

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE MINAS Y  
ENERGÍA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

***EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)***

**Alumno/Alumna:** <Alava, Amezola, Jorge>

**Director/Directora (1):** <Aviles, Gonzalez, Cristina>

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** Bilbao, 11, Julio, 2019

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE MINAS Y  
ENERGÍA

## TRABAJO FIN DE GRADO

***EJECUCION DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)***

***DOCUMENTO I- MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** <Alava, Amezola, Jorge>

**Director/Directora (1):** <Aviles, Gonzalez, Cristina>

**Curso:** <2018-2019>

**Fecha:** Bilbao, 11 de Julio de 2019

## Resumen

El proyecto consiste en la ejecución y explotación de una cantera de Caliza en el municipio de Gobantes (Burgos), situado en las proximidades de Medina de Pomar. En este proyecto se ha realizado el estudio tanto de la zona a explotar como de su entorno.

La explotación de la Cantera de Caliza se realizará mediante banqueo descendente utilizando la técnica de perforación y voladura.

Teniendo como prioridad la seguridad en la explotación, se diseñado la Cantera, el establecimiento de beneficio y la maquinaria móvil para llevar a cabo las labores de perforación, carga, transporte.

El fin del proyecto será la extracción de Caliza suficiente para abastecer a una cementera cercana.

Por último, se ha realizado un estudio económico del proyecto que demuestra la viabilidad del mismo.

## Summary

The aim of the thesis is to analyse the execution and operation of a limestone quarry in the municipality of Gobantes (Burgos), located in the proximities of Medina de Pomar.

During this thesis, a study of the operation area and its proximities has been undergone.

The operation of the limestone quarry will be carried out through a descending benching using perforation and blasting techniques.

Security in the operation has been set as a priority in order to design the quarry, establish the benefits and the mobile machinery used to undertaken the perforation, load and transport labours.

The end of the project will be the extraction of enough limestone to supply a cement plant in the surroundings.

Finally, an economic study of the operation has been performed as to demonstrate the viability of the Project.

## Laburpena

Proiektuaren egitea Gobantes-eko (Burgos) udalean Caliza-ko harrobi bateko ustiapena, Pomar-en Medina hurbiltasunetan kokatuta.

Proiektu honetan bai lehertzeko zonako baita ere inguruneko ikerketa egin da.

Kareharri harrobiaren ustiapena egingo da bitartez "banqueo" naiz beheranzkoa zulaketako eta leherketako teknika erabiliz.

Segurtasuna lehentasun bezala ustiapenean izanez, diseinatu da harrobia, etekineko ezarpena eta, garraio, zulaketa lanak eta karga burutzeko makineria mugikorreko.

Proiektuaren helburua zementu-fabrika hurbilerako kareharri nahikoko erauzketa izango da hornitzeko.

Azkenik, beraren bideragarritasuna frogatzen duen proiektuaren ekonomia-azterketa egin da.

# ÍNDICE

	Pag.
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2 ARIDOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Tipos de áridos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Importancia económica de los áridos en España.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Situación actual del sector en España.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Usos de los áridos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Clasificación de los áridos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Propiedades de los áridos.....</b>	<b>18</b>
<b>3 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Objetivos.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Criterios de selección del yacimiento.....	20
<b>3.2 Justificación.....</b>	<b>21</b>
3.2.1 Valor de la producción.....	22
3.2.2 Distribución geográfica de la producción.....	22
3.2.3 Empleo y número de explotaciones.....	22
<b>4 EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Descripción del medio físico:.....</b>	<b>27</b>
4.1.1 Geología.....	27
4.1.2 Formación:.....	29
4.1.3 Geología económica:.....	29
4.1.4 Hidrología:.....	30
4.1.5 Topográfica.....	32
4.1.6 Catastro Minero.....	32
<b>4.2 Comunicaciones.....</b>	<b>34</b>
<b>5 DISEÑO EXPLOTACIÓN:.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Evaluación de reservas.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Cubicación.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Diseño.....</b>	<b>36</b>
5.3.1 Introducción.....	36
5.3.2 Método de explotación.....	37
5.3.3 Vida y ritmo de la explotación.....	37
5.3.4 Estabilidad de taludes.....	39
5.3.5 Parámetros geométricos.....	39

5.3.6	Red de drenaje y balsa de decantación .....	46
<b>5.4</b>	<b>Método de arranque .....</b>	<b>48</b>
<b>5.5</b>	<b>Perforación y Voladura .....</b>	<b>48</b>
<b>5.6</b>	<b>Maquinaria .....</b>	<b>52</b>
5.6.1	Maquinaria móvil:.....	54
<b>5.7</b>	<b>Fases de la explotación .....</b>	<b>60</b>
<b>5.8</b>	<b>Establecimiento de beneficio .....</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b><i>RESTAURACIÓN</i>.....</b>	<b>69</b>
6.1	Introducción.....	69
6.2	Objeto del plan .....	70
6.3	Acondicionamiento superficie del terreno. ....	70
6.3.1	Procedimiento de recuperación del suelo.....	70
6.3.2	Elección de especies para la restauración: .....	72
<b>7</b>	<b><i>MARCO LEGAL</i>:.....</b>	<b>74</b>
<b>8</b>	<b><i>ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD</i> .....</b>	<b>79</b>
<b>9</b>	<b><i>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</i> .....</b>	<b>80</b>
<b>10</b>	<b><i>BIBLIOGRAFIA</i>.....</b>	<b>83</b>
<b>11</b>	<b><i>CONCLUSIONES DEL TRABAJO</i> .....</b>	<b>85</b>

MEMORIA JUSTIFICADA:

<b>12 ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA ROCA .....</b>	<b>89</b>
<b>12.1 Introducción.....</b>	<b>89</b>
<b>12.2 Análisis de la calidad del macizo rocoso.....</b>	<b>89</b>
12.2.1 Resistencia a compresión simple.....	89
12.2.2 Índice del macizo rocoso (RQD.) .....	90
12.2.3 Espaciamiento entre discontinuidades.....	91
12.2.4 Características de las discontinuidades.....	91
12.2.5 Presencia de agua en el macizo rocoso .....	93
<b>13 ANEXO 2: ESTABILIDAD DE TALUDES .....</b>	<b>97</b>
<b>13.1 Introducción.....</b>	<b>97</b>
<b>13.2 Estabilidad de taludes .....</b>	<b>97</b>
<b>13.3 Cálculos en la estabilidad de los taludes: .....</b>	<b>99</b>
<b>14 ANEXO 3: MÉTODO DE ARRANQUE (VOLADURA) .....</b>	<b>106</b>
<b>14.1 Metodología para el método de arranque.....</b>	<b>106</b>
<b>14.2 Voladura .....</b>	<b>108</b>
<b>14.3 Explosivos .....</b>	<b>108</b>
<b>14.4 Tipos de Explosivos.....</b>	<b>109</b>
<b>14.5 Selección de Explosivos .....</b>	<b>111</b>
<b>14.6 Elección de Explosivos .....</b>	<b>113</b>
14.6.1 Nagolita (a granel).....	113
14.6.2 Goma 2 EC (Seco).....	117
<b>14.7 Elección Detonadores.....</b>	<b>120</b>
14.7.1 Tipos de detonadores .....	120
14.7.2 Detonador seleccionado .....	123
<b>14.8 Sistema de Encendido .....</b>	<b>126</b>
<b>14.9 Proyecto de perforación y voladura .....</b>	<b>127</b>
14.9.1 Introducción.....	127
14.9.2 Cálculos de perforación y voladura.....	128
<b>14.10 Esquema de tiro .....</b>	<b>134</b>
<b>14.11 Carga del Barreno: .....</b>	<b>136</b>
<b>14.12 Retacado: .....</b>	<b>136</b>
<b>14.13 Consumo específico .....</b>	<b>136</b>
<b>14.14 Cálculo del índice de peligrosidad y velocidad de vibración .....</b>	<b>137</b>

14.14.1	Nivel índice de peligrosidad .....	137
14.14.2	Velocidad de vibración y aceleración.....	137
14.14.3	Aceleración generada: .....	138
14.14.4	Velocidad sísmica y frecuencia.....	139
14.14.5	Nivel de ruido .....	141
<b>14.15</b>	<b>Medidas para reducir las posibles proyecciones de roca en la voladura</b>	<b>141</b>
<b>14.16</b>	<b>Manejo de explosivos (Mano de Obra).....</b>	<b>142</b>
<b>15</b>	<b>ANEXO 4: RED DE DRENAJE Y Balsa de DECANTACION .....</b>	<b>145</b>
<b>15.1</b>	<b>. Drenaje superficial .....</b>	<b>145</b>
15.1.1	Introducción.....	145
15.1.2	Método hidrometeorológico.....	145
15.1.3	Período de retorno (T).....	146
15.1.4	Tiempo de concentración (Tc) .....	146
15.1.5	Intensidad media de precipitación.....	147
15.1.6	Coeficiente de escorrentía (c).....	150
15.1.7	Caudal de referencia (q) .....	151
<b>15.2</b>	<b>Dimensionamiento de las obras .....</b>	<b>152</b>
15.2.1	Introducción.....	152
15.2.2	Dimensionamiento de cunetas.....	152
15.2.3	Mantenimiento de las cunetas .....	157
<b>15.3</b>	<b>Balsa de decantación.....</b>	<b>158</b>
15.3.1	Velocidad de sedimentación (Vs).....	158
15.3.2	Velocidad crítica de arrastre (Vb).....	159
15.3.3	Dimensiones .....	159
15.3.4	Resumen balsa .....	160
<b>16</b>	<b>ANEXO 5: INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>164</b>
<b>16.1</b>	<b>Resumen de consumos e instalación .....</b>	<b>164</b>
<b>16.2</b>	<b>Descripción del centro de transformación .....</b>	<b>165</b>
16.2.1	Características del edificio de transformación .....	166
16.2.2	Características centro de transformación .....	167
<b>16.3</b>	<b>Instalación eléctrica .....</b>	<b>168</b>
16.3.1	Características generales de los tipos de aparata empleadas en la instalación.....	168
<b>16.4</b>	<b>Transformador.....</b>	<b>171</b>
<b>16.5</b>	<b>Puesta a tierra.....</b>	<b>173</b>
<b>16.6</b>	<b>Normativa Eléctrica.....</b>	<b>174</b>

<b>17 ANEXO 6: ESPECIFICACIONES MAQUINARIA MÓVIL .....</b>	<b>178</b>
17.1 Dumper Rígido: .....	178
17.2 Excavadora: .....	188
17.3 Perforadora:.....	194
17.4 Retroexcavadora: .....	197
17.5 Motoniveladora:.....	208
<b>18 ANEXO 7: ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO.....</b>	<b>216</b>
18.1 Grupo primario: .....	217
18.2 Grupo cribado: .....	219
18.3 Grupo secundario: .....	220
18.4 Grupo terciario: .....	223
18.5 Cintas transportadoras:.....	226
Flujograma establecimiento de beneficio: .....	239
Deposito combustible.....	241
Punto limpio: .....	242
Garita de seguridad, oficinas, vestuarios, baños, almacén.....	243
Báscula .....	243

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Ilustración 1. Zona a Explotar .....	11
Ilustración 2. Explotación de áridos (tipo).....	13
Ilustración 3. Consumo de áridos (España).....	14
Ilustración 4. Variaciones del consumo (España).....	14
Ilustración 5. Creación de empleo, sector áridos.....	15
Ilustración 6. Consumo áridos por CCAA.....	16
Ilustración 7. Consumo áridos (t/hab./año).....	17
Ilustración 8. Tipos de áridos (granulometría) .....	18
Ilustración 9. Formación rocas sedimentarias .....	19
Ilustración 10. Producción productos minería.....	22
Ilustración 11. Empleo en minería (CCAA).....	22
Ilustración 12. Valores socio-económicos (Castilla y León) .....	23
Ilustración 13. Situación Burgos (Provincia).....	24
Ilustración 14. Situación Cantera de Caliza.....	24
Ilustración 15. Emplazamiento Cantera de Caliza.....	25
Ilustración 16. Emplazamiento respecto a Burgos (ciudad) .....	25
Ilustración 17. Mapa Geológico 110 .....	26
Ilustración 18. Situación Cantera en el M.G. (Calizas).....	27
Ilustración 19. Mapa geológico .....	28
Ilustración 20. Corte geológico. Zona a explotar .....	28
Ilustración 21. Formación Calizas.....	29
Ilustración 22. Canteras colindantes.....	30
Ilustración 23. Arroyos colindantes.....	31
Ilustración 24. Embalse abastecimiento agua. ....	31
Ilustración 25. Mapa topográfico. Zona Cantera.....	32
Ilustración 26. Cuadriculas Mineras.....	33
Ilustración 27. Comunicaciones (carreteras) .....	34
Ilustración 28. Cubicación terreno. ....	35
Ilustración 29. Tipos de berma .....	40
Ilustración 30. Tipos de berma .....	40
Ilustración 31. Bancos y Berma .....	41
Ilustración 32. Diseño explotación .....	41
Ilustración 33. Anchura pista .....	42
Ilustración 34. Perfil Longitudinal pista.(738m.).....	43
Ilustración 35. Curva pista. ....	44
Ilustración 36. Boceto gráfico, Pista y E.B.....	44
Ilustración 37. Parámetros Voladura. ....	49
Ilustración 38. Tabla esponjamiento .....	53
Ilustración 39. Modulo dumper rígido 777G.....	54
Ilustración 40. Excavadora 993K.....	56
Ilustración 41. Perforadora PowerROC T50.....	57
Ilustración 42. Motoniveladora.....	58

Ilustración 43. Retroexcavadora 320F.....	59
Ilustración 44. Primera capa restauración.....	71
Ilustración 45. Segunda capa restauración.....	71
Ilustración 46. Tercera capa restauración.....	71
Ilustración 47. Capa final restauración.....	72
Ilustración 48. RCS.....	90
Ilustración 49. RQD.....	90
Ilustración 50. RMR.....	91
Ilustración 51. Parámetros RMR.....	94
Ilustración 52. Clasificación RMR.....	94
Ilustración 53. Rotura planar.....	98
Ilustración 54. Rotura cuña.....	98
Ilustración 55. Tipos rotura circular.....	99
Ilustración 56. Rotura circular.....	99
Ilustración 57. Abaco Hoek.....	99
Ilustración 58. Estabilidad de taludes.....	100
Ilustración 59. FS obtenido SLIDE.....	101
Ilustración 60. FS obtenido SLIDE.....	102
Ilustración 61. Taludes de trabajo.....	103
Ilustración 62. Índice Excavabilidad.....	107
Ilustración 63. Parámetros voladura en banco.....	108
Ilustración 64. Precios comparativos de explosivos (Manual perforación y voladura) .....	112
Ilustración 65. Sacos de Nagolita y cartuchos.....	114
Ilustración 66. Partes detonador. (Manual Perf. y Vola.).....	120
Ilustración 67. Partes detonador eléctrico.....	122
Ilustración 68. Características eléctricas.....	122
Ilustración 69. Parámetros Voladura.....	127
Ilustración 70. Voladura- Diametro/Dureza.....	129
Ilustración 71. Selección equipo.....	129
Ilustración 72. Variables de diseño.....	129
Ilustración 73. Variables a calcular.....	130
Ilustración 74. Rotura talud con voladura (tipo).....	133
Ilustración 75. Esquema de tiro.....	134
Ilustración 76. Dimensiones del barreno.....	136
Ilustración 77. Apuntes Javier Gayo.....	140
Ilustración 78. Estudio vibraciones.....	140
Ilustración 79. Valores de K.....	146
Ilustración 80. Valor de la razón $I_1/I_d$ .....	147
Ilustración 81. Determinación del coeficiente de variación.....	148
Ilustración 82. Determinación del factor de amplificación.....	149
Ilustración 83. Coeficiente corrector de umbral de escorrentía.....	150
Ilustración 84. Grafica coeficiente escorrentía.....	151
Ilustración 85. Tipos de cunetas.....	153

Ilustración 86. Cuneta diseñada.....	154
Ilustración 87. Relación lluvia/dimensiones.....	155
Ilustración 88. Dimensionamiento cuneta triangular.....	155
Ilustración 89. Velocidad critica de arrastre.....	159
Ilustración 90. Centro de transformación.....	166
Ilustración 91. Tolva recepción.....	217
Ilustración 92. Alimentador pre cribador.....	217
Ilustración 93. Criba vibrante cvt2600.....	219
Ilustración 94. Criba vibrante.....	220
Ilustración 95. Características AVT 300.....	221
Ilustración 96. Molino impactor.....	222
Ilustración 97. Características IST-5.....	222
Ilustración 98. Molino impactor TMI-3-A.....	223
Ilustración 99. Partes Molino impactor.....	224
Ilustración 100. Características molinos.....	224
Ilustración 101. Apuntes universidad, elección maquinaria.....	225
Ilustración 102. Ventajas/Desventajas cintas transportadoras.....	226
Ilustración 103. Partes de las cintas.....	227
Ilustración 104. Artesas cintas.....	227
Ilustración 105. Cinta transportadora.....	228
Ilustración 106. Tablas datos elección cintas.....	229
Ilustración 107. Flujograma E.B.....	239
Ilustración 108. Curvas granulométricas y maquinaria.....	240
Ilustración 109. Deposito combustible.....	242
Ilustración 110. Punto limpio.....	242
Ilustración 111. Báscula camiones.....	243

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Coordenadas Cantera Caliza .....	33
Tabla 2. Datos Calendario Laboral .....	37
Tabla 3. Secuencia de disparo. ....	51
Tabla 4. Características dumperes.....	55
Tabla 5. Características Excavadora.....	55
Tabla 6. Fases explotación.....	61
Tabla 7. Grafica Fases-Restauración .....	61
Tabla 8. Resumen inversión inicial.....	80
Tabla 9. Resumen gastos de explotación.....	82
Tabla 10. Variables diseño Voladura.....	129
Tabla 11. Secuencia de tiro.....	135
Tabla 12. Aceleraciones de vibración.....	138
Tabla 13. Resultados TD.....	139
Tabla 14. Parámetros hidrológicos.....	151
Tabla 15. Valores limitativos de sección.....	154
Tabla 16. Potencias parciales.....	164



# 1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el trabajo de fin de grado denominado “Ejecución de cantera de Caliza en el municipio de Gobantes (Burgos)”. Con el siguiente proyecto se pretende conseguir la iniciación de explotación de una cantera de Caliza en la Provincia de Burgos, concretamente en las inmediaciones de Gobantes, donde se centrará el estudio de este proyecto.

Tiene por objeto el estudio de la viabilidad, tanto económica como técnica, de la explotación de una cantera de calizas.

Se tendrán en cuenta los impactos medioambientales, económicos y sociales que se pueden generar de dicha explotación.

Y la razón principal de la elección de dicho trabajo, es la de intentar plasmar sobre él, todos los conocimientos adquiridos en el Grado de Ingeniería de Tecnología de Minas y Energía (Mención Minas).

El presente proyecto, ha sido dirigido por la profesora de la Universidad del País Vasco, Cristina Avilés González, y ha sido en su totalidad realizado por el alumno, Jorge Álava Amezola.

El proyecto consta de la siguiente documentación:

- Memoria
- Memoria justificada
- Documento Seguridad y Salud
- Pliego de Condiciones
- Planos
- Presupuesto

Al no poderse realizar un estudio sobre el terreno, será un trabajo lo más cercano a la realidad posible, pero en algunos casos, los datos utilizados serán datos basados en la bibliografía, estudios anteriores, proyectos similares, etc.



Ilustración 1. Zona a Explotar



## 2 ARIDOS

### 2.1 Tipos de áridos

Los principales campos de aplicación de estas materias primas pueden resumirse en:

- Áridos para la preparación del hormigón
- Áridos para la preparación de aglomerantes asfálticos
- Balastos, sub-balastos y gravillas
- Escopetas para la protección de obras portuarias, ríos y canales
- Rellenos y aplicaciones varias
- Materias primas para la industria

Según su procedencia y proceso de obtención, los áridos pueden clasificarse genéricamente de la forma siguiente:

- **Áridos naturales:**

Áridos granulares: Obtenidos de graveras que explotan estos depósitos granulares y que se usan después de haber sufrido un lavado y clasificación

Áridos de machaqueo: Aquellos que se producen en canteras tras arrancarlos materiales los materiales de los macizos rocosos y someterlos posteriormente a trituración, molienda y clasificación.

- **Áridos artificiales:** Constituidos por subproductos o residuos de procesos industriales, como son las escorias siderúrgicas, cenizas volantes de la combustión del carbón, estériles mineros, etc.
- **Áridos reciclados:** Procedentes de derribos de edificaciones y estructuras de firmes antiguos, etc.

### 2.2 Importancia económica de los áridos en España

Los áridos son una de las materias primas minerales imprescindibles para el desarrollo económico y social de cada región o Comunidad Autónoma. Tanto es así que su explotación da origen al sector minero más importante de España en cuanto a tonelaje extraído y valor de la producción. También engloba el mayor número de explotaciones activas del país y genera el mayor número de empleos del conjunto de la minería.

Se trata de un sector estratégico, puesto que suministra gran cantidad de materiales imprescindibles para el sector de la construcción. No hay que olvidar que los áridos



son la materia prima a partir de la cual se fabrican hormigones, morteros, bases y subbases, escolleras, balasto, etc.

## 2.3 Situación actual del sector en España

Desde el máximo previo a la crisis (2006), momento en el que la producción era de 486 Mt, el consumo ha retrocedido cerca del -80,6%, arrastrando a su vez al volumen de negocio sectorial que es, en la actualidad, el 16,5% del registrado ese año.

Aunque con la mejora económica del país, el sector de la construcción está aumentando, y por lo tanto el consumo de áridos se ha vuelto a disparar. Y es por lo que he decidido realizar un trabajo sobre la extracción de Calizas.

El sector de los áridos es el principal suministrador de materias primas para la construcción de infraestructuras, para la edificación, para la industria y para la protección del medio ambiente, lo que le confiere el carácter de industria estratégica. Sirva decir que es la segunda materia prima más consumida por el hombre después del agua y que cada español ha consumido, en 2018, unos 2.025 kilogramos anuales, es decir 5,55 kilogramos diarios (en 2007 se consumieron cerca de 33 kilogramos diarios).



Ilustración 2. Explotación de áridos (tipo)

Los áridos se emplean en estas obras, como hormigón preparado, prefabricados de hormigón (el 80% del hormigón son áridos), mortero, aglomerados asfálticos (el 95% son áridos), construcción de carreteras (el 94% de los materiales necesarios para una carretera son áridos), ferrocarriles (balasto), etc.

Estos materiales se emplean, mayoritariamente en las etapas iniciales de las obras, por lo que la evolución de su consumo es un buen indicador adelantado de la eficacia de los planes de infraestructuras.

El año 2018 ha sido el primero en el que el consumo nacional de áridos ha crecido desde 2007, pero las positivas expectativas de crecimiento del consumo, de entre el



5% y el 10%, que se tenían al inicio del ejercicio y que parecía que se iban a confirmar, por la positiva evolución del primer semestre, han sufrido los efectos de un notable retroceso experimentado en el segundo semestre debido, fundamentalmente, a la paralización de decisiones por la falta de Gobierno.

Finalmente, según las estimaciones de Anefa, el año 2018 se ha cerrado con un ligero crecimiento del 4,8%, para un consumo total de áridos para la construcción de 94,4 millones de toneladas, pero con variaciones territoriales importantes y algunas Comunidades Autónomas todavía en decrecimiento.

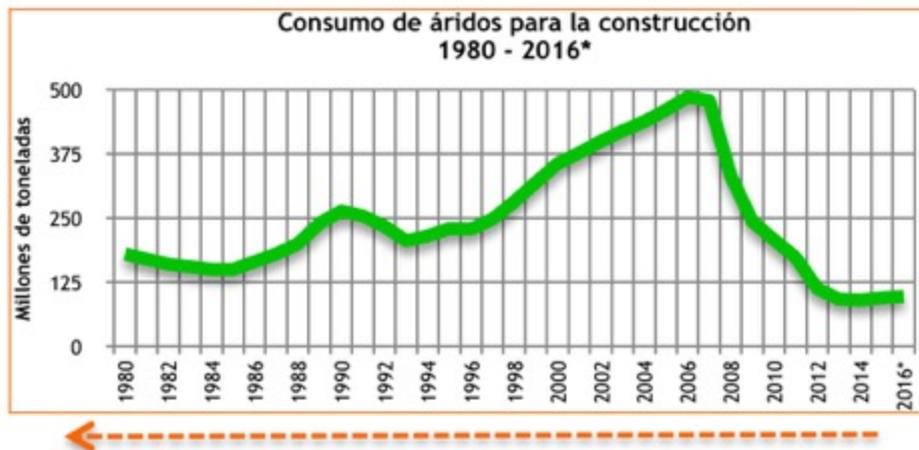


Ilustración 3. Consumo de áridos (España)

Se confirma así el cambio de tendencia y, tras 8 años de retrocesos muy importantes, el sector volvió a crecer, aunque los volúmenes de consumo sean todavía claramente muy insuficientes para poder hablar de recuperación, tras haber tocado fondo en 2014, año en el que alcanzó los mínimos históricos, de 90,1 millones de toneladas.



Ilustración 4. Variaciones del consumo (España)

Esta tendencia es muy similar a las registradas para los sectores afines. Desde el máximo previo a la crisis (2006), momento en el que la producción era de 486 Mt, el



consumo de áridos para la construcción sigue en el -80,6% de lo registrado aquel año, a pesar de la tibia mejoría de 2018. A esta cantidad hay que añadir cerca de un millón de toneladas de áridos reciclados.

Asimismo, se ha producido un ligero incremento en el consumo de áridos para aplicaciones industriales, tales como cementos, vidrios, cargas, filtros, industria química, siderurgia y metalurgia, etc., hasta los 23,0 millones de toneladas (+4,9%).

Por lo tanto, el consumo total de áridos, en el año 2018, ha sido de unos 118,5 millones de toneladas (+5,8%).

Se estima en 450 millones de euros el volumen de negocio del sector de áridos para la construcción, excluido el transporte. La caída acumulada en términos constantes, desde 2007 hasta 2018, es del -83,5%. El empleo directo asciende a 7.650 trabajadores, a los que hay que sumar otros 9.500 indirectos.

Empleo en el sector de los áridos 2015		
Administración	Nº de trabajadores	%
Empleo directo nacional	7.650	44,6%
Empleo indirecto subcontratas mineras	2.300	13,4%
Empleo indirecto otros	3.000	17,5%
Empleo indirecto transporte	4.200	24,5%
<b>Empleo indirecto total</b>	<b>9.500</b>	<b>55,4%</b>
<b>Total empleo</b>	<b>17.150</b>	<b>100,0%</b>

Ilustración 5. Creación de empleo, sector áridos.

En referencia a los datos de 2018, prácticamente se ha detenido la destrucción de puestos de trabajo en el sector, habiéndose perdido 6.280 puestos de trabajo directos (-45%) y 23.000 puestos de trabajo totales, contando también con los indirectos, desde el inicio de la crisis en 2006.

En otro orden de cosas, la caída del consumo de áridos para la construcción, en 2018, muestra una evolución territorial muy desigual, retrocediendo Extremadura (-22,3%), Andalucía (-5,3%), Asturias (-4,8%), País Vasco (-2,5%), Murcia (-1,7%).

Por el contrario, Baleares (+22,3%), Galicia (19,5%), Madrid (+18,9%) y La Rioja (+14,3%), han tenido un comportamiento más positivo en crecimiento porcentual, aunque las variaciones absolutas en volumen de consumo son todavía casi inapreciables.



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Consumo de áridos para la construcción por Comunidades Autónomas (Millones de toneladas) 2015				
	2014	2015	Variación 15/14 %	Consumo Toneladas por habitante
Andalucía	14,6	13,9	-5,3%	1,65
Aragón	3,1	3,4	8,4%	2,57
Asturias	3,3	3,1	-4,8%	2,96
Islas Baleares	2,1	2,5	22,3%	2,29
Islas Canarias	2,0	2,2	11,1%	1,05
Cantabria	2,5	2,7	6,7%	4,64
<b>Castilla y León</b>	<b>10,2</b>	<b>10,4</b>	<b>2,1%</b>	<b>4,21</b>
Castilla - La Mancha	4,9	5,4	10,4%	2,63
Cataluña	16,5	18,1	9,7%	2,41
C. Valenciana	4,6	4,7	1,9%	0,94
Extremadura	3,4	2,6	-22,3%	2,41
Galicia	5,9	7,1	19,5%	2,60
Madrid	6,0	7,1	18,9%	1,10
Murcia	2,4	2,4	-1,7%	1,63
Navarra	4,1	4,2	2,6%	6,58
País Vasco	3,2	3,1	-2,5%	1,43
La Rioja	1,2	1,4	14,3%	4,43
<b>Total</b>	<b>90,1</b>	<b>94,4</b>	<b>4,8%</b>	<b>2,02</b>

Ilustración 6. Consumo áridos por CCAA.

