitando perder partículas de árido.

Analizar el material de la bandeja según establece la Norma EN 933-1:1997, lavando y tamizando con un tamiz de 1,6 mm. Secar la parte retenida en el tamiz de 1,6 mm a una temperatura de 11 °C, hasta obtener una masa constante.

7.4.3 Cálculo y expresión de los resultados

Calcular el coeficiente de Los Ángeles, LA, a partir de la siguiente expresión:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

Donde

m es la masa retenida por el tamiz de 1,6 mm, expresada en gramos.

Anotar el resultado redondeando al número entero más próximo.

7.4.4 Informe del ensayo

El informe del ensayo deberá declarar que el ensayo de Los Ángeles ha sido realizado conforme a lo dispuesto por esta norma europea. Se deberá incluir la siguiente información:

- Denominación y el origen de la muestra;
- Las fracciones granulométricas a partir de las cuales se obtuvo la muestra de ensayo;
- El coeficiente de Los Ángeles, LA.

7.5 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN

7.5.1 Fundamento del método

El coeficiente de impacto SZ, proporciona una medida de la resistencia mecánica de los áridos.

La fracción granulométrica comprendida entre 8 mm y 12,5 mm es triturada en la máquina de ensayo por medio de 10 golpes dados por un martillo que cae desde una altura de 370 mm. El grado de fragmentación se mide por análisis granulométrico empleando 5 tamices determinados

7.5.2 Preparación de la muestra de ensayo:

Se deberá obtener una muestra de laboratorio según establece la Norma EN 932-1. La muestra deberá contener al menos 5 kg de la fracción granulométrica comprendida entre 8 mm y 10 mm y 2,5 kg de cada una de las fracciones granulométricas siguientes: de 10 mm a 11,2 mm y de 11,2 mm a 12,5 mm.

A partir de la muestra de laboratorio, se debe preparar una cantidad suficiente de cada una de las fracciones granulométricas comprendidas entre 8 mm y 10 mm, 10 mm y 11,2 mm y 11,2 y 12,5 mm para tener al menos 3 submuestras empleando los tamices de ensayo. Lavar y secar estas cantidades preparadas a una temperatura de 110 °C hasta obtener masa constante, y dejarlas enfriar entre 15°C y 35°C.

Para realización del ensayo de impacto, se deben preparar un mínimo de tres submuestras con la siguiente composición de la fracción granulométrica comprendida entre 8 mm y 10 mm, 25% de la fracción entre 10 mm y 11,2 mm y el 25% de la fracción entre 11,2 mm y 12,5 mm. Pesar las submuestras, redondeando a la fracción 0,5 g más próxima. Antes de pesar la submuestra, se debe obtener una mezcla uniforme de las 3 fracciones granulométricas.

La masa de la submuestra, expresada en kilogramos, deberá ser 0,5 veces el valor de la densidad real de los áridos en megagramos por metro cubico, determinada según se establece en prEN 1097-6 sobre una muestra compuesta.

Si se conociera el valor de la densidad real de los áridos por ensayos anteriores, este valor podría ser utilizado.

La proporción de las cantidades por cada submuestra, expresadas en kilogramos, son:

- Fracción granulométrica entre 8 mm y 10 mm = 0,25 veces la densidad real de los áridos
- Fracción granulométrica entre 10 mm y 11,2 mm = 0,125 veces la densidad real de los áridos
- Fracción granulométrica entre 11,2 mm y 12,5 mm = 0,125 veces la densidad real de los áridos.

La masa de la submuestra, antes de la realización del ensayo no deberá diferir de la masa nominal en más de un 1%.

7.5.3 Procedimiento operatorio

Colocar la submuestra en el molde de la máquina de impacto y con la mano nivelar someramente su superficie son apretar. El pisón por medio del dispositivo correspondiente deberá estar apoyado contra la muestra de ensayo. Levantar el martillo hasta una altura de 370 mm.

Golpear diez veces la submuestra de ensayo desde esa altura con el martillo.

Después de la serie de golpes, levantar el pisón y extraer el molde de la máquina de impacto. A continuación, llevar la muestra triturada a una cubeta, limpiando y cepillando sobre la misma todas las pequeñas partículas adheridas al molde. Pesar la muestra de ensayo.

Tamizar la submuestra fragmentada según establece la Norma EN 933-1: 1997 empleando los cinco tamices siguientes:

0,2 mm;0,63 mm;2 mm;5 mm;8 mm.

Pesar la parte retenida en cada uno de los cinco tamices de ensayo, así como el resto de la muestra redondeando a la fracción.

Si la masa total de submuestra tras el tamizado difiere de la masa original en más del 0,5%, se deberá realizar de nuevo el ensayo de impacto con otra submuestra.

7.5.4 Cálculo y expresión de los resultados

Calcular, para cada submuestra de ensayo, los porcentajes de las masas retenidas por cada uno de los cinco tamices, así como, del resto de la submuestra, con relación a la masa de submuestra antes de ejecutar el ensayo. A partir de estos porcentajes, calcular los porcentajes de las masas que hayan pasado por cada uno de los tamices.

Sumar los porcentajes de las masas que hayan pasado a través de cada uno de los cinco tamices de ensayo, para obtener **M**.

Calcular el coeficiente de impacto, **SZ** a partir de la siguiente expresión:

$$SZ = M / 5\%$$

Donde

M es la suma de los porcentajes de las masas que hayan pasado a través de cada uno de los 5 tamices de ensayo.

7.5.5 Informe del ensayo

El informe del ensayo deberá declarar que el ensayo de impacto ha sido realizado conforme a lo dispuesto por esta norma europea. Se deberá incluir la siguiente información:

- Denominación y el origen de la muestra
- Las fracciones granulométricas a partir de las cuales se obtuvo la muestra de ensayo.
- La densidad del árido de la fracción granulométrico comprendida entre 8 mm y 12,5 mm redondeada al 0,01 Mg/m³ y determinada según lo establecido por prEN 1097-6.
- Los resultados del ensayo (el coeficiente de impacto, **SZ**, los resultados de cada submuestra de ensayo redondeados al 0,01 % y el valor medio redondeado al 0,1%).

7.5.6 Opciones posibles para el ensayo de Los Ángeles

Se puede obtener información adicional para determinados usos aplicando las siguientes modificaciones sobre el ensayo de referencia.

Se utilizarán los tamices apropiados al tamaño correspondiente a las fracciones granulométricas señaladas.

Tabla 8.1 – Otras opciones posibles al ensayo de Los Ángeles

Fracciones granulométricas en mm	Número de bolas	Masa de la carga de bolas
4 a 8	8	3410 a 3540
6,3 a 10	9	3840 a 3980
8 a 11,2	10	4360 a 4420
11,2 a 16,0	12	5120 a 5300

7.6 MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN POR IMPACTO

7.6.1 Requisitos de construcción, operación y seguridad

Todas las medidas indicadas están expresadas en milímetros.

Para las tolerancias en general, se adoptará el grado de exactitud en metros, tal como se especifican las Normas ISO 2768-1 e ISO 2768-2.

7.6.2 Construcción

Los componentes de la máquina de impacto empleada para el ensayo se definirán a continuación.

La máquina de impacto consta de 4 elementos:

- Dispositivo elevador, compuesto de: un martillo, las guías, un motor para asegurar la elevación y la puesta en carga y los contadores
- Recipiente para la muestra (porta-muestras), un molde y un pisón (cabeza de almirez) con un dispositivo para mantener y asegurar una presión de contacto y el ajuste.
- Yunque
- Base y amortiguadores

Todos los movimientos deberán tener lugar a lo largo del eje común del martillo, pisón, molde y yunque. El martillo y el dispositivo que asegura la presión de contacto

con el molde deberían tener una guía común que se debería ajustar en posición vertical cuando se ponga la máquina de impacto en marcha.

Para poder realizar el ensayo, se deberían cumplir los siguientes valores característicos, dejándose caer el martillo desde una altura de 400 mm:

- Fuerza de impacto F_{max} $= (830 \pm 60)$ kN
- Impulsión P $= F \times dt = (240 \pm 25)$ N x s
- Duración de la impulsión t $= (510 \pm 20)$ ms

7.7 DISPOSITIVO ELEVADOR

El dispositivo elevador se compone de un martillo, las guías, un motor para asegurar la elevación y la puesta en carga y unos contadores.

7.7.1 Martillo proceq

Está compuesto de un cuerpo y de una cabeza. Es el elemento de impacto, con una relación diámetro/longitud aproximada en vista en plano. La cabeza es reemplazable y la superficie de impacto tiene forma troncocónica.

La superficie de contacto entre el cuerpo y la cabeza debería estar definida de tal modo que constituya al menos el 80% de la superficie total. El cuerpo y la cabeza deberían estar unidos por medio de 4 pernos pasantes de modo que la carga no se mueva durante el impacto.

Las piezas del martillo deberían fabricarse de los siguientes materiales:

- El cuerpo, con acero de capa superficial endurecida tipo 20 MnCr 5, conforme a las especificaciones de la Norma ISO 683-11.
- La cabeza con acero para herramientas tipo 60 WCrV 7, según establece la Norma ISO 4957; con los bordes y la superficie de impacto de un grado de dureza Rockwell comprendido entre 54 y 56 HRC después del templeado y revenido, según establece la Norma EN 10109-1.

7.7.2 Guías

Una vez ajustados los componentes de la máquina, el martillo deberá descender en caída libre. Las guías laterales reemplazables aseguran el guiado del martillo sobre unas ranuras. La disposición de estas últimas permiten un coeficiente de rozamiento bajo y una buena estabilidad. Las guías deberían estar fabricadas de acero pulido, no aleado, St 52-3(número del material 1.05709), conforme a las especificaciones de la Norma EN 10025.

7.7.3 Motor para asegurar la elevación y puesta en carga

El motor elevara el martillo hasta la altura necesaria para la ejecución del ensayo. La altura de caída, medida desde el borde inferior del martillo hasta el borde del pisón (cabeza del almirez), debería ser regulable entre 200 y 500 mm, a intervalos de 1 mm.

El motor debería poder corregir automáticamente la altura de caída, en la misma medida que la muestra de ensayo pueda ser comprimida por el impacto, para mantener constante la altura de caída durante todo el ensayo, con una tolerancia de 2,0 mm.

Dos contadores eléctricos deberían registrar el número de impactos. Uno de los contadores debería enviar la señal de la parada automática al dispositivo de elevación del martillo tras la realización del número de impactos necesarios.

El segundo contador debería registrar el número total de impactos.

7.7.4 Recipiente para la muestra (porta-muestras)

El recipiente para la muestra constará de un molde y un pisón. Debería estar situado entre el martillo y el yunque durante la realización del ensayo. Mientras que el molde tiene un ajuste solidario con el yunque, el pisón debería estar presionando la submuestra de ensayo en el interior del molde por medio del dispositivo de presión mediante muelles.

Cada amortiguador deberá soportar una carga mínima de 10000 N.

El yunque, los amortiguadores y la placa base deberían estar unidos con pernos roscados. Los amortiguadores permiten el ajuste del yunque, constituyen una base específica y actúan como silenciadores del ruido.

El martillo deberá asegurarse por medio de un dispositivo de suspensión para evitar caídas accidentales durante las operaciones de colocación o retirada del molde de la máquina de impacto.

Un dispositivo de protección deberá ser previsto, para evitar el acceso a la zona de riesgo durante el funcionamiento del martillo. Esta protección podrá consistir, por ejemplo, en una pantalla móvil que se pueda colocar durante la ejecución del ensayo.

Se deberán adoptar las medidas necesarias contra los ruidos, durante el ensayo de fragmentación por impactos, como por ejemplo, una sala insonorizada o con cubierta insonorizada.

Comprobación de la máquina de impactos, un organismo independiente deberá realizar una prueba de aceptación sobre la misma. Esta prueba deberá repetirse cada dos años.

7.8 COMPROBACIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN POR IMPACTO

7.8.1 Objeto y ámbito de la aplicación

Es necesario efectuar la comprobación de la máquina para el ensayo de fragmentación de impactos, para asegurar la obtención de las mismas condiciones de ensayo, a reproducir en todas las máquinas de impacto.

Este ensayo establece si las máquinas para el ensayo de fragmentación por impacto descritas anteriormente satisfacen los requisitos y responden a las exigencias recogidas en esta norma, y si se puede emplear para realizar el ensayo de fragmentación dinámica descrito en esta norma.

7.8.2 Lista de comprobación

Las comprobaciones abarcan los siguientes aspectos:

- Comprobación del montaje vertical y del juego entre el molde y el pisón.

- Determinación de la dureza de la cabeza del martillo, pisón, molde y del yunque.
- Estado de la superficie.
- Estado de los pernos y tornillos.
- Dispositivo que asegura la presión del pisón.
- Invariabilidad de la altura de la caída.
- Determinación del efecto del impacto.

7.8.3 Equipos y accesorios para el ensayo

a) Nivel de burbuja de aire, con una precisión de 0,2mm/m.

b) Dispositivo de ensayo para la determinación de los efectos de los impactos, compuesto de:

- Sensor
- Transductor
- Indicador

El sensor consiste en un transductor de cuarzo, con una capacidad máxima de 1100 kN. La transformación de señales se realiza como sigue: se amplifican las señales registradas por el sensor y a continuación son introducidas en un analizador de impulsos, compuesto de un contador digital para el registro de la duración de los impulsos, de un depósito para registrar tensiones de pico, y poder determinar la amplitud máxima y de un amplificador integrador para determinar la amplitud del impulso. El error del dispositivo no deberá exceder el 1%.

Para indicar los valores medidos, las tres señales individuales pueden ser registradas e impresas, por ejemplo, por un transformador analógico/digital. La relación fuerza/tiempo puede ser representada en un osciloscopio bajo la forma de la curva de voltaje/tiempo y ser conservada de forma fotográfica.

c) Equipo para la determinación no destructiva de la dureza Rockwell.

d) Regla de acero, de una longitud mínima de 200 mm.

e) Superficie para obtener un registro de referencia.

f) Llave dinamométrica.

g) Barras de medida, de 398 mm y 402 mm de largo.