Navarra (-51,5%), Cantabria (-64,3%) y La Rioja (-64,9%) son, por este orden, las Comunidades Autónomas con menor incidencia desde el inicio de la crisis. En el otro extremo se sitúan la Comunidad Valenciana (-92,1%), Canarias (-88,7%), la Región de Murcia (-88,0%) y Madrid (-86,0%), con retrocesos netamente superiores al -80%.

Desde 2006, cuando el consumo de áridos por habitante en España era uno de los más importantes de Europa, con cerca de 12 toneladas / habitante / año, esta cifra ha sufrido una reducción considerable.

A pesar del leve incremento de 2015, volviéndose a algo más de 2 toneladas / habitante / año (en concreto 2,02), sigue netamente por debajo de la media europea (4,9 toneladas / habitante / año). Estos valores son más propios de países subdesarrollados del tercer mundo que de una economía occidental integrada en la UE como la española. De los 39 países Europeos para los que la UEPG elabora estadísticas, España ocupa el último puesto, tras Albania.



Ilustración 7. Consumo áridos (t/hab./año)

Destacan por lo negativo de los valores que presentan, la Comunidad Valenciana (0,94 t/hab./año), Canarias (1,05 t/hab./año) y la Comunidad de Madrid (1,10 t/hab./año). Navarra (6,58 t/hab./año) es la única Comunidad Autónoma con consumos superiores a la media europea.

Actualmente, España – que se encontraba en segunda posición en 2006 – ocupa el noveno lugar de Europa en producción total de áridos, por detrás de Rusia, Alemania, Turquía, Francia, Polonia, Reino Unido, Italia y Austria.

## 2.4 Usos de los áridos

Los áridos tienen infinidad de utilidades, y están constantemente presentes en nuestra vida cotidiana.

Las aplicaciones principales que pueden tener los áridos son:

- Fabricación y preparación de hormigón.
- Aglomerantes asfálticos.
- Balastos, subbalastos y gravillas.
- Escolleras de obras portuarias, ríos, canales y mares.
- Rellenos en obras.
- Materias primas para la industria (cemento, arenas para filtros, cargas, micronizados, etc.)



## 2.5 Clasificación de los áridos

De forma sintética y genérica se puede dar la siguiente clasificación, según sus usos:

- **Áridos para carreteras:**
  - Material de relleno y plataforma
  - Subbase
  - Base de gravas: 14-60 mm y arena (0-4 mm)
  - Capa de rodadura: 40% de arena (0-5 mm) y 60% de grava (6-12 mm)
- **Áridos para hormigones hidráulicos y morteros:**
  - Arenas: 0-5 mm
  - Gravas: 6-12 mm, 12-20 mm y 20-40 mm
- **Áridos para prefabricados:**
  - Arenas: 0-3 mm y 0-5 mm
  - Gravillas: 6-12 mm y 12-18 mm
- **Balasto para la construcción de vías férreas:**
  - Gravas: 10-25 mm
  - Balasto fino: 16-31,5 mm
  - Balasto grueso: 25-50 mm

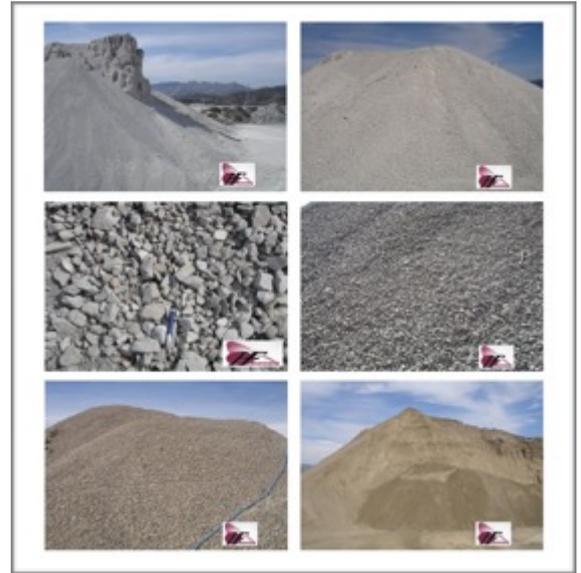


Ilustración 8. Tipos de áridos (granulometría)

## 2.6 Propiedades de los áridos

Como elementos aislados los áridos tienen propiedades físicas microscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, probidad, permeabilidad, dureza superficial, conductividad térmica, dilatación, etc. También presentan unas propiedades químicas microscópicas.



La dimensión, forma y redondez son función de los procesos sedimento-génicos. En cambio, el resto de las propiedades tienen que ver con la composición mineralógica, hábito, morfología, distribución de los minerales, porosidad primaria, y de los procesos posteriores a la génesis.

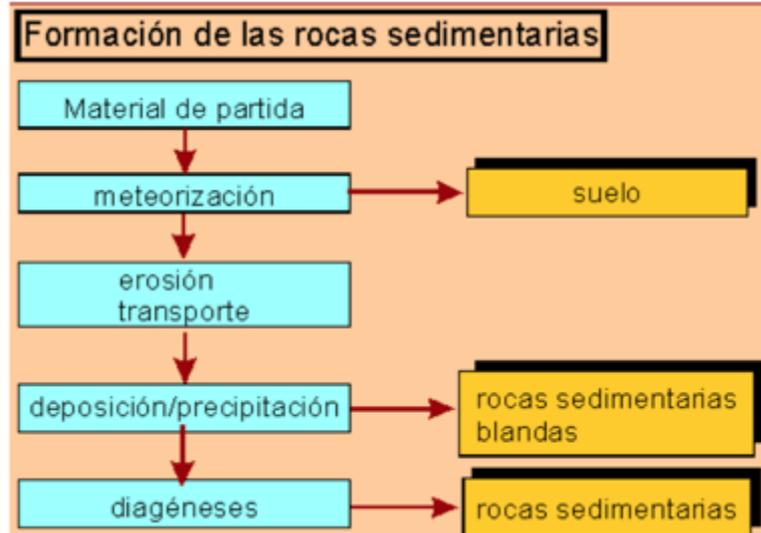


Ilustración 9. Formación rocas sedimentarias



## 3 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 3.1 Objetivos

Con la ejecución del presente proyecto, se pretende crear una Cantera de Caliza, comenzando en un terreno exento de modificaciones, debido a la gran necesidad de minerales en dicha Comunidad Autónoma y comunidades contiguas y al crecimiento que se prevé en los próximos años. Además, se potenciará el empleo en la zona.

Debido a que en la zona en la que se ejecutará dicha cantera, esta explotación no hay canteras que extraigan calizas, con este proyecto se obtendrá caliza para gran parte de la provincia de Burgos y a la Comunidad Autónoma Vasca.

#### 3.1.1 Criterios de selección del yacimiento

A la hora de localizar un yacimiento para su explotación, será necesario establecer una serie de criterios. Estos criterios tienen que proporcionar de algún modo una garantía económica, medioambiental y técnica del proyecto minero.

Y estos son los criterios mas importantes que se han tenido en cuenta para seleccionar el yacimiento son los siguientes:

- **Reservas (mediante perfiles)**
- **Distancia a núcleos urbanos.**
- **Impactos generados con la explotación:**
- **Comunicaciones (vías de acceso cercanas a la cantera)**
- **Topografía:**
  - Extensión del terreno
  - Pendiente del terreno
  - Cursos de agua existentes en la zona afectada y sus proximidades

También se ha realizado la explotación de tal manera que el impacto visual sea el mínimo posible. Para evitar en todo momento el impacto visual generado, y como manda, la normativa minera, a medida que se explota, se procederá a la restauración de los taludes.



Otros objetivos que se persiguen son:

- Caracterización del yacimiento: límites de la explotación, localización y cuantificación de reservas.
- Diseño de la explotación, sistemas y fases de esta, atendiendo al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Enumeración de la infraestructura necesaria.
- Ubicación y Diseño de la un Establecimiento de Beneficio, para la trituración y preparación de calizas.
- Elaboración de cálculos justificativos que garanticen la ejecución y valoración de todas las labores para poder calcular los plazos de ejecución y el coste total de la obra.
- Realización de un Estudio de Impacto Ambiental para prever el impacto ambiental que se produce y tomar las medidas preventivas adecuadas, de tal forma que se reduzca el impacto producido.
- Calculo de los costes de explotación de las actuaciones propuestas.

### 3.2 Justificación

Como justificación del proyecto se deberán obtener el mayor número de datos posibles, ya que, a la hora de ejecutar, no pueden existir errores. Se deben cumplir todos los objetivos propuestos. Pero quizás el aspecto más importante, para la justificación de un proyecto, y sobre todo en el presente proyecto, es la justificación económica.

Y por esta razón a continuación, se mostrarán una serie de datos económicos, y que posteriormente serán complementados en los anexos adjuntos al trabajo.



Para ello se han observado los datos económicos de canteras de caliza tanto a nivel estatal como a nivel provincial. Y aquí se darán datos significativos en cuanto a producción, de los últimos años.

### 3.2.1 Valor de la producción

La producción minera nacional ha alcanzado, en 2015, los 2.965 M€, un 1,7 % inferior a la cifra alcanzada en 2014. Pese al descenso global, salvo en el caso de la minería energética, el resto de la producción minera ha mejorado, manteniendo la ligera tendencia al alza de los últimos años.

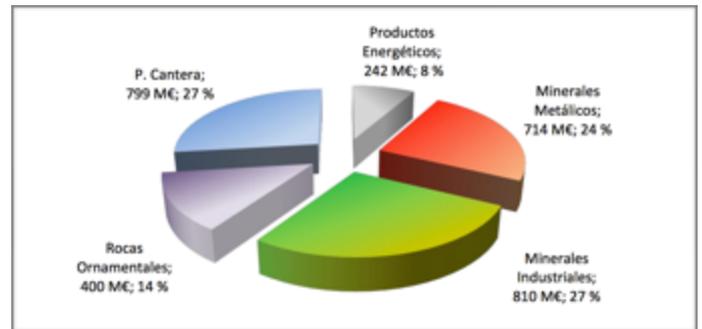


Ilustración 10. Producción productos minería

### 3.2.2 Distribución geográfica de la producción

Respecto a la distribución del valor de la producción vendible por Comunidades autónomas, en 2018, tres de ellas han representado más de la mitad del valor total de la producción: Andalucía ha sido, un año más, la que más ha contribuido con un 23,3 %, a continuación, Cataluña, con el 18,5 %, seguida de Castilla y León con un 12 %.

### 3.2.3 Empleo y número de explotaciones

En el año 2015 la contribución del sector minero en España fue de 29.087 empleos directos, de los cuales 21.614 puestos de trabajo correspondieron a la extracción de rocas y minerales no metálicos, 3.563 a minerales energéticos y 3.910 a minerales metálicos.

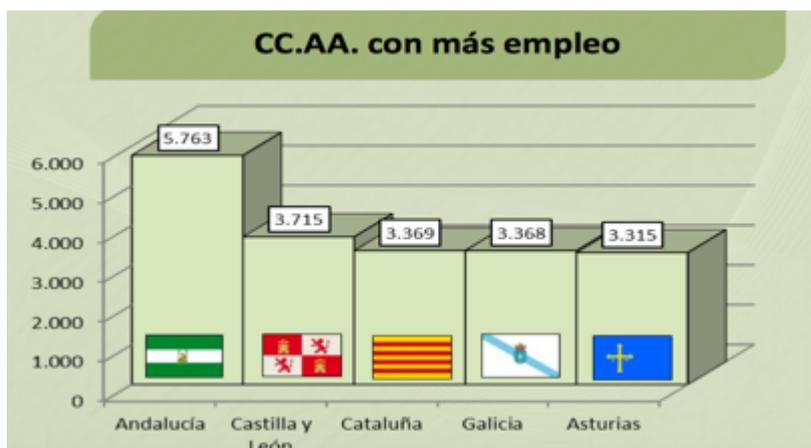


Ilustración 11. Empleo en minería (CCAA)

En el siguiente gráfico se muestra la distribución del empleo por subsectores de las industrias extractivas, tanto en número de empleados como en términos porcentuales.

Son valores de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, y pese a que los datos no están completamente actualizados, se puede observar que la minería en esta CCAA



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

tiene una gran importancia económica y social. Y en especial la extracción de Calizas, ya que es una CCAA, muy rica en rocas sedimentarias.

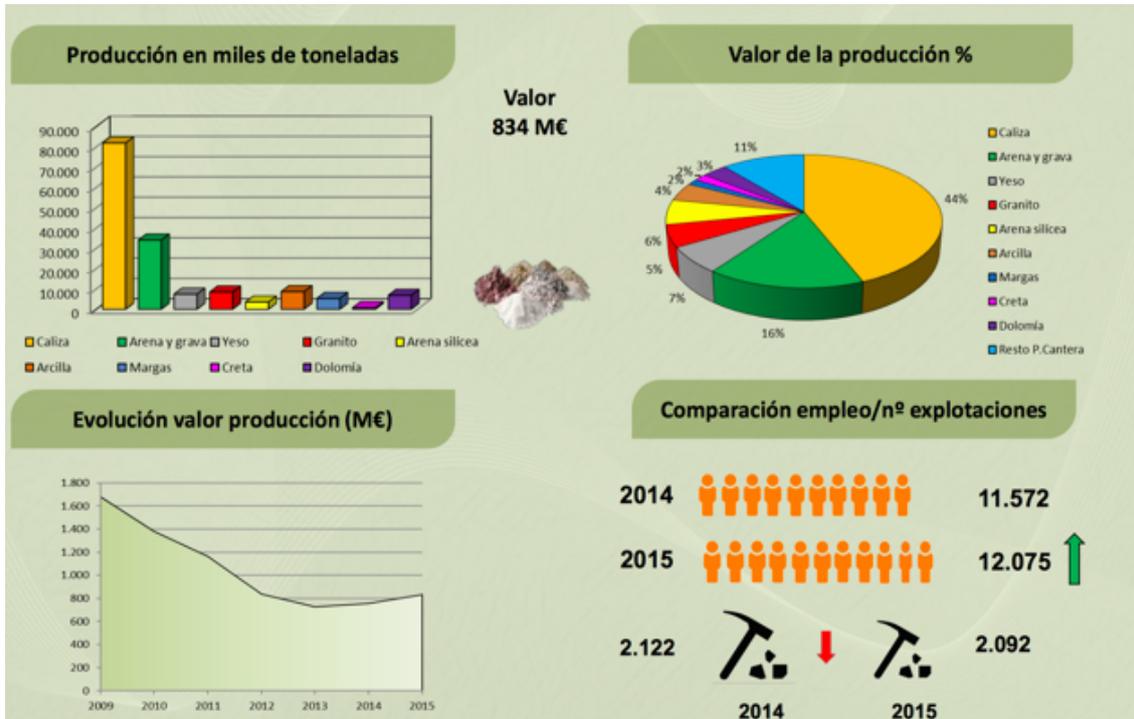


Ilustración 12. Valores socio-económicos (Castilla y León)



## 4 EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN

A continuación, se procederá a detallar la localización de la explotación. Posteriormente en los Anexos: Planos, se volverá a mostrar el emplazamiento de dicha cantera de caliza.

El proyecto por realizar se situará en la Comunidad Autónoma, de Castilla y León, concretamente en la provincia de Burgos.



Ilustración 13. Situación Burgos (Provincia)

Concretamente, en el termino municipal de Gobantes, muy cercano también al pueblo de Gobantes. Próximo a la carretera, BU-551, entre Gobantes y Críales de Losa.



Ilustración 14. Situación Cantera de Caliza



Ilustración 15. Emplazamiento Cantera de Caliza

El emplazamiento de la cantera está situado al noroeste de Vitoria-Gasteiz y al noreste de Burgos, en las cercanías de Medina de Pomar, concretamente en las inmediaciones de Gobantes, situado a 74 Km en línea recta desde Burgos y a 56 Km de Vitoria-Gasteiz.

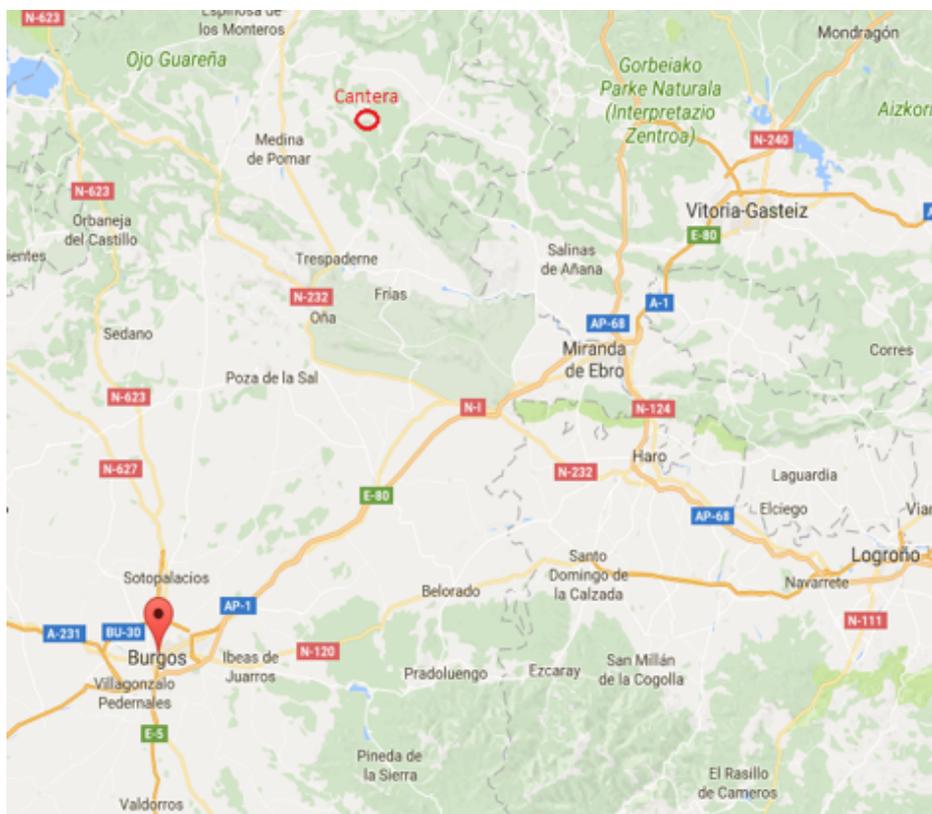


Ilustración 16. Emplazamiento respecto a Burgos (ciudad)



En la ejecución de un proyecto minero, uno de los parámetros más importantes para tener en cuenta, es su situación y emplazamiento. En los inicios de un proyecto, es el mayor punto que observar y determinar.

El buen y correcto emplazamiento dará en todo momento una mayor rentabilidad económica. Ya que condiciona entre otros los gastos de transporte, impacto medioambiental, cercanía a pueblos, cauces, ríos, etc.

En cuanto a la ubicación elegida para la ejecución de este proyecto, se observa, que no hay zonas de conflicto cercanas, que puedan generar dificultades o problemas. Ni espacios protegidos, ni pueblos con visibilidad/acústica cercana, ni existencia de carreteras afectadas.

El fin de dicho proyecto, será abastecer a la comunidad de Castilla y León, (Burgos mayoritariamente) y al País Vasco.

Como después se verá en el Anexo: Planos, del instituto Geológico y Minero de España, la información ha sido obtenida, del **MAPA 110 – MEDINA DE POMAR**. Utilizando los diferentes cortes geológicos y columnas estratigráficas, que se explicarán en los siguientes apartados.

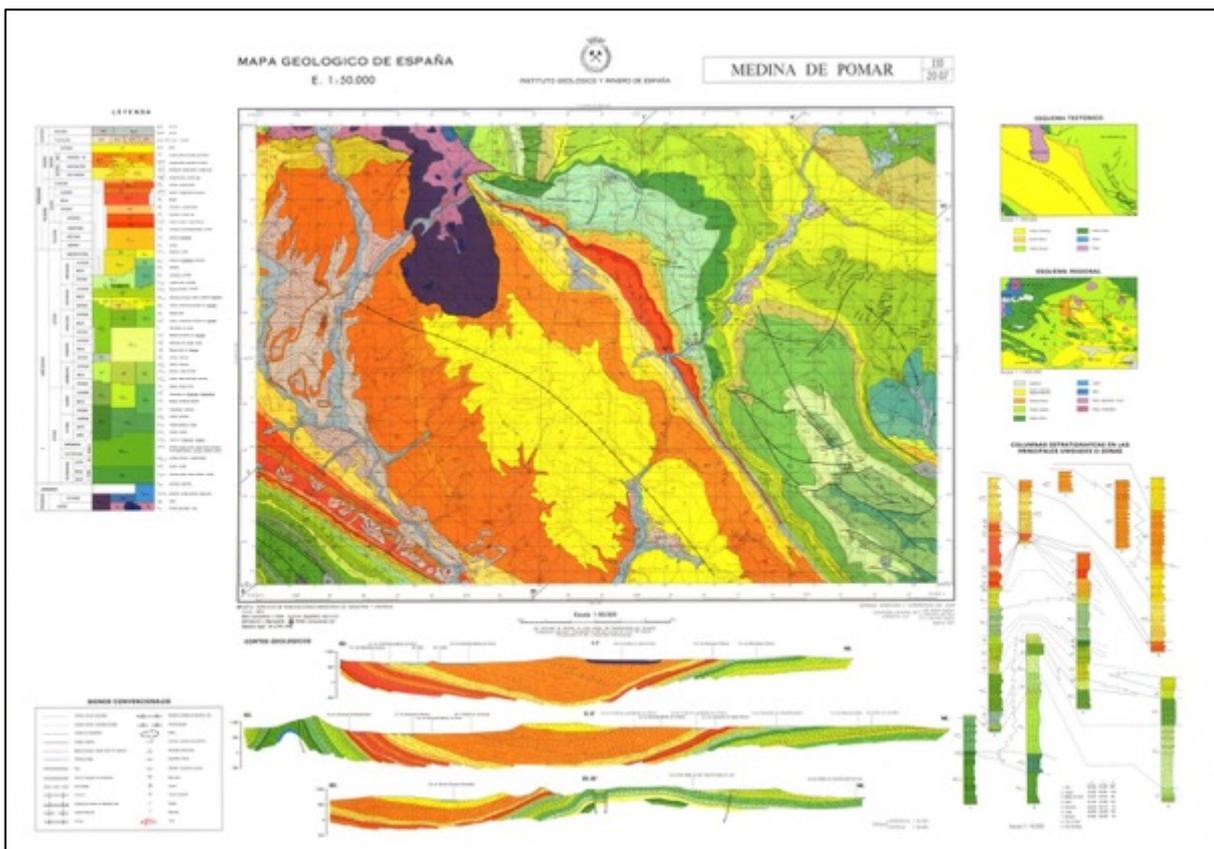


Ilustración 17. Mapa Geológico 110



## 4.1 Descripción del medio físico:

El objetivo de este apartado es la realización de un análisis del medio físico natural y socioeconómico de la zona donde el proyecto tendrá cabida, que constituirá una de las bases de partida del proyecto.

Para ello la información relevante se clasificará para su posterior consideración a la hora de realizar propuestas.

Se detallarán los datos obtenidos del mapa geológico, así como las comunicaciones cercanas, espacios naturales, cauces, ríos, pueblos, ciudades, coordenadas, etc.

### 4.1.1 Geología

En lo referente a la geología cabe destacar que la zona son los últimos niveles del Terciario marino que afloran en la Hoja de Medina de Pomar corresponden a un tramo de calcarenitas bioclásticas con Alveolinas, frecuentemente canterables, que se encuentran total o parcialmente recubiertas discordantemente por diferentes niveles del Terciario continental.

Las calcarenitas son de tonos blanquecinos o rosados, estratificadas en bancos de 40-60 cm., pudiendo presentarse dolomizadas especialmente los tramos inferiores. Como en el caso del Paleoceno, el espesor es mayor en los cortes del flanco NE. Del sinclinal (140 m. en Quintanilla) que en los que pueden levantarse en el flanco SO. (70 m. en Tesla-N.).

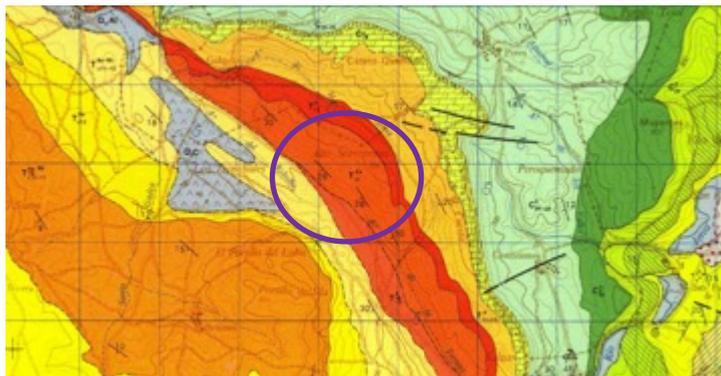


Ilustración 18. Situación Cantera en el M.G. (Calizas)

En cuanto a la edad geológica pertenecen al Terciario Paleógeno, concretamente en el Eoceno inferior (Ilirdiense)

Son muy características por su color claro, blanquecino o gris. Las calizas se forman en los mares cálidos y poco profundos de las regiones tropicales, en aquellas zonas en las que los aportes detríticos son poco importantes, como por ejemplo en nuestra zona al NE de Burgos.

En la zona marcada con el círculo morado, se encuentra la explotación. Que tendrá su punto mas bajo, cercano a la carretera y su punto mas alto, en el Alto de Sobrepeñas, aproximadamente a 750 metros de altura.



### Corte geológico:

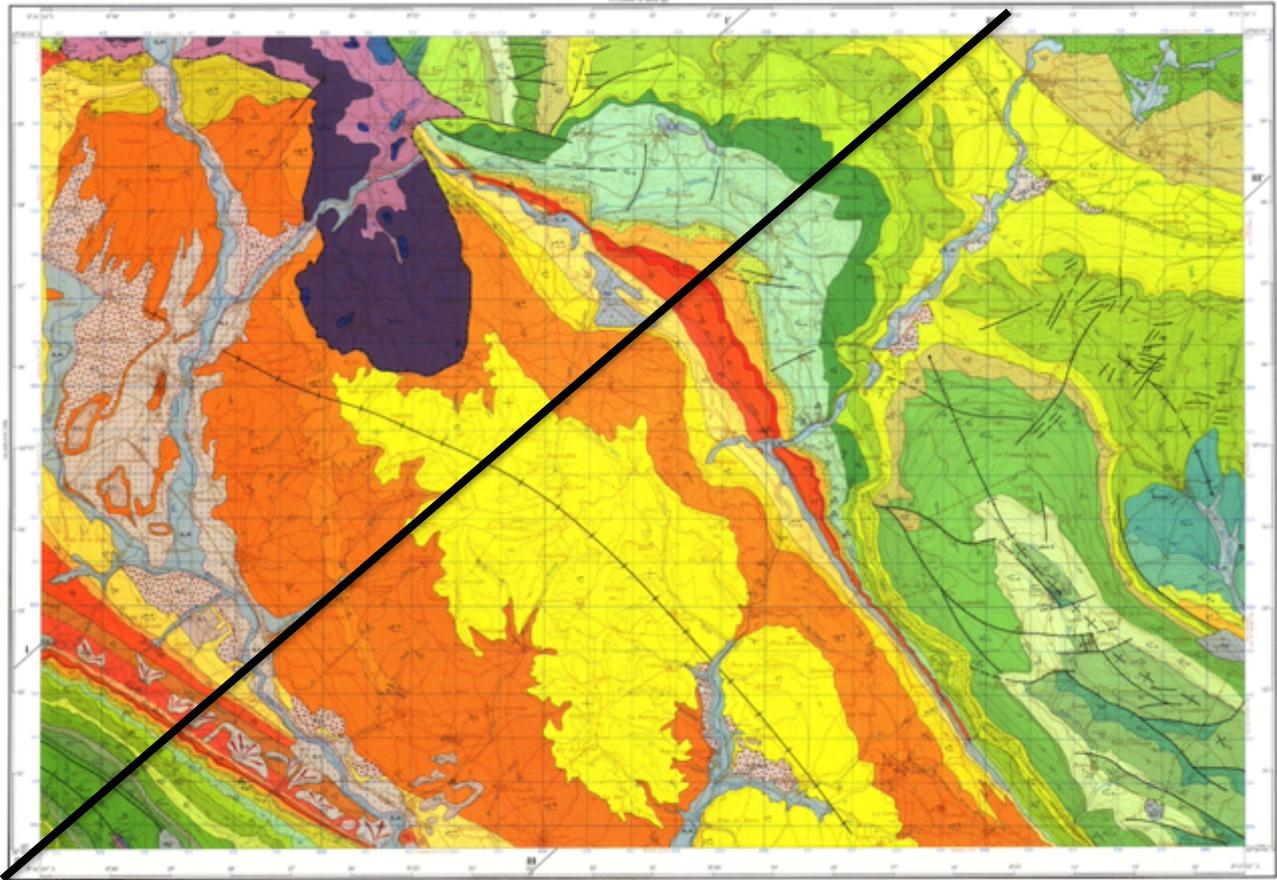


Ilustración 19. Mapa geológico

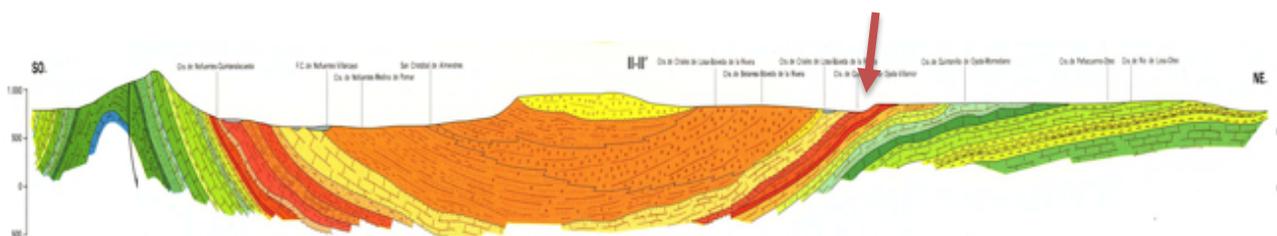


Ilustración 20. Corte geológico. Zona a explotar

En el corte geológico, se puede observar la zona donde vamos a realizar la explotación de Caliza. Y sabiendo interpretar dichos mapas y sus respectivos cortes, se observa que hay un estrato rico en Calizas con Alveolinas, dichas Calizas, son un tipo de calizas, con fácil tratamiento y trituración, por lo que es beneficioso a la hora de realizar una cantera.

Se incluyen el mapa y el corte geológico correspondiente, en los Anexos.



#### 4.1.2 Formación:

A continuación, se explicarán los dos procesos, que generalmente actúan conjuntamente, y contribuyen a la formación de las calizas:

- **Origen hídrico:** El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) se disuelve con mucha facilidad en aguas que contienen dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) gaseoso disuelto, debido a que reacciona con este y agua para formar bicarbonato de calcio [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ], compuesto intermedio de alta solubilidad.

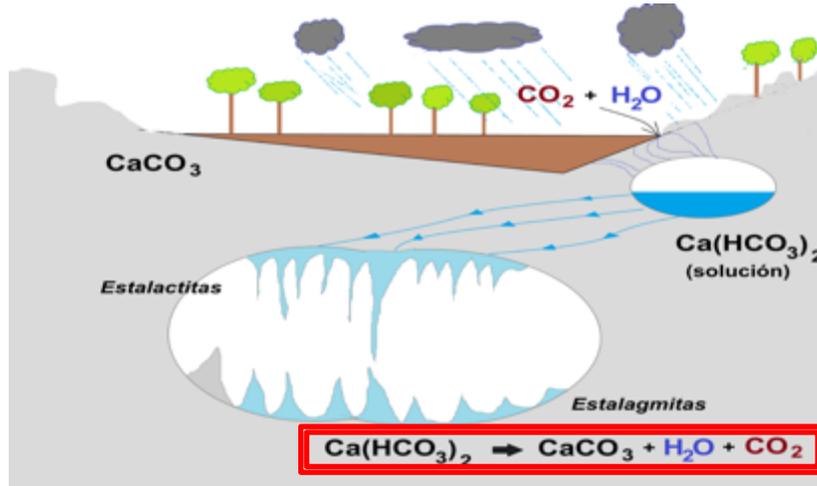


Ilustración 21. Formación Calizas

- **Origen biológico:** Numerosos organismos utilizan el carbonato de calcio para construir su esqueleto mineral, debido a que se trata de un compuesto abundante. Tras la muerte de esos organismos, se produce en muchos entornos la acumulación de esos restos minerales en cantidades tales que llegan a constituir sedimentos que son el origen de la gran mayoría de las calizas existentes.

#### 4.1.3 Geología económica:

Como es posible observar, basándose en datos de la autoridad minera, apenas existen canteras de caliza en esa zona, y las canteras de caliza, ubicadas en el entorno, no tienen la suficiente magnitud de abastecer a las proximidades.

En la siguiente tabla, se muestran las empresas y minas en las zonas circundantes a la explotación, así como los nombres de estas y diferentes datos de interés:



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Nombre D.M	Empresa	Organismo	Sit.Gen.	Tipo	Frac	Nº Reg	Sustancia	Sup.	Uds	Sec
<a href="#">MEDINA</a>	MINERIA, GEOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE, S/L	BURGOS	Otorgado	PInvestigación	00	4673	TOC	1761.7785	C	C
<a href="#">MONSA</a>	YAMINOR S.L.	CANTABRIA	Caducado	C.Exp.Directa	00	16248	TOC	2.0	C	C
<a href="#">LA NORIA</a>	SALINERA LA NORIA, S.A.	BURGOS	Otorgado	C.Exp.Derivada	00	3785	SAG	199.6621	H	C
<a href="#">AMPLIACION AQUI ESTOY</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Directa	00	4370	OFI	279.6604	C	C
<a href="#">AQUI ESTOY</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Derivada	10	4217	OFI	167.7075	C	C
<a href="#">LA RIBA</a>	PROMOCIONES BAR, S.L	BURGOS	Trámite/otorgamiento	C.Exp.Directa	00	4845	OFI	139.7233	C	C
<a href="#">SAN VALENTIN I</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Directa	00	4473	OFI	111.7862	C	C
<a href="#">LA LASTRA 2</a>	FERNANDO LOPEZ MUNILLA S.L.	BURGOS	Otorgado	PInvestigación	00	4879	CAL	1843.223	C	C
<a href="#">SANTA CLARA FRACC 1</a>	FERMÍN, PÉREZ ALONSO	BURGOS	Caducado	PInvestigación	10	4679	CAL	167.8803	C	C
<a href="#">LA RIBA</a>	PROMOCIONES BAR, S.L	BURGOS	Trámite/otorgamiento	C.Exp.Directa	00	4845	OFI	139.7233	C	C
<a href="#">SAN VALENTIN I</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Directa	00	4473	OFI	111.7862	C	C
<a href="#">AMPLIACION AQUI ESTOY</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Directa	00	4370	OFI	279.6604	C	C
<a href="#">AQUI ESTOY</a>		BURGOS	Otorgado	C.Exp.Derivada	10	4217	OFI	167.7075	C	C
<a href="#">LA NORIA</a>	SALINERA LA NORIA, S.A.	BURGOS	Otorgado	C.Exp.Derivada	00	3785	SAG	199.6621	H	C
<a href="#">MONSA</a>	YAMINOR S.L.	CANTABRIA	Caducado	C.Exp.Directa	00	16248	TOC	2.0	C	C
<a href="#">MEDINA</a>	MINERIA, GEOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE, S/L	BURGOS	Otorgado	PInvestigación	00	4673	TOC	1761.7785	C	C

**Ilustración 22. Canteras colindantes.**

### 4.1.4 Hidrología:

En lo referente a la hidrología, existen dos cauces colindantes a la zona de explotación, el “Arroyo de la serna” y el “Arroyo del Rebollo”, que como es posible observar en las próximas imágenes están rodeando la explotación, pero en ningún momento se verán afectados por la misma.

Aparte de los arroyos y ríos cercanos, existe un pequeño lago en Villanueva de Rosales situado a 4 Km de la explotación, de creación natural, en las proximidades de una explotación ya cerrada, posiblemente del cual suministraremos agua a la explotación de Calizas.

Como marcan la ITCs, en ningún momento se influirá en los mencionados arroyos, por lo que la contaminación será nula y no afectará en el cauce de ninguno de ellos. Como es posible observar en la siguiente imagen, un arroyo se sitúa al otro lado de la carretera, y el otro estará en la zona opuesta del alto de Sobrepeñas.



Ilustración 23. Arroyos colindantes.



Ilustración 24. Embalse abastecimiento agua.

Ambos arroyos son afluentes del arroyo de la Pucheruela y el un afluente del río Salón, no obstante, no se conocen datos referentes a ellos sobre caudal ni longitud, por lo que habría que hacer un estudio hidrográfico previo

Las características más importantes de los afluentes son:

- Cuenca hidrográfica, Río Ebro.
- Nacimiento, Arroyo Pucheruela.
- Desembocadura en el propio arroyo



### 4.1.5 Topográfica

La situación cartográfica del terreno de la alternativa seleccionada es en ladera de valle, y es por esto las superficies montañosas bloquearan el impacto visual generado en el entorno.

Como se ha observado con anterioridad, en imágenes, y se observará en los Anexos, se ha utilizado la hoja cartográfica de la zona, (mapa 110- Medina de Pomar) y del cual se han obtenido datos relativos a la topografía del terreno.

Mediante el programa AutoCAD, y obteniendo información de catastro minero, y de paginas web relativas a la provincia de Burgos, se ha sacado la siguiente imagen sobre la topografía del terreno:

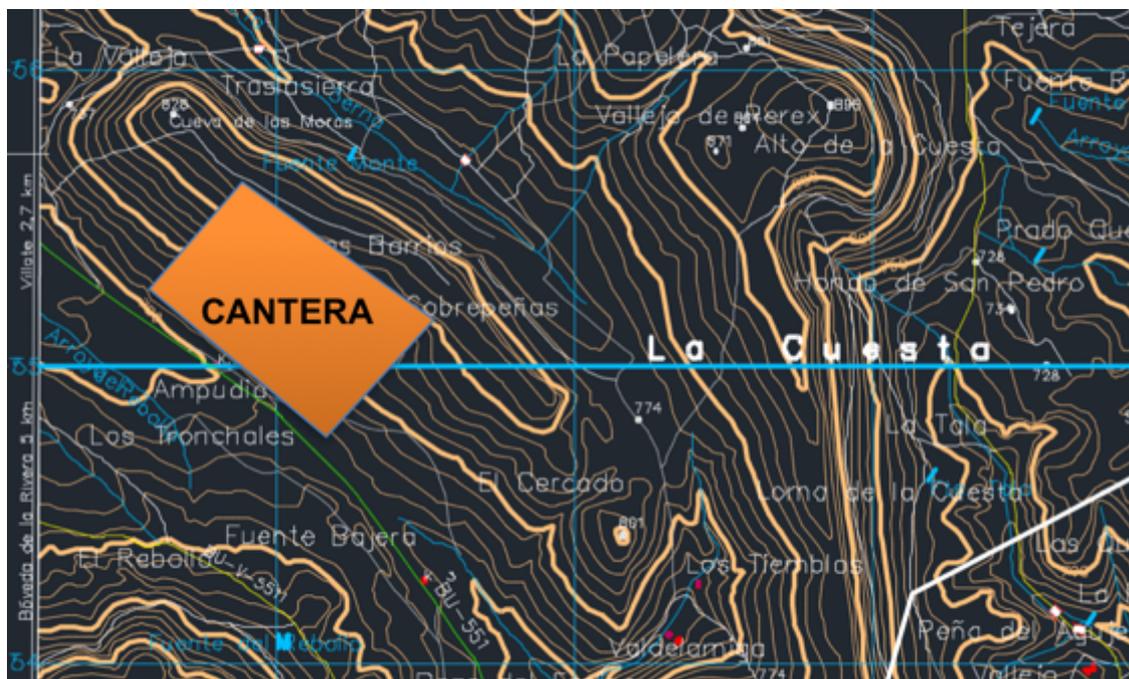


Ilustración 25. Mapa topográfico. Zona Cantera

### 4.1.6 Catastro Minero

Coordenadas Cantera:





VERTICES	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	X	Y	$\phi$	$\lambda$
1	42.946669	-3.38568	271854.329	9629639.53
2	42.942764	-3.341432	271418.604	9630427.90
3	42.946015	-3.336317	271778.790	9630994.40
4	42.950008	-3.343385	166476.930	9667949.52

Tabla 1. Coordenadas Cantera Caliza

La cantera pertenecerá al **HUSO 30**.

**Cuadrícula Minera:**

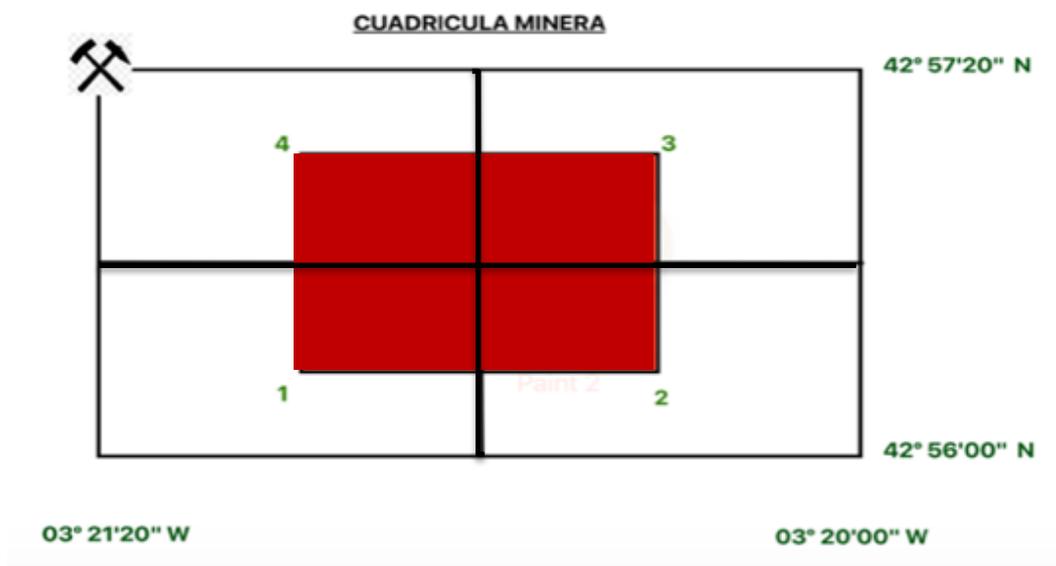


Ilustración 26. Cuadrículas Mineras

Como se observa en la ilustración anterior, a la hora de realizar esta cantera, se deberá solicitar al Catastro Minero, la concesión de **4 cuadrículas mineras**, que son las que afectan a la Cantera de Caliza. Estas cuadrículas, se otorgarán en concesiones de 30 años.



## 4.2 Comunicaciones

Las posibles vías de acceso a la cantera se realizarán desde la carretera autonómica de la provincia de Burgos (BU-551), o a través de carreteras secundarias que se bifurcan de esta. La carretera BU-551, es una carretera que parte de la nacional 629 situada en Burgos, y existen pueblos grandes y bien comunicados como Medina de Pomar o Villarcayo, a los cuales se abastecerá.

Existen varios caminos/pistas que suben al alto de Sobrepeñas, que se utilizarán también para acceder a la parte superior de la cantera.

La Cantera está situada a 1 hora aproximadamente de las ciudades, Burgos, Bilbao y Vitoria-Gasteiz.

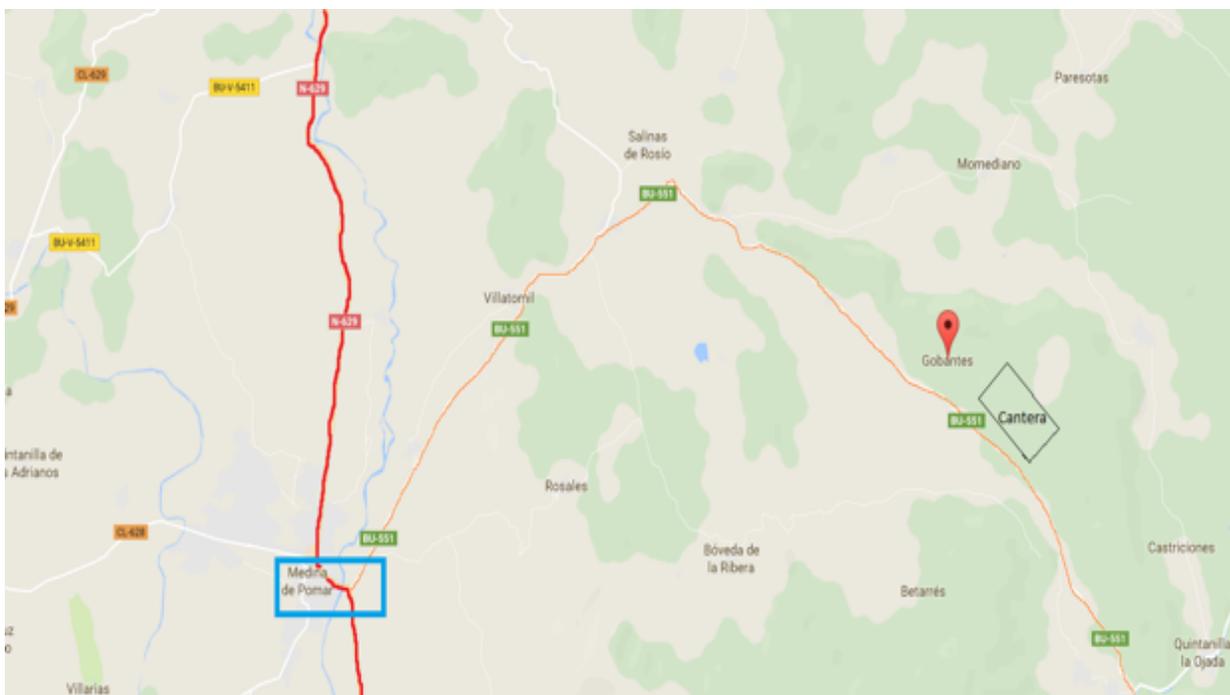


Ilustración 27. Comunicaciones (carreteras)



## 5 DISEÑO EXPLOTACIÓN:

### 5.1 Evaluación de reservas

La evaluación de reservas se ha realizado por el método de los perfiles, con el programa AutoCAD, concretamente la extensión MDT7, y estos perfiles se reflejarán en los Anexos.

Se añadirá un plano de la superficie y los perfiles.

Se han desechado 25 cm, del suelo, por la desbroza y por el suelo no valido, que aproximadamente es la capa de suelo que hay que quitar, hasta tener el suelo totalmente limpio.

Con todo esto se ha realizado el estudio, y salen **12. 670. 977, 5 m<sup>3</sup>**. Y sabiendo la densidad de la caliza, obtenemos **34. 211.637, 9 t.** de reservas.

No serán las reservas finales ya que se debe hacer la cubicación mediante este mismo programa y con los datos que de el AutoCAD, se sabrán las reservas reales que habrá en la cantera de caliza seleccionada.

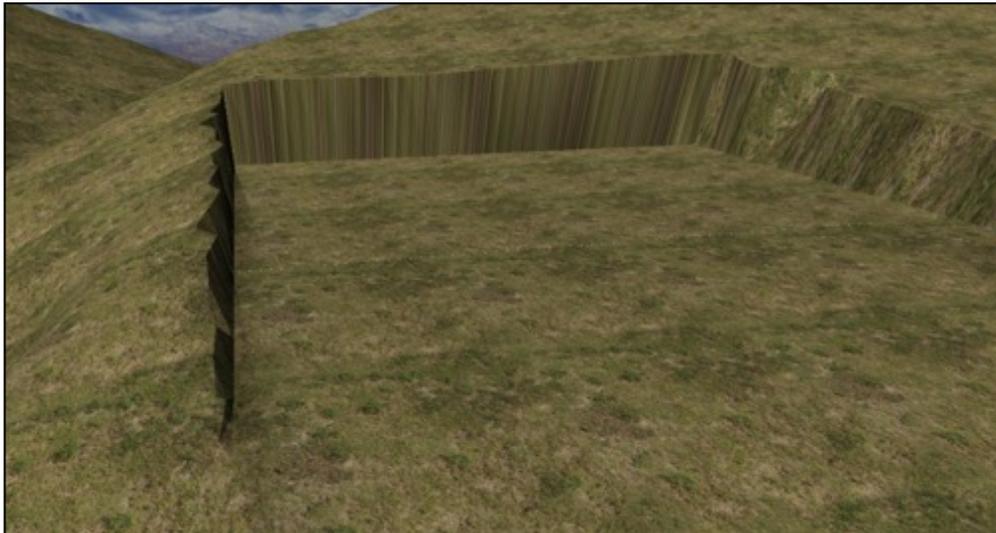


Ilustración 28. Cubicación terreno.



## 5.2 Cubicación

Una vez diseñada la explotación, se han determinado las reservas explotables de caliza con el programa AutoCAD, la extensión MDT7, y se han evaluado las reservas mediante el mismo método, diferencia de perfiles.

Se ha dividido en dos partes, por una parte, los frentes laterales, frente 1 y 3, y por otro lado el frente 2. Se incluirá en los Anexos: Planos

A continuación, se observa las reservas totales que se han obtenido en los diferentes frentes.

### FRENTES 1 Y 3:

TOTALES	
Volumen de Desmonte	5602029.814
Volumen de Terraplén	8341358.721
Volumen de Vegetal	21944.100
Diferencia (Desmonte - Terraplén)	-2739328.907
Superficie Desbroce	731470.000

### FRENTE 2:

TOTALES	
Volumen de Desmonte	5890956.214
Volumen de Terraplén	3688932.312
Volumen de Vegetal	17950.716
Diferencia (Desmonte - Terraplén)	2202023.902
Superficie Desbroce	598357.200

Se han quitado 25 cm, del suelo, por la desbroza y por el suelo no valido. Con todo esto se ha realizado el estudio, y salen **11. 492. 986, 03 m<sup>3</sup>**, que, sabiendo la densidad de la caliza, obtenemos **31. 031. 062, 28 t.** de reservas finales.

Y sabiendo estos dos últimos datos de metros cúbicos y toneladas, procederé a diseñar la explotación de Caliza.

## 5.3 Diseño

### 5.3.1 Introducción

En cuanto al diseño de la explotación es imprescindible hacerlo de manera muy adecuada porque puede llegar a condicionar la viabilidad económica de ésta.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta una multitud de factores. Al empezar el diseño lo primero que se deberá hacer es intentar aprovechar la topografía. Ya sean los taludes, carreteras cercanas, ríos, cauces, etc.... En este caso se utilizarán las pistas que existen alrededor.

Se deberá generar el menor número daños posibles medio ambientalmente hablando. De este modo, al cuidar el entorno se logrará una mejor aceptación social.



### 5.3.2 Método de explotación

Hoy en día tenemos tres métodos de explotación:

- **Minería a cielo abierto**
- **Minería subterránea**
- **Método de explotación por sondeos**

En concreto esta cantera de calizas se realizará mediante el método de explotación por minería a cielo abierto del tipo en ladera, aprovechando así el estado de los taludes actuales.

Se elegirá el método a cielo abierto por las siguientes ventajas:

- **Alta productividad.**
- **Menor limitación en el tamaño y peso de las máquinas.**
- **Menor inversión por toneladas producida.**
- **Mejor conocimiento geológico del yacimiento.**
- **Mayor seguridad.**

Los bancos se realizarán en sentido descendente como dice la legislación, para que su impacto visual, sea menor. Ya que, a medida que se va explotando la parte más alta, se irá restaurando.

### 5.3.3 Vida y ritmo de la explotación

Al obtener en la evaluación de reservas, al realizar la cubicación, un total de **11. 492. 986, 03 m<sup>3</sup>**, de calizas explotables. Y al saber que la caliza en estas cantidades esta dentro de la sección "C" daremos a la explotación una vida de la explotación de 30 años.

Con estos valores de producción y teniendo en cuenta el plan laboral, que nos dan estipulado, se sacan los valores que se deberán explotar cada año, día, hora, etc.

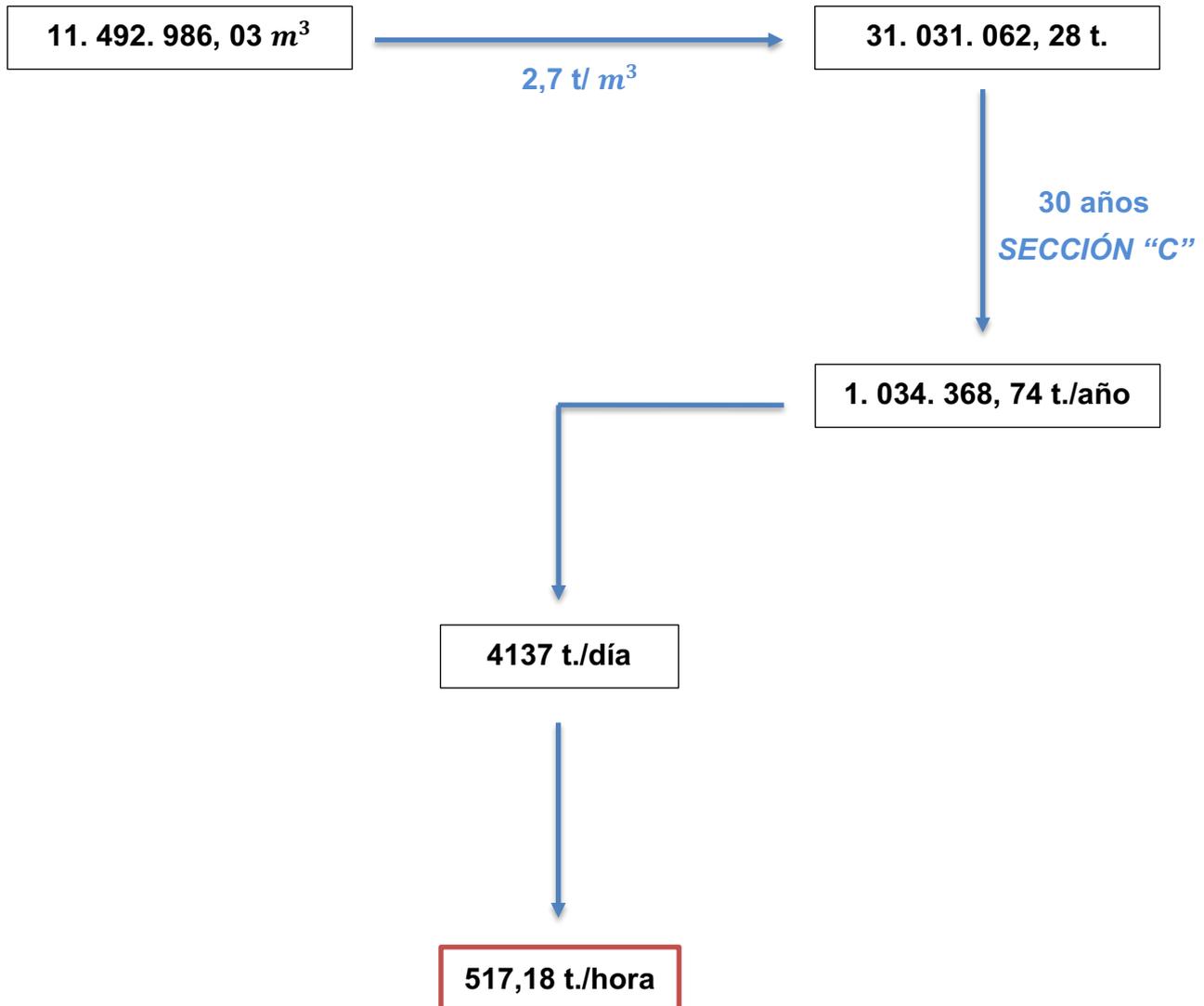
<b>DATOS CALENDARIO LABORAL</b>	
<b>DÍAS LABORABLES AL AÑO</b>	250
<b>HORAS DÍA</b>	8
<b>% PRODUCCIÓN</b>	85
<b>% MANTENIMIENTO</b>	15
<b>PRODUCCIÓN HORAS/AÑO</b>	1700

Tabla 2. Datos Calendario Laboral

Teniendo en cuenta estos valores de la tabla y los de las reservas:



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)



El dato final obtenido de 517,18 t/hora, que habrá que explotar para terminar todas las reservas de las que se dispone, se ha obtenido aplicando el 85 % de producción que se estima, debido a las constantes reparaciones, paradas, tiempo desfavorable, voladuras, etc.

Dicho dato se utilizará en todo momento para la elección de la maquinaria, establecimiento de beneficio, personal, etc.