7.8.4 Procedimiento operatorio

Verificación del montaje vertical y del juego de las guías entre el molde y el pisón:

- a) El montaje vertical se verifica con ayuda del nivel de burbuja del aire.
- b) La entrada del pisón en el molde debe de ser sin fricción.
- c) Determinación de la dureza de la cabeza del martillo, del pisón, del molde y del yunque:

Durante la prueba de aceptación de la máquina de ensayos de fragmentación por impactos, se debería verificar que:

- La superficie de impacto de la cabeza del martillo en el centro y hacia los bordes;
- La superficie de impacto del pisón; y
- La base del molde,

Tienen un grado de dureza Rockwell comprendido entre 54 HCR y 56 HCR (tal y como se establece en la Norma EN 10109-1).

La dureza Rockwell medida en el momento del contraensayo debería ser, al menos, de 54 HRC. Al montar la máquina por primera vez, también se debería medir el grado de dureza Rockwell de la superficie interior del molde y de la superficie frontal del yunque.

7.8.5 Comprobación de la superficie

Para comprobar si la base del molde y la cara frontal del yunque son planas, se debería emplear una regla de acero del tamaño adecuado para abarcar toda la superficie.

Para comprobar la calidad de la superficie, se debería emplear una fuente luminosa para determinar que nada o muy poca luz pasa entre la regla de acero y la superficie. En este caso, se deberá comprobar la distribución uniforme de la luz sobre toda la superficie.

Para verificar que el contacto se produce sobre más del 80% de las superficies, tras el impacto; las superficies de contacto entre la cabeza y el cuerpo del martillo identificadas por medio de una marca de tinta deberán ser comparadas con las marcas iniciales, de referencia.

Se debería efectuar una comparación visual con las superficies de referencia, para comprobar si las superficies de contacto entre la cabeza y el cuerpo del martillo, la de la base del molde y de la superficie frontal del yunque satisfacen los requisitos necesarios.

7.8.6 Comprobación de los pernos y tornillos de sujeción

Se debería emplear una llave dinamométrica para comprobar que el par de apriete de los pernos y tornillos empleados para la fijación de la cabeza y el cuerpo del martillo es de 67 Nm.

7.8.7 Comprobación del dispositivo de presión de contacto

Se debería comprobar la fuerza de compresión del muelle del dispositivo que asegura la presión de contacto sea igual a 1000 N con una tolerancia de 100 N. El dispositivo de ensayo para determinar el efecto del impacto puede ser utilizado para ese fin.

7.8.8 Comprobación de la invariabilidad de la altura de caída

Se deberían emplear barras de medida para comprobar que la altura de caída de 400 mm se mantiene constante, dentro de unos márgenes de tolerancia de 2 mm

7.8.9 Determinación del efecto del impacto

Se deberían realizar diez impactos desde una altura de caída de 400 mm, en los que se medirá la fuerza del impacto, el impulso y la duración del impulso. Se debería comprobar si la media aritmética de cada una de estas variables está comprendida en los intervalos del apartado anterior.

Análogamente, se deberá determinar y anotar las medias aritméticas, de la fuerza del impacto, del impulso y de la duración del impulso calculada sobre diez impactos a partir de alturas de caída de 200 mm y 300 mm respectivamente.

7.9 MÉTODOS DE PRECISIÓN

7.9.1 Ensayo de Los Ángeles

La repetibilidad r_1 y la reproductibilidad R_1 han sido determinadas por un programa europeo de ensayos de coeficiente de Los ángeles, a tres niveles, desde 8 a 37, realizado por 28 laboratorios distintos, tal como se describe a continuación:

- Repetibilidad: $r_1 = 0,06 X$
- Reporductibilidad: $R_1 = 0,17 X$

Donde X representa el coeficiente de Los Ángeles, **LA**.

7.9.2 Ensayo de impacto

La repetibilidad r_1 y la reproductibilidad R_1 han sido determinados por un programa europeo de ensayos realizados por 16 laboratorios en los mismos tres niveles del coeficiente de Los Ángeles citados anteriormente. Los coeficientes del ensayo de impacto obtenidos (**SZ**) estaban comprendidos entre 11,0 y 27,7 con la siguiente precisión resultante:

- Repetibilidad: $r_1 = 0,350 + 0,0129 X$
- Reproductibilidad: $R_1 = 0,106 X$

Donde X representa el coeficiente del ensayo de impacto, **SZ**.

7.9.3 Cálculo del valor del coeficiente SZ

Tabla 8.2 – Datos iniciales para el cálculo del coeficiente

Tamaño de tamiz	Masa inicial		
	Masa retenida		Masa % que pasa
Agujeros perforados / tela metálica (mm)	g	%	
8	721,5	53,5	46,5
5	304,5	22,6	23,9
2	181,0	13,4	10,5
0,63	86,0	6,4	4,1
0,2	30,0	2,2	1,9
Fondo bandeja	26,0	1,9	-
	1.349,0	100,0	86,9

Valor del coeficiente de impacto $SZ_{8/12} = M/5 = \text{Suma de los \% que pasan de las masas}/5$

$$SZ_{8/12} = M/5 = 86,9\%/5 = 17,38\%$$

8 ENSAYOS REALIZADOS EN EL MARCO DE ESTE INFORME

8.1 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS DE CONTROL

Los resultados obtenidos a partir de las muestras tomadas en este estudio presentan un cumplimiento total en todas las muestras y ensayos, con la única excepción del ensayo de limpieza, partículas finas (0.5 mm) en la muestra Z-2, en que se ha obtenido el valor de 0,6, incumplimiento tolerable, y en partículas mayores de 100 mm, que da incumplimiento tolerable en la muestra Z-1, con un valor de 4,3.

8.1.1 Coeficiente de desgaste Los Ángeles

Este ensayo se ha realizado en todas las muestras. Los valores se expresan en la tabla 9.1 y están por debajo del límite de 14. La media da 12,4 y permiten clasificar el balasto como de tipo 1 sin ninguna duda.

Tabla 9.1 – Resultado del ensayo del desgaste de Los Ángeles

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
C.L.A	12,6	13,2	12,3	12,2	11,9	12,4

8.1.2 Resistencia a la compresión ensayo carga puntual Franklin

Este ensayo se ha realizado en todas las muestras excepto en la Z-5. Como puede observarse los resultados resultan buenos en todas las muestras. Este ensayo permite caracterizar la resistencia a la compresión simple con más garantía de éxito que el ensayo directo. En este ensayo se obtiene el índice $I_s(50)$ y a partir de este índice, mediante la fórmula de BROCH y FRANKLIN

(1972), se puede calcular la resistencia a la compresión. Los resultados han sido los de la tabla 9.2. En ellos se puede ver que todos los valores están muy por encima del valor mínimo del Pliego, establecido en 1.200 kg/cm². El valor medio de 2.309 kg/cm² es un valor representativo de la resistencia a la compresión de estas rocas.

Tabla 9.2 – Valores de resistencia a la compresión (R.C.) según ensayo de carga puntual Franklin.

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Media
Resistencia (kg/cm ²)	2.461	2.399	2.100	2.276	2.309

8.1.3 Densidad aparente de partículas

Este ensayo se ha realizado en cuatro de las muestras y los resultados se resumen en la tabla

9.3. La densidad media es de 2,645 g/cm³.

Tabla 9.3 – Valores del ensayo de densidad relativa aparente

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Media
kg/m ³	2,643	2,646	2,646	2,644	2,645

8.1.4 Densidad aparente del balasto

Para este ensayo se han utilizado todas las muestras. Los valores obtenidos y el valor medio se

muestran en la tabla 9.4. El valor medio es de 1.452,2 kg/m³

Tabla 9.4 – Valores del ensayo de densidad aparente del balasto

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
kg/m	1.433,3	1.415,2	1.499,1	1.467,2	1.446,18	1.452,2

8.1.5 Absorción de agua

Los resultados de este ensayo se dan en la tabla 9.5. Se han ensayado las muestras Z-1 a Z-4 y los valores no llegan al límite del 1,0 % que el Pliego establece para tener que realizar el ensayo de durabilidad frente a la acción de la helada. El valor medio de absorción es de 0,39 %.

Tabla 9.5 – Valores de ensayos de absorción de agua

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Media
%	0,43	0,39	0,35	0,38	0,39

8.1.6 Granulometría

Este ensayo se ha realizado en todas las muestras. Los resultados se muestran en la tabla 9.6. Como puede apreciarse se observa cumplimiento en todos los tamices en las muestras. En esta curva se han tomado 2400 gramos del material de tamaño 6-12 mm para el ejemplo granulométrico.

Tabla 9.6 – Valores de la curva granulométrica

Tamiz	Abertura mm.	Retenido entre tamices		% Pasa
		Peso	%	
	12,5	25	1,04	98,96
	10	56,25	2,34	96,61
	8	820	34,17	62,45
	6,3	620	25,83	36,61
	4	742	30,92	5,70
	2	9	0,38	5,32
	1	1,5	0,06	5,26
	0,50	1,5	0,06	5,26

	0,25	8	0,33	4,93
	0,125	6	0,25	5,01
	0,07	1,5	0,06	4,95
	Pasa	28	1,17	
	Suma	2318,75		
Contenido inicial		2400		

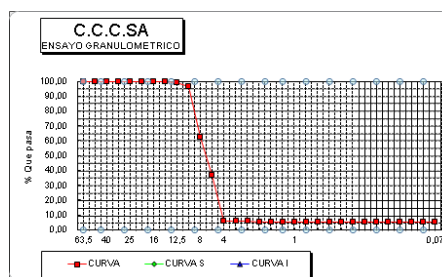


Figura 8.1 – Curva granulométrica de los productos ensayados

8.1.7 Limpieza 0,5 mm

Cuatro de las muestras ensayadas dan valores de contenido en polvo para 0,5 mm de 0,1, por debajo del límite del Pliego, establecido en 0,6%. La muestra Z-2 da un valor de 0,6, dentro del campo del incumplimiento tolerable. La media de todas las muestras es de 0,3 %. Los resultados se pueden ver en la tabla 9.7.

Tabla 9.7 – Resultados de ensayos de limpieza

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
%	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3

8.1.8 Limpieza 0,063 mm

Solo se ha ensayado una muestra, la M-2, que da un valor de 0,3, como se muestra en la tabla 9.8.

Tabla 9.8 – Resultados de ensayos de limpieza (0,063 mm)

Muestra	M-1	M-2		M-3	Media
%	-	0,3	-	-	0,3

8.1.9 Elementos aciculares

En este ensayo se realizó en todas las muestras. Los valores que se han encontrado están claramente dentro de los límites admisibles (10%) y dan una media de 3,9 %.

Tabla 9.9 – Resultados del ensayo de elementos aciculares

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
%	3,7	4,9	3,3	3,9	3,8	3,9

8.1.10 Espesores mínimos de los elementos granulares

Este ensayo se ha realizado también en todas las muestras. El valor medio de retenidos entre 25-16 mm cumple y es de 13,0 (Tabla 9.10). En cuanto a los elementos menores de 16 mm los valores oscilan entre 0,6 y 1,5, inferiores también al máximo admitido del 5% del peso total. La media es de 0,9 %.

Tabla 9.10 – Valores resultantes del ensayo en espesores mínimos

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
25-16 mm	14,2	15,3	11,8	10,7	12,8	13,0
< 16 mm	0,9	1,5	0,6	0,6	1,1	0,9

8.1.11 Partículas mayores de 100 mm

Este ensayo se ha llevado a cabo en todas las muestras tomadas en los frentes. Los valores se dan en la tabla 9.11. únicamente la muestra Z-1 incumple, aunque en el campo tolerable. El valor medio es de 2,3.

Tabla 9.11 – Resultados del ensayo de elementos mayores de 100 mm

Muestra	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Media
%	4,3	1,2	2,8	2,2	1,0	2,3

8.2 CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos previos de homologación y de los realizados en el ámbito de este estudio son cuarcitas de la cantera de Villasimpliz que poseen las propiedades geotécnicas que las hacen aptas para la elaboración de balasto de calidad. El estudio comparativo de los ensayos realizados da para la resistencia al desgaste valores adecuados, con un valor medio de Coeficiente Los Ángeles de 13,82 y valores mínimos de 12,20. Los ensayos restantes dan valores muy buenos a excepción de la longitud ≥ 100 , que dan incumplimiento tolerable en un 32% y rechazable en un 4%.

Se trata de una roca de calidad con un desgaste por debajo del límite establecido por el Pliego, con una media de 12,4. La resistencia a la compresión es elevada, de 2.309 kg/cm². La densidad de las partículas tiene un valor medio de 2,645 kg/m³ y la del balasto es de 1.452 kg/m³. A su vez muestra una absorción de agua con un valor medio de 0,39 %.

Respecto del proceso de elaboración de balasto con esta roca y la planta de la cantera prácticamente todas las muestras de este estudio dan resultados totalmente correctos en los

aspectos de granulometría, elementos retenidos entre los tamices de 25 y 16 mm, el porcentaje de aciculares, y elementos que pasan el tamiz de 16 mm.

Todos estos datos indican que la roca es geotécnicamente adecuada para elaborar balasto de tipo 1, aplicable a líneas de Alta velocidad. En la tabla 9.12. se resumen todos los valores medios obtenidos mediante los ensayos y todos los resultados completos de los laboratorios.

Tabla 9.12 – Resumen de los resultados en ensayos realizados

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA ROCA					
Densidad aparente de partículas	Densidad aparente de balasto	Absorción de agua	Cara puntual Franklin	Coeficiente desgaste de Los Ángeles	
2,645	1.452,2	0,39	2.309	12,4	
ENSAYOS PROCESO DE ELABORACIÓN					
LIMPIEZA		ACICULARES	ESPESORES MÍNIMOS		PARTÍCULAS<100 mm
0,5	0,063		25-16 mm	<16 mm	
0,3	0,3	3,9	13,0	0,9	2,3
GRANULOMETRÍA					
63	50	40	31,5	22,5	% RET 50-31.5
100,0	86,4	41,1	8,4	78,1	78,1

9 REPORTAJE FOTOGRÁFICO

En esta parte del documento, hacemos referencia a las fotografías tomadas de las muestras granulométricas tomadas en cantera y fotos de algunas máquinas de las que se podrían disponer.

La función de este tipo de fotografía es obtener imágenes que den testimonio de los hechos de interés del proyecto que aparecen como medio en documentos de este tipo.

Las cuatro primeras fotos corresponden con el apartado 2 de descripción de muestras y las cinco últimas están dedicadas al apartado 5 referido a la descripción de la maquinaria mostrando alguna de las partes más importantes de la planta.