### 5.3.4 Estabilidad de taludes

La estabilidad de los taludes en una explotación a cielo abierto tiene una importancia fundamental en lo que se refiere a seguridad y rentabilidad de la mina.

Con los ángulos de los taludes seleccionados de 61° (situación inicial) y 53° (situación final) se ha realizado un estudio para asegurar su estabilidad, en dicho anexo se ha estudiado la estabilidad ante el tipo de rotura circular, ya que, en el caso de la roca caliza, es el método más desfavorable.

Tras el estudio se ha verificado que los taludes son estables posibles ya que el factor de seguridad para taludes cuya estabilidad no se considera a largo plazo ha sido superior a 1,2, mientras que, cuando han sido considerados permanentes su factor de seguridad ha sido mayor que 1,6 cumpliendo así lo que ordena la ITC-07.1.03.

### 5.3.5 Parámetros geométricos

- **Berma:**

Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de excavación sobre los taludes finales, ayudan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras.

En la explotación por banqueo se dejarán bermas con el fin de evitar que posibles desprendimientos de frentes activos o no activos caigan sobre lugares de trabajo y/o pistas situados a niveles inferiores.

Las bermas definitivas se proyectarán como resultado de un estudio geotécnico que determine el talud final estable.

Para que una berma pueda ser utilizada para la circulación de vehículos, debe poder cumplir lo reglamentado sobre pistas.

Como en esta Cantera de Caliza por las bermas circulará maquinaria, deberá tener estas características:

Las bermas no tendrán pendientes medias superiores al 10%.

La anchura total de la berma, debido a los equipos seleccionados (que se mostrarán a continuación) será de **16,3 m**.

*16,3 m. = Captación de agua 2m, 5m. de separación y 1,5 veces la anchura de la maquinaria mas ancha.*

En este caso las bermas se crearán como bermas de trabajo con utilidad de pista, debiendo ser mas costoso, pero garantizando la seguridad en todo momento. En ningún caso se utilizará una berma como berma de protección.



Además, la sección contará tanto con una inclinación de un 2% hacia el interior como de una cuneta al pie del talud para favorecer la evacuación de las aguas superficiales.

SECCION TRANSVERSAL DE PISTAS		1 CARRIL		DOS CARRILES
		TRAFICO NORMAL	TRAFICO INTENSO Y PESADO	
SIN BARRERA NO FRANQUEABLE	SIN ARCEN DE SEGURIDAD			
	CON ARCEN DE SEGURIDAD			
CON BARRERA NO FRANQUEABLE	SIN ARCEN DE SEGURIDAD			
	CON ARCEN DE SEGURIDAD			

Ilustración 30. Tipos de berma

- **Banco:**

Es el modulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.

En la explotación de Caliza, a los factores de seguridad establecidos, y debido a que la roca Caliza, tiene estabilidad suficiente, para no derramarse, se han establecido bancos de 20m. y se dispondrán de un total de 3 bancos.

Los bancos se irán creando de manera descendente.

La explotación comenzara desde arriba, ya que las ITC, así lo ordenan, concretamente, creando el banco 1.

En cuanto a la situación final después de la restauración, la altura de los bancos será de 40 metros, siendo el máximo permitido por la ITC-07.1.03. Se juntarán dos bancos y se eliminará la berma intermedia entre ambos y el tercer banco se saneará.

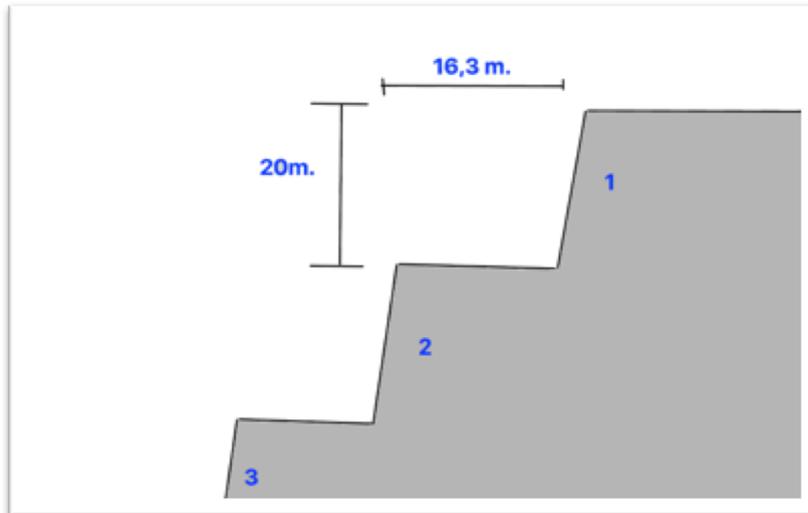


Ilustración 31. Bancos y Berma

- **Diseño explotación:**

**Diseño de los recorridos de Explotación en la Cantera.**



Ilustración 32. Diseño explotación



- **Pistas:**

Pista, la vía destinada a la circulación de vehículos para el servicio habitual de una explotación.

Acceso, la vía destinada a la circulación de vehículos y/o personal de carácter eventual para el servicio a un frente de explotación.

En el diseño de las pistas y accesos, deben considerarse los dos aspectos de trazado en planta y perfil, con vistas a garantizar una circulación segura y sin dificultades en función de los tipos de vehículos que vayan a utilizarlos y la intensidad prevista de circulación.

En su construcción debe tenerse en cuenta la calidad de la superficie de rodadura, así como la estabilidad y posibilidad de frenado de los vehículos que vayan a circular por ellos. Por otra parte, debe proyectarse un perfil transversal adecuado que facilite el desagüe, así como un perfil longitudinal que evite la existencia de badenes.

El arcén de separación entre el borde de la pista o acceso y el pie o el borde inferior de un talud no podrá ser menor de dos metros.

Cuando exista riesgo de deslizamientos o desprendimientos en los taludes que afecten a una pista, ésta debe protegerse mediante el mallazo, bulonado, gunitado, etc., del talud, dejando en caso necesario un arcén de seguridad de cinco metros de anchura.

La sección transversal de las pistas va a tener una anchura total de 16,5 m. Ésta va a estar formada por las 1,5 veces las dimensiones del vehículo mayor que circule, un caballón de 1m de ancho, un arcén de seguridad de 2 m y una cuneta de 2,5m

Las pistas estarán un 2% inclinadas hacia el pie de talud y depondrán de unas cunetas para favorecer la evacuación de aguas.

Las pendientes longitudinales medias no van a sobrepasar el 10%, excepto en algunos casos se darán máximos puntuales del 15%.

En esta explotación, los accesos se harán de las mismas dimensiones que las pistas, ya que se considerarán como tales.

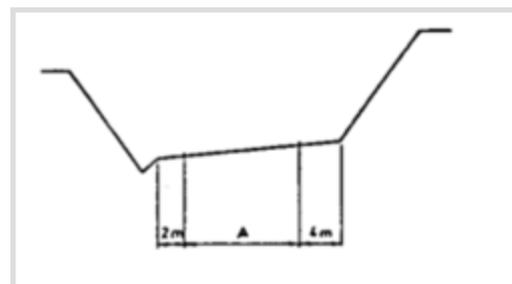


Ilustración 33. Anchura pista

$$A = a (0,5 + 1,5 n) = 16,5 \text{ m.}$$



A continuación, se detalla una fotografía de la pista principal de la explotación de Caliza.

La cual tendrá una longitud de 738 m. y una pendiente media del 9%, cumpliendo así todas las normas de seguridad, marcadas por las ITC.

Es necesario que exista un correcto y periódico mantenimiento de éstas según refleja la ITC-07.1.03 en el apartado de conservación. Para ello, la explotación tendrá una motoniveladora.

A la hora de crear la pista principal, el primer tramo de aproximadamente 300 metros, se utilizará una pista ya existente que da acceso al Alto de Sobrepeñas.

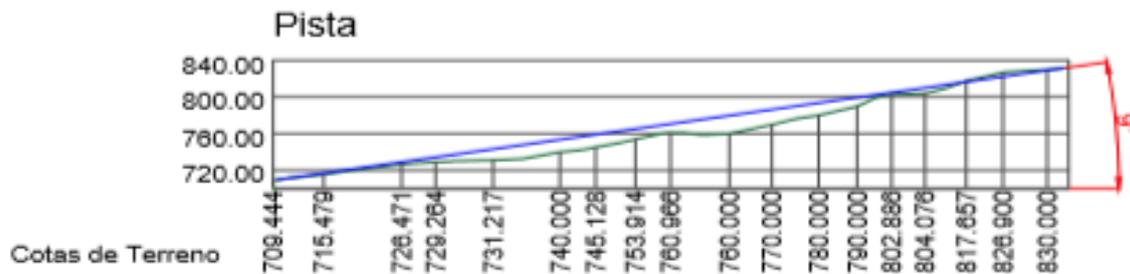


Ilustración 34. Perfil Longitudinal pista.(738m.)

La pista en los tramos de curva tendrá una anchura de 18,5 metros. Esta anchura será la suma de la anchura de seguridad hasta el borde del talud (5 metros), la anchura del vehículo más grande que va a circular por la pista multiplicado por un factor de seguridad de 1,5 (9,45 metros), una cuneta para recoger el agua de escorrentía (2 metros) y un sobreaño de seguridad de 2 metros, para evitar riesgos de caídas y accidentes.

Por lo tanto, las curvas cerradas que sean necesarias en la explotación tendrán una anchura de 18,5 metros.

Las curvas tendrán un peralte de un 6% para facilitar el giro y al carecer de visibilidad dispondrán de un apartadero con señalización eficaz que regulará el tráfico alternativamente.

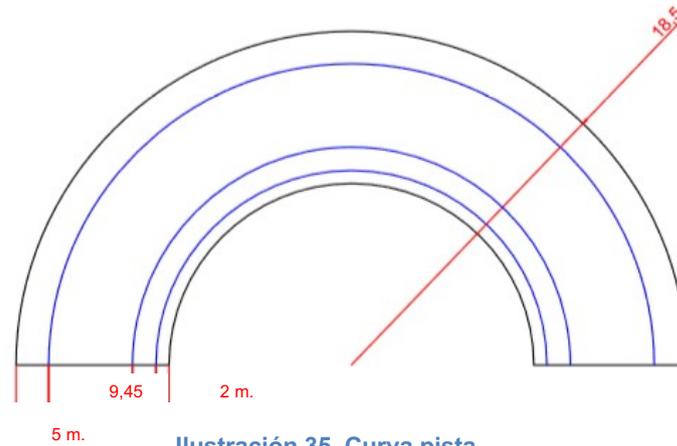


Ilustración 35. Curva pista.

- **Plataforma de trabajo:**

Las plataformas disponibles en la explotación serán lo suficientemente anchas para permitir con facilidad la maniobrabilidad de los equipos de trabajo.

Se asegurará una iluminación adecuada para que los trabajadores puedan trabajar con la mayor seguridad posible y así evitar posibles accidentes.

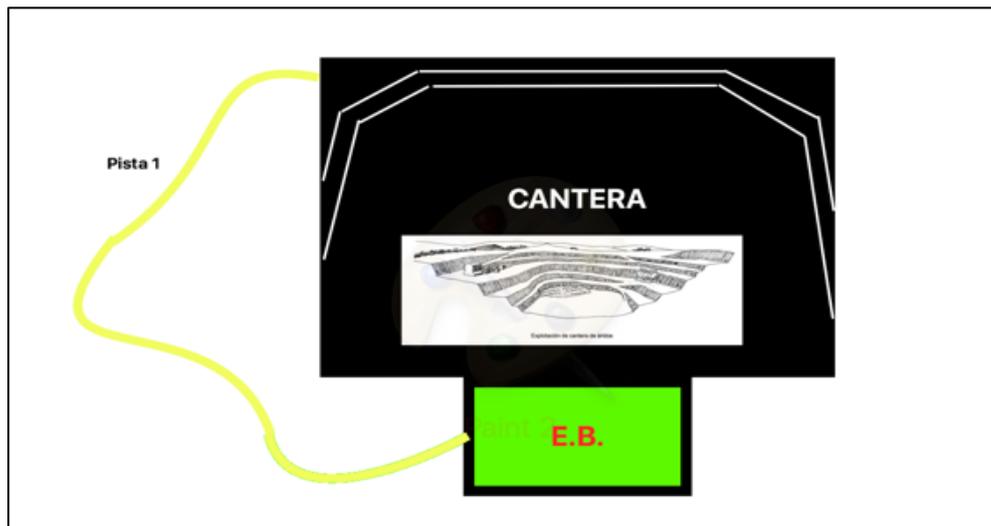


Ilustración 36. Boceto gráfico, Pista y E.B.

- **Acceso a bancos:**

Los accesos a los bancos son las vías destinadas a la circulación de vehículos y/o a personas de forma eventual. Y como se explicaba en el apartado de pistas, tendrán las mismas dimensiones, debido al gran tránsito de maquinaria.

### Sección longitudinal:

En los accesos a los bancos según la ITC-0.7.1.03 se podrá superar el límite del 15% siempre que un vehículo, en las condiciones reales más desfavorables, pueda



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

arrancar y remontarlos a plena carga, pero en ningún caso la pendiente sobrepasará el 20%. Los vehículos o máquinas que circulen por estos tramos deberán adoptar medidas específicas de seguridad.

### **Sección transversal:**

Al ser una vía que puede servir para la circulación de personas, el arcén de separación del borde inferior del talud será aumentado en 2 metros más, para disponer de un arcén peatonal complementario. Así mismo tendrá una cuneta de 2 metros, un arcén de seguridad de 5 metros y una pendiente del 3% para favorecer la evacuación del agua de escorrentía. Por lo que tendrá una anchura total de 16,5 metros.



### 5.3.6 Red de drenaje y balsa de decantación

- **Red de drenaje:**

Un parámetro esencial en el diseño de una explotación es la red de drenaje, en concreto el dimensionamiento correcto de las cunetas.

Lo primero, será necesario obtener el caudal necesario a desaguar por las obras de drenaje. Este caudal se denomina caudal de diseño y es con el que posteriormente se diseñan las obras de drenaje. Es el máximo caudal que podría circular por la obra sin suponer un riesgo.

Todos los cálculos han sido incluidos en el Anexo: Red de drenaje y Balsa de decantación.

Se ha estudiado el tramo mas desfavorable de la cantera, ya que se pretende tener la mayor seguridad en la Cantera de Caliza.

Para la cuenca de la explotación al tratarse de una cuenca media (tiempos de concentración menores a 6 horas) se ha usado el método hidrometeorológico el cual se basa en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía.

#### **Dimensionamiento de cunetas:**

- **Material:** Hormigón
- **Forma:** Triangular
- **Caudal cuneta:**  $Q_p=1,10 \text{ m}^3/\text{s}$
- **Altura:**  $H = 0,375 \text{ m}$ .

- **Balsa de decantación:**

La balsa excavada en el suelo e impermeabilizada tendrá una superficie total de 850 m<sup>2</sup> para hacer frente al máximo caudal que será de 1,1 m<sup>3</sup>/s. La lámina de agua tendrá una altura máxima de 2,0 metros dejando un margen de 55 cm hasta el borde de la balsa situado a una altura de 2,70 m. Para evitar posibles desbordamientos la balsa contará con un aliviadero a la altura máxima que va a alcanzar la lámina de agua.



*EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)*

Los sólidos decantados se retirarán periódicamente con una retroexcavadora. La limpieza de la balsa se hará con una periodicidad semestral o después de lluvias intensas. El diseño de la balsa permitirá el acceso de una retroexcavadora de tamaño pequeño para la limpieza y retirada de los sedimentos.

Según la ITC-08.2.01 “Depósitos de Lodos de Tratamiento de Industrias Extractivas” las balsas se clasifican en función de las dimensiones que tienen. En este caso al tratarse de una balsa con una altura menor a 5 metros y que no entraña ningún riesgo en caso de rotura para la población cercana esta estaría dentro de la clase 3 (presa pequeña).



## 5.4 Método de arranque

El arranque consiste en la fragmentación del macizo rocoso a un tamaño que pueda ser manipulado por el sistema posterior de carga y transporte. En la ejecución de la cantera de Caliza en el municipio de Gobantes, se ha decidido realizar el arranque mediante perforación y voladura, descartando la extracción mecánica, como puede observarse en los Anexos.

## 5.5 Perforación y Voladura

Lo primero para tener en cuenta en los cálculos de la voladura han sido las características de la roca Caliza, que, al ser una roca dura, deberá tener unas características determinadas. En concreto han sido valoradas las siguientes características:

- **Altura de banco:**  $H = 20$  m
- **RCS= 200 Mpa**
- **H/B= 1,6**
- **Roca muy dura > 180 Mpa**

Con estos datos se ha decidido, el diámetro de perforación seleccionado va a ser de 120 mm (4 pulgadas).

Teniendo en cuenta el material a explotar se va a realizar una voladura de mediano diámetro. Y al tener una resistencia a compresión simple es de 120 MPa se ha optado por dividir la carga en carga de fondo y carga de columna.

La carga de fondo estará constituida por explosivos GOMA 2 (EC) y la carga de columna por NAGOLITA (a granel).

A la hora de realizar los cálculos de la voladura se han utilizado los datos de reservas a explotar mensualmente y las granulometrías a obtener deseadas, para que su introducción en el establecimiento de beneficio no sea costosa.

Se han efectuado los cálculos de la voladura tipo que se efectuarán de manera semanal y tendrán unas dimensiones de 20x16,3x23 y moverán 7.600 m<sup>3</sup>.

Los cálculos realizados y los resultados de la voladura tipo se reflejarán en las siguientes tablas e imágenes:



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

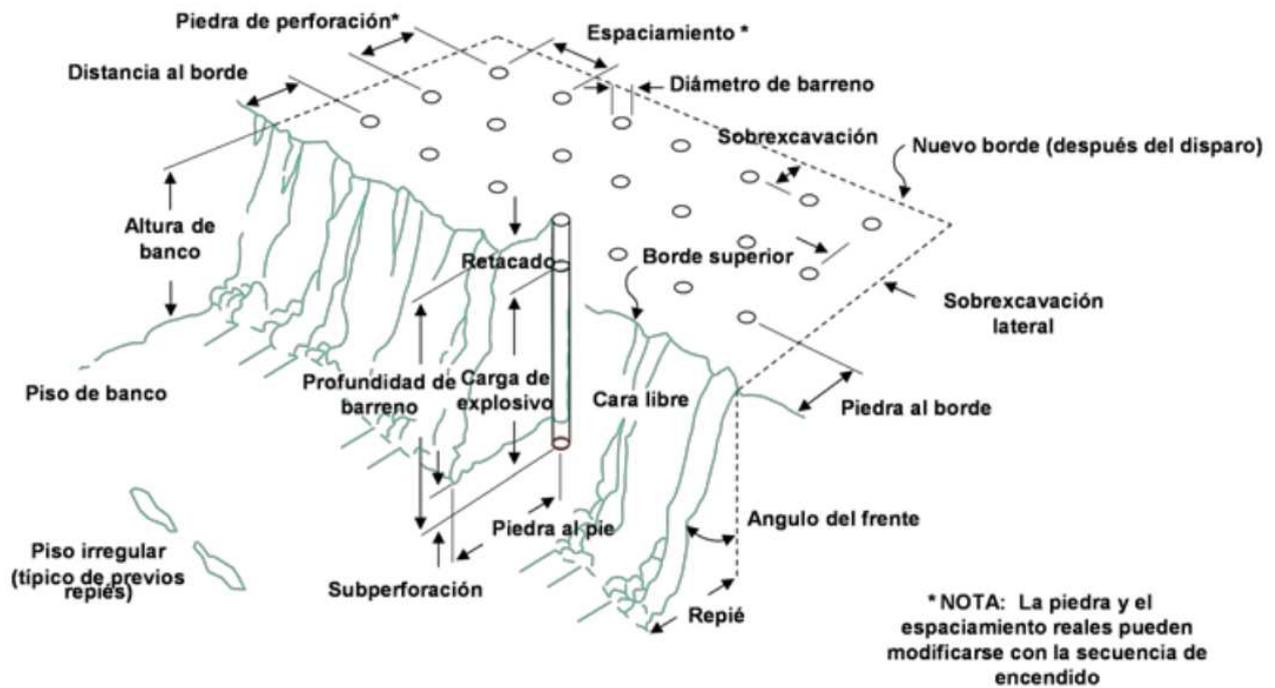


Ilustración 37. Parámetros Voladura.

VARIABLE DE DISEÑO		TOTAL
PIEDRA - B	33 D	3,96 m.
ESPACIAMIENTO - S	38 D	4,56 m.
RETACADO - T	30 D	3,6 m.
SOBREPERFORACIÓN -J	12 D	1,44 m.

VARIABLE DE DISEÑO	
Longitud barreno	21,93 m.
Longitud Carga	5,52 m.
Longitud Columna	12, 89 m.
Retacado	3,6 m.



<b>GOMA 2 EC (seco)</b>	
<b>Utilidad</b>	<b>Carga de fondo</b>
<b>Carga barreno</b>	<b>22, 5 kg.</b>
<b>Nº cartuchos</b>	<b>9</b>
<b>L</b>	<b>5,52 m.</b>

<b>NAGOLITA (a granel)</b>	
<b>Utilidad</b>	<b>Carga de columna</b>
<b>Carga barreno</b>	<b>56 kg.</b>
<b>Nº cartuchos</b>	<b>28</b>
<b>L</b>	<b>12,89 m.</b>

La carga de barreno total será la suma de la carga de fondo más la carga de columna, por lo tanto, la carga del barreno será de 78,5 kg.



Además, se han calculado los parámetros de consumo específico, volumen arrancado y rendimiento de arranque:

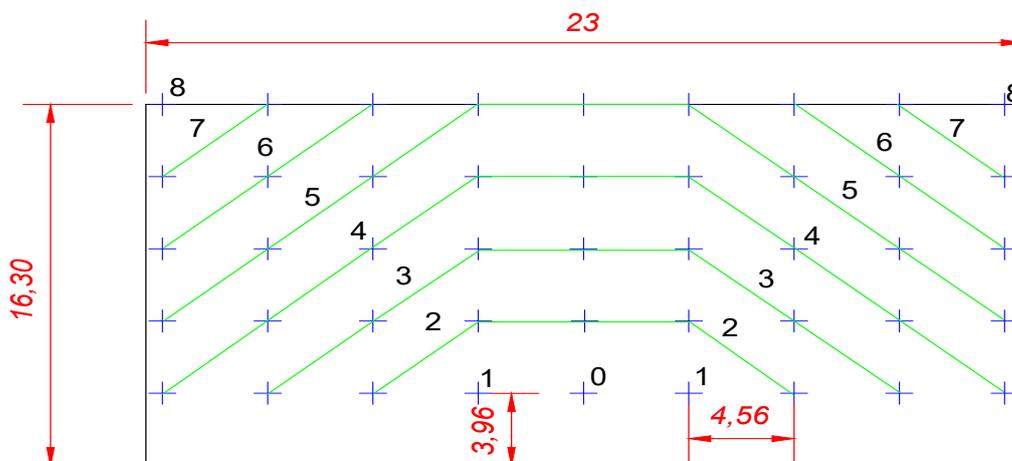
<b>VARIABLE DE DISEÑO</b>	
<b>Volumen arrancado</b>	<b>370,93 m<sup>3</sup></b>
<b>Rendimiento arranque</b>	<b>17,04 m<sup>3</sup>/m</b>
<b>Consumo específico</b>	<b>0,22 kg/m<sup>3</sup></b>



### Esquema de tiro:

El esquema de tiro se ha configurado de la siguiente manera, con un total de 45 barrenos (9 columnas y 5 filas), para conseguir así un mayor y preciso arranque de la roca caliza. También se han añadido sistemas de retardo.

La voladura tendrá como detonador de fondo Rionel MS con microrretardos y para su conexión en superficie Rionel SCX.



Como se observa en la imagen, para evitar riesgos y proyecciones, pero sin perder la mayor potencia rompedora, se ha dividido la voladura en 8 series de tiro, añadiendo así los detonadores de fondo y de superficie, para generar microrretardos.

El sistema de encendido será el siguiente:

Número	Microrretardos (ms)	Numero barrenos
0	0	1
1	25	2
2	50	5
3	75	7
4	100	9
5	125	9
6	150	6
7	175	4
8	200	2

Tabla 3. Secuencia de disparo.



## 5.6 Maquinaria

- **Criterios de selección:**

El transporte tiene la mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, y que puede cifrarse próxima al 50% de coste total.

Para la selección de los equipos de trabajo, deberemos fijarnos en una serie de criterios imprescindibles:

- **Velocidad máxima del equipo.**
- **Velocidad máxima de la explotación.**
- **Distancia entre la planta de tratamiento y el banco de frente más alejado. 738 m.**
- **Producción horaria que realizar. 517,18 t/h**
- **Profundidad máxima de perforación.**
- **Diámetros de perforación.**
- **Capacidad de los cazos y los dumper.**
- **Alcance máximo y mínimo del cazo. (10m - 20m)**
- **Altura de descarga de la retro.**
- **Tiempo de carga y tiempo que tarda un ciclo.**
- **Sistemas de seguridad del equipo.**
- **ESPONJAMIENTO**

El esponjamiento, en palabras coloquiales, es el incremento de volumen que percibe la caliza, una vez volada. Cuando están compactas en el banco, tienen un volumen menor, al que tendrán una vez que se ha producido la voladura.

Y es importante obtener el valor de esponjamiento, ya que es lo que se cargará en los dúmperes.

**Calculo del esponjamiento:**



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

MATERIAL	kg por m <sup>3</sup> en el banco (kg/m <sup>3</sup> b)	kg por m <sup>3</sup> suelto (kg/m <sup>3</sup> s)	Porcentaje de expansión "PE"	Factor de conversión volumétrica "V ó FCV"
Grava, arcilla seca	1.700	1.300	40	0,72
Grava, arcilla mojada	2.200	1.600	40	0,72
Carbón (antracita)	1.450	1.070	35	0,74
Tierra común y marga secas	1.540	1.250	25	0,80
Tierra común y marga mojadas	2.000	1.600	25	0,80
Rocas bien voladas	2.400	1.600	50	0,67
Rocas y piedras trituradas	1.950-2.350	1.430-1.730	35	0,74
Rocas blandas	1.800	1.350	33	0,75
Escorias	1.600	1.300	23	0,81
Bauxitas	1.600-2.600	1.200-1.950	33	0,75
Hormigón	1.950-2.500	1.400-1.800	40	0,72
Granito	2.700	1.800-1.500	50-80	0,67-0,56
Yeso	3.000	1.720	74	0,57
Caliza volada	2.400-2.700	1.400-1.600	67-75	0,60-0,57
Mármol	2.750	1.550-1.650	67-75	0,60-0,57
Barro seco	1.300-1.750	1.100-1.500	20	0,83
Barro húmedo	1.750-2.100	1.500-1.750	20	0,83
Pizarras	2.700-2.900	2.100-2.250	30	0,77
Mineral de hierro	2.800-3.500	2.100-2.600	33	0,75

Ilustración 38. Tabla esponjamiento

De la tabla anterior, se sacará el valor de esponjamiento para roca Caliza:

- **Factor de esponjamiento: En rocas Calizas, 1/0,56**
- **Se explotarán 191,48 m<sup>3</sup>/h, en banco.**

Por lo tanto, a la hora de cargarlo serán:

**341,92 m<sup>3</sup>/h**

- **Tiempo de transporte:**

**Velocidad media = Velocidad máxima alcanzable · Factor de velocidad**

**Tiempo transporte: (Longitud pista · 0,06) / Velocidad media**

Tiempo (min): 4,2 de subida

Tiempo (min): 4 de bajada.

Por lo tanto, el ciclo total, será de 10 minutos. Por lo tanto, miramos y tendremos:

**6 ciclos/hora**



### 5.6.1 Maquinaria móvil:

Considerando los anteriores criterios y debiendo cumplir todos, se procederá a analizar y explicar, la maquinaria seleccionada:

Aunque es posible que a medida que avancen los años se cambie de maquinaria, debido al deterioro de estas, a la actualización de ellas y los modelos nuevos o la modificación de las características de la explotación.

- **Maquinaria de transporte: DUMPER RIGIDO**

El transporte del material dentro de la explotación se va realizar mediante dumper rígido. De características similares al modelo 777G, de Caterpillar.

Y debido a las características de la explotación, **harán falta dos dumper rígidos.**

Se ha elegido un equipo de transporte con sistema FOPS y ROPS para incrementar la seguridad de los operarios.

Las estructuras FOPS y ROPS son elementos de protección para el operador. El sistema FOPS consiste en una estructura de protección frente a la caída de objetos y el ROPS en una estructura de protección frente al vuelco.