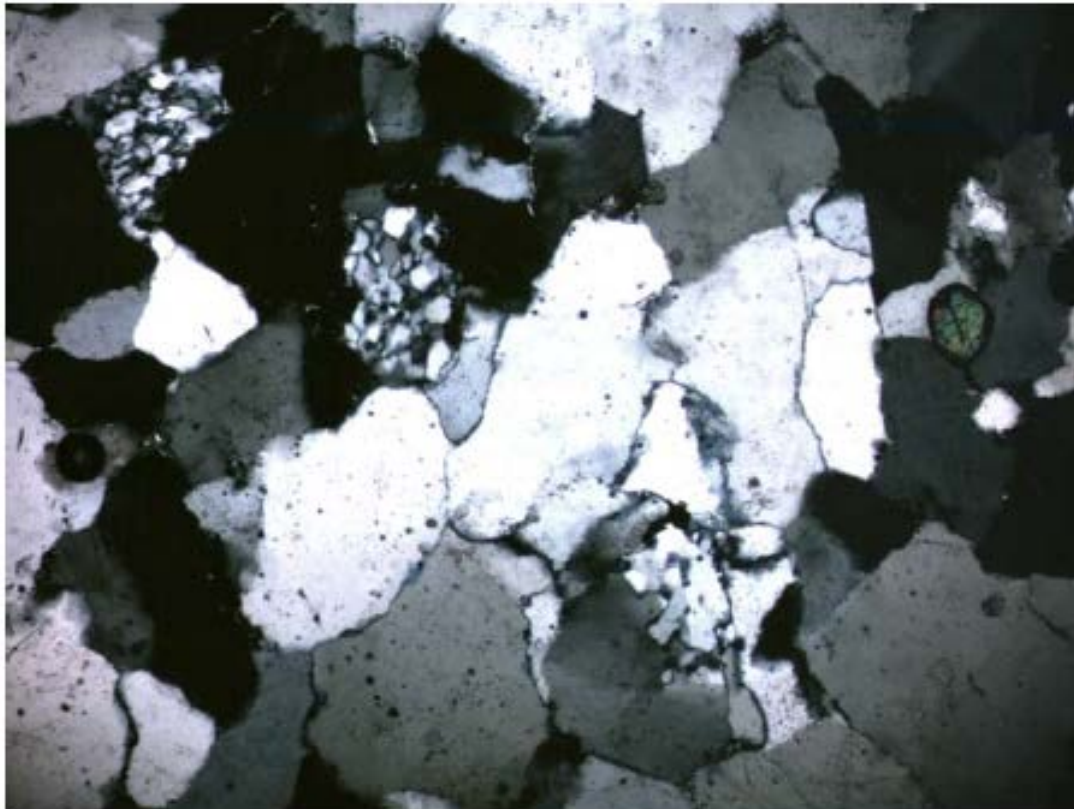


Foto 2.2.1.- Microfotografía de la muestra Z-1. Granos de cuarzo simple y cuarzo milonítico..

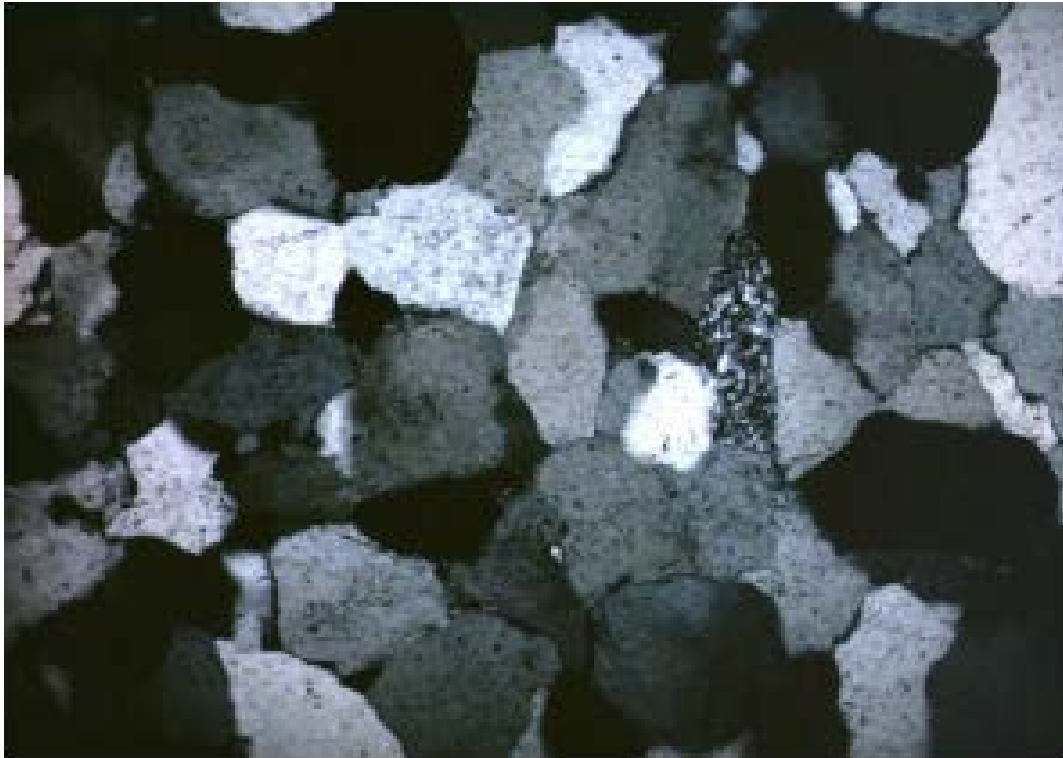


Foto 2.2.2.- Microfotografía de la muestra Z-2. Mosaico de cuarzo simple, cuarzo metamórfico y pequeños cristales de moscovita.

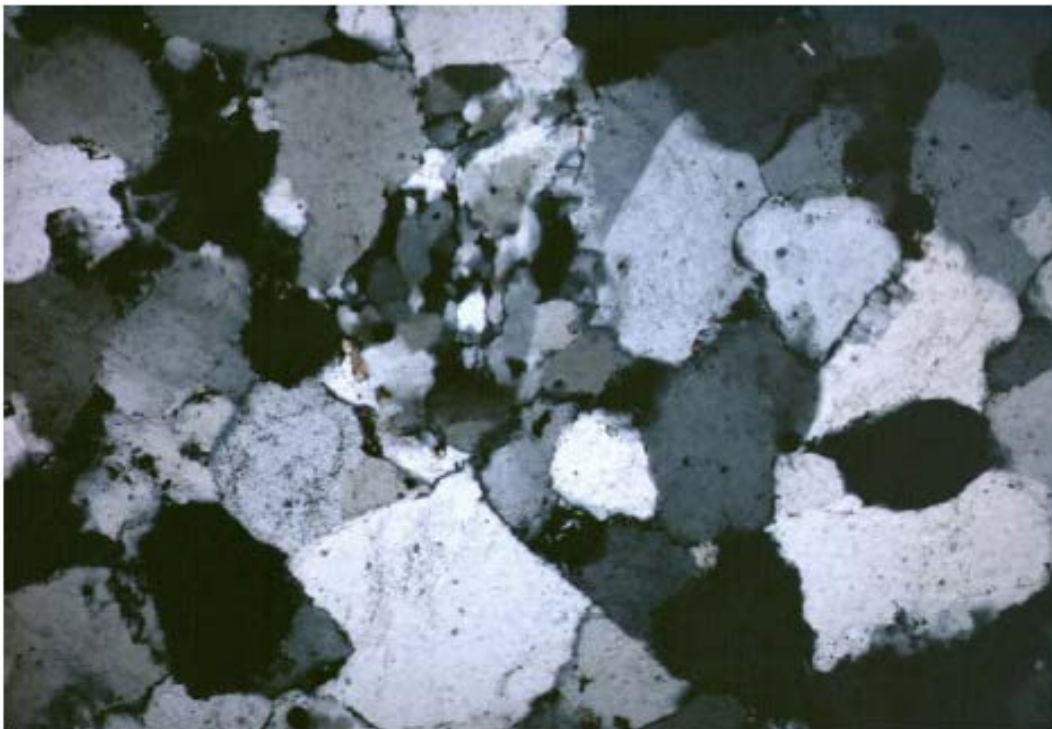


Foto 2.2.3.- Microfotografía de la muestra Z-3. Mosaico de cuarzo y un grano de cuarzo milonítico.

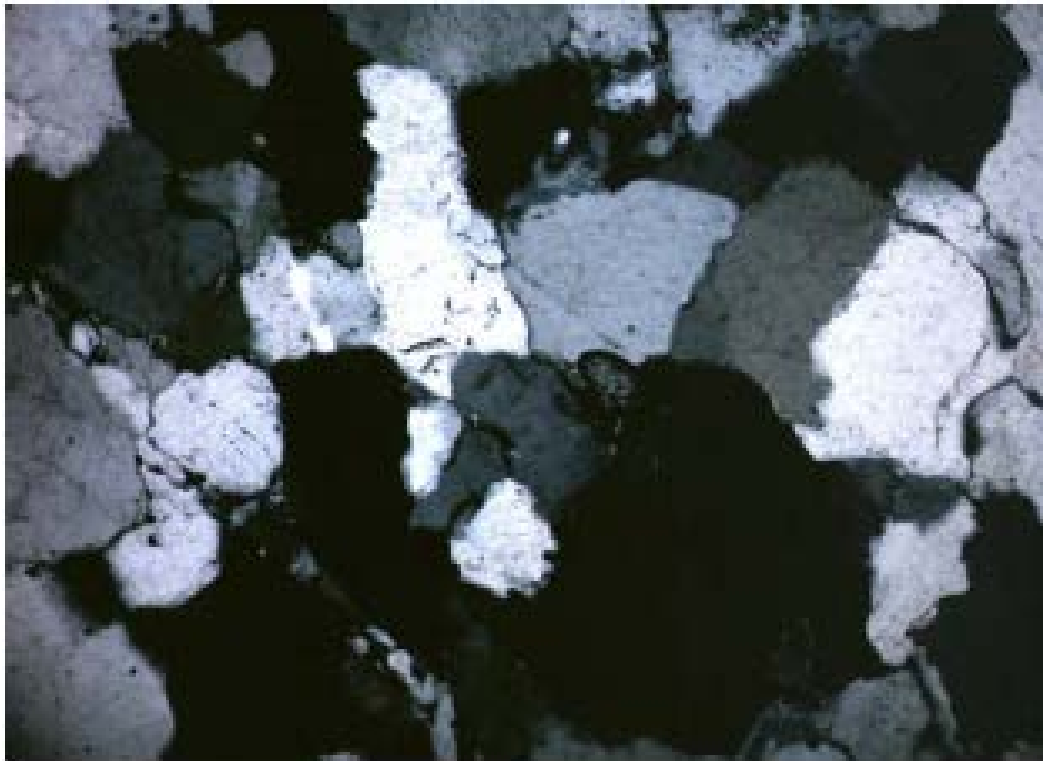


Foto 2.2.4.- Microfografía de la muestra Z-4. Mosaico de cuarzo y circón.

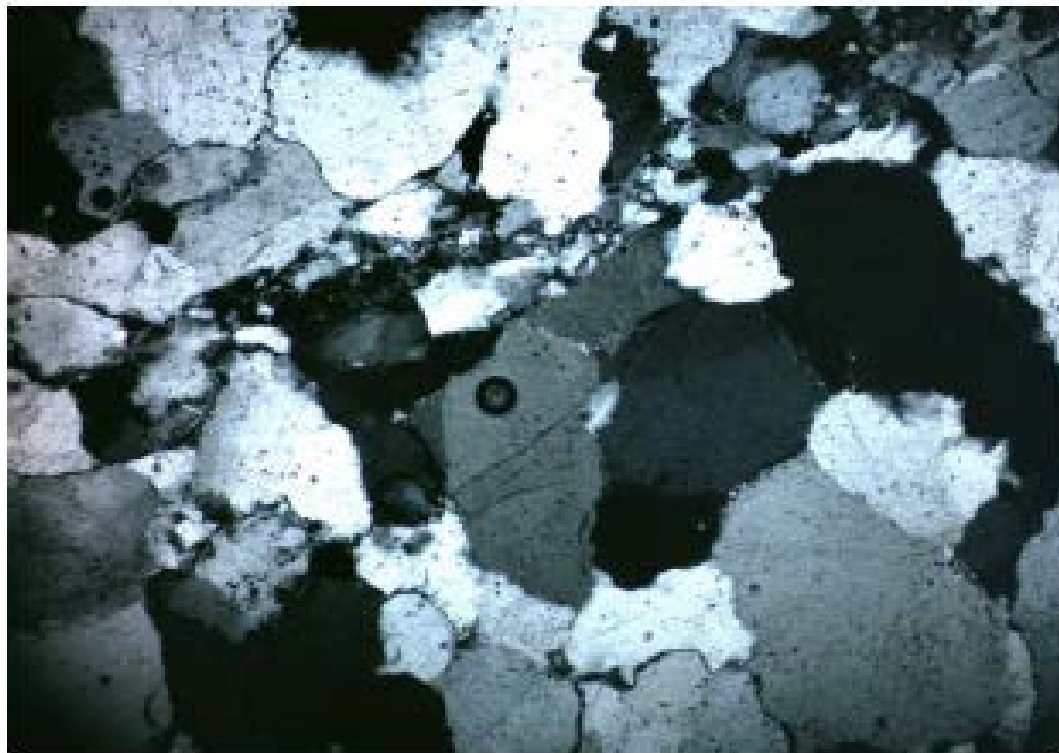


Foto 2.2.5.- Microfografía de la muestra Z-5. Mosaico de cuarzo, predominantemente simple, con algún compuesto milonítico.



Foto 5.1.1.- Molino secundario rotopactor BARMAC para eliminación de aristas.



Foto 5.1.2.- Conjunto de cribas.



Foto 5.1.3.- Vista general de las tolvas, cintas, y detrás, los molinos del secundario.