Se ha seleccionado este equipo frente a otros por su capacidad de transporte de material. A la hora de elegirlo se verifico que la altura de cazo de la retroexcavadora fuese superior a la altura del dumper, en caso contrario existirían problemas de carga del material.



Ilustración 39. Modulo dumper rígido 777G



### Características:

Equipo	Peso	Capacidad	Depósito	Velocidad (km/h)	Potencia neta	Potencia bruta	Tiempo elevación caja	Tiempo descenso caja
<b>772</b>	82t	45t	530L	79	399KW	446KW	9,5 seg	12 seg
<b>777G</b>	165t	90,8t	1136L	67,1	704KW	765KW	15 seg	13seg
<b>785C</b>	249t	136t	1893L	55	1005KW	1082KW	15,2 seg	16 seg

Tabla 4. Características dumperes

- **Anchura: 6,2 m.**
- **Altura: 4,380 m.**
- **Longitud: 10,5 m.**

### • EXCAVADORA (PALA CARGADORA)

La función de la excavadora dentro de la explotación será cargar el material arrancado mediante explosivo en el dumper para su transporte al establecimiento de beneficio.

Se usará una excavadora con características similares a la excavadora 993 K, de Caterpillar.

Se ha elegido una pala cargadora, en vez de una retroexcavadora, debido a que su capacidad de cazo será mayor.

Se han tenido en cuenta las siguientes características para la selección de la excavadora:

- Factor de llenado de cazo
- Ciclo de cazo
- Altura de cazo
- Capacidad de cazo
- Ángulo de giro

Equipo	Peso	Capacidad cazo	Depósito	Velocidad (km/h)	Potencia neta	Potencia bruta	Fuerza excava.	Alcance cazo
<b>993K</b>	133t	20 m <sup>3</sup>	2170 L	25,1	726 kW	775KW	700 kN	9,9 m

Tabla 5. Características Excavadora.



Ilustración 40. Excavadora 993K

- **PERFORADORA: PowerROC T50**

Son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión o de rotación de la barrena que normalmente va provista de una broca en su extremo de ataque. La perforadora se determina de acuerdo con: tipo y tamaño de la explotación. La naturaleza del terreno, la profundidad y alcance de los barrenos, la roca o piedra que quiera producirse.

En la explotación de Caliza, será una perforadora de características similares a el modelo **PowerROC T50**. **Es un modelo especialmente creado para canteras de caliza.**

El objetivo de este equipo será realizar los barrenos donde posteriormente se introducirá el explosivo. Este equipo puede ser operado por una sola persona.

Para la elección de la perforadora se han seguido las siguientes características:

- Tener cabina para el operador.
- Estar autopropulsada.
- Por poder hacer perforaciones de un diámetro comprendido entre 100-160 mm hasta una profundidad de 35 metros.
- Por ser martillo en fondo. Al ser martillo en fondo y hacer perforaciones de 15 metros su desviación será casi nula.



**Datos técnicos:**

- **Diámetro barreno: 102 mm. – 152 mm.**
- **Especialmente para roca caliza**
- **Motor: 261 KW**
- **Profundidad máxima de barreno: 35 m.**



**Ilustración 41. Perforadora PowerROC T50**



- **MOTONIVELADORA:**

La motoniveladora tiene como función nivelar el terreno a su paso, para ello cuenta con una larga hoja metálica. Además, debido a la posibilidad de giro de la hoja, este equipo podrá utilizarse para el refinamiento de taludes además de para el mantenimiento de las pistas.

**Se ha elegido una motoniveladora de características similares a la del fabricante Caterpillar, modelo 1160M3 AWD.**

Se ha elegido este modelo frente a otros equipos por su longitud de hoja igual a 4,3 m.

Las pistas tienen una anchura total de 16m con lo que para su arreglo será necesario realizar aproximadamente tres pasadas y media.

El resto de los equipos analizados tenían una hoja de menor longitud con lo que sería necesario realizar un mayor número de pasadas lo que daría lugar a una ocupación mayor de las pistas.

Este modelo tiene sistema FOPS y ROPS entre otros factores menos relevantes en la toma de decisión.



Ilustración 42. Motoniveladora.

La resistencia total puede definirse como la oposición al movimiento de los equipos debida a la suma de la resistencia a la rodadura y la pendiente del terreno. La resistencia a la rodadura RR puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$RR = 2\% + 0,6 * cm \text{ de penetración en la pista}$$

Un adecuado mantenimiento de las pistas mediante una motoniveladora reducirá la resistencia a la rodadura y por consiguiente se acortarán los ciclos de trabajo, entre otras ventajas.



- **RETROEXCAVADORA:**

A la hora de sanear los bancos, será necesaria una retroexcavadora. Por lo tanto, se ha decidido escoger una retroexcavadora de tamaño pequeño, que su altura de cazo llegue para poder sanear la altura máxima del banco (20m.).

También se podrá usar la retroexcavadora, como posible ayuda de carga, a los dumperes rígidos.

Se utilizará una retroexcavadora de características similares al modelo **320F L (2017)**.

También servirá para realizar la limpieza inicial, en el terreno y prepararlo para poder explotar con mayor facilidad.

Las características de la misma vendrán recogidas en los anexos.



Ilustración 43. Retroexcavadora 320F.



## 5.7 Fases de la explotación

La primera fase, se llamará la FASE 0 “Fase de preparación”: En esta primera fase, se realizarán tareas de preparación del terreno y durará 2 años. Se procederá a la preparación de la zona. Se desbrozará la zona de la explotación, se procederá a la construcción de la pista y del establecimiento de beneficio, a la mejora de accesos a la explotación y se construirá un primer banco de 20 metros.

Será una fase anterior a las fases de producción.

Se realizarán posteriormente 6 fases, divididas en 5 años cada fase, las cuales se intentará una producción igualitaria.

Las tierras obtenidas durante las labores de retirada en esta fase de la explotación se reutilizarán para labores de relleno, se acopiará temporalmente hasta que se genere superficie suficiente en situación final susceptible de ser rellenada.

Como se ha citado anteriormente, la cantera tendrá una vida de 30 años.

Y habiendo sacado las reservas mediante los perfiles hechos del terreno, por AutoCAD, se dispone de unas reservas de **31.031.062, 28 toneladas de caliza (11.492.986,03 m<sup>3</sup>)**.

Teniendo en cuenta que es de la sección C, y será una concesión de 30 años.

Se dividirá en fases de 5 años cada una, para así tener 6 fases en nuestra cantera. Para que, a la hora de explotar los bancos, y la cantera, se pueda ir por fases (zonas).

Al ser 6 de 5 años, calculando, se saca que por fase habrá **5.171.843,66 toneladas**.

Por lo tanto, anualmente se van a producir **1.034.368, 74 t** de caliza.

Como se sabe, a la hora de crear una explotación minera, el terreno no nos vendrá dado de manera idónea, habrá tierras que mover, pistas que hacer, materia que desbrozar, etc...

Entonces, el primer año se pasará gran tiempo realizando estas labores. “Perdiendo” así uno de los treinta años de concesión. Y en esta primera fase de 5 años, en los que solo nos quedaran 4, se deberá aumentar la producción y acelerar los ritmos de trabajo.

Mirando el precio de venta de caliza en el mercado, observamos que actualmente, una vez pasada la crisis económica, será de 6,5 €/t atendiendo a los datos proporcionados por MINETUR, de producción para la comunidad autónoma de Castilla y León.

Se obtendría por cada fase unas ganancias de **33.616.983,8 euros**.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

FASE	AÑOS	t/fase	€/fase	Toneladas totales	€ totales
1	0-5	5.171.843,66	33.616.983,8	5.171.843,66	33.616.983,8
2	5-10	5.171.843,66	33.616.983,8	10.343687,32	67.233.967,7
3	10-15	5.171.843,66	33.616.983,8	15.515.530,98	100.850.952
4	15-20	5.171.843,66	33.616.983,8	20.687.374,64	134.467935
5	20-25	5.171.843,66	33.616.983,8	25.859.218,3	168.084.916
6	25-30	5.171.843,66	33.616.983,8	<b>31.031.062,28</b>	<b>201.701.903,8</b>

Tabla 6. Fases explotación



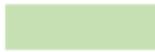
 EXPLORACIÓN
  RESTAURACIÓN

Tabla 7. Grafica Fases-Restauración



## 5.8 Establecimiento de beneficio

Con el fin establecido, de generar la piedra caliza extraída para transportar a una cementera próxima y sabiendo las granulometrías necesarias a obtener, el establecimiento de beneficio estará formado por 5 grupos los cuales son los siguientes:

**Grupo de trituración primaria:** Es la primera fase del proceso de trituración de la piedra caliza obtenida en la explotación. En este lugar se efectuará la descarga del material volado que transportarán los dos dumper. Una vez recepcionado en una tolva este será cribado, separando así el estéril y triturado en la machacadora de mandíbulas.

**Grupo trituración secundaria:** Es la segunda fase del proceso de trituración. El material procedente de la machacadora de mandíbulas y del rechazo del grupo posterior será introducido a los alimentadores y el molino impactor a posteriori.

**Grupo cribado:** En esta fase se efectuará una separación por granulometrías mediante una criba para su posterior acopio como material apto para la venta. Todo aquel material superior a la granulometría deseada será recirculado a la tolva de la tercera fase de trituración.

**Grupo terciario:** En esta última fase se generará todo el material necesario para su transporte y venta. Aquel material que no sirva se desechará o se volverá a introducir en el grupo primario.

**Grupo cintas:** Este grupo se ocupará del material entre la trituración primaria, secundaria, criba, terciaria y la zona de acopios de caliza.

Una voladura con buenas características servirá para que todo el proceso que conlleva el establecimiento de beneficio se haga de rápida y concisa.

A continuación, se describen las características mínimas que deben cumplir los componentes que constituyen los diferentes grupos del establecimiento de beneficio:



### Grupo de trituración primaria:

- Tolva de recepción:
  - Capacidad: 60 m<sup>3</sup>.
  - Apertura superior: 4 x 4 m (16 m<sup>2</sup>).
  - Apertura inferior: 3 x 3 m (9 m<sup>2</sup>).
  - Altura: 3 metros.
  
- Alimentador-precibador vibrante:
  - Tamices: 2 tamices de corte 100 y 25.
  - Fuerza centrífuga: 26 kN.
  - Peso: 10.478 kg.
  - Potencia: 10 x 2 kW.
  
- Machacadora de mandíbulas:
  - Capacidad: 400- 450 t/h.
  - Tamaño de apertura: 1030 x 1000 mm.
  - Juego de Bocas.
  - Potencia: 162 kW.
  - Peso: 54.000 kg

### Grupo trituración secundaria

- Molino impactor:
  - Juego de Bocas
  - Velocidad: 600 rpm.
  - Reglaje: 12 mm.
  - Peso: 23.000 kg.
  - Potencia: 355 kW.



- 3 alimentadores vibrantes:
  - Capacidad: 300 t/h.
  - Peso: 8.000 kg.
  - Potencia: 0,9 x 2 kW.

### **Grupo cribado:**

- Criba vibrante CVT:
  - Tamices: 2 tamices de corte 15 y 8.
  - Tamaño de los tamices: 6.000 x 2.100mm.
  - Potencia:22 kW.
- 2 Cribas vibrante CVT 2060:
  - Tamices: 2 tamices de corte 13 y 6.
  - Tamaño de los tamices: 6.000 x 2.100mm.
  - Potencia:22 kW.

### **Grupo trituración terciaria:**

- Tolva de recepción:
  - Capacidad: 27 m<sup>3</sup>.
  - Apertura superior: 3 x 3 m (9 m<sup>2</sup>).
  - Apertura inferior: 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>).
  - Altura: 2 metros.
- Molino impactor:
  - Juego de Bocas
  - Velocidad: 600 rpm.
  - Reglaje: 12 mm.
  - Peso: 23.000 kg.



- Potencia: 355 kW.
  
- Alimentador vibrante:
  - Capacidad: 220 t/h.
  - Ancho: 800 mm.
  - Largo: 1300 mm.
  - Peso: 6.000 kg.
  - Potencia: 0,9 x 2 kW.

#### **Grupo cintas:**

- Cinta de choque:
  - Capacidad: 653 t/h.
  - Longitud: 8 m.
  - Anchura: 1m.
  - Altura: 5 m.
  - Potencia motora: 11 kW.
  
- Cinta de stock:
  - Capacidad: 4933 t/h.
  - Longitud: 72 m.
  - Anchura: 1m.
  - Altura: 10 m.
  - Potencia motora: 45 kW.
  
- Cinta de acopio estéril:
  - Capacidad: 67 t/h.
  - Longitud: 18 m.
  - Anchura: 0,65 m.
  - Altura: 5 m.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

- Potencia motora: 7,5 kW.
  
- Cinta de alimentación molino:
  - Capacidad: 4933 t/h.
  - Longitud: 39 m.
  - Anchura: 1m.
  - Altura: 8 m.
  - Potencia motora: 18,5 kW.
  
- Cinta de alimentación criba:
  - Capacidad: 160 t/h.
  - Longitud: 27 m.
  - Anchura: 1m.
  - Altura: 9 m.
  - Potencia motora: 30 kW.
  
- Cinta entrecribas:
  - Capacidad: 387 t/h.
  - Longitud: 36 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 10 m.
  - Potencia motora: 18,5 kW.
  - Pasarelas
  
- Cinta de rechazo:
  - Capacidad: 67 t/h.
  - Longitud: 24 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 6 m.
  - Potencia motora: 11 kW.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

- Pasarelas
  
- Cinta de alimentación molino:
  - Capacidad: 160 t/h.
  - Longitud: 15 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 6 m.
  - Potencia motora: 11 kW.
  - Detector de metales
  
- Cinta de salida molino:
  - Capacidad: 160 t/h.
  - Longitud: 9 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 5 m.
  - Potencia motora: 7,5 kW.
  
- Cinta de recogida finos
  - Capacidad: 106 t/h.
  - Longitud: 6 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 4 m.
  - Potencia motora: 7,5 kW.
  
- Cinta de acopio finos:
  - Capacidad: 106 t/h.
  - Longitud: 18 m.
  - Anchura: 0,8 m.
  - Altura: 8 m.
  - Potencia motora: 11 kW.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)



- 3 Cintas de resto de acopios:
  - Capacidad: 189 t/h.
  - Longitud: 18 m.
  - Anchura: 0,65 m.
  - Altura: 8 m.
  - 3 pies de apoyo

Se incluirán los cálculos correspondientes y las características detalladas de todos los equipos del establecimiento de beneficio, en los Anexos.

A su vez el establecimiento de beneficio contara con unas instalaciones auxiliares que serán las siguientes:

- Báscula de pesaje.
- Punto de limpieza de vehículos.
- Almacén, oficinas, baños y vestuarios.
- Depósito de combustible.



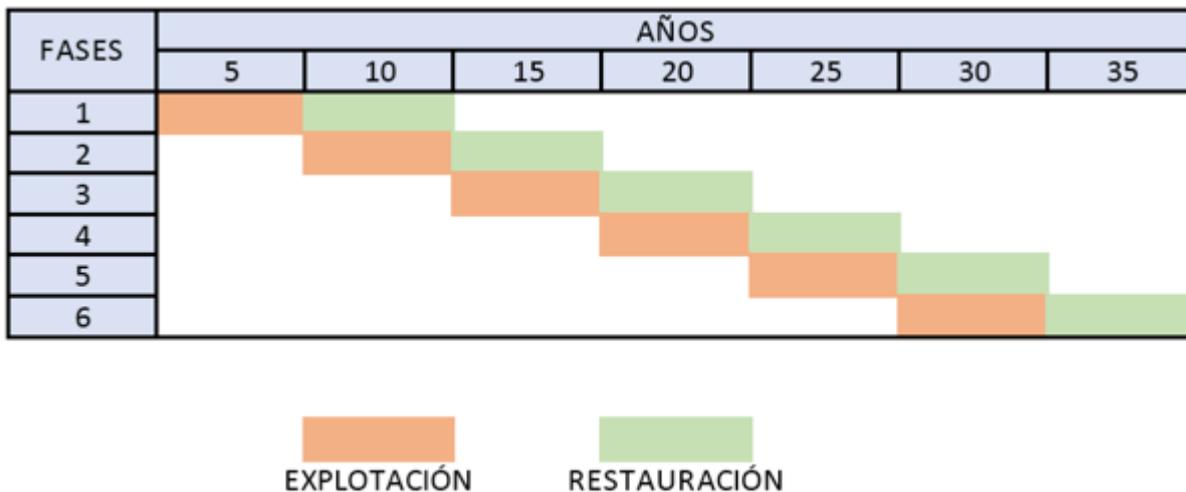
## 6 RESTAURACIÓN

### 6.1 Introducción

El presente documento redacta la elaboración del Plan de restauración y acciones a realizar para la explotación denominada Ejecución de Cantera de Caliza en el Municipio de Gobantes (Burgos), conforme a la legislación vigente.

Como es de sobra conocido, la legislación vigente obliga a restaurar las canteras una vez que ya no se van a explotar más. En este caso y como hemos visto con anterioridad se irá restaurando a medida que se terminan de explotar bancos y fases, ya que así el impacto visual que se pueda generar no tendrá grandes consecuencias.

Pero sí que es verdad que se trata de un proceso largo, que dependerá en gran medida del terreno y la climatología.



El Real Decreto 15 octubre de 1982 num 2994/82 acerca de espacios afectados por actividades extractivas, dice en su artículo 1º “Quienes realicen el aprovechamiento de recursos regulados por la Ley de Minas (...), quedan obligados a realizar los trabajos del espacio natural afectado por la labores mineras, en los términos previstos en el Real Decreto (...)”. En el Art.2 del R.D. se expresa, “con carácter previo al otorgamiento de una autorización o de una concesión de explotación, el solicitante deberá presentar (...) un Plan de Restauración del espacio Natural afectado por las labores”.



## 6.2 Objeto del plan

Se redacta el presente Plan de Restauración para la explotación minera denominada “Ejecución de Cantera de Caliza en el Municipio de Gobantes (Burgos)”, al objeto de determinar las labores de restauración final y acciones a realizar, conforme a la legislación vigente, con la finalidad de recuperar el entorno y la zona donde se ubica la misma. En este sentido, los fundamentales del Plan serán los siguientes:

**Paisajístico:** Encuadrar la zona explotada dentro del entorno circundante, de forma que se disimulen e incluso lleguen a quedar desapercibidas las estructuras formada como consecuencia de la explotación como son taludes y bermas.

**Protector:** Recuperar artificialmente la cubierta vegetal para impedir la sucesión de los fenómenos erosivos y conseguir la estabilidad final.

**Conservación y mejora de hábitats:** Con la restauración vegetal se recuperaran hábitats para especies tanto de flora como de fauna.

## 6.3 Acondicionamiento superficie del terreno.

El objetivo será crear una superficie fértil y adecuada para comenzar en ellas las labores de restauración. Durante la preparación del suelo se intenta:

- Aumentar la capacidad de retención del agua.
- Facilitar la absorción de los elementos nutritivos de la raíz.
- Facilitar el desarrollo de la raíz tanto en profundidad como lateralmente.
- Aumentar la filtración del agua de lluvia en el suelo.
- Disminuir la escorrentía superficial en las vertientes existentes con lo que disminuirá la erosión del suelo.

### 6.3.1 Procedimiento de recuperación del suelo.

Una vez finalizadas las labores de extracción, y sobre la superficie resultante del perfil final de explotación, se realizará en primer lugar movimientos superficiales mediante escarificadores acoplados al buldozer. Se realizarán estos trabajos antes de las lluvias de otoño, con lo que las lluvias de esta época se filtrarán mejor en el subsuelo y obtendremos un piso en unas condiciones de humedad idóneas.

Las labores que realizar sobre esta superficie se harán ripando con el buldozer a unas profundidades de unos 30 cm. Con ello conseguiremos el que vamos a llamar primer Horizonte u Horizonte D.

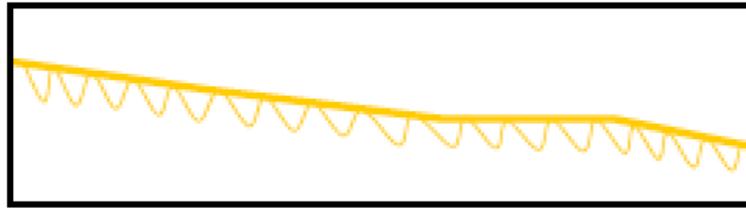


Ilustración 44. Primera capa restauración.

Sobre esta última superficie depositaremos un material constituido por piedras disgregadas junto a elementos finos. Este material estará compuesto por los inertes y estériles que toda explotación produce y que servirán como relleno y al cual denominaremos Horizonte C, con una potencia de unos 30 cm.

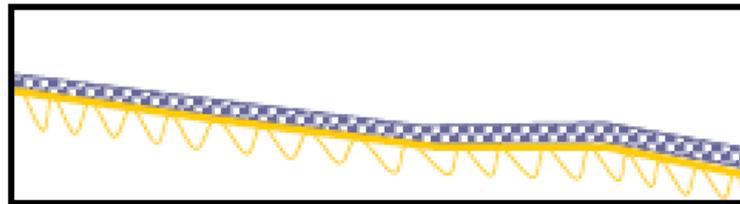


Ilustración 45. Segunda capa restauración.

La siguiente fase, sería la creación de un suelo denominado Horizonte B, compuesto por una capa de potencia alrededor de los 30 cm y con material proveniente de desmontes y movimientos de tierra, que servirá para retirar acopios amontonados el primer año de ejecución de la cantera, cuando se acondiciona el terreno. Además, este tipo de material no es un problema conseguirlo, ya que las empresas de movimiento de tierras necesitan de vertederos autorizados para depositar este material, con el consiguiente coste adicional, lo que supone que este material se conseguiría sin apenas esfuerzos.

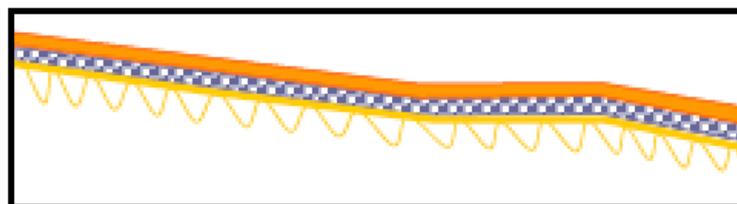


Ilustración 46. Tercera capa restauración



Para finalizar la creación del suelo, debemos proveer a este de una capa de tierra vegetal, proveniente de la propia cantera en los desmontes previos a la explotación, y la cual estará acopiada en un vertedero específico, dentro de la cantera. Si el volumen de tierra vegetal disponible en la cantera no fuera suficiente se obtendrá del exterior. Esta capa tendrá un espesor de unos 15 cm y se incorporarán abonos inorgánicos de asimilación lenta y difícil solubilidad. Se conocerá por Horizonte A.

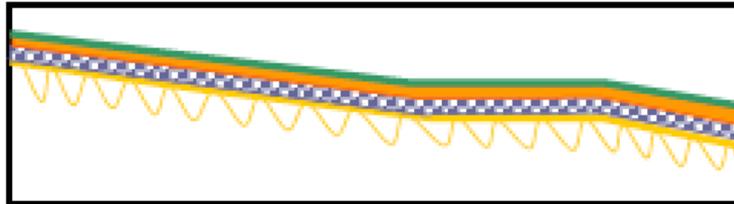


Ilustración 47. Capa final restauración.

Sobre esta última capa será sobre la que se sembrará un césped especial de fácil crecimiento, en esta zona. Y sobre el cual como veremos a continuación, se plantarán los diferentes árboles y arbustos.

Todo esto se realiza con el fin de realizar una eficaz y rápida recuperación del terreno explotado y así cumplir con todas las leyes y decretos de las autoridades mineras.

### 6.3.2 Elección de especies para la restauración:

Las especies para utilizar serán preferentemente pertenecientes a etapas subseriales de degradación de la serie de vegetación en la que se encuadra esta zona con especial atención a las especies que existan de forma natural en el área de explotación o en lugares próximos.

El objetivo de la restauración condicionará especialmente las especies a seleccionar en cada zona, que deberán ser arbóreas y/o arbustivas de fácil implantación y bajos requerimientos para asegurar así el éxito de la restauración.

El empleo de especies ya presentes en el área de restauración y zona circundante nos asegurará la fácil aclimatación a las condiciones geo-climáticas de la zona. Las especies que se manejarán para el diseño de las plantaciones en las distintas zonas serán las siguientes:

- Retama (*Retama sphaerocarpa*)
- Majuelo (*Crataegus monogyna*)
- Enebro común (*Juniperus communis*)
- Cornicabra (*Pistacia terebinthus*)
- Encina (*Quercus ilex*)
- Césped natural



*EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)*



BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESKUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

Se plantarán árboles cada 2 metros, y entre medias cada metro, y por delante de ellos, se plantarán arbustos, como enebros, retamas, etc. Y unido a esto se sembrarán también plantas trepadoras, como puede ser la hiedra, para que así tape los bancos finales y tenga el menor impacto visual posible.



## 7 MARCO LEGAL:

En todo momento se deberán seguir una serie de normas, y leyes, tanto para la seguridad de todos los trabajadores como para no infringir ninguna ley.