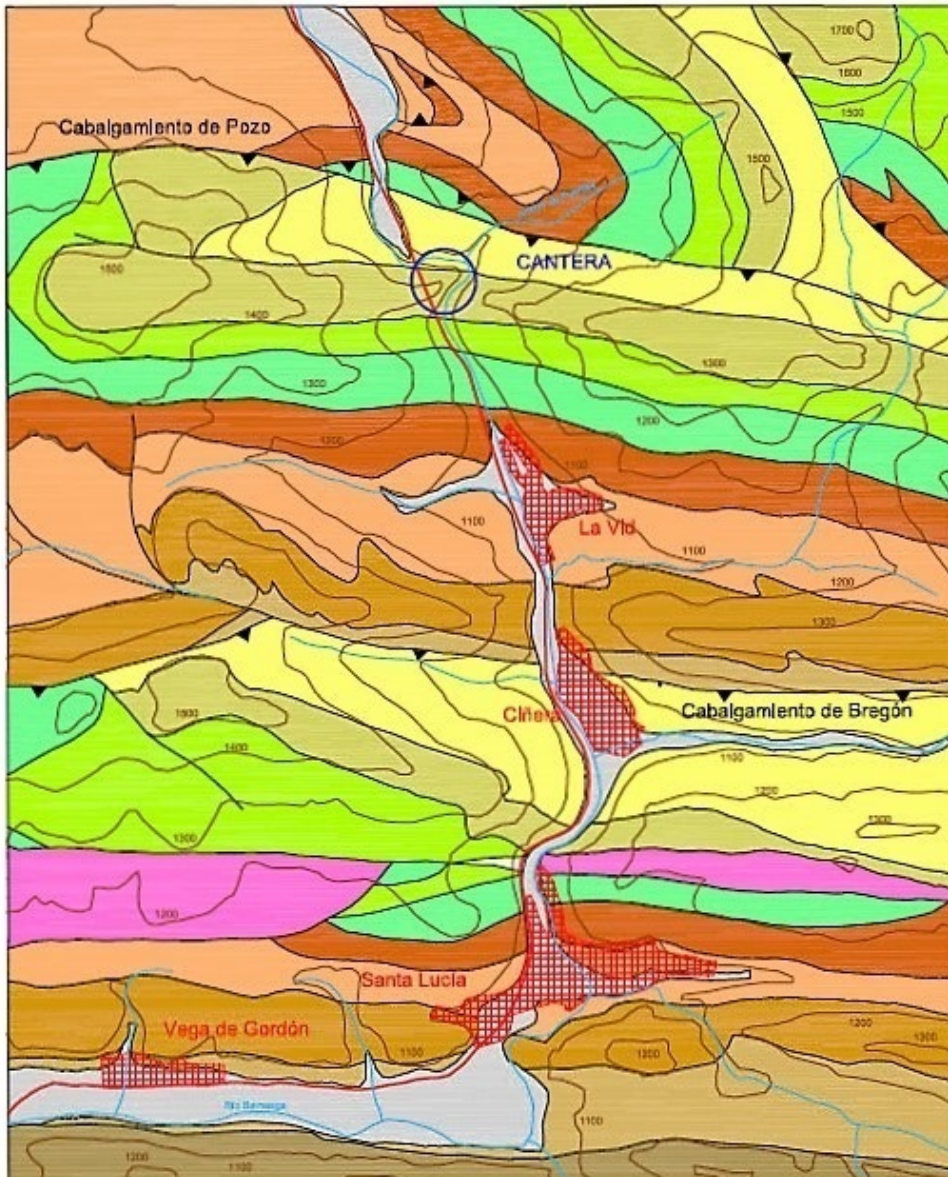


Foto 5.1.4.- Machacadora de mandíbulas ROHER P.135.100, con la cinta transportadora del producto del proceso primario. A la izquierda cinta de los finos separados en este proceso.



Foto 5.1.5.- Bancos superiores del frente de explotación.

PLANOS



LEYENDA

CUATERNARIO		Aluvial; Gravas y arenas
CARBONÍFERO		Estafeniense: Conglomerados, areniscas, Pizarras y Carbón
DEVÓNICO		Formación Portilla: Calizas bioclásticas y bioconstruidas
		Formación Huergas: Pizarras areniscas
		Formación Santa Lucía: Calizas
		Formación La Vid: Pizarras y Calizas
SILÚRICO		Formación La Vid: Dolomías y Calizas
		Formación de San Pedro: Areniscas ferruginosas
ORDOVÍCIO		Formación Formigosa: Pizarras
CÁMBRICO		Formación Oville: Areniscas, pizarras, cuarcitas
		Falla
		Cabalgamiento
		Contacto litológico








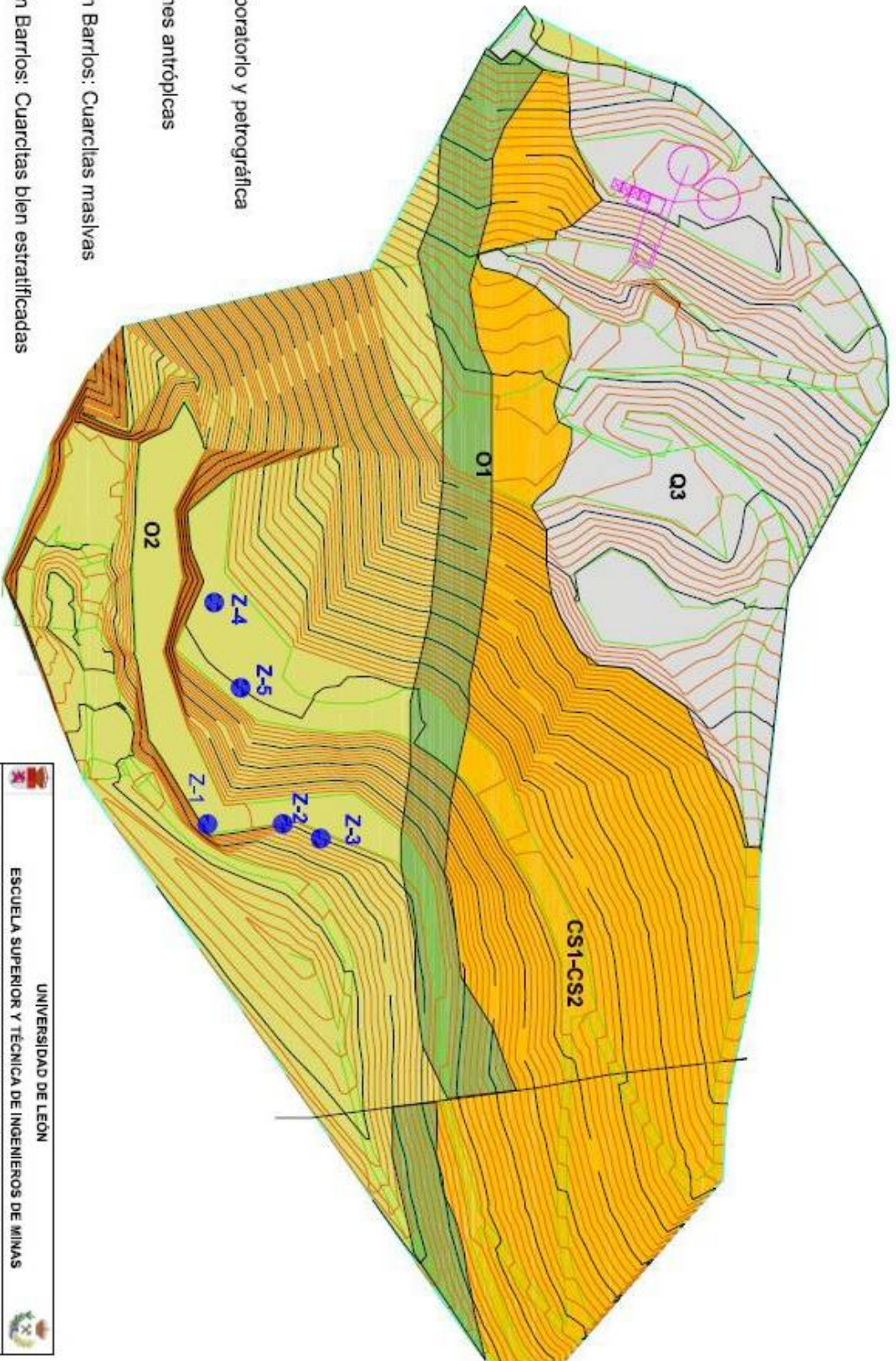
UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



Mapa Geológico de la zona de Villasimpliz

-  Z-1 Muestra de laboratorio y petrográfica
-  Q3. Formaciones antrópicas
-  O2. Formación Barrios: Cuarzilas masivas
-  O1. Formación Barrios: Cuarzilas bien estratificadas
-  CS1 y CS2. Formación Oville: Cuarzilas, areniscas y pizarras



PRESUPUESTO

1 FINANCIACIÓN ECONÓMICA DE LA MACHACADORA

1.1 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

El proyecto de la financiación económica de la trituradora de mandíbulas lo determinará de dos maneras diferentes:

- Valoración por tanteo rápido.
- Índices de Marshall & Swift.

1.1.1 Valoración por tanteo rápido

La inversión de la máquina viene dado por el producto del coste de la máquina (€/kg) por su respectivo peso (kg).

Esta medida financiera es la más popular en las empresas dedicadas a la venta de este tipo de maquinaria, ya que, estas máquinas se fijan en mayor parte en el peso de la máquina y de la capacidad que pueda aportar la machacadora.

En la tabla 7.2 se realiza la estimación por tanteo rápido aplicado a nuestra elección.

Tabla 7.1 – Valoración de costes por tanteo

Trituradora	Tipo	Pmotor (kW)	Peso (kg)	Coste (€/kg)	Inversión (10 ³ €)
Mandíbulas	Primaria	160	52.000	3,3	171.600€
Giratorias	Primaria	375	119.750	6,6	790.350€

1.1.2 Índices de Marshall & Swift

Se creó para hacer comparaciones entre dos trimestres o años. Los índices de Marshall & Swift se basan en un promedio nacional de 47 industrias diferentes.

Un índice de costes se compone de una cesta de la compra de equipos e indica la dirección general en la que los costos de equipos se están moviendo con una estimación de los costos de los equipos instalados a partir de 1914 hasta la fecha.

Ahora, el coste de inversión vendrá dado por:

$$I = a X^b$$

donde "a" y "b" son constantes tabuladas para cada tipo de máquina (Tabla 7.2).

Tabla 7.2 – Tabla de relación del índice de Marshall & Swift al diseño de plantas

DISEÑO DE PANTAS DE PROCESO DE MATERIALES					
Datos de coste de equipos básicos = aX^b (M.S = 300)					
Item	Parametro X	Unidades de X	Serie de X	A	b
Triturador de cono	Diámetro del anillo de descarga	Pies	2 - 70	4254	1.80
Giratorio primario	Boca de entrada diámetro del manto	(Pulgada) ²	30 x 55 – 60 x 109	3.58	1.48
Triturador de mandíbulas	Área de la boca de alimentación	(Pulgada) ²	15 x 24 – 60 x 48	6.0	1.28
Molino de martillos	Área de la boca de alimentación	(Pulgada) ²	6 x 4 – 46 x 60	217	0.67
Molino de bolas	HP del motor	HP	40 - 1750	3410	0.54
Molino de barras	HP del motor	HP	50 - 1500	2955	0.57
Ciclones	Diámetro	Pulgadas	6 - 30	132	0.91
Bombas SRL	Capacidad	USPGM	250 - 5000	31	0.64
Colector de polvo	Capacidad	(Pies) ³ /min	2000 - 10000	10.6	0.72
Criba vibrante de	Área de cribado	(Pies) ²	6 – 30	132	0.91
Clasificador de espiral	Diámetro de la espiral	Pulgadas	24 - 78	30	1.53
Mesa	Área de la bandeja	(Pies) ²	24 - 90	618	0.35
Celda de flotación	Volumen	(Pies) ³	100 - 300	71	0.74
Filtro de disco	Área de filtro	(Pies) ²	22 - 1800	1194	0.44

Filtro de tambor	Área de filtro	(Pies) ²	12 - 720	4331	0.33
Espesador	Diámetro	Pies	10 - 225	147	1.38
Alimentador vibrante	Área del alimentador	(Pulgada) ²	2880 - 13824	1.28	0.99

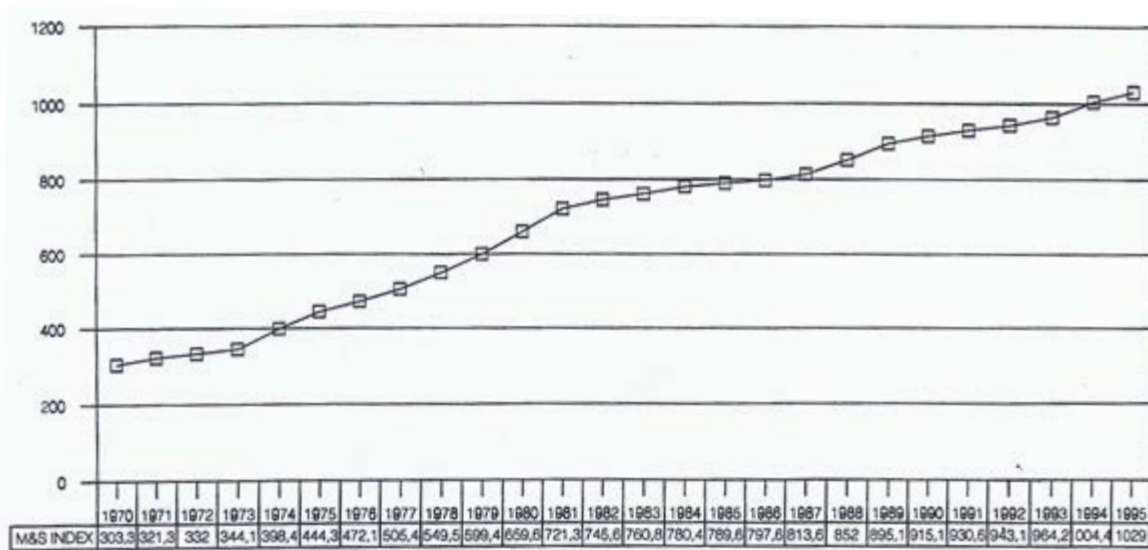


Figura 6.3 – Gráfica de relación anual del M&S index

En este gráfico se puede ver la relación del valor del índice de Marshall & Swift a lo largo de los años desde 1970 hasta 1995. El M.S. con un valor de 300 corresponde al año 1965 y el valor más actualizado encontrado es del 2014 con un valor de 1427,7

Así pues, procedemos a calcular el precio estimado en la trituradora de mandíbulas y la giratoria primaria:

Trituradora de Mandíbulas

X: Área de la boca de alimentación:

1350x1050 (53,15x41,34) pulgadas

2197,15 pulgadas²

Serie de X:

15x24 – 60x48

a=6,0 b=1,28

$$I = 6 \cdot (2197,15)^{1,28} = 113.692,46€$$

Giratoria Primaria

X: Boca de entrada diámetro del manto

1371x1879 (53,98x73,98) pulgadas

3993,24 pulgadas²

Serie de X:

30x55 – 60x109

a=3,58 b=1,41

$$I = 3,58 \cdot (3993,24)^{1,41} = 428.303,73€$$

Hacemos la conversión del índice de Marshall&Swift:

$$113.692,46€ \cdot \frac{1427,7}{300} = 541.062,42€$$

$$418.303,73€ \cdot \frac{1427,7}{300} = 1.990.707,45€$$

Las conclusiones que sacamos de los cálculos sacados de la capacidad son que aunque la estimación de la capacidad de una machacadora giratoria, ejemplificada en el apartado anterior, tiene un valor mucho más significativo que una machacadora primaria, no nos compensa la situación financiera de la giratoria, es decir, crear tanto material y no tener tanta demanda de beneficio, no nos interesa tener grandes cantidades de acopio sabiendo que la cantera no es excesivamente grande para soportar todos estos gastos que supondría mantener todo ese material, aparte que su precio es mucho más elevado en comparación con la de mandíbulas.

En esta tabla podemos elegir la máquina más adecuada a lo que hemos calculado anteriormente.

Tabla 7.3 – Catálogo de diferentes trituradoras de la marca ROHER

Tipos	P-6.40	P-9.60	P-11.80	P-135.100	P-160.130
Dimensiones boca (mm)	600x400	850x550	1.100x800	1.350x1050	1.620x1.300
Velocidad (rev/min)	1500	1500	1500	1000	1000
Velocidad de los volantes	330 a 380	270 a 300	230 a 250	180 a 200	170 a 190
Reglaje mínimo-máximo (mm)	30-120	50-140	85-200	120-300	160-300
Producción máxima (t/h)	18 a 93	50 a 135	100 a 300	200 a 680	460 a 900
Peso de la máquina	6.800	13.000	26.000	52.000	85.000

Si observamos los parámetros calculados con anterioridad, vemos que la trituradora P-135.100 es la más adecuada para nuestro proyecto que esta subrayado con color azul.

1.2 PRESUPUESTO ECONÓMICO DE LA PLANTA

En primer lugar para la organización de un presupuesto general, realizaremos unas tablas de mediciones entre las que encontramos la economía de la maquinaria, personal y repuestos respectivamente.

No consideramos la financiación anual o la inversión que recibe debido a que este proyecto no está dedica a ese objetivo. Si quisiéramos ese tipo de datos existen empresas o asociaciones lucrativas que deberían de ser las responsables de dar dicha información.

Tabla 7.4 – Tabla de mediciones presupuestarias

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Trituradora de mandíbulas	1	697.643,99€	541.062,42€
Molino de conos	1	7294,16€	7294,16€
Molino de Impactos	1	27.519,40€	27.519,40€
Silos	2	6250,29€	12.500,58€
Cintas Transportadoras	8	12.739,74€	101.917,97€
Alimentador	1	55.829,84€	55.829,84€
Cribas	3	17.346,69€	52.040,07€
Total			798.164,44€

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (año)	Precio Total (año)
Encargado	3	40.000€	120.000€
Transportista	3	25.000€	75.000€
Maquinista	2	30.000€	60.000€
Ingeniero	1	40.000€	40.000€
Director Facultativo	1	35.000€	35.000€
Operario	4	20.000€	80.000€
Oficinista	8	20.000€	160.000€
Soldador	1	30.000€	30.000€
Total			570.000€

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mandíbulas	3	890€	2.670€
Repuestos Camiones	-	5.000€	45.000€
Mandíbulas Rompedoras	7	620€	4340€
Placas Antidesgaste	5	450€	2.250€
Mallas Cribadas	10	150€	1.500€
Maquinaria de oxicorte	3	680€	2040€
Total			578.000€

Procedemos a calcular el precio total:

Tabla 7.5 – Tabla Presupuesto Final

Descripción	Precio Total
Maquinaria	798.164€
Personal	570.000€
Mantenimiento y respuestos	578.000€
Total	1.376.734€

A todo este importe debemos aplicarle el 10% considerador impuesto indirecto para su valoración final. Este impuesto se incluye los siguientes conceptos:

Mano de Obra

Personal que no interviene de forma directa en la ejecución de las unidades de obra, dado que realiza exclusivamente funciones de control, organización, distribución de tareas, vigilancia, etc.

Jefe de obra, ayudante de obra, encargado de obra, administrativo de obra, jefe de cuadrilla, vigilante, almacenista, peón de servicios varios (personal que realiza funciones de transporte interior, elevación, montaje, retirada, limpieza, etc. durante la ejecución de la obra).

Maquinaria, útiles y herramientas

Conjunto de maquinaria, útiles y herramientas que se usa para la ejecución de diversas unidades de obra y que no es específico de ninguna de ellas.

Elevación: Grúa, incluyendo al gruista, montaje, desmontaje y transporte de grúa, con cimentación, red de tierras y legalización, montacargas y carretilla elevadora.

Transporte: Camión para trabajos generales, limpieza y transporte de herramientas, dúmpers.

Herramientas: Picos, palas, reglas.

Instalaciones provisionales

Acometidas provisionales de instalaciones: energía eléctrica, agua potable, servicio de teléfono.

Redes de instalaciones de carácter provisional, porque se desmontan a medida que dejan de ser necesarias: Red y cuadros eléctricos, red de agua potable, etc.

Consumo de instalaciones: Energía eléctrica, agua potable, teléfono-fax.

Construcciones provisionales y equipamientos

Módulos prefabricados: Construcciones provisionales a pie de obra para almacenes, talleres, oficinas, etc. No se incluyen las instalaciones de vestuarios o comedores del personal cuando estas se integran en el Estudio de Seguridad y Salud. Tampoco se incluyen en este apartado los

cerramientos del solar, accesos y carteles que se desmontan o se eliminan cuando la obra finaliza.

Equipamientos: Gastos generados por el funcionamiento de la oficina de obra y de los almacenes. Por ejemplo los consumibles (papel, fax, etc.), equipos informáticos y, en general, los gastos derivados de la administración de la obra durante el período de ejecución.

En definitiva aplicando este porcentaje a nuestro precio estimado, aplicando también el impuesto de valor añadido:

$$1.376.734\text{€} + 10\% = 1.514.407,44 \text{ €}$$

$$1.514.407,44\text{€} + 21\%(I. V. A.) = 1.832.433\text{€}$$

En conclusión tendríamos que rentabilizar casi dos millones de euros para adquirir los requisitos mínimos necesarios para la elaboración de la planta.

ANEXO I

IMPACTO AMBIENTAL

1 IMPACTO AMBIENTAL

1.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

La cantera de Villasimpliz cuenta con un estudio de Impacto Ambiental muy detallado. En este estudio, se analizan los diferentes impactos, se realiza su medida cuantitativa y se establecen las adecuadas medidas de protección del Medio Ambiente y el proyecto de Restauración con los trabajos a realizar durante y después de que cese la explotación.

Partiendo de las características de los suelos (tipo, extensión, erosión, sedimentación, escorrentía, textura, estructura, permeabilidad, capacidad de retención, topografía y geología del substrato), la hidrología superficial y subterránea y los datos climáticos (aridez, temperaturas, régimen de vientos, pluviosidad y nieve) se realizó un estudio de los impactos determinados por la actividad en la cantera. En este estudio se analizaron los impactos sobre el aire, el suelo, el agua, el paisaje, la flora, la fauna y la socioeconomía de la zona (empleo y usos del suelo), considerándose también los riesgos procedentes de la sismicidad y la inestabilidad de laderas.

El clima es de tipo de transición Mediterráneo templado-fresco de carácter húmedo y presenta los parámetros climáticos de la tabla. La precipitación permite clasificar este clima como Mediterráneo húmedo.

No existen acuíferos aislados en el macizo de roca de la zona de cantera, ni afecta, por encontrarse en una ladera, al Arroyo Pedrosa. El relieve es juvenil, con fuerte control litológico que determina que alternen relieves suaves, labrados en las formaciones blandas, y relieves muy abruptos, generados en las formaciones duras y resistentes a la erosión, con la formación incluso de estrechos hoces y desfiladeros. Están muy desarrollados los procesos de ladera, con caída de rocas, movimientos en masa y acumulaciones de derrubios en forma de canchales y coluviones. Los suelos dependen de la litología de las diferentes formaciones litológicas y en general se aprecia que son de muy baja favorabilidad, presentan grandes pendientes y contienen abundantes elementos rocosos.

La fauna incluye por especies comunes de vertebrados entre ellas varias catalogadas como protegidas. Las especies de vertebrados más importantes son la rana común, el sapo común, el conejo, el corzo, el jabalí, el zorro, la ardilla común, la liebre y el tejón. En cuanto a aves las más importantes son el águila perdicera, azor, ratonero común, becada, perdiz roja y perdiz pardilla.

La vegetación es de predominio de herbáceas y matorrales, con algunas masas pequeñas de bosque en el que dominan los robles melojos, algo de haya, abedul y fresno. Los usos del suelo comprenden regadíos (2%), labor intensa y prados naturales (9%), pastizal de alta montaña (20%), pastos y matorral con o sin arbolado (60%), masas forestales (8%) y superficies improductivas (1%).

Tabla 10.1 – Resumen factores atmosféricos de la zona de implicación

Temperatura media anual	8°-10° C
Temperatura media del mes más frío	0°-2° C
Temperatura del mes más cálido	16V-18° C
Precipitación media anual	700-1400 mm
Precipitación en invierno	34%
Precipitación en primavera	27%
Precipitación en otoño	28%
ETP media anual	600-700%
Duración media del periodo seco	1-3 meses
Duración media del periodo en heladas	8-10 meses

Tanto la producción de polvo como la de ruido van ligadas a la actividad de la planta de machaqueo y el tránsito de vehículos. Se ha considerado el impacto sobre los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, la geomorfología y el paisaje, la flora y fauna. La tabla 9.2 da una valoración cualitativa de los diversos impactos.

1.2 PROYECTO DE RESTAURACIÓN

El proyecto de restauración tiene en cuenta los impactos que produce la explotación y se propone mitigar dichos impactos mediante un método de explotación adecuado y una serie de labores a desarrollar al terminar la actividad en la cantera. La tabla da la matriz de impactos valorados cuantitativamente antes y después de tomar medidas correctoras.

Tabla 10.2 – Matriz de identificación de impactos

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS																			
FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS																			
ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES AMBIENTALES	ATMOSFERA		AGUA		SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA	PROCESOS GEOFÍSICOS				SOCIOCULTURAL							
	Composición	Ruido	Superficial	Subterránea	Características	Comunidad	Capacidad	Poblaciones	Erosión	sedimentación	Inestabilidad	Vibraciones	Inundación	Modificación	Empleo	Recursos	Economía	Higiene	Aceptación
INFRAESTRUCTURA	Construcción de edificios e instalaciones		*			*			•				*	p*		p*			p*
	Viajes y conducciones		*	*	*	*		*					*	p*		p*		p*	p*
	Desagües drenajes y balsas			*	*				*	*				p*		p*		p*	p*
OPERACIÓN	Arranque y carga	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*			p*		p*	*		
	Tratamiento mineral																		
	Transporte	**	*	*		*	*	*	*		*		*	p*		p*	*	*	
	Mantenimiento			*		*		*						p*		p*			
MODIFICACION FISIOGRAFICA	Operación de huevos	p*		*		*	**	*	*	*			***	*		*	*	*	*
	Acopio de materiales	*	p*	*		*		*	*				**	*		*	*	*	*

Siendo:

- *** Alteraciones muy importantes
- ** Alteraciones genéricamente importantes
- * Alteraciones poco importantes

(P) Positiva

El proyecto de restauración del espacio natural afectado por la explotación de la cantera de Villasiimpliz incluye una introducción sobre las labores mineras de la concesión y su entorno en la que se describen los aspectos geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, climatológicos, superficie vegetal y paisaje, potencialmente afectados por el proyecto de la cantera. Asimismo, se describe el entorno socioeconómico de la explotación, infraestructuras y regímenes jurídicos.

1.3 MEDIDAS CORRECTORAS

Las medidas correctoras del proyecto de restauración tienen por objeto la integración paisajística de los terrenos alterados por la cantera, la recuperación para uso natural y realizar esa restauración de forma progresiva. Las medidas comprenden:

- Retirada, acopio y mantenimiento del horizonte fértil.
- Limpieza de los terrenos y disposición de escombros en el hueco creado.
- Remodelación fisiográfica y estabilidad de taludes mediante descabezamiento del talud, relleno parcial para reducir pendientes, tratamiento de envejecimiento acelerado e implantación de vegetación en bermas.
- Vallado de las zonas con riesgo.
- Preparación del terreno de caminos, plataformas y plaza de cantera
- Extendido del suelo vegetal.
- Mejoras edáficas, acondicionamiento de terrenos y restitución química.
- Siembra con la mezcla aconsejada.
- Plantación arbórea con las plantas seleccionadas.

- Cuidados posteriores a la implantación.
- Programa de vigilancia y control.

1.4 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

1.4.1 Objetivo General

Las acciones del plan buscan la implementación eficiente de las medidas de mitigación recomendadas, en forma oportuna, a fin de que las actividades desarrolladas en el proyecto, se realicen respetando normas técnicas de conservación de los recursos naturales y protección al medio ambiente en general.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Controlar la aplicación oportuna y adecuada de las medidas de mitigación.
- Capacitar a los personales del proyecto sobre las medidas de mitigación que deberán atender.

1.4.3 Propuesta para la implementación de las medidas de mitigación

Las recomendaciones apuntan a establecer medidas para contrarrestar los efectos ambientales negativos producidos en el ambiente físico, biológico y antrópico, que apuntan a la sustentabilidad ambiental del proyecto en ejecución.

El Plan está dirigido a mitigar aquellos impactos que pueden provocar alteraciones y riesgos en cada uno de los componentes ambientales. El cual se enmarca dentro de la estrategia de conservación del ambiente, en armonía con el desarrollo socioeconómico de los poblados influenciados por el proyecto. Éste será aplicado durante y después de las obras de cada una de las etapas del proyecto.

Descripción de las propuestas medidas encaminadas a reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos más significativos:

Polvo: Cabe destacar que cualquier actividad, donde se produzca el acarreo de materiales, apilamientos, tráfico pesado rodado y sobre todo arranque y carga, genera una cantidad de polvo que es muy complicado erradicar completamente.