En el caso de la minería, nos fijamos en las siguientes **INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS:**

- **CAPÍTULO II. Disposiciones Generales.**
  - ITC 02.0.01. Director Facultativo
  - **ITC 02.1.01. Documento sobre Seguridad y Salud**
  - ITC 02.2.01. Reparación de material certificado u homologado
  
- **CAPÍTULO III. Medidas de Salvamento.**
  - ITC 03.1.01. Actuaciones en caso de accidentes
  - ITC 03.2.01. Estaciones de salvamento
  
- **CAPÍTULO IV. Labores Subterráneas. (No se utilizan en nuestro caso)**
  - ITC 04.1.01. Clasificación
  - ITC 04.1.03. Clasificación de las minas de carbón por su propensión a fuegos
  - ITC 04.2.01. Accesos a trabajos subterráneos
  - ITC 04.2.02. Pozos
  - ITC 04.3.01. Maquinas de Extracción
  - ITC 04.3.02. Jaulas y Skips
  - ITC 04.5.01. Circulación por pozos
  - ITC 04.5.02. Conservación de las instalaciones de extracción
  - ITC 04.5.03. Transporte y circulación de personal por planos inclinados
  - ITC 04.5.04. Vehículos automotores
  - ITC 04.5.05. Transporte de personal en cintas
  - ITC 04.5.06. Transporte de personal en trenes arrastrados por locomotoras
  - ITC 04.5.07. Transporte de personal por cable tractor aéreo
  - ITC 04.6.01. Proyectos, planos y registros
  - ITC 04.6.02. Seguridad del personal
  - ITC 04.6.03. Precaución contra incendios
  - ITC 04.6.04. Profundización de pozos
  - ITC 04.6.05. Sostenimiento de obras
  - ITC 04.8.01. Condiciones ambientales de lucha contra el polvo
  
- **CAPÍTULO VI. Trabajos especiales, prospecciones y sondeos.**
  - ITC 06.0.01. Prescripciones generales
  - ITC 06.0.02. Trabajos sísmicos
  - ITC 06.0.03. Ejecución de sondeos con torre
  - ITC 06.0.04. Almacenamientos subterráneos
  - ITC 06.0.05. Explotaciones por disolución y lixiviación
  - ITC 06.0.06. Aprovechamiento de recursos geotérmicos
  - ITC 06.0.07. Prospección y explotación de aguas subterráneas



- **CAPÍTULO VII. Trabajos a cielo abierto.**
  - **ITC 07.1.01. Seguridad del personal**
  - **ITC 07.1.02. Proyecto de explotación**
  - **ITC 07.1.03. Desarrollo de las labores**
  - **ITC 07.1.04. Condiciones ambientales: Lucha contra el polvo**
  
- **CAPÍTULO VIII.**
  - ITC 08.2.01. Depósitos de Lodos en Procesos de Tratamiento de Industrias Extractivas
  
- **CAPÍTULO IX. Electricidad.**
  - ITC 09.0.01. Terminología
  - ITC 09.0.02. Instalaciones de interior. Prescripciones generales
  - ITC 09.0.03. Instalaciones de interior. Especificaciones constructivas y de empleo de material eléctrico o susceptible de
    - generar electricidad estática
  - ITC 09.0.04. Instalaciones de interior. Canalizaciones
  - ITC 09.0.05. Instalaciones de interior. Subestaciones de transformación
  - ITC 09.0.06. Instalaciones de interior. Tracción eléctrica por hilo de contacto
  - ITC 09.0.07. Instalaciones donde se fabrican, manipulan o almacenan sustancias explosivas
  - ITC 09.0.08. Sala de carga de baterías
  - ITC 09.0.09. Túneles, alcantarillado y depósitos subterráneos
  - ITC 09.0.10. Personal de montaje. Explotación y mantenimiento
  - ITC 09.0.11. Ensayos y medidas con instrumentación eléctrica
  - ITC 09.0.12. Instalaciones eléctricas en minas a cielo abierto. Prescripciones generales
  - ITC 09.0.13. Electricidad. Talleres de reparaciones de material eléctrico para trabajos de atmósfera potencialmente
    - explosiva
  - ITC 09.0.14. Electricidad. Plataformas de hidrocarburos
  - ITC 09.0.15. Electricidad. Instalaciones de interior. Alumbrado
  - ITC 09.0.16. Electricidad. Sondeos
  - ITC 09.0.17. Electricidad. Instalaciones de interior. Montaje, explotación y mantenimiento
  - ITC 09.0.18. Electricidad. Instalaciones de interior. Comunicación y señalización
  
- **CAPÍTULO X. Explosivos.**
  - **ITC 10.0.01. Explosivos. Normas generales**
  - ITC 10.0.02. Explosivos. Transportes interiores
  - ITC 10.1.01. Explosivos. Almacenamiento
  - ITC 10.2.01. Explosivos. Utilización
  - ITC 10.2.02. Explosivos. Disparo con explosivo a horarios no preestablecidos en minas subterráneas de carbón y labores
    - con riesgo de explosión
  - ITC 10.3.01. Explosivos. Voladuras especiales



- **ITC 10.4.01. Explosivos. Disposiciones especiales para trabajos con gases o polvos inflamables o explosivos**
- **CAPÍTULO XIII. Suspensión y abandono de labores.**
  - ITC 13.0.01.Labores subterráneas: Abandono de labores

**NOTA:** En rojo se han marcado las instrucciones técnicas complementarias, mas utilizadas para la Cantera de Caliza.

A parte de las ITCs también disponemos de mas normativa aplicable a las alternativas que se presentan en el presente proyecto será con carácter mínimo la que se expone a continuación, como son los Reales Decretos:

### Minería:

- **Ley 22/1.973**, de 21 de julio, de Minas (B. O. E. nº 189 de 24 de julio de 1.973) y **Real Decreto 2875/1978** de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- **Ley 54/1.980**, de 5 de noviembre, que modifica la Ley 22/1.973, de Minas (B. O. E. nº 278 de 21 de noviembre de 1.980).
- **Real Decreto 2.135/1.980** de 26 de septiembre, sobre liberación industrial.
- **Orden Ministerial de Industria y Energía de 19 de Diciembre de 1.980**, sobre normas de procedimiento y desarrollo del R.D. 2.135/80.
- **Orden de 28 de noviembre de 1984**, por la que se desarrolla el **Real Decreto 2.994/1.982**, sobre Restauración de Espacios Naturales Afectados por Actividades Extractivas (B.O.E. nº 285, de 28 de noviembre de 1984).
- **Orden Ministerial de 9 de Marzo de 1.971**, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- **Real Decreto 830/1.991**, de 24 de mayo, por el que se modifica el Reglamento de Seguridad en las Maquinas.
- **Real Decreto 863/1.985**. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- **Ley 31/1.995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B. O. E. nº 269 de 10 de noviembre).
- **Real Decreto 150/1.996**, de 2 de febrero, por el que se modifica el artículo 109 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, publicado en el B. O. E. el 8 de marzo de 1.996.
- **Real Decreto 1.945/1.986**, de 26 de mayo. Reglamento de Seguridad en las Maquinas.
- **Real Decreto 39/1.997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 485/1.997**, de 14 de abril por el que se aprueban las disposiciones mínimas de en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- **Real Decreto 486/1.997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo.



- **Real Decreto 773/1.997**, de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- **Real Decreto 1.215/1.997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 1.389/1.997**, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las Disposiciones Mínimas Destinadas a Proteger la Seguridad y Salud de los Trabajadores en las Actividades Mineras.
- **Real Decreto 780/1.998**, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1.997.
- **Real Decreto 1.131/1.998**, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para ejecución del R. D. L. 1.302/1.986.
- **Orden ITC/101/2.006**, de 23 de enero, por la que se regula el contenido mínimo y estructura sobre seguridad y salud para la industria extractiva.

### Prevención ambiental:

- Emisiones a la atmosfera:
  - **Ley 38/1.972**, de 22 de diciembre, de Protección del ambiente Atmosférico y **Real Decreto 833/1.975**, de 6 de febrero, que desarrolla la Ley.
  - **Orden Ministerial de 18 de octubre de 1.976**, sobre prevenciones y correcciones de la contaminación atmosférica.
  - **Ordenanza municipal** reguladora de actividades clasificadas objeto de la **Ley Foral 16/89** y su reglamento de desarrollo **Decreto Foral 32/90**.
  - **Decreto Foral 6/2002**, de 14 de enero, por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera.
- Calidad del aire:
  - **Decreto 833/75** de desarrollo de la **Ley 38/72**.
  - **Real Decreto 1073/2002**, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono
  - **Ley 34/2007**, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera
- Ruido y vibraciones:
  - **Decreto Foral 135/1989**, de 8 de junio, por el que se establecen las condiciones técnicas que deberán cumplir las actividades emisoras de ruidos y vibraciones.
  - **Real Decreto 245/1989**, sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.



- **Orden de 17 de noviembre de 1989** por el que se modifica parcialmente el Anexo I del **Real Decreto 245/1989**, sobre determinación y limitación acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- **Real Decreto 1435/1992**, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 89/302/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- **Ley 37/2003**, de 17 de noviembre, de Ruido.
- **Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental 1.3.2.3 *Evaluación de Impacto Ambiental*
- **Real Decreto Legislativo 1/2008**, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, (B. O. E. nº 23, 26 de enero de 2.008).
  
- Aguas:
  - **Ley 29/85**, de 29 de agosto, de Aguas.
  - **Orden de 13 de Marzo de 1989**, de sustancias peligrosas vertidas a las aguas interiores de superficie (B.O.E. 20 de marzo de 1989).
  - **Real Decreto Legislativo 1/2.001**, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
  - **Real Decreto 849/86**, de 11 de abril, que aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.



## 8 ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD

En virtud de lo establecido en el Real Decreto 1389/1997 por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras, se incluye en el documento N°2 el ESTUDIO DE LA SEGURIDAD Y SALUD, en la ejecución de la Cantera de Caliza en el municipio de Gobantes (Burgos)

El R.D 1389/1997 especifica las obligaciones impuestas al empresario en cuanto a la prevención de riesgos laborales se refiere y para cumplir con éstas, le exige la realización de una serie de actividades y así como la organización de unos servicios que vienen recogidos tanto en la ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales como en sus modificaciones mediante la ley 54/2003.

La ITC/1001/2006 marca en su primer artículo la aprobación de la ITC-02.1.01 “documento de seguridad y salud” la cual será de obligado cumplimiento en aquellos centros de trabajo nuevos o ya existentes.

La ITC señala que el Documento de Seguridad y Salud es aquel en el que queda plasmado el proceso de elaboración, implantación, así como la forma de aplicar la planificación de la acción preventiva de la empresa.



## 9 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto como se observará en su documento correspondiente se ha dividido en dos partes principales inversión inicial y gastos de explotación.

En la inversión inicial se han incluido gastos como el acondicionamiento del terreno, la maquinaria, el establecimiento de beneficio, etc. A continuación, se mostrará un resumen del presupuesto.

En los gastos de explotación se han incluido gastos como el personal de la explotación, gastos de energía, combustible, etc.

- **Inversión inicial:**

Descripción	Precio final
ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	779.070€
MOVIMIENTO DE TIERRAS	380.230,78€
SEGURIDAD Y SALUD (INST. AUX.)	15.009,93 €
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	73.000 €
MAQUINARIA MOVIL	726.000 €
ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO	1.500.000€
<b>Presupuesto ejecución</b>	<b>3.473.310,71 €</b>
<b>El presupuesto (sin incrementos) de ejecución de cantera de Caliza asciende a la cantidad de</b>	<b>3.473.310,71 €</b>

Tabla 8. Resumen inversión inicial.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

**Presupuesto ejecución material 3.473.310,71€**

Gastos generales	13 %	451.530,39
Beneficios industrial	6 %	208.398,42
I.V.A	21 %	729.395,24

**El presupuesto de la cantera de caliza asciende a la cantidad de 4.862.634,76€**

*El presupuesto de inversión inicial del proyecto de “Ejecución de Cantera de Caliza en el municipio de Gobantes (Burgos)” asciende a la cantidad de **cuatro millones ochocientos sesenta y dos mil seiscientos treinta y cuatro con setenta y seis céntimos de euros.***



- **Gastos de explotación:**

Descripción	Precio final
PERSONAL DE LA EXPLOTACIÓN	463.889,28€
COMBUSTIBLE	1.040.899,5 €
ENERGÍA ELECTRICA	110.208 €
SEGURIDAD Y SALUD	4.171,27 €
<b>Gasto anual</b>	<b>1.587.630,05 €</b>
Ajuste de gasto anual por otros conceptos (Seguridad social, etc)	15 % 238.152,01€
<b>El gasto anual de la cantera caliza asciende a la cantidad de</b>	<b>1.857.270,05 €</b>

Tabla 9. Resumen gastos de explotación.

El presupuesto de gastos de explotación del proyecto de “Ejecución de Cantera de Caliza en el municipio de Gobantes (Burgos)” asciende a la cantidad de **un millón ochocientos cincuenta y siete mil doscientos setenta con cinco céntimos de euros**.



## 10 BIBLIOGRAFIA

### LIBROS:

- Carlos López Jimeno. Manual de perforación y voladura de rocas. Madrid, 1994.
- Carlos López Jimeno. Áridos. Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones. Madrid, 1994.
- Carlos López Jimeno; Emilio López Jimeno; Pilar García Bermúdez; Antonio Hernando Degea. Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras. Madrid: Grupo de proyectos de ingeniería E.T.S.I. Minas. 2014.
- BUSTILLO REVUELTA M. y LÓPEZ JIMENO C. Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras.
- Javier Gallo Laya. Apuntes de Técnicas de Corrección y Restauración.
- José María Cortes Díaz. Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene del trabajo. Madrid: Tébar. 2004.
- Carlos López Jimeno; Manuel Bustillo Revuelta. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid: Editorial Entorno Gráfico. 1997.
- Jesús Gómez de las Heras; Carlos López Jimeno. Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España. 1995.
- Fernando Plá Ortiz de Urbina. Fundamentos de laboreo de minas. Madrid: Fundación Gomez Pardo. 1991.
- Roberto Vidal. Manual mineralurgia.
- Roberto Vidal. Apuntes hidrología.
- Javier Gallo Laya. Apuntes laboreo de minas.
- Apuntes asignatura explosivos
- Anteproyecto “Creación de una Cantera de Caliza” Jorge Álava, Daniel Prieto, Denis López.

### PAGINAS WEB:

- MINETUR. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- <http://www.igme.es>



- <https://energia.gob.es/mineria/Paginas/catastro.aspx>
- <http://www.aridos.org/estadisticas/>
- [https://www.mincotur.gob.es/esES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_12.pdf](https://www.mincotur.gob.es/esES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)
- [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm)
- <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/156920-EI-consumo-nacional-de-aridos-crece-levemente-en-2015-por-primera-vez-en-ocho-anos.html>
- <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/186261-Anefa-estima-que-consumo-total-de-aridos-en-Espana-durante-2016-volvio-a-caer-2-7-por.html>
- [http://www.cepco.es/noticia.asp?id\\_rep=2598](http://www.cepco.es/noticia.asp?id_rep=2598)
- [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12.\\_cintas.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12._cintas.pdf)
- <https://ocw.unican.es/course/view.php?id=70&section=4>
- [http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/3694/1/\\_jorge\\_perez\\_cal\\_26977412e.pdf](http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/3694/1/_jorge_perez_cal_26977412e.pdf)
- <https://enriquemontalar.com/que-es-el-periodo-de-retorno-probabilidad/>
- [http://lab-hidrologia.uca.es/drenaje\\_superficial\\_52\\_IC/index.php](http://lab-hidrologia.uca.es/drenaje_superficial_52_IC/index.php)
- Caterpillar. [http://www.cat.com/es\\_ES/products/new/equipment/hydraulic-mining-shovels.html](http://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/hydraulic-mining-shovels.html)
- TRIMAN MINERALS. <http://www.triman.es/>

## PROGRAMAS INFORMÁTICOS:

- AutoCAD 2017. Programa creación de planos
- MDT 6. Programa de modelamiento topográfico.
- SLIDE. Programa de cálculo roturas circulares.
- Disvol. Programa de cálculo de voladuras.



## 11 CONCLUSIONES DEL TRABAJO

El trabajo de fin de grado describe la ejecución de una Cantera de Caliza, situada en Burgos, concretamente en el municipio de Gobantes.

Muestra la viabilidad del proyecto, observando las reservas a explotar, el consiguiente diseño de la explotación y el fin al cual se destinará la piedra caliza obtenida.

Observando la viabilidad económica del proyecto, los datos económicos de la piedra caliza en la actualidad, tanto en España como en su entorno y la inexistencia de canteras de caliza cercanas, depara un buen futuro a corto plazo para que la ejecución de la cantera de caliza sea viable y competitiva.

Jorge Álava Amezola

Bilbao, 11 de Julio de 2019



*EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)*



BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESKUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

# MEMORIA JUSTIFICADA



# ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA ROCA



## Índice:

<b>12 ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA ROCA.....</b>	<b>89</b>
<b>12.1 Introducción.....</b>	<b>89</b>
<b>12.2 Análisis de la calidad del macizo rocoso .....</b>	<b>89</b>
12.2.1 Resistencia a compresión simple .....	89
12.2.2 Índice del macizo rocoso (RQD.).....	90
12.2.3 Espaciamiento entre discontinuidades. ....	91
12.2.4 Características de las discontinuidades. ....	91
12.2.5 Presencia de agua en el macizo rocoso.....	93



## 12 ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA ROCA

### 12.1 Introducción.

En este anexo se pretende llevar a cabo un estudio de la calidad de la roca del macizo rocoso de la zona a explotar, y se tratará de obtener una serie de parámetros que nos permitirán una clasificación geomecánica y a su vez obtendremos el índice de calidad de este.

### 12.2 Análisis de la calidad del macizo rocoso

Los parámetros que se determinan están relacionados con las propiedades intrínsecas de la roca y el medio que le rodea, en este caso se ha tomado como referencia la clasificación geomecánica de Bieniawski, que tiene en cuenta los siguientes parámetros.

- Resistencia a compresión simple.
- Índice RQD.
- Separación entre diaclasas
- Estado de las discontinuidades
- Presencia de agua en el macizo rocoso.

#### 12.2.1 Resistencia a compresión simple

A la hora de determinar dicho valor, se llevará a cabo una serie de ensayos en el macizo rocoso mediante el método del martillo Schmidt, como vimos en la asignatura *Ingeniería del terreno y Morfología*. Con este ensayo se relaciona el índice de rebote con la resistencia y la densidad de roca mediante una escala gráfica.

Conociendo que el valor de la densidad de la caliza se encuentra en torno al (2,7tn/m<sup>3</sup>,) se obtendrá un valor de resistencia a compresión simple, tomando como valor, el obtenido en el ábaco del esclerómetro.



Descripción	Resistencia a compresión simple (MPa)	Valor numérico para calcular el RMR
Muy alta	>250	15
Alta	100 - 250	12
Media	50 - 100	7
Baja	25 - 50	4
Muy baja	1 - 25	1

Ilustración 48. RCS

### 12.2.2 Índice del macizo rocoso (RQD.)

Dicho índice se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del testigo extraído.

Se tomará el RQD determinado en función del número de fisuras por metro cúbico ( $J_v$ , nº fisura por  $m^3$ , este se determina sumando el número de fisuras por metro que corten de manera independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el cuerpo rocoso de análisis). Estudio que se debería hacer en el propio terreno, pero al no poderse realizar, se han obtenido datos de libros.

Finalmente podemos obtener;  $RQD = 115 - (3.3) \cdot J_v$

Considerando que un valor aproximado de 6 fracturas por metro en cada una de las direcciones, tenemos un índice de fracturación de 18, obteniendo un RQD;

$$RQD = 115 - (3.3) \cdot 15 = 55.6$$

Calidad del macizo	RQD (%)	Valor numérico para calcular el RMR
Muy mala	0 - 25	3
Mala	25 - 50	8
Mediana	50 - 75	13
Buena	75 - 90	15
Excelente	90 - 100	18

Ilustración 49. RQD



### 12.2.3 Espaciamiento entre discontinuidades.

Se puede deducir, observando datos teóricos, estudios similares, y conociendo el terreno de la zona, una presencia baja de discontinuidades, con espaciamientos anchos con un valor aproximado de  $>3$  m, obteniendo un valor para el RMR de 20.

Descripción	Espaciamiento	Valor numérico para calcular el RMR
<b>Muy ancho</b>	<b><math>&gt; 3</math> m</b>	20
Ancho	1 – 3 m	15
Moderadamente cerrado	0,3 – 1 m	10
Cerrado	50 – 300 mm	8
Muy cerrado	$< 50$ mm	5

Ilustración 50. RMR

### 12.2.4 Características de las discontinuidades.

Las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente del macizo rocoso, por lo que es de gran importancia definir las características de estas:

- Apertura de juntas
- Rugosidad de juntas
- Continuidad de juntas
- Relleno de juntas
- Grado de meteorización de la roca

Los parámetros citados, se estudiarán y se obtendrán observando y clasificando el macizo rocoso en las siguientes tablas:



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)



- Apertura de Juntas:

Descripción	Separación de labios	Valor numérico para calcular el RMR
Abierta	> 5 mm	0
<b>Moderadamente abierta</b>	<b>1 – 5 mm</b>	<b>1</b>
Cerrada	0,1 – 1 mm	4
Muy cerrada	< 0,1 mm	5

- Rugosidad de Juntas:

Grado	Descripción	Valor numérico para calcular el RMR
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
<b>3</b>	<b>Ligeramente rugosa</b>	<b>3</b>
4	suave	1
5	Espejo de falla	0

- Continuidad de Juntas:

Descripción	Continuidad	Valor numérico para calcular el RMR
Muy pequeña	< 1 m	6
Pequeña	1 – 3 m	4
<b>Media</b>	<b>3 – 10 m</b>	<b>2</b>
Alta	10 – 20 m	1
Muy alta	> 20 m	0



- Relleno de las Juntas:

Grado	Tipo de relleno	Valor numérico para calcular el RMR
1	No hay	6
<b>2</b>	<b>Duro con espesor &lt; 5 mm</b>	4
3	Duro con espesor > 5 mm	2
4	Blando con espesor < 5 mm	2
5	Blando con espesor > 5 mm	0

### 12.2.5 Presencia de agua en el macizo rocoso

Al conocer la situación de la explotación de Caliza, concretamente en Gobantes, muy próximo a Medina de Pomar, en la provincia de Burgos, se puede deducir conociendo las lluvias en la zona, que no existe proximidad de afluentes y que se encuentra en una ladera pronunciada, que la presencia de agua será escasa.

Por lo tanto, se clasificará como ligeramente húmedo el macizo rocoso.

Una vez conocidos todos los datos anteriores, sobre la roca y su macizo, mediante la clasificación por tablas, clasificaré el macizo rocoso a explotar en la Cantera de Caliza.

Una vez obtenidos los valores necesarios para la clasificación mediante RMR, se puede clasificar la calidad de dicho macizo, mediante el siguiente cuadro.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta				
valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0,0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor	15	10	7	4	0			

Ilustración 51. Parámetros RMR

Conociendo los valores de RCS, RQD, discontinuidades, y agua, sacamos de cada apartado el valor correspondiente. Para finalmente sumarlos y sacar el valor de RMR final.

$$RMR = 12+13+20+(2+1+3+4+5) +10= 70$$

Una vez obtenido el valor RMR de 70, entramos en la siguiente tabla:

<b>RMR</b>	81 – 100	<b>61 – 80</b>	41 – 60	21 – 40	<20
<b>Clase</b>	I	<b>II</b>	III	IV	V
<b>Descripción</b>	Muy bueno	<b>Bueno</b>	Medio	Malo	Muy malo

Ilustración 52. Clasificación RMR

Definitivamente, se observa que el valor obtenido de RMR, es bueno, por lo que indica que la calidad del macizo rocoso y la piedra será buena.



## ANEXO 2: ESTABILIDAD DE TALUDES



## Índice:

<b>13 ANEXO 2: ESTABILIDAD DE TALUDES.....</b>	<b>97</b>
<b>13.1 Introducción.....</b>	<b>97</b>
<b>13.2 Estabilidad de taludes.....</b>	<b>97</b>
<b>13.3 Cálculos en la estabilidad de los taludes:.....</b>	<b>99</b>



## 13 ANEXO 2: ESTABILIDAD DE TALUDES

### 13.1 Introducción

Habiendo valorado en el anterior Anexo mediante el valor de RMR, que estamos ante un macizo rocoso y una piedra caliza de calidad buena, se procederá a estudiar la estabilidad de los taludes. Para así poder garantizar la seguridad en los mismos y poder definir parámetros imprescindibles como los ángulos de talud de trabajo o las alturas de los bancos.

La estabilidad de los taludes en una explotación a cielo abierto tiene una importancia fundamental en lo que se refiere a seguridad y rentabilidad de la mina.

Para considerar que los taludes son estables, el factor de seguridad para taludes cuya estabilidad no se considera a largo plazo tiene que ser de 1,2, mientras que, si se consideran permanentes o sus condiciones son críticas su factor de seguridad tendrá que ser 1,6 según ordena la ITC-07.1.03

### 13.2 Estabilidad de taludes

Se detallarán a continuación los tipos de rotura que puede sufrir una roca, planar, en cuña o circular.

Para la roca caliza, el tipo de rotura que mas inestabilidad genera es el tipo de rotura circular, por lo que, al ser la acción mas desfavorable, será el tipo que se estudie para garantizar la seguridad en los taludes.

#### Tipos de rotura:

- **Rotura planar:**

Llamamos rotura planar a la rotura por deslizamiento que se produce a través de una única superficie plana.

Es una rotura muy sencilla y la mas utilizada de manera mecánica. Se produce cuando hay fracturación por lo que se deberá observar siempre si hay fallas cercanas.

Puede dar lugar en algunos casos a roturas rápidas que pueden causar desde pequeños desprendimientos hasta cortes de carretera y deslizamientos importantes con afecciones a uno o varios bancos y accidentes laborales en minería.

Al observar en el mapa geológico la ausencia de fallas, se descarta la posible rotura planar de manera fortuita e inesperada.

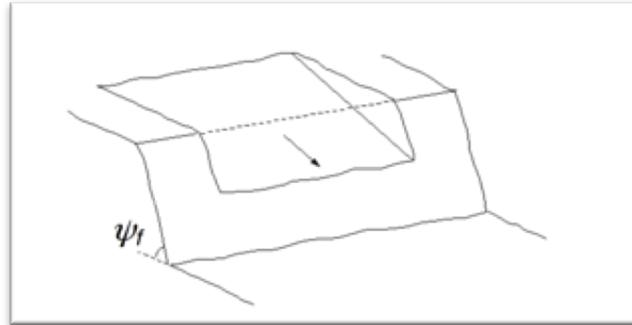


Ilustración 53. Rotura planar

○ **Rotura en cuña:**

La rotura en cuña es un tipo de deslizamiento traslacional que está controlado por dos o más discontinuidades (estratificación, esquistosidad, diaclasas, fallas, etc). Este tipo de deslizamientos generalmente se dan en macizos rocosos resistentes, con discontinuidades bien marcadas.

Esta situación se produce cuando existen dos superficies de discontinuidad y el bloque que se forma tiene forma de cuña y desliza a través de la intersección de ambos planos. Al observar en el terreno próximo a las inmediaciones de Gobantes, la ausencia de dichas discontinuidades, se descarta este tipo de rotura.

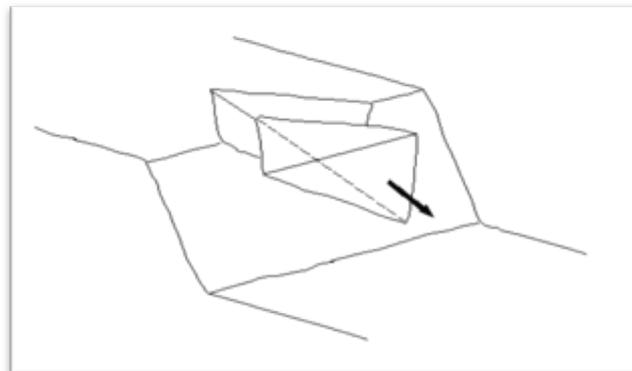


Ilustración 54. Rotura cuña

○ **Rotura circular:**

Se llama rotura circular a la rotura en la que la superficie de deslizamiento es asimilable a una superficie cilíndrica que se asemeja a un arco de círculo. El círculo de rotura suele pasar por el pie del talud.

Sin duda de los tres tipos, en lo que a las canteras de caliza se refiere, es el método que mas se da, debido al tipo de roca.

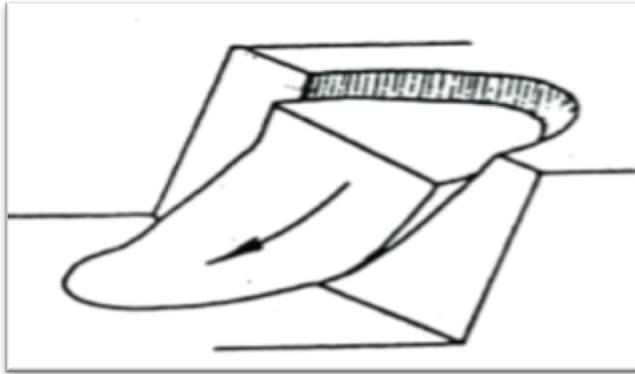


Ilustración 56. Rotura circular

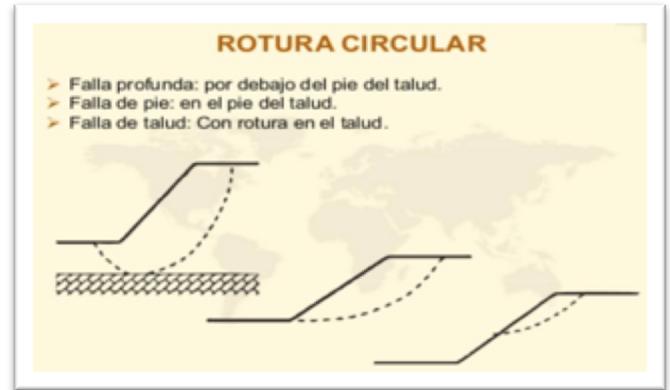


Ilustración 55. Tipos rotura circular

A continuación, se procederá al cálculo de la estabilidad de los taludes mediante dos métodos, Ábacos de Hoek (tal y como se recoge en el Manual de diseño de explotación) y mediante el programa Slide.

### 13.3 Cálculos en la estabilidad de los taludes:

- **Ábacos de Hoek:**

El método clásico para obtener la estabilidad de taludes sería mediante los ábacos de Hoek, debido a su sencillez. Siempre se supondrá un nivel freático en el terreno, para que no nos pueda dar lugar a fallos. Por lo tanto, estudiando los siguientes datos, y siguiendo los pasos de los libros de minería, se realiza lo siguiente para obtener la estabilidad.

A la hora de realizar los cálculos para entrar a la gráfica se ha tenido en cuenta:

- **FS - 1,3**
- **Cohesión (c) - 150 KN/m<sup>2</sup>**
- **Ángulo de rozamiento (φ) - 40°**
- **Peso específico (Y) - 27 KN/m<sup>3</sup>**

GROUNDWATER FLOW CONDITIONS	CHART NUMBER
FULLY DRAINED SLOPE	1
SURFACE WATER 0 = SLOPE HEIGHT BEHIND TOE OF SLOPE	2
SURFACE WATER 0.5 = SLOPE HEIGHT BEHIND TOE OF SLOPE	3
SURFACE WATER 1 = SLOPE HEIGHT BEHIND TOE OF SLOPE	4
SATURATED SLOPE SUBJECT TO HEAVY SURFACE RETAINAGE	5

Ilustración 57. Abaco Hoek



$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} \rightarrow \frac{150}{27 \cdot 20 \cdot 1,3} = 0,21$$
$$\frac{\tan \phi}{FS} \rightarrow \frac{\tan 42}{1,3} = 0,69$$

Ecuación 1. Abaco Hoek

Con los datos conocidos y realizando el estudio para unos bancos de H = 20 m. se han obtenido los valores de las formulas anteriores, los cuales se deben llevar a las siguientes graficas para obtener el factor de seguridad, su ángulo y de esta manera se decidirá su estabilidad.