Durante la fase de instalación, para reducir significativamente la emisión de polvo a fin de preservar la calidad del aire, se llevará a cabo un riego al comenzar la jornada de trabajo, a las cuatro horas siguientes y al finalizar la jornada de trabajo, en las áreas de desmonte y explanación, en las pistas, en los acopios, y en las excavaciones para cimentación de estructuras.

Durante la fase operativa, se regará la pista de acceso a la explotación y las de accesos a los frentes, al menos 3 veces al día, si las condiciones climáticas lo requiriesen.

Se establecerá un límite de 30 km/h para aquellos vehículos, pesados o no, que pudieran circular en el interior de la explotación.

Esta limitación se implanta como medida de seguridad y al mismo tiempo para reducir la emisión de partículas de polvo.

Otra medida que impone el raciocinio sería evitar movimientos innecesarios de los materiales y su remoción.

Ruido y Vibraciones: Básicamente se refiere a los ruidos puntuados originados por las voladuras y entre los ruidos cotidianos ocasionados por la maquinaria móvil y por la planta de tratamiento.

En cuanto a las voladuras, ya se ha dicho que el ruido tendrá carácter puntual, y que no afectará a núcleos de residencia importantes.

Por tanto, en lo que respecta a la reducción de los niveles de las emisiones de ruidos vibraciones asociados a las voladuras, las medidas que se adoptarán para aminorarlas se centran básicamente en el correcto diseño y ejecución de las voladuras.

Se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Minimización de la carga de explosivo;
- Reducción del número de barrenos con detonadores instantáneos;
- Elección de un tiempo de retardo entre barrenos y filas efectivas, que eviten una fuerte superposición de ondas y permita un buen desplazamiento de la roca;
- Utilización del consumo específico adecuado, ya que una disminución de éste puede aumentar el confinamiento de las cargas y por consiguiente, la intensidad de las

1.4.4 Plan de Monitoreo

El Monitoreo es el seguimiento rutinario del programa de mitigación utilizado para atenuar los potenciales impactos ambientales usando los datos de los insumos de los procesos y los resultados obtenidos. Se utiliza para evaluar actividades programáticas se están llevando o no a cabo en el tiempo y forma establecidos. Las actividades de monitoreo revelan el grado de progreso del programa hacia las metas identificada.

La Evaluación de los Procesos de monitoreo se utiliza para medir la calidad e integridad de la implementación del programa de mitigación y evaluar su cobertura. Los resultados de la evaluación de los procesos están dirigidos a informar correcciones a medio plazo para mejorar la eficacia de los programas.

Existe superposición entre los conceptos de monitoreo y evaluación. La distinción reside en que el monitoreo controla el cumplimiento de las tareas y actividades planeadas, mientras que la evaluación verifica el logro de los objetivos de las metas trazadas.

El Monitoreo debe contemplar los siguientes puntos:

- Introducción correcta y grado de eficacia de las medidas precautorias o correctoras.
- Verificación de los impactos cuya total corrección no sea posible, comparándolos con lo previsto al realizar la EVIA.
- Identificación de otros impactos no previstos y de posterior aparición.
- Control y monitoreo del manejo correcto de los residuos sólidos.
- Control y monitoreo del manejo correcto de los efluentes residuales.
- Control y monitoreo del manejo correcto del sistema de seguridad ocupacional.
- Control y monitoreo de la situación del suelo con relación a la erosión del suelo.
- Control y manejo de la generación de polvos y vibraciones.

1.4.5 Monitoreo Durante La Ejecución Del Plan De Gestión Ambiental

Esta actividad se presenta para su evaluación por la situación ambiental del área de influencia directa e indirecta, cuya descripción detallada se expone en el Informe presentado ante la SEAM en el marco de la ley de Evaluación de Impacto Ambiental.

El proceso de análisis sistemático administrativo demuestra que las acciones de esta actividad prácticamente si se ejecutan en forma, vendrán a compatibilizar con las condiciones del medio ambiente del área de ejecución, en el medio físico, biológico y antrópico. No obstante, se realizará una vigilancia y monitoreo de las variables ambientales que puedan ser afectadas por la actividad del proyecto

Consideraciones a ser tenida para la ejecución del Plan de Monitoreo:

- Identificación de todas las actividades que puedan generar un impacto ambiental significativo que se encuentre asociadas al servicio integral del cliente.
- Revisión de las operaciones por cada actividad de la Empresa desde el principio hasta el final (lista de chequeo).
- Recorrido y control por los sitios que generan impactos ambientales para la aplicación correcta de las medidas de mitigación sugeridas.
- Control y manejo de los contaminantes atmosféricos líquidos y sólidos para determinar si el proyecto está cumplimiento con las normas y prácticas ambientales acordadas.
- Seguimiento de la aplicación del plan de Salud y Seguridad Ocupacional mediante inspecciones periódicas, para asegurar que se cumplan las normas de capacitación y exigiendo el uso de los equipos de protección personal.
- Verificación de la implementación del plan de respuestas a momentos de emergencias.
- Monitorear el cumplimiento de las normativas ambientales como así mismo de las Ordenanzas Municipales y mantener al tanto de aquellas nuevas relacionadas con la actividad.
- Cumplimiento a las Leyes ambientales y sus reglamentaciones y demás disposiciones legales que rigen la materia y regulan la actividad.
- Actualización tecnológica de los equipos que colaboran con las mejoras tendientes a mejorar las medidas de mitigación sugeridas.
- Revisión del sistema de prevención y combate contra incendios.

- Revisión del sistema de desagüe pluvial y de todo el sistema de salida de efluente líquido, generado en todas las dependencias de la empresa (sanitarios, taller, lavado de vehículos, etc.).

1.5 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

1.5.1 Alternativa de Localización

El proyecto de extracción de la planta de Villasimpliz, tiene previsto ubicarse en la localización de La Vid y es considerado un lugar estratégico para dicha actividad.

Además, como se ha mencionado precedentemente el lugar manifiesta una importante masa basáltica en buenas condiciones de explotación.

Por otra parte, cabe destacar que en la zona de estudio no se han detectado valores ecológicos significativos; que la zona de afección no alberga espacios naturales protegidos o áreas de sensibilidad ecológica.

Tampoco existe ninguna concentración importante de población cercana, los inmuebles más próximos, en cualquier caso son muy pocos, se encuentran a una distancia suficiente como para verse seriamente afectadas por las actividades a desarrollar.

1.5.2 Alternativas Técnicas del Proyecto

En lo referente a las alternativas técnicas o tecnológicas del proyecto, no se han contemplado otras alternativas, debido a que el diseño elegido, mediante el sistema de banqueo en bancos descendentes, facilita una eficiente y satisfactoria restauración con simple variación del talud mediante revegetación de estas bermas, empleando para ello, si fuesen precisas, especies representativas de la zona.

1.6 CONCLUSIONES

La evaluación ambiental permite identificar y evaluar los impactos con efectos ambientales potenciales del Proyecto de la Empresa, en sus procesos de operación, mantenimiento, cierre y abandono.

En el análisis y evaluación ambiental del Proyecto, se identifica cada acción o actividades que presumiblemente podrían causar impactos con efectos potenciales y las medidas de mitigación

pertinente que los responsables del proyecto deberán implementar para hacer que dicho emprendimiento sea sustentable.

Esta evaluación ambiental categóricamente considera que la aplicación en tiempo y forma del proyecto, en el sitio identificado y seleccionado para operar y mantener genera igualmente, impactos con efectos ambientales positivos, de intensidad apreciable, superando los impactos con efectos ambientales negativos.

En conclusión la evaluación y el análisis ambiental concluye que el impacto del Proyecto, estratégicamente es de carácter potencialmente positivo porque contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes dado que la misma corresponde a una actividad de servicios y genera fuentes de empleos y es económicamente rentable, socialmente sostenible y ambientalmente sustentable.

Se recomienda que todos los residuos sólidos retirados del proyecto sean entregados a empresas que tengan licencia ambiental expedida por la SEAM para la colección del mismo y su posterior tratamiento o disposición. Se deberá considerar dos a tres capacitaciones anual a los empleados (administrativos y operativos) con relación al compromiso asumido en el Plan de Gestión Ambiental.

ANEXO II
LEGISLACIÓN APLICABLE

1 LEGISLACIÓN APLICABLE

1.1 SITUACIÓN LEGAL DE LA CANTERA

La legislación aplicable a la cantera es la siguiente:

- Pliego ADIF Vía P.R.V. 3-4-0.0 / 7ª Edición
- Norma de Homologación de canteras suministradoras de balasto, N.R.V. 3-4- 0.1/2ª Ed.
- Norma de Control de calidad de balasto. Toma de muestras y ensayos, N.R.V. 3-4-0.2/3ª Ed.
- Reglamento General para el Régimen de la Minería de 1978, Orden de 20 de Marzo de 1986 por la que se aprobaron determinadas I.T.C.
- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (R.G.N.B.S.N.) Real Decreto 863/85 y las I.T.C. que lo desarrollan.
- Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica.
- Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Reglamento de Actividades Nocivas, Molestas, Insalubres y Peligrosas.
- Real Decreto 15/Octubre/1982 sobre “Restauración de Espacios Naturales Afectados por la Actividad Minera”
- Orden Ministerial 20/Noviembre/1984 de “Evaluación de Impacto Ambiental” y Reglamento correspondiente.
- Decreto Comunidad Autónoma Castilla y León 329/1991 (14/11/1991) de “Restauración de Espacios naturales afectados por Actividades Mineras”.
- Ley 8/1.994 (24/06/1994) Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorias Ambientales de Castilla y León
- Decreto 209/1.995 (5/10/1.995) de aprobación del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de Castilla y León.

- Decreto Legislativo 1/2.000 (18/5/2.000) de aprobación de Texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales de Castilla y León.

Son también de obligado cumplimiento las prescripciones y recomendaciones que emita la Administración, las D.I.S. que establezca el Director Facultativo en cumplimiento del R.G.N.B.S.N., las Ordenanzas Municipales y las demás disposiciones vigentes.

1.2 REGLAMENTACIÓN EN LOS ENSAYOS

De acuerdo con las especificaciones de la Norma de Homologación de canteras suministradoras de balasto, N.R.V. 3-4-0.1, se han realizado una serie de ensayos sobre muestras tomadas en el frente de la cantera Villasilpliz con objeto de establecer la calidad geotécnica de las rocas en explotación.

Según el Pliego, los ensayos que deben realizarse, para caracterizar geotécnicamente el material y establecer el funcionamiento de la planta, son:

- Determinación de la densidad aparente del balasto
- Determinación de la densidad aparente de las partículas
- Ensayo de absorción
- Resistencia a compresión mediante carga puntual Franklin
- Ensayo granulométrico
- Ensayo de limpieza
- Ensayo de forma de aciculares
- Ensayo de retención de elementos retenidos entre 25 y 16 mm
- Ensayo de cantidad de elementos que pasan por el tamiz de 16 mm
- Ensayo de elementos <100 mm
- Ensayo para establecer el Índice de Desgaste de Los Ángeles

Con estos ensayos se caracteriza, por un lado, la calidad geotécnica y, por otro, la adecuación o no del proceso de elaboración del balasto a partir de la roca y, por lo tanto, la adecuación de la planta de machaqueo y clasificación.

Limpieza (0,5 mm y 0,063 mm), Elementos aciculares, Elementos retenidos 25-16 mm, pasa 16 mm, Elementos de longitud 100 mm y Coeficiente Los Ángeles. Con estos datos se realiza un estudio comparativo de la calidad del balasto elaborado en ese periodo.

El material tomado fue arrancado en los frentes mediante voladura. Todas ellas se tomaron de material arrancado en los bancos superiores del frente. El material estaba acumulado tras la voladura al pie de los bancos superiores y allí se recogió con pala excavadora. Se considera que cada muestra es representativa de un sector reducido del frente de arranque.

1.2.1 Norma EN 107-2:1988

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 154 "Áridos".

Esta norma europea forma parte de una serie de normas de ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Los métodos de ensayo concernientes a otras propiedades de los áridos serán tratados en las partes correspondientes de las normas europeas siguientes:

EN 932	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos.
EN 933	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos.
EN 1367	Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos
EN 1744	Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos
PrEN13179	Ensayos para el filler (polvo mineral) empleado en las mezclas bituminosas.

Las otras partes de EN 1097 serán:

- EN 1097-1 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (micro-Deval).
- PrEN1367-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- PrEN1097-6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de las partículas y de la absorción de agua
- PrEN1097-7 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad de las partículas filler.
- PrEN1097-8 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente del pulimiento acelerado.
- PrEN1097-9 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 9: Método para la determinación de la resistencia al desgaste por abrasión por neumático claveteado: Ensayo Nórdico.
- PrEN1097-10 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 10: Altura de succión de agua.

Esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional, bien por la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación de octubre de 1988 y las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse diciembre de 1999.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, los organismos de normalización de los siguientes países están obligados a adoptar esta norma europea: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza.

1.3 REGLAMENTACIÓN EN TRITURACIÓN

Esta reglamentación está destinada a legalizar la instalación de acuerdo con los criterios de la Ley 3/98, de Intervención Integral de la Administración Ambiental y sus decretos y utilizar plantas de triturado con equipamientos con el marcado CE prioritariamente o adaptados al RD 1215/1997.

A continuación se irán señalando todas la normativa y a la utilización tanto de maquinaria como equipo de protección para su uso generalizado en la aplicación de la trituración de áridos y de otros materiales

1.3.1 Normas generales

- Verificar la existencia y el buen estado de las protecciones que impiden el acceso a los elementos móviles, como cintas transportadoras o elementos con temperatura elevada, como motores.
- Verificar la existencia de paradas de emergencia y la correcta colocación de sus botoneras en lugares accesibles y visibles.
- Verificar que no se han anulado elementos de seguridad.
- Verificar el correcto estado de los equipos eléctricos.
- Verificar la existencia de iluminación de emergencia.
- Señalizar las vías de circulación de los camiones y peatones. Colocar espejos donde la visibilidad sea mala o nula.
- Cuando la alimentación de la trituradora de la planta de triturado se realice a través de palas cargadoras, verificar la existencia de topes para las ruedas delanteras de la pala.