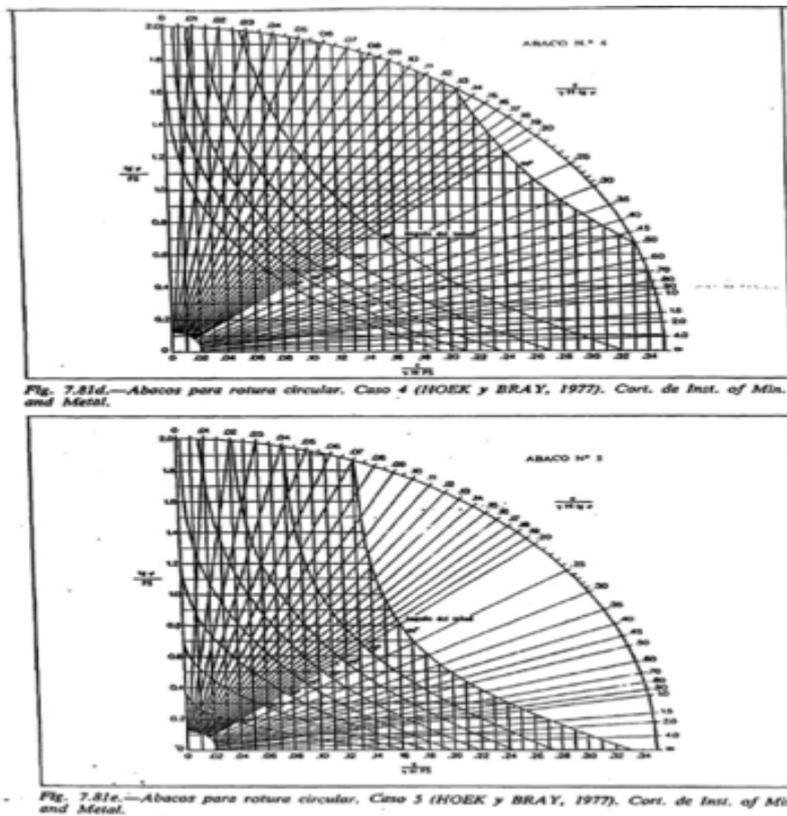


Ilustración 58. Estabilidad de taludes

No se aprecia claramente en las anteriores tablas los números ya que son sacadas de un libro, pero dará una estabilidad correcta para cualquier banco de H = 20 m. (el máximo permitido) y un ángulo inferior a 80°



- **Slide**

Para analizar este tipo de rotura se ha utilizado el software informático Slide. Este calcula la estabilidad basándose en la técnica de división de rebanadas verticales sobre las que se determinan las fuerzas resultantes efectivas normales, las tangenciales y las presiones intersticiales.

A continuación, se muestra los cálculos de la estabilidad del talud inicial y el talud final en el cual no se ha tenido en cuenta la presión intersticial (ya que no se puede conocer sin datos de campo):

Datos conocidos y supuestos para el talud inicial:

- **FS - 1,3**
- **Cohesión (c) - 150 KN/m<sup>2</sup>**
- **Ángulo de rozamiento ( $\varphi$ ) - 40°**
- **Peso específico ( $\gamma$ ) - 27 KN/m<sup>3</sup>**
- **Altura banco 20 m.**
- **Berma - 16,3 m.**
- **Angulo talud inicial - 61°**

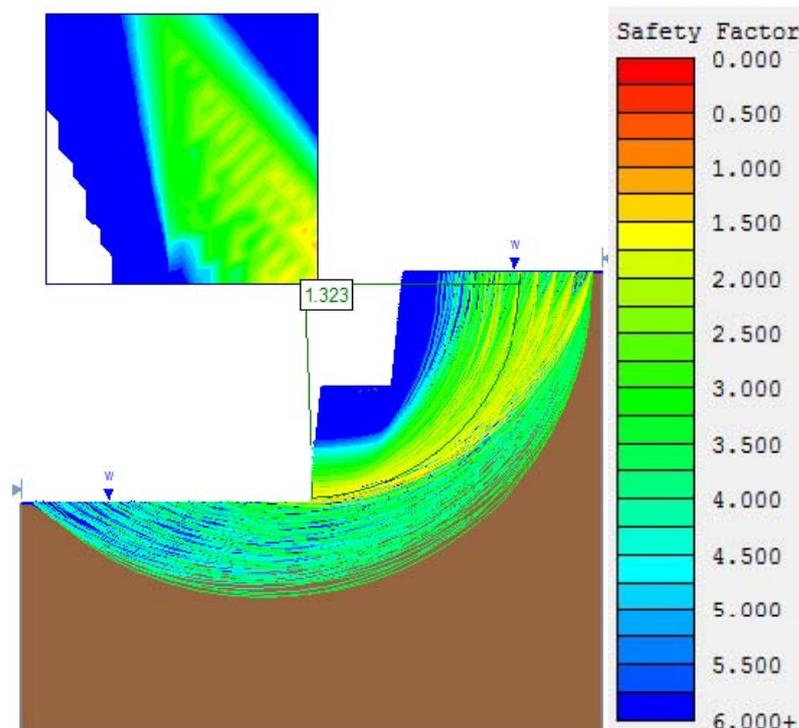


Ilustración 59. FS obtenido SLIDE



El factor de seguridad calculado por el Slide para la zona con mayor facilidad de rotura circular es de 1,323. Puesto que el factor de seguridad es superior a lo establecido en la legislación el talud es estable. ( $1,323 > 1,2$ ).

Datos conocidos y supuestos para el talud final:

- **FS - 1,3**
- **Cohesión (c) - 150 KN/m<sup>2</sup>**
- **Ángulo de rozamiento ( $\phi$ ) - 40°**
- **Peso específico (Y) - 27 KN/m<sup>3</sup>**
- **Altura banco 20 m.**
- **Berma - 16,3 m.**
- **Angulo talud final - 53°**

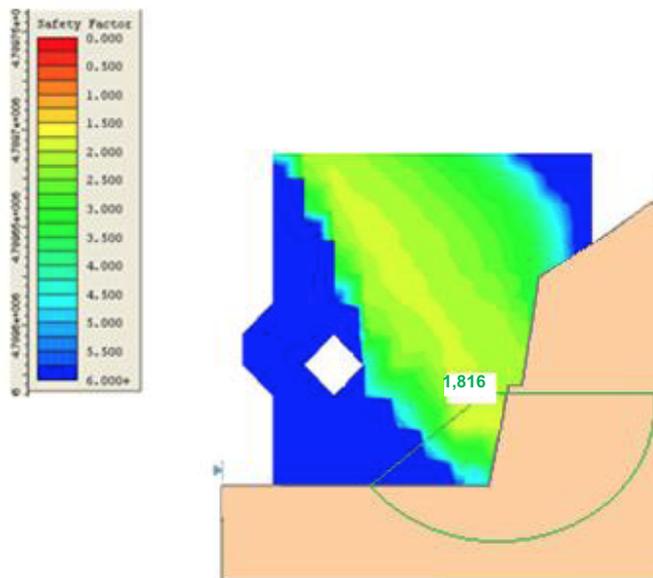


Ilustración 60. FS obtenido SLIDE

El factor de seguridad calculado por el Slide para la zona con mayor facilidad de rotura circular es de 1,816. Puesto que el factor de seguridad es superior a lo establecido en la legislación el talud es estable. ( $1,816 > 1,6$ ).

NOTA: La ilustración 60 mostrada no sería la original, debido a una serie de problemas con el programa, el factor de seguridad para esos datos si será el correcto.



Una vez obtenidos los resultados de la estabilidad de los taludes tanto del Abaco de Hoek como con el programa SLIDE, se puede garantizar en todo momento una buena estabilidad, cumpliendo así una parte de seguridad importante en la cantera.

Y de estos resultados se pueden obtener los siguientes parámetros:

- **Bancos:**

Se crearán bancos de 20 metros de altura, para la situación inicial, máximo permitido por la ITCs mencionadas en el apartado de Normativa.

En cuanto a la situación final, la altura máxima será de 40 m de banco, sin berma intermedia. Se asegurará la estabilidad del frente y siempre sin sobrepasar la vertical. Esto se hará para recuperar mejor la explotación una vez abandonada.

- **Taludes**

Al salir favorable la estabilidad calculada con los datos supuestos y estando siempre dentro de los valores que nos dictamina las ITC mineras.

En dicha explotación los ángulos de los taludes son los siguientes:

**Angulo de talud de trabajo** → **61°**

**Angulo de talud final** → **53°**

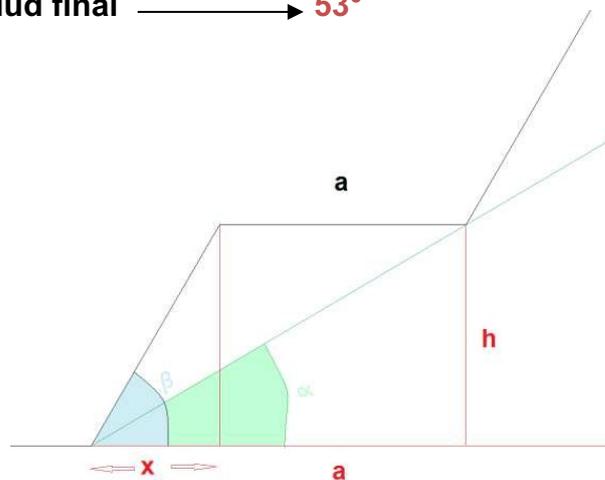


Ilustración 61. Taludes de trabajo.



# ANEXO 3: MÉTODO DE ARRANQUE (VOLADURA)



## **Índice:**

<b>14 ANEXO 3: MÉTODO DE ARRANQUE (VOLADURA).....</b>	<b>106</b>
<b>14.1 Metodología para el método de arranque. ....</b>	<b>106</b>
<b>14.2 Voladura .....</b>	<b>108</b>
<b>14.3 Explosivos.....</b>	<b>108</b>
<b>14.4 Tipos de Explosivos .....</b>	<b>109</b>
<b>14.5 Selección de Explosivos.....</b>	<b>111</b>
<b>14.6 Elección de Explosivos.....</b>	<b>113</b>
14.6.1 Nagolita (a granel).....	113
14.6.2 Goma 2 EC (Seco).....	117
<b>14.7 Elección Detonadores .....</b>	<b>120</b>
14.7.1 Tipos de detonadores.....	120
14.7.2 Detonador seleccionado.....	123
<b>14.8 Sistema de Encendido .....</b>	<b>126</b>
<b>14.9 Proyecto de perforación y voladura .....</b>	<b>127</b>
14.9.1 Introducción .....	127
14.9.2 Cálculos de perforación y voladura .....	128
<b>14.10 Esquema de tiro.....</b>	<b>134</b>
<b>14.11 Carga del Barreno: .....</b>	<b>136</b>
<b>14.12 Retacado: .....</b>	<b>136</b>
<b>14.13 Consumo específico.....</b>	<b>136</b>
<b>14.14 Cálculo del índice de peligrosidad y velocidad de vibración.....</b>	<b>137</b>
14.14.1 Nivel índice de peligrosidad.....	137
14.14.2 Velocidad de vibración y aceleración .....	137
14.14.3 Aceleración generada:.....	138
14.14.4 Velocidad sísmica y frecuencia .....	139
14.14.5 Nivel de ruido.....	141
<b>14.15 Medidas para reducir las posibles proyecciones de roca en la voladura</b>	<b>141</b>
<b>14.16 Manejo de explosivos (Mano de Obra) .....</b>	<b>142</b>



## 14 ANEXO 3: MÉTODO DE ARRANQUE (VOLADURA)

### 14.1 Metodología para el método de arranque.

El arranque consiste en la fragmentación del macizo rocoso a un tamaño que pueda ser manipulado por el sistema posterior de carga y transporte y que en ningún momento llegue a bloquear el establecimiento de beneficio. El arranque se puede realizar mecánicamente o por voladura, definir el límite de ripabilidad es un concepto económico que separa el punto en que el arranque mecánico es, no solo posible, sino más económico que por perforación y voladura.

En rocas de resistencia media encontramos la dificultad de fijar el límite económico de ripabilidad o arranque directo, sin embargo, la metodología de perforación y voladura está mayoritariamente frente al arranque mecánico, en los yacimientos de roca con una considerable dureza.

No obstante, existen métodos de cálculo que determina la excavabilidad de un macizo a fin de determinar si éste requiere la utilización de explosivos o bien puede ser explotado mediante equipos mecánicos. Para determinar este índice de excavabilidad hacemos uso del método de Scole y Muftuoglu, que tiene en cuenta: resistencia a la compresión simple, extensión de la meteorización, espaciamiento de juntas y planos de estratificación. Además de clasificar el macizo rocoso sugiere los equipos a utilizar en el arranque mecánico

$$IE = W + S + J + B$$

W = Alteración por meteorización

S = Resistencia a la compresión simple

J = Separación entre diaclasas

B = Potencia de estratos

Parámetro	PUNTUACION ASIGNADA				
	Intenso	Alto	Moderado	Ligero	Nulo
<b>W</b>	0	5	15	<b>20</b>	25
<b>S</b>	<20 Mpa	20-40Mpa	40-60 Mpa	60-80 Mpa	>80 Mpa
	0	10	15	20	<b>25</b>
<b>J</b>	<0.3m	0.3-06 m	0.6-1.5 m	1.5-2 m	>2 m
	5	15	30	45	<b>50</b>
<b>B</b>	<0.1 m	0.1-0.3m	0.3-0.6m	0.6-1.5m	>1.5m
	0	5	10	20	<b>30</b>



Por lo tanto, el valor obtenido de IE, será de 125. Y llevando este valor a la siguiente tabla, obtenemos el dato sobre si es posible excavar o mediante la voladura se realizará de manera mas adecuada.

CLASE	FACILIDAD DE EXCAVACION	INDICE (W+S+J+B)	EQUIPO DE EXCAVACION	MODELOS DE EQUIPOS EMPLEADOS
1	MUY FACIL	< 40	TRACTORES DE RIPADO DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. Tractor (Cat. D8) B. Dragalina > 5 m <sup>3</sup> (Lima 2400) C. Excavadora de Cables > 3 m <sup>3</sup> (Ruston Bucyrus 71 RB)
2	FACIL	40 - 50		A. Tractor (Cat. D9) B. Dragalina > 8 m <sup>3</sup> (Marion 195) C. Excavadora de Cables > 5 m <sup>3</sup> (Ruston Bucyrus 150 RB)
3	MODERADAMENTE DIFICIL	50 - 60	DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D9) B. Excavadora Hidráulica > 3 m <sup>3</sup> (Cat. 245)
4	DIFICIL	60 - 70		A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D10) B. Excavadora Hidráulica > 3 m <sup>3</sup> (Cat. 245 ó O&K RH40)
5	MUY DIFICIL	70 - 95	EXCAVADORAS	Excavadora Hidráulica > 3 m <sup>3</sup> (Cat. 245 ó O&K RH40)
6	EXTREMADAMENTE DIFICIL	95 -100		Demag H111 Excavadoras Poclain 1000 CK Hidráulicas P & H 1200 > 7 m <sup>3</sup> R H 75
7	MARGINAL SIN VOLADURA	> 100		Demag H 185 Excavadoras Demag H 241 Hidráulicas O & K RH300 > 10 m <sup>3</sup>

Ilustración 62. Indice Excavabilidad.

Observando la tabla y el dato de IE (índice excavabilidad) se observa claramente, que este tipo de roca seria extremadamente difícil y costoso realizar su extracción mediante arranque mecánico.

Por lo tanto, el método a utilizar será el arranque por voladura.



## 14.2 Voladura

Se entiende por voladura en banco, a la disposición vertical, en un frente, de un grupo de barrenos, en los que se ha colocado una cierta carga de explosivo y se inicia con una secuencia tal que se consiguen los resultados de fragmentación y desplazamiento deseados, sin afectar a elementos ajenos a la misma.

La forma más sencilla y habitual de ejecución de voladuras en exterior es mediante el sistema de banqueo, es un sistema utilizado generalmente en la explotación de rocas industriales.

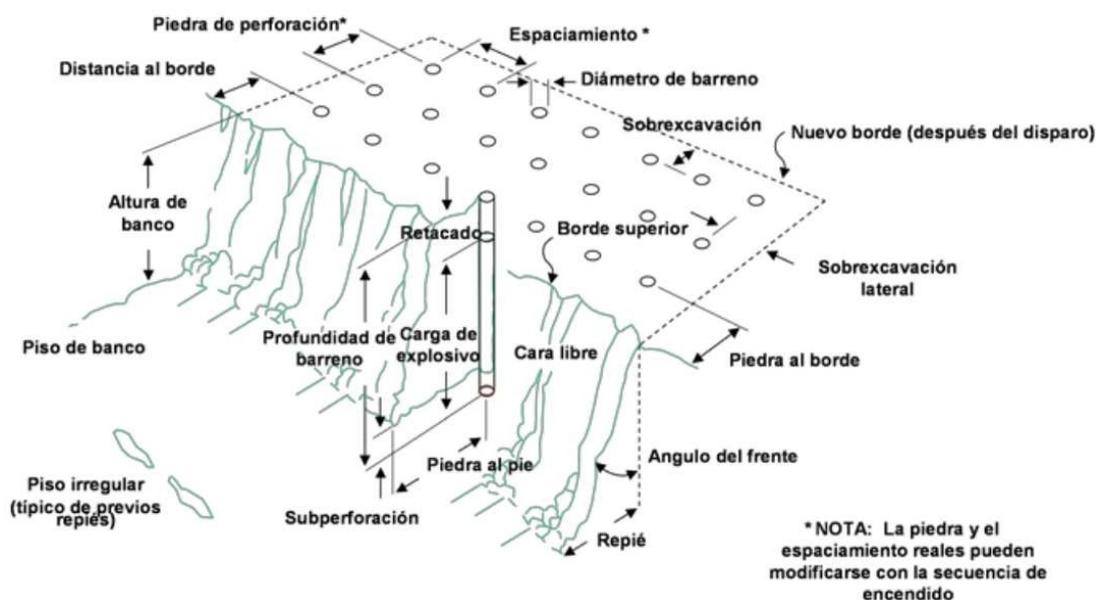


Ilustración 63. Parámetros voladura en banco.

## 14.3 Explosivos

Un explosivo es aquella sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve.

A continuación, haré una clasificación de los diferentes tipos de explosivos que existen.



## 14.4 Tipos de Explosivos

Clasificación de sustancias explosivas:

- Sustancias explosivas por naturaleza explosiva
  - **Deflagrantes:** Son los explosivos en los que la reacción se inicia por activación termocinética (calor). La velocidad de éstos no supera la velocidad del sonido (medida en el medio explosivo, que, siendo sólido o líquido, es muy superior a la del aire -343m/s). La barrera del sonido atempera la energía cedida por éste, de modo que no son muy potentes.
  - **Detonantes:** La reacción en este grupo se autoabastece por una onda de choque, supersónica (en el medio que recorre), que inicia al explosivo a medida que esta transcurre. Dada la alta velocidad de la reacción son explosivos muy potentes. Como por ejemplo la pólvora negra.
- Sustancias explosivas
  - **Primarios:** Son aquellas sustancias que requieren cantidades ínfimas de energía para activarse. Son de gran peligrosidad y generalmente se utilizan flegmatizados (insensibilizados). Su potencia es modesta en comparación con los demás grupos.
  - **Secundarios:** Necesitan de un explosivo primario para poder iniciarse. Responden con energías de activación intermedias aunque no estrictamente homogéneas. Las potencias son muy altas, encontrándose en el orden de los GW, según su velocidad, composición química o su uso. TNT.
  - **Terciarios:** Familia constituida casi en unanimidad por NAFOS (nitrato de amonio/fuelóleo) conocida su enorme insensibilidad. ANFO.
- Sustancias explosivas por utilización
  - **Iniciador:** Material energético, con una energía de activación relativamente baja, utilizado para iniciar un explosivo secundario. Suelen ser explosivos de alta sensibilidad (primarios) en combinación, de acuerdo al impulso requerido: impacto, eléctrico o térmico. Suelen ser llamados detonadores al estar encartuchados comercialmente.



- **Carga:** Es la masa base que explotará y es objeto del diseño de la voladura. El iniciador es el responsable de iniciar la carga. Algunas sustancias pueden no requerir iniciador: pólvora, nitroglicerina o pentrita se inflaman con relativa facilidad bajo la llama.
  
- **Multiplicador:** En ciertas ocasiones la carga no detona con el iniciador, por lo que se requiere un explosivo intermedio que sea sensible al iniciador y a la vez inicie a la carga. Muy frecuentemente los anfos requieren de este tipo de carga.
  
- Sustancias explosivas mezcladas
  - **Dinamitas (Gomas y Pulverulentas):** Las dinamitas son explosivos generalmente bicomponente: nitroglicerina o nitroglicol con nitrocelulosa, formando una pasta de mayor estabilidad que cada explosivo por separado. La Goma-2 es un explosivo del tipo dinamita de fabricación española para uso industrial (sobre todo en minería) por la Unión Española de Explosivos, S.A. (actualmente MAXAM). Se comercializa al menos en dos variantes, la Goma-2 EC y la Goma-2 ECO.
  
  - **ANFO:** El ANFO, es un explosivo de alto orden. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.
  
  - **Hidrogeles:** Los hidrogeles son agentes explosivos constituidos por soluciones acuosas saturadas de NA, a menudo con otros oxidantes como el nitrato de sodio y/o el de calcio, en las que se encuentran dispersos los combustibles, sensibilizantes, agentes espesantes y gelatinizantes que evitan la segregación de los productos sólidos.
  
  - **Emulsiones:** Las emulsiones explosivas son del tipo denominado <agua en aceite> en las que la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado.



## 14.5 Selección de Explosivos

A la hora de seleccionar los explosivos a utilizar, en el arranque por voladura, me he fijado en los siguientes parámetros y características de estos, ya que son los más importantes y los que mayor número de problemas pueden generar.

La elección del tipo de explosivo forma parte importante del diseño de una voladura. Los principales factores que se van a tener en cuenta a la hora de la elección del explosivo son los siguientes:

- Características de la roca:

Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a volar conforman el grupo de variables más importante, no solo por su influencia directa en los resultados de las voladuras sino además por su interrelación con otras variables de diseño.

En rocas masivas resistentes los explosivos idóneos son aquellos con alta energía de tensión como: hidrogeles, emulsiones y explosivos gelatinosos.

En rocas muy fisuradas los explosivos de alta energía de tensión son poco útiles por ello interesa explosivos que generen más gases como el ANFO.

- Diámetro de la carga:

Cuando se utilizan explosivos cuya velocidad de detonación varía fuertemente con el diámetro, como en el caso del ANFO, hay que tomar las siguientes precauciones:

- Con diámetros inferiores a 50 mm es preferible usar hidrogeles o explosivos gelatinosos encartuchados.
- Entre 50 y 100 mm se puede usar el ANFO como carga de columna.
- Por encima de 100 mm no existen problemas para el uso del ANFO.

- Precio del explosivo:

El coste del explosivo es evidentemente un criterio de selección importante. En principio, hay que elegir el explosivo más barato con el que se es capaz de realizar un trabajo determinado.

Los precios comparativos de los explosivos por unidad de peso, tomando como referencia el nitrato amónico se muestran en la tabla inferior. Se puede observar que el explosivo más barato es el ANFO (a granel), otros atractivos de este explosivo es su seguridad, facilidad de almacenamiento, transporte y manipulación.



Ilustración 64. Precios comparativos de explosivos (Manual perforación y voladura)

Para un diseño geométrico de la voladura fijado, utilizando un diámetro de barreno dado, el menor coste se obtendrá empleando un explosivo que proporcione la potencia requerida al menor coste por unidad de longitud de barreno cargado.

Desde el punto de vista económico, el mejor explosivo no es el más barato sino aquel con el que se consigue menor coste de fragmentación en la voladura.

- Condiciones de temperatura:

Las bajas temperaturas ambientales influyen fuertemente en los explosivos que contienen nitroglicerina, ya que tienden a congelarse a temperaturas inferiores a 8°C. Para solventar este problema se usan sustancias que tiene nitroglicol las cuales hacen que el punto de congelación baje a -20°C.

Las altas temperaturas también dan inconvenientes como por ejemplo en el caso del ANFO en el que hay que vigilar la evaporación del gas-oíl que puede reducirse más de un 50%.

En el caso de la Cantera de Caliza en Gobantes, habrá que tener en cuenta esto, ya que en dicha zona existen temperaturas bajas en invierno y altas en verano, por lo que se deberá tener una caseta totalmente climatizada para guardar los explosivos, si hiciera falta.



- Presencia de agua:

Algunos explosivos en presencia de agua se ven gravemente afectados. Es el caso del ANFO que con humedades superiores al 10% se produce su alteración impidiendo así su detonación.

Si la presencia de agua en los barrenos es grande se puede efectuar el desagüe mediante bombas. Pudiendo introducir a continuación una vaina de plástico la cual puede ser rellenada con ANFO.

- Problemas de entorno:

Las principales perturbaciones que inciden sobre el área próxima a las voladuras son las vibraciones y onda aérea.

Aquellos explosivos que presentan elevada energía de tensión son los que dan mayor nivel de vibraciones, debido a eso será mejor usar ANFO que hidrogeles.

## 14.6 Elección de Explosivos

Debido a que los barrenos a utilizar en este tipo de voladuras llevan tanto una carga de fondo como una carga de columna, se han elegido dos explosivos diferentes, para satisfacer todas las características posibles.

### 14.6.1 Nagolita (a granel)

La Nagolita a granel, ha sido seleccionada para el relleno de los barrenos, concretamente para la parte de “carga de columna”.

La Nagolita, está caracterizada como un ANFO, que como se ha citado anteriormente, el ANFO, es un explosivo de alto orden. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.

Concretamente ha sido seleccionada por las siguientes características:

- Tiene un precio bajo, dentro de los explosivos, se trata del explosivo más barato, como viene recogido en el Manual de perforación y Voladura.
- Se venden en gran cantidad de diámetros, permitiendo así amoldarse a los diámetros de la perforación.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

- Su alta explosividad hace que sea un explosivo idóneo para la Caliza.
- Fácil creación lo que conlleva a que es un explosivo fácil de comprar.
- Tiene un rango amplio de temperatura, pudiéndose utilizar en casi todas las situaciones climatológicas que puedan presentarse en la zona de Gobantes.
- Por su lado negativo, es fácilmente disolvente en agua, por que habría que crear una caseta de seguridad y evitar contactos con el agua.



Ilustración 65. Sacos de Nagolita y cartuchos.



• **Ficha técnica:**

# Nagolita®

## Explosivo tipo ANFO



NAGOLITA® es un explosivo del tipo ANFO seguro y fácil de manejar, compuesto por una mezcla de nitrato amónico poroso de alta calidad y gasoil.

NAGOLITA® tiene una constitución de sólido en gránulos (prills) ligeramente coloreados por el tinte que incorpora el combustible (gasoil). Puede suministrarse:

- envasado en sacos de 25 kg,
- encartuchado en plástico de diferentes diámetros y embalados en cajas de cartón para su uso en barrenos que presenten humedad y/o que atraviesen rocas muy fisuradas, y
- a granel en camiones-tolva que efectúan directamente la carga de los barrenos proporcionando un elevado rendimiento de carga.

Su densidad baja y energía media hacen de la NAGOLITA® una excelente solución como carga de columna para voladuras de canteras, minas y obra pública sin presencia de agua en el interior de los barrenos. Su carácter granulado le permite rellenar totalmente el volumen de carga, acoplándose perfectamente a las paredes del barreno y transmitiendo a la roca la máxima presión de detonación generada.

Debe iniciarse, para obtener los resultados óptimos y alcanzar el máximo nivel de prestaciones en las voladuras, con un explosivo o sistema de iniciación que aporte un energético régimen de detonación.

### Aplicaciones

Carga de columna en voladuras en minería a cielo abierto, en canteras y obra pública, sin presencia de agua.

Posibilidad de empleo a granel desde camión tolva proporcionando un gran rendimiento de carga.

### Recomendaciones de uso

En barrenos húmedos y/o que atraviesen rocas fisuradas debe usarse de forma encartuchada.

No emplear en presencia de grisú o polvos inflamables.

Se recomienda usar para su iniciación un multiplicador RIOBOOSTER o RIOCORD® de 12 g/m (granel), o de 20 g/m (encartuchada), o un cartucho cebo de RIODIN.