- Cuando se produzca un atasco en la trituradora o algún tipo de avería, hay que verificar la desconexión a la red eléctrica de esta máquina y las operaciones en la zona de las mandíbulas del compactador se han de llevar a cabo con personal sujetado con arnés.
- Señalizar la obligatoriedad de uso de casco y calzado de seguridad para circular por la planta.
- Señalizar todas las zonas calientes de la planta.
- Señalizar el riesgo de electrocución.
- Todas las partes metálicas y los cuadros de mando tienen que tener la toma de tierra conectada.
- Limitar el paso bajo determinados elementos de la planta para evitar el impacto de elementos o materiales desprendidos.
- Verificar que las escaleras de gato están protegidas con anillas de seguridad.
- Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.
- Para realizar las operaciones de mantenimiento o de limpieza de maquinaria, verificar que las máquinas estén paradas y desconectadas de la alimentación eléctrica.
- Realizar mantenimientos periódicos de la planta y, especialmente, de los elementos de seguridad.
- En el mantenimiento y reparación de los espacios cerrados hay que asegurarse de que siempre se queda un operario de seguridad fuera del recinto.
- En las operaciones de montaje y desmontaje, cuando se utilicen camiones grúa, verificar que las maniobras de carga y descarga son correctamente dirigidas por un encargado.
- En operaciones de montaje y desmontaje, en ausencia de protecciones colectivas, utilizar arnés de seguridad anclado.
- Disponer de un almacén a cubierto para los productos químicos.
- Verificar que los peldaños son antideslizantes y no muestran signos de desgaste. Mantener los peldaños sin barro.

- Señalizar la prohibición de fumar en las zonas de carga de combustible.
- Prever sistemas de iluminación artificial en los exteriores de la planta en el caso de que se realicen trabajos nocturnos.
- Establecer un programa de evaluaciones higiénicas para determinar los niveles de polvo y ruido, y tomar las medidas preventivas cuando sea necesario.
- Regar periódicamente con cubas de riego o similares las zonas de paso de la maquinaria.
- Planificar las condiciones de trabajo de las soldaduras y analizar en cada caso las medidas preventivas específicas para evitar incendios.
- La tipología, cantidad y ubicación de los extintores tiene que venir definida por el correspondiente proyecto técnico.
- Los extintores no pueden estar tapados, sino que han de estar en lugares visibles, accesibles y señalizados.
- Cuando sea necesario, realizar un cierre perimetral de la planta y señalar el acceso a las instalaciones, así como prohibir la entrada a personas ajenas.
- Segregar y gestionar de forma correcta tanto los residuos especiales como los no especiales.
- Verificar la existencia de una correcta gestión de las aguas residuales, ya sea a través de conexión con redes de alcantarillado o con fosas sépticas.
- Mantener las instalaciones limpias y ordenadas.

1.3.2 Riesgos

- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome.
- Caída de objetos por manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.

- Golpes contra objetos inmóviles.
- Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos.

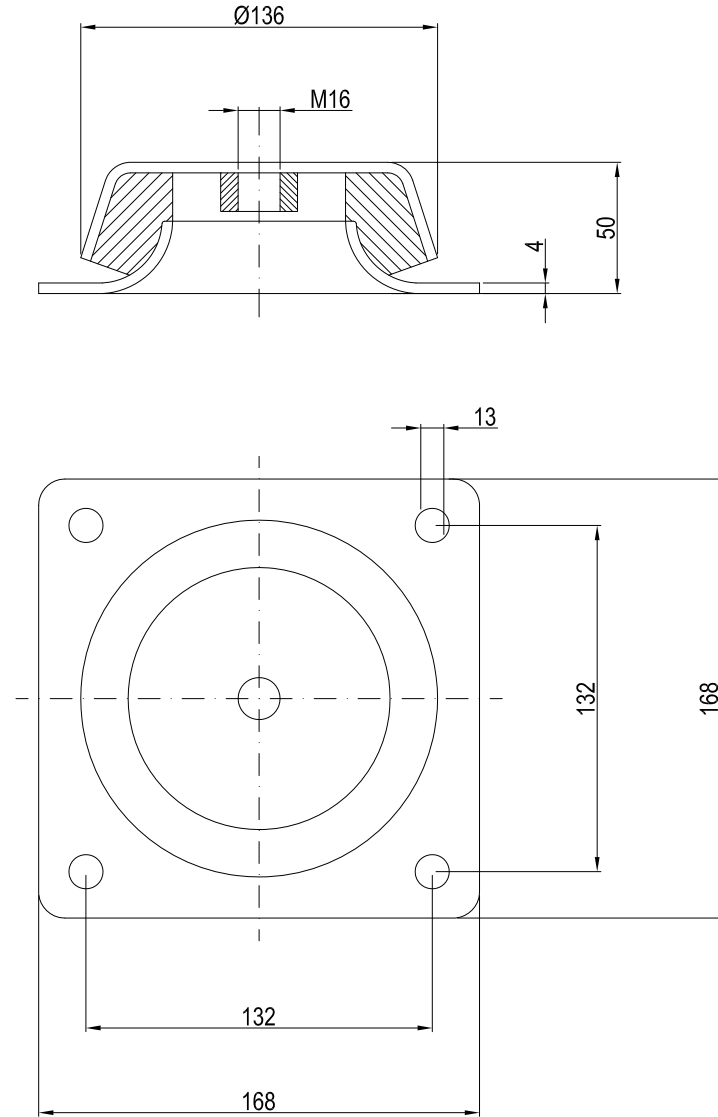
1.3.3 Protecciones colectivas

- Cuando sea necesario, delimitar el recinto de la planta con vallas o similares.
- Verificar que las barandillas de las plataformas, las pasarelas y las escaleras son resistentes, de 90 cm de altura mínima y cuando sea necesario para impedir el paso o caída de trabajadores y de objetos, dispondrán de protección intermedia y rodapié.
- Comprobar que las cintas transportadoras estén cubiertas.
- Asegurarse de que la instalación eléctrica dispone de los preceptivos elementos de protección.
- Impedir el acceso a las zonas donde se realizan reparaciones o mantenimientos cuando puedan ser peligrosos.
- Señalización viaria provisional.

1.3.4 Equipos de protección individual

- Casco.
- Protectores auditivos: tapones o auriculares.
- Gafas.
- Mascarilla.
- Guantes contra agresiones mecánicas y químicas.
- Calzado de seguridad.
- Arnés (cuando sea necesario).

Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN

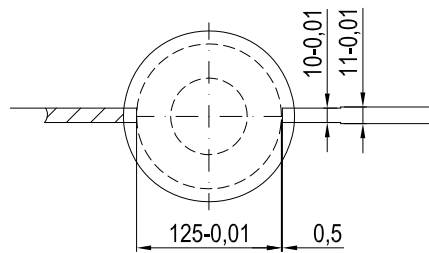
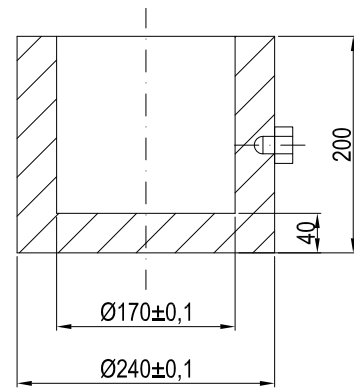
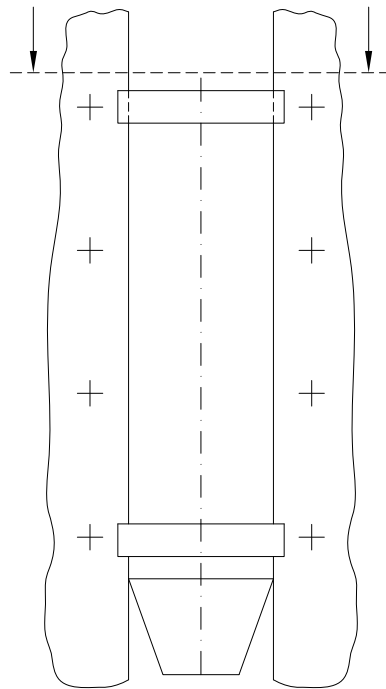


ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO	Villasimpliz León	
TITULAR	Ana María Castañón García	
	FECHA	NOMBRE
Proyectado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Dibujado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Comprobado	JUNIO-2016	María Isabel Fernández
ESCALAS:		
S/E	Construcción de los amortiguadores del yunque	
	Nº PLANO	1



Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN



ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO

Villasimpliz
León

TITULAR

Ana María Castañón García

FECHA

NOMBRE

Proyectado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Dibujado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Comprobado

JUNIO-2016

María Isabel Fernández

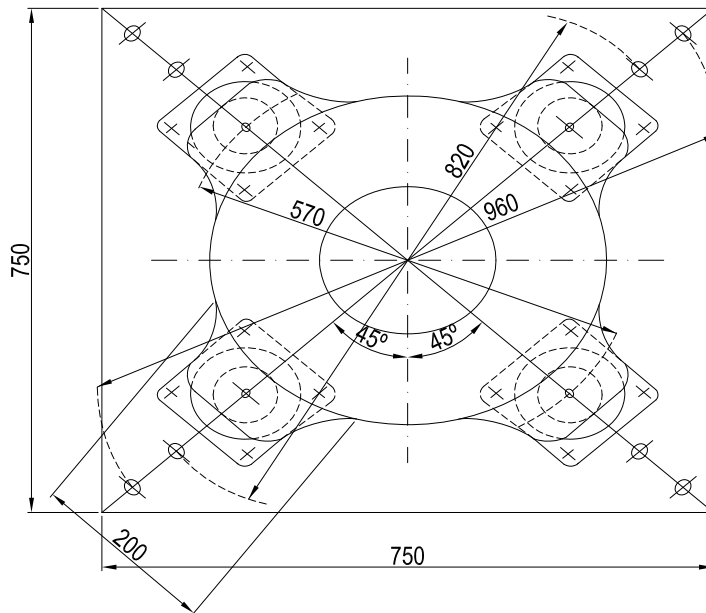
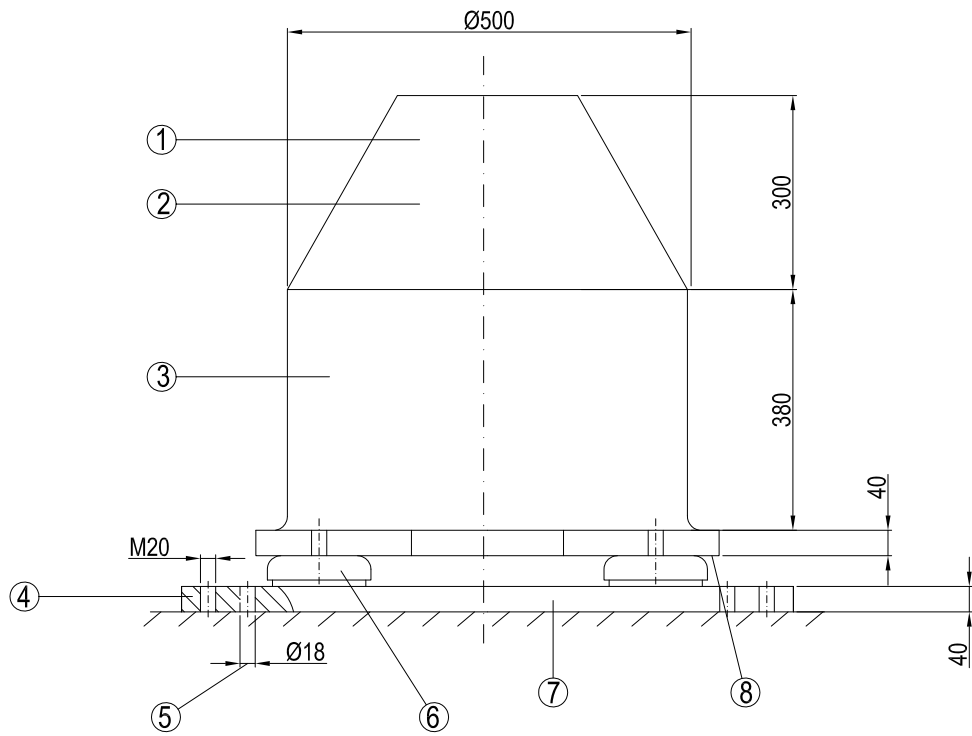
ESCALAS:

S/E

Guías con molde

Nº PLANO

2



1. Yunque
2. Masa de 800 kg
3. Tolerancias CT 11
4. Roscas para los tornillo de acero
5. Taladro para los pernos de anclaje
6. Amortiguador
7. Placa base
8. Apoyo

Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO

Villasimpliz
León

TITULAR

Ana María Castañón García

FECHA

NOMBRE

Proyectado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Dibujado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Comprobado

JUNIO-2016

María Isabel Fernández

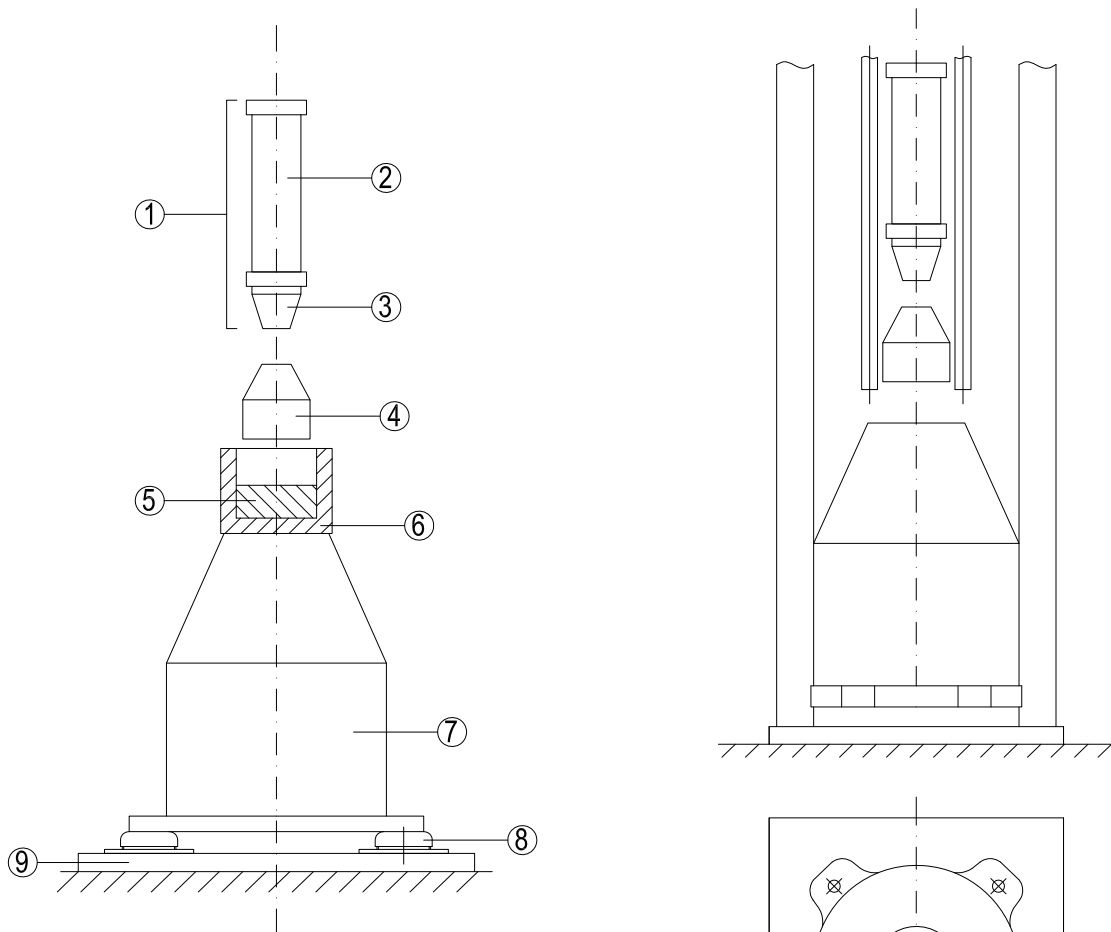
ESCALAS:

S/E

Yunque con placa base y amortiguadores

Nº PLANO

3



- 1. Martillo
- 2. Cuerpo
- 3. Cabeza
- 4. Pisón
- 5. Muestra
- 6. Molde
- 7. Yunque
- 8. Amortiguador
- 9. Placa base

Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN



ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO

Villasimpliz
León

TITULAR

Ana María Castañón García

FECHA

NOMBRE

Proyectado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Dibujado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Comprobado

JUNIO-2016

María Isabel Fernández

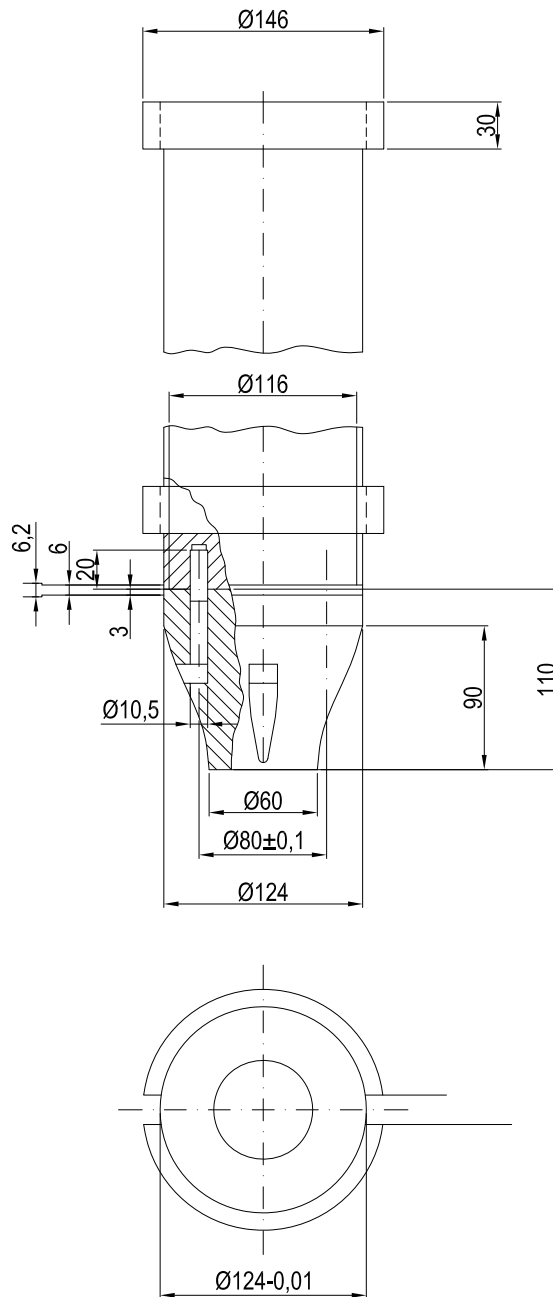
ESCALAS:

S/E

Máquina de impactos con montaje de partes móviles

Nº PLANO

4



Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN



ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO

Villasimpliz
León

TITULAR

Ana María Castañón García

FECHA

NOMBRE

Proyectado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Dibujado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Comprobado

JUNIO-2016

María Isabel Fernández

ESCALAS:

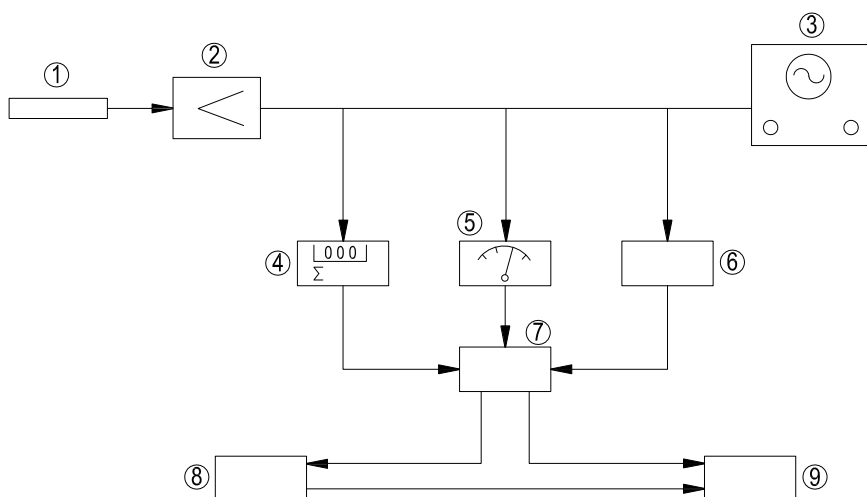
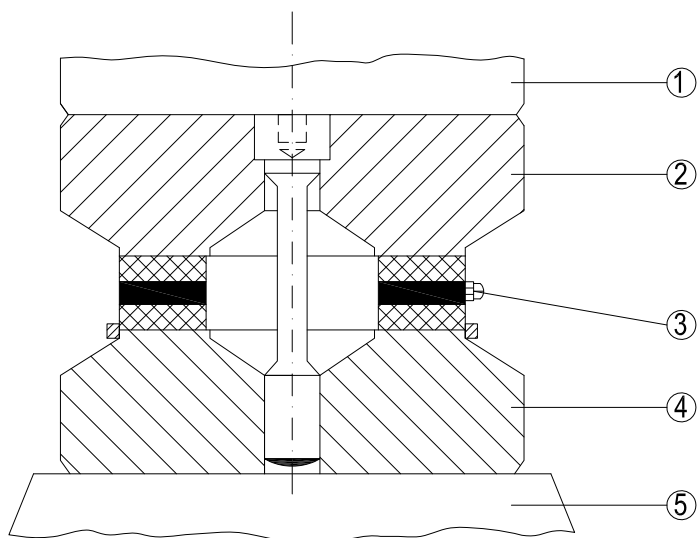
S/E

Martillo de ensayos de impacto

Nº PLANO

5

1. Pisón
2. Mitad superior de la abrazadera
3. Transductor
4. Mitad inferior de la abrazadera
5. Yunque



- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Transductor | 6. Amplificador integrador |
| 2. Amplificador de carga | 7. Unidad de control |
| 3. Osciloscopio | 8. Convertidor análogo/digital |
| 4. Computador digital | 9. Impresora |
| 5. Dispositivo para registrar el pico de tensión | |



UNIVERSIDAD DE LEÓN



ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE:

**Machacadora y Granulometría de sus productos
en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO

Villasimpliz
León

TITULAR

Ana María Castañón García

FECHA

NOMBRE

Proyectado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Dibujado

JUNIO-2016

Miguel Gómez del Campo Sancho

Comprobado

JUNIO-2016

María Isabel Fernández

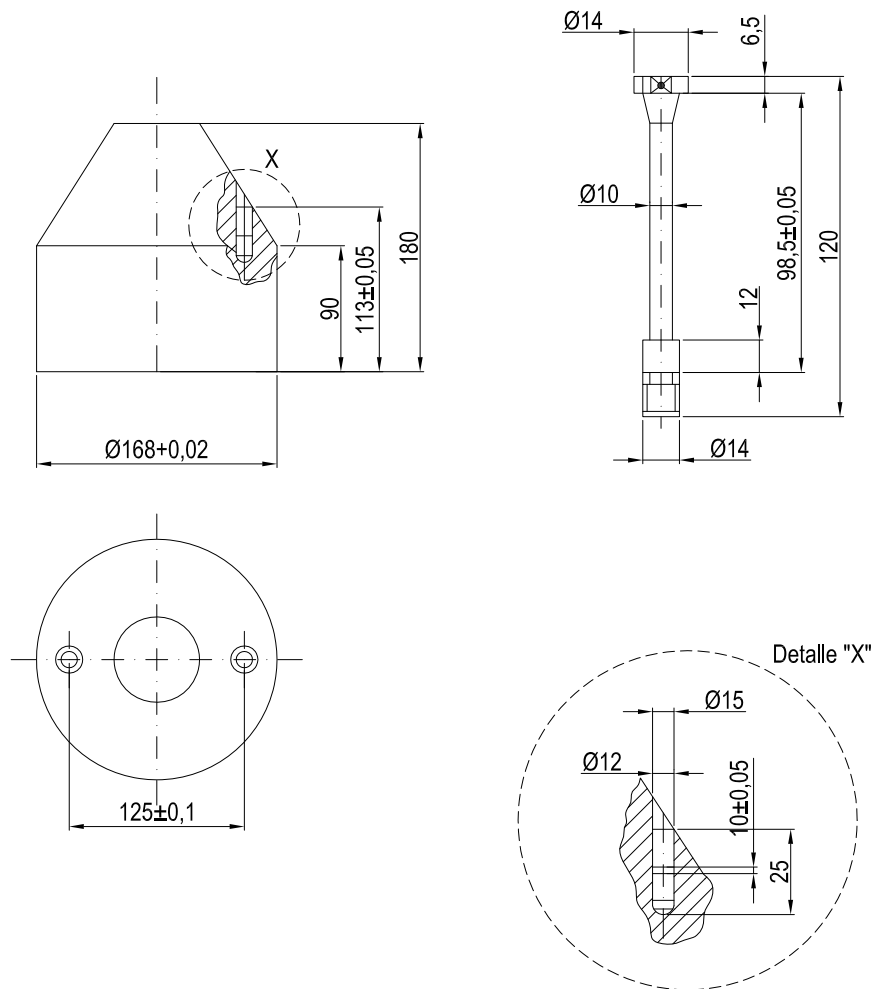
ESCALAS:

S/E

Instalación para determinar el efecto de impacto

Nº PLANO

6



Cotas en mm.



UNIVERSIDAD DE LEÓN

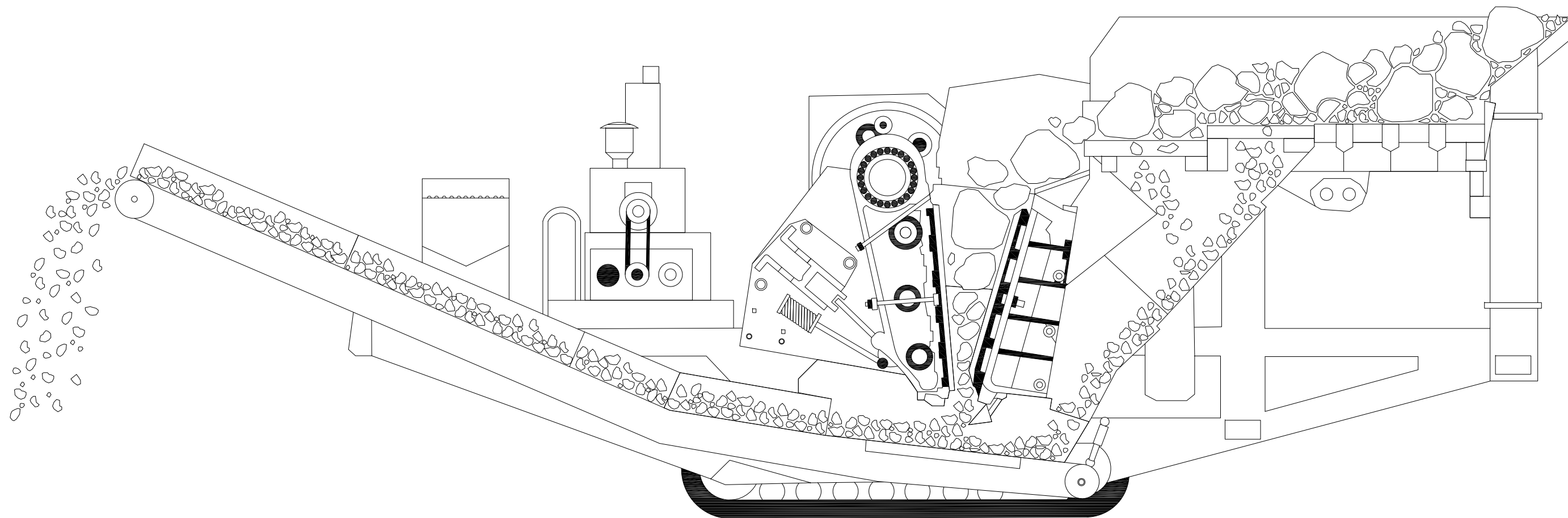


ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

PROYECTO DE: **Machacadora y Granulometría de sus productos en Villasimpliz**

EMPLAZAMIENTO	Villasimpliz León	
TITULAR	Ana María Castañón García	
	FECHA	NOMBRE
Proyectado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Dibujado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Comprobado	JUNIO-2016	María Isabel Fernández

ESCALAS:	Pisón (cabeza de almirez) con tornillos de sujeción	N- PLANO
S/E		7



 UNIVERSIDAD DE LEÓN 		
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS		
PROYECTO DE: Machacadora y Granulometría de sus productos en Villasimpliz		
EMPLAZAMIENTO	Villasimpliz León	
TITULAR	Ana María Castañón García	
	FECHA	NOMBRE
Proyectado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Dibujado	JUNIO-2016	Miguel Gómez del Campo Sancho
Comprobado	JUNIO-2016	María Isabel Fernández
ESCALAS:		
S/E	Machacadora de mandíbulas	Nº PLANO 8