Temperatura de uso entre -25 y +60°C.

Ver las instrucciones de uso incluidas en cada caja o envase del producto y su ficha de datos de seguridad.

MAXAM

(REV: 01/03/07)



# Nagolita®

Explosivo tipo ANFO

## Características técnicas (Valores nominales)

Densidad de encartuchado	0,80 g/cm <sup>3</sup>
Velocidad de detonación <sup>(1)</sup>	4.000 m/s
Calor de explosión (a volumen constante) <sup>(2)</sup>	3,9 MJ/kg
(REE - WS) (ANFO=100%) <sup>(3)</sup>	100%
(REE - BS) (ANFO=100%) <sup>(3)</sup>	100%
Volumen de gases <sup>(4)</sup>	978 l/kg
Calidad de humos residuales <sup>(4)</sup>	Entre 2,27 l/100g y 4,67 l/100g

- (1) D<sub>50</sub>100mm (en barreno). El valor de la velocidad de detonación varía con las condiciones de iniciación, el confinamiento y el diámetro.
- (2) Todos los valores de energía han sido calculados usando el código W-DETCOM, desarrollo y propiedad de MAXAM. Podrían obtenerse otros valores diferentes si se utilizan otros programas.
- (3) La energía efectiva corresponde a la energía disponible para desarrollar el trabajo efectivo de voladura hasta una presión de 100 MPa (presión mínima a la que se fragmentan la mayoría de las rocas).
- (4) Según Norma Europea EN 13.631-16.

### Almacenamiento

Para mantener las propiedades de los explosivos de MAXAM, se recomienda su almacenamiento en depósitos autorizados con buena ventilación, en lugares de ambiente seco y temperatura fresca y constante.

Almacenado en condiciones adecuadas puede utilizarse hasta 12 meses después de su fecha de fabricación.

### Clasificación

Explosivo para voladuras tipo B  
División: 1.1 D  
UN N°: 0082

## Formatos y embalajes (Valores nominales)

Cartuchos embalados en sacos de plástico de 25 kg. aproximadamente.

Diámetro por Longitud (mm)	Peso del cartucho (gr)	Cartuchos por caja	Peso caja (kg)	Tipo de encartuchado
50 x 490	833	30	25	Plástico flexible
55 x 490	962	26	25	Plástico flexible
65 x 490	1.250	20	25	Plástico flexible
75 x 490	1.563	16	25	Plástico flexible
85 x 490	2.083	12	25	Plástico flexible
125 x 490	5.000	5	25	Plástico flexible

Otros formatos disponibles a petición del cliente.



## 14.6.2 Goma 2 EC (Seco)

La Goma 2 EC (Seco), ha sido seleccionada para el relleno de los barrenos, concretamente para la parte de “carga de fondo”.

La Goma 2, está caracterizada como una Dinamita, como se ha citado anteriormente. La Goma-2 EC es un potente explosivo de fabricación española para uso industrial (sobre todo en minería).

A estos explosivos se les denomina goma debido a su aspecto gelatinoso, estando su uso bastante extendido en España.

Actualmente, también es conocido como Riodín, y está compuesto de nitroglicol, nitrato amónico, nitrocelulosa, ftalato de dibutilo y carbonato cálcico.

Concretamente ha sido seleccionada por las siguientes características:

- Tiene un precio medio, en comparación con otro tipo de explosivos.
- Se venden en gran cantidad de diámetros, permitiendo así amoldarse a los diámetros de la perforación.
- Tiene un poder rompedor muy alto y esto hace que sea un explosivo idóneo para la Caliza. Y es fácilmente ajustable.
- Alta velocidad de detonación
- Se fabrica en Quintanilla (Burgos), por lo que su transporte no sería costoso.
- Baja emisión de gases
- Posee una gran densidad y una gran resistencia al agua, por lo que es un explosivo adecuado a las características que se desean.



## Ficha técnica:

# RIODIN

## DINAMITA GELATINOSA



Es un explosivo industrial de alto poder rompedor, pudiendo variar su valor fuerza para ajustarse a los requerimientos del usuario. Se trata de un explosivo ideal para iniciación de agentes de voladura en todo tipo de trabajos a cielo abierto, especialmente cuando hay agua en los taladros y debido a la excelente calidad de sus humos, es muy recomendado para minería subterránea.

### Aplicaciones

- Por su alta densidad y gran resistencia al agua se utiliza en todo tipo de voladuras, ya sea como cebo para iniciar la detonación de explosivos secundarios como ANFO, emulsiones u otros, o como explosivo primario donde se requiere de su alto poder rompedor.
- Voladuras en taladros con agua.

### Ventajas

- Uso fácil y seguro en minería, canteras y obra públicas.
- Consistencia gelatinosa para un fácil carguío y atacado.
- Alta Velocidad de Detonación (VOD).
- Alta Presión de Detonación haciéndole un eficiente cebo.
- Baja emisión de gases.
- Alta densidad que permite concentrar la energía explosiva donde se requiere.

MAXAM



# RIODIN

## DINAMITA GELATINOSA

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,5
Velocidad de detonación*	m/s	6000
Calor de explosión**	MJ/kg	4,54
Presión de detonación**	Kbar	207
Volumen de gases**	l/kg	886
Resistencia al agua		Excelente
Categoría de humos		1ra.

\*Confinado – tubo de hierro de 42 mm. de diámetro interior

\*\* Valores calculados usando el software DETCOM, desarrollado por MAXAM

### EMBALAJE\*

Dimensiones Cartucho (Pulgadas)	Peso Cartucho (g)	Cartuchos Por Caja	Peso Neto Caja (kg)	Peso Bruto Caja (kg)	Dimensiones caja (cm)		
					Largo	Ancho	Alto
7/8 x 8	105	238	25,0	25,7	44	33	22
7/8 x 8	105	110	11,4	11,8	28	22	22
1 1/8 x 8	180	138	25,0	25,7	44	33	22
1 1/4 x 8	222	112	25,0	25,7	44	33	22

\* Medidas y pesos aproximados

### PRECAUCIONES

- Para garantizar su iniciación se debe conectar correctamente con el detonador o cordón detonante, debiendo asegurarse de que este embebido en el explosivo secundario cuando oficie de cebo.
- Este explosivo debe ser almacenado con productos compatibles y en polvorines aprobados por autoridad competente, alejado del calor, fuego o líquidos inflamables.
- Deber ser manipulado, transportado y utilizado con mucho cuidado, evitando golpes o impactos.

#### ADVERTENCIA Y RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD

El uso de estos productos por cualquier persona que carezca de capacitación, experiencia o supervisión adecuadas puede causar MUERTE o LESIÓN. MAXAM - FANEXA S.A.M. no será responsable de ningún daño o perjuicio, cualquiera que sea su naturaleza, incluyendo daños accidentales, directos o indirectos o de cualquier otro tipo causados a los compradores o terceros usuarios y derivados directa o indirectamente o relativos al suministro, uso, proceso, almacenamiento, manipulación, venta o distribución de estos productos que surjan tras la entrega de los mismos, a menos que sean causados por dolo o negligencia grave de MAXAM - FANEXA S.A.M.  
MAXAM - FANEXA S.A.M. se reserva el derecho a modificar las características de sus productos que estime conveniente, sin previo aviso a los consumidores.  
La información contenida en esta ficha puede sufrir modificaciones sin previo aviso.



Sistema de Gestión de la Calidad  
Certificados según Norma  
IRAM ISO 9001:2008

#### Clasificación

UN N°: 0081

DIVISIÓN: 1.1 D





## 14.7 Elección Detonadores

Un detonador es un dispositivo iniciador usado para explosionar bombas, cargas explosivas y otros tipos de material explosivo y dispositivos de explosión. Hay tres categorías de detonadores según su retardo: detonadores eléctricos o no eléctricos instantáneos (DEI), detonadores de período corto (DPC) y detonadores de período largo (DPL).

En este caso, me he decantado por decidirme entre eléctricos y no eléctricos.

### 14.7.1 Tipos de detonadores

Actualmente, el sistema de energización de los detonadores llamados ordinarios por medio de mecha lenta, que implica un alto riesgo de accidentes para los artilleros y una falta de control de los tiempos de salida con unas repercusiones negativas en el rendimiento de las voladuras y en las alteraciones a que pudieran dar lugar estas, ha sido casi totalmente sustituido por sistemas más seguros y fiables que pueden clasificarse en dos grupos:

- **Detonadores no eléctricos:**

Los sistemas de iniciación con detonadores no eléctricos se basan en la onda de choque de baja velocidad de detonación, que se canaliza a través de un tubo de plástico, denominado tubo de transmisión, hasta el cartucho del detonador. Ofrecen una ilimitada combinación de tiempo y pueden usarse con todo tipo de explosivos y voladuras.

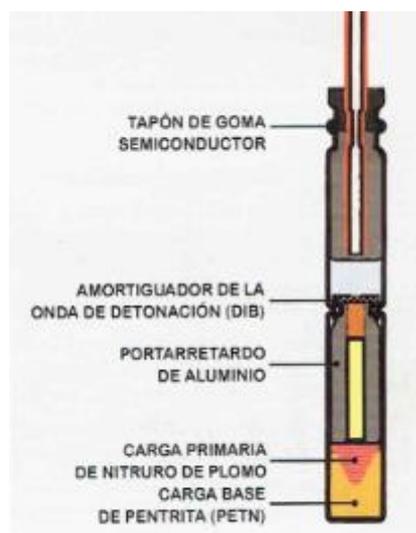


Ilustración 66. Partes detonador.  
(Manual Perf. y Vola.)



Maxam fabrica actualmente los siguientes tipos de detonadores no eléctricos y conectores para voladuras de superficie denominados Rionel:

- **Rionel MS**

La serie de milisegundos se utiliza en la mayoría de las aplicaciones de voladuras en superficie como detonadores de fondo, combinado con los conectores de superficie Rionel SCX. Presenta incrementos de tiempo de 25 ms entre números consecutivos del 1 al 30 y está disponible en una alta gama de longitudes que van desde 3,6 a 30 metros.

- **Rionel SCX**

Este conector de superficie está compuesto de un tubo de transmisión de diferentes longitudes. Posee un conector de plástico con forma de pico de pato provisto de un detonador de baja carga y alta precisión. El conector puede alojar hasta seis tubos y es identificado en diferentes colores según su tiempo de retardo.

- **Rionel DDX**

Este detonador reúne en un único elemento el detonador de fondo y el retardo en superficie. Además, el retardo en superficie está montado en un único bloque conector. El bloque conector de plástico tiene un color determinado variable según tiempo de retardo.

- **Rionel BC**

El conector de manojos Rionel BC está específicamente diseñado para el inicio simultáneo de múltiples detonadores no eléctricos. Está diseñado para iniciar un lazo de cordón detonante ensamblado en fábrica, que de forma correcta, puede sujetar hasta 20 tubos de transmisión.

- **Rionel LLX**

Es un sistema no eléctrico de iniciación de voladuras. Consta de un tubo de transmisión de gran longitud enrollado en un carrete con un conector. El tubo de transmisión es seguro frente a corrientes extrañas y diseñado para resistir altos esfuerzos de tracción y elongación. El conector puede alojar hasta 6 tubos en su interior y la iniciación requiere a la vez energía de onda de choque y calor.



- **Detonadores eléctricos:**

Estos detonadores están constituidos por una capsula de aluminio o cobre en la que se aloja un inflamador, un explosivo iniciador y un explosivo base. La potencia de los detonadores viene dada por la cantidad de fulminato de mercurio de que disponen, normalmente de 1 o 2 gramos.



Ilustración 67. Partes detonador eléctrico.

Desde el punto de vista electrónico los detonadores se clasifican según el impulso de encendido o energía por unidad de resistencia eléctrica que se precisa para provocar la inflamación del detonador. Los detonadores se denominan sensibles (S), insensibles (I) y altamente insensibles (AI).

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS DETONADORES MAXAM	TIPO DE DETONADOR		
	S	I	AI
Resistencia de puente Ohmios ( $\Omega$ )	1,2 - 1,6	0,4 - 0,5	0,03 - 0,05
Impulso de encendido (mW·s/ $\Omega$ )	0,8 - 3	8 - 16	1.100 - 2.500
Corriente de seguridad Amperios (A)	0,18	0,45	4
Corriente de encendido en series recomendada Amperios (A)	1,2	2,5	25

Ilustración 68. Características eléctricas.

En España Maxam comercializa los detonadores Riodet. Estos presentan tres tipos de retardo, Instantáneo (Z), Microretardo (M) y Retardo (D). Los de microretardo se fabrican en 25 tiempos de retardo y los de retardo con 16 tiempos, proporcionando gran flexibilidad en el diseño de la voladura.



## 14.7.2 Detonador seleccionado

Para realizar el inicio de la voladura, concretamente de las cargas, se ha seleccionado el uso de dos detonadores no eléctricos, concretamente los fabricados por Maxam, Rionel MS, para el inicio de las cargas de fondo y el detonador no eléctrico Rionel SCX para su conexión en la superficie.

Ambos poseen gran variedad de tiempos de retardo y se han elegido dichos detonadores frente a los eléctricos por las siguientes ventajas:

- Fácil uso y manejo.
- Sin límite de número de barrenos.
- Reducción de onda aérea, proyecciones y vibraciones.
- Total seguridad frente a corrientes erráticas.

Para la colocación del detonador no eléctrico, el casquillo del detonador se debe introducir completamente en el cartucho cebo, apuntando su extremo en el sentido en el que vaya a ser dispuesta la carga del barreno, es decir, hacia arriba. A continuación, hay que asegurar el detonador mediante una lanzada o fijación con cinta adhesiva para que no se salga del cartucho cebo.

Estos detonadores se componen de una cápsula de aluminio que contienen en su interior una carga base de pentrita cuya función es la de iniciar con suficiente energía el explosivo, de una carga primaria de nitruro de plomo, de un elemento cilíndrico metálico portador de la pasta de retardo (porta-retardo), de un sistema amortiguador de onda de detonación y de un tapón de goma semiconductor que sirve como elemento de engarce al tubo de transmisión.



Ficha técnica: (Rionel MS)

# RIONEL MILISEGUNDO

La serie de RIONEL MS ha sido diseñada para su uso como detonador de fondo en voladuras convencionales.

Los detonadores RIONEL MS se fabrican en una serie con diferentes tiempos de retardo, que combinados con los conectores de superficie RIONEL SCX, ofrecen multitud de opciones de secuencias de iniciación. Los detonadores RIONEL MS tienen una alta precisión en su retardo, reduciendo así el riesgo de solape de tiempos.

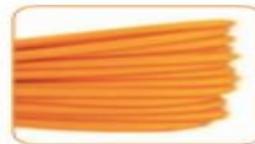
El detonador RIONEL MS puede iniciar RIOBOOSTER, RIOGEL, RIOHIT, RIOSPLIT y toda la gama MAXAM de productos sensibles al detonador.

Los RIONEL MS de 3,6 m, 4,8 m, y 6 m incluyen un conector J (J-hook) que facilita la conexión al cordón detonante RIOCORD (de un mínimo de 5 g/m)

Los detonadores estándar RIONEL MS vienen enrollados en una "forma de 80" patentada que evita la formación de enredos. Las unidades de mayor metraje se suministran en carretes que evitan de igual manera estos efectos.

## Ventajas

- Seguro, fiable y de fácil manejo.
- Seguro frente a corrientes erráticas
- Tubo de transmisión diseñado para resistir altos esfuerzos a tracción y elongaciones evitando su daño bajo condiciones normales de uso.
- El diseño, color, etiquetas y embalaje facilitan su visibilidad e identificación.



1. Tubo de transmisión de 3 capas enrollado en "forma de 80" que evita la formación de enredos.



2. Detonador de potencia doble con doble engrasado.



3. La faja de sujeción de fácil rotura permite una carga más rápida.



4. La etiqueta resistente al agua incluye el número, tiempo de retardo, longitud y número de lote.



5. Conector J (J-hook) para facilitar la conexión con RIOCORD (máximo 5 g/m). Disponible sólo en longitudes de 3,6, 4,8 y 6 m

# MAXAM

010201RIONEL\_MS01

### Tiempos de retardo (valores nominales)

Retardo	Tiempo (ms)
0	-
1	25
2	50
3	75
4	100
5	125
6	150
7	175
8	200
9	225
10	250
12	300
14	350
16	400
18	450
20	500
22	550
24	600
26	650
28	700
30	750

### Embalaje estándar, Clase 1.1B (valores nominales)

Longitud (m)	Unidades por caja	Peso bruto (kg)	Peso neto (kg)	Color del tubo
3,6*	240	10	8	Naranja
4,8*	240	12	10	Naranja
6*	180	10	8	Naranja
9*	150	11	9	Naranja
12*	120	12	10	Naranja
15*	96	11	9	Naranja
18*	72	10	8	Naranja
24*	54	10	8	Naranja
30*	40	10	8	Naranja
30*	40	10	8	Naranja

\*Longitud estándar. Suministro más rápido. Otros metrajes disponibles bajo pedido. Unidades en metrajes.

### Embalaje especial, Clase 1.4B (valores nominales)

40*	16	7	12	Naranja
50*	16	8	13	Naranja
60*	16	9	14	Naranja
70*	16	9.5	14	Naranja
80*	16	10.5	15	Naranja
100*	16	12	17	Naranja

\*Longitud estándar. Suministro más rápido. Otros metrajes disponibles bajo pedido. Unidades en carretes.





Ficha técnica (Rionel SCX):

**RIONEL SUPERFICIE**

La serie de conectores RIONEL SCX ha sido diseñada para el secuenciado de voladuras, introduciendo intervalos de retardo entre barrenos, mediante sencillas conexiones de superficie.

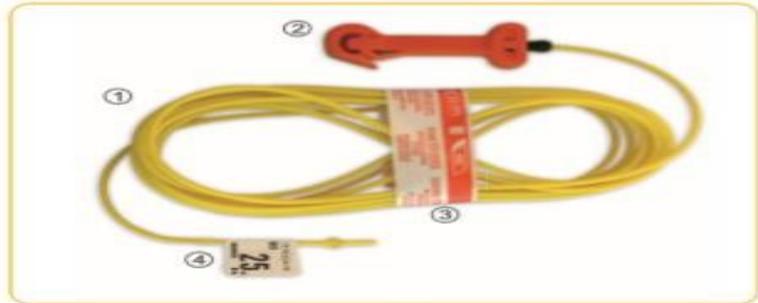
La serie RIONEL SCX permite secuenciar diferentes cargas dentro de un mismo barreno o entre filas de barrenos. Utilizándolos junto con los detonadores RIONEL MS, LP or DDX, ofrecen una gran versatilidad en el diseño de cualquier voladura.

El conector de superficie RIONEL SCX está compuesto de un tubo de transmisión de diferentes longitudes. Así mismo posee un conector de plástico provisto de un detonador de baja carga y alta precisión que minimiza el ruido y la metralla. El conector puede alojar hasta 6 tubos en su interior y es identificado mediante su color dependiendo del tiempo de retardo.

RIONEL SCX es el tipo de conexión ideal para el sistema RIONEL de MAXAM.

**Ventajas**

- Seguro, fiable y de fácil manejo.
- Permite multitud de secuencias de disparo.
- Seguro frente a corrientes erráticas.
- Tubo de transmisión diseñado para resistir altos esfuerzos a tracción y elongaciones evitando su daño bajo condiciones de uso normales.
- El diseño, colores, etiquetas y embalaje facilitan su visibilidad e identificación.



1. Tubo de transmisión de 3 capas entrelazado en "forma de 80" que evita la formación de enredos.



2. El conector codificado con colores puede alojar hasta 6 tubos.



3. La faja de sujeción de fácil rotura permite una carga más rápida.



4. La etiqueta resistente al agua incluye el número, tiempo de retardo, longitud y número de lote.



00001RIONEL\_SCX001

Tiempos de retardo (valores nominales)		Embalaje estándar, Clase 1.1B (valores nominales)				
Retardo	Tiempo (ms)	Longitud (m)	Unidades por caja	Peso bruto (kg)	Peso neto (kg)	Color del tubo
	0	3,6*	210	12	10	Amarillo
	9	4,8*	180	11	9	Amarillo
	17	6*	180	13	11	Amarillo
	25	9*	120	11	9	Amarillo
	33	12*	120	13	11	Amarillo
	42					
	67					
	100					
	150					
	200					

\*Longitud estándar. Suministro más rápido. Otras medidas disponibles bajo pedido. Unidades en metraje.



## 14.8 Sistema de Encendido

La iniciación de la voladura se realizará mediante el explosor que transmite la carga al tubo de transmisión que consiste en un tubo de plástico laminado multicapa que contiene en su interior una finísima capa de material reactivo (HMX y Al). Dicho tubo una vez iniciado conduce la onda detonación de baja energía a una velocidad de aproximadamente 2.000 m/s que será la encargada de iniciar la voladura.

La iniciación del tubo de transmisión se realizará mediante un iniciador de tubo de transmisión que pueden ser utilizados las distintas variedades existentes en el mercado, que son de iniciación mediante descarga eléctrica de alto voltaje o de detonación de pistón, aconsejándose la utilización del iniciador eléctrico debido a su seguridad, fiabilidad y por qué no produce onda sonora.

Con el sistema combinado de detonadores y conectores no eléctricos, cada barreno dispone de un detonador no eléctrico con el mismo retardo básico. Una vez cargada la voladura, se conectan los tubos de los detonadores a través de los conectores Rionel. De esta manera, el conector retarda con su tiempo intrínseco tanto al detonador del barreno como el siguiente conector y detonador continuando así sucesivamente hasta el final de la secuencia.

Cuando se termina la conexión, el retardo final de cada barreno es la suma de su retardo básico del detonador y de los retardos de superficie conectores que les afectan, es decir, los que están por delante de él en el esquema de tiro.



## 14.9 Proyecto de perforación y voladura

### 14.9.1 Introducción

Este apartado, es uno de los mas importantes a la hora de realizar una cantera, debido a que una voladura eficiente y correcta, hace mejorar la explotación, tanto a nivel económico como a nivel de seguridad.

Cuando se realiza una voladura (calcularla) se debe tener en cuenta aspectos geométricos de la roca, aspectos del tipo de explosivo, el tiempo, la altura de banco, las propiedades fisicoquímicas, etc.

La expansión de la minería cielo abierto y la evolución de los equipos han hecho de las voladuras en banco el método mas popular de arranque de rocas con explosivos. Hay varios tipos de voladuras, dependiendo del uso de la roca, convencionales, escollera, de máximo desplazamiento, para carreteras y autopistas, zanjas y rampas, etc...

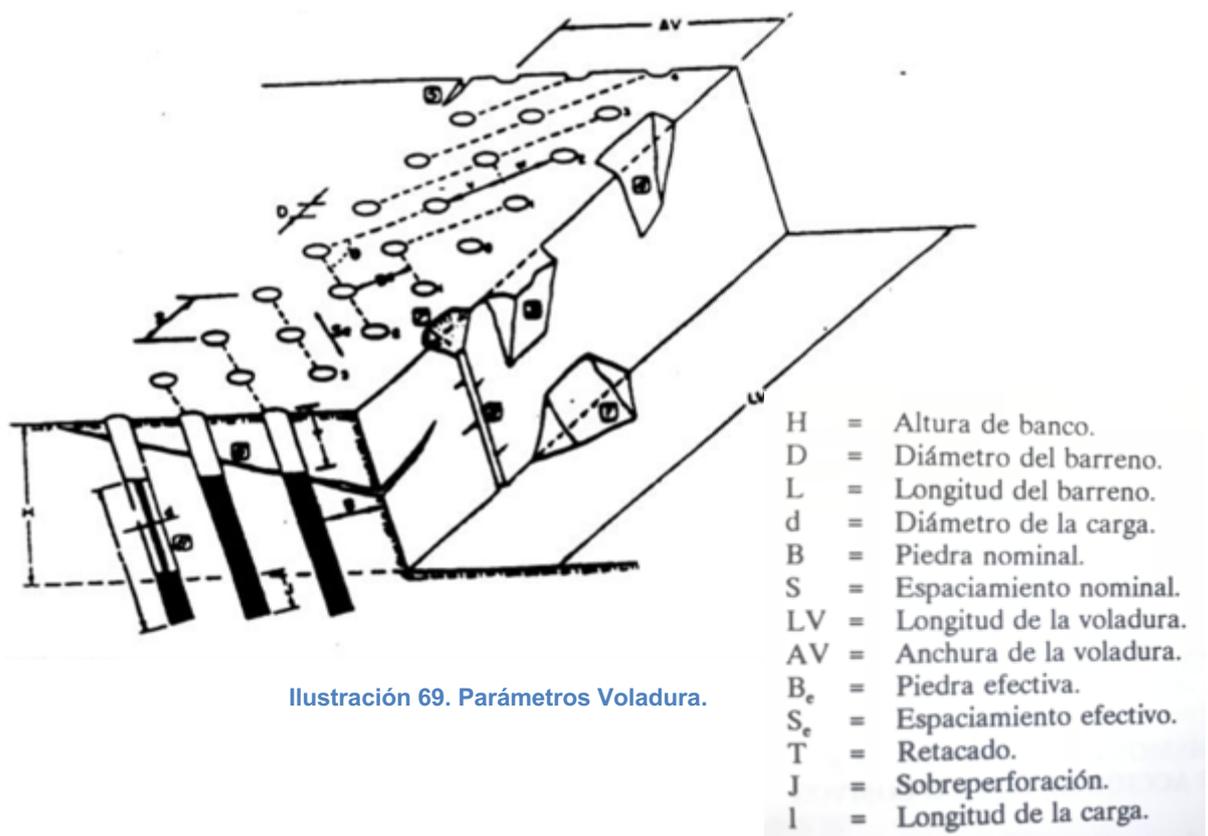


Ilustración 69. Parámetros Voladura.



## 14.9.2 Cálculos de perforación y voladura

La eficiencia en voladura consiste en conseguir un arranque y fragmentación del macizo rocoso con la mínima cantidad de explosivo y perforación necesaria para el objetivo de la voladura. Esto no debe confundirse con el arranque más barato posible, ya que los resultados de la voladura no se miden solo por volumen arrancado, sino también por calidad de la fragmentación, desplazamiento y minimización de efectos ambientales (vibraciones, onda aérea y proyecciones).

Las tres claves para las voladuras eficientes:

Hay tres aspectos fundamentales de las voladuras que determinan la eficiencia y el uso seguro de los explosivos. En un material de tanta potencia como son los explosivos, todo se enfoca al mayor y mejor uso de cada kilojulio de energía para los objetivos de la voladura. Así, deberemos enfocarnos en:



- **Datos de la voladura (conocidos):**
  - **Altura de banco  $H= 20$  m**
  - **RCS= 200 Mpa**
  - **$\beta= 15^\circ$**
  - **$H/B= 1,6$**
  - **$D = 120$  mm** (debido al tipo de roca)
  - **Roca muy dura  $> 180$  Mpa**

Ahora se deberán observar los datos de las tablas, para poder hacer correctamente la voladura:



DIAMETRO DEL BARRENO (mm)	PRODUCCION HORARIA MEDIA (m <sup>3</sup> b/h)	
	Roca blanda-media < 120 MPa	Roca dura-muy dura > 120 MPa
65	190	60
89	250	110
150	550	270

Ilustración 70. Voladura- Diametro/Dureza

Altura del Banco; "H", m	Diámetro del Barreno; "D", mm	Equipo de Carga Recomendado
8-10	65-90	Palas de Ruedas Excavadora Hidráulica o de cables
10-15	100-150	

Ilustración 71. Selección equipo.

VARIABLE DE DISEÑO	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE (MPa)			
	Blanda < 70	Media 70-120	Dura 120-180	Muy Dura > 180
PIEDRA - B	39 D	37 D	35 D	33 D
ESPACIAMIENTO - S	51 D	47 D	43 D	38 D
RETACADO - T	35 D	34 D	32 D	30 D
SOBREPERFORACION - J	10 D	11 D	12 D	12 D

Ilustración 72. Variables de diseño.

Por lo tanto, se obtienen los siguientes datos definitivos para la voladura tipo:

VARIABLE DE DISEÑO		TOTAL
PIEDRA - B	33 D	3,96 m.
ESPACIAMIENTO - S	38 D	4,56 m.
RETACADO - T	30 D	3,6 m.
SOBREPERFORACIÓN - J	12 D	1,44 m.

Tabla 10. Variables diseño Voladura.



Para la realización de voladura, en la Cantera de Caliza, y debido que son los explosivos que mejor funcionan, para dichas características, en cuanto a variables de diseño, facilidad, económicos y seguridad, he decidido elegir los siguientes explosivos:

- GOMA-2 (ECO)
- NAGOLITA (a granel)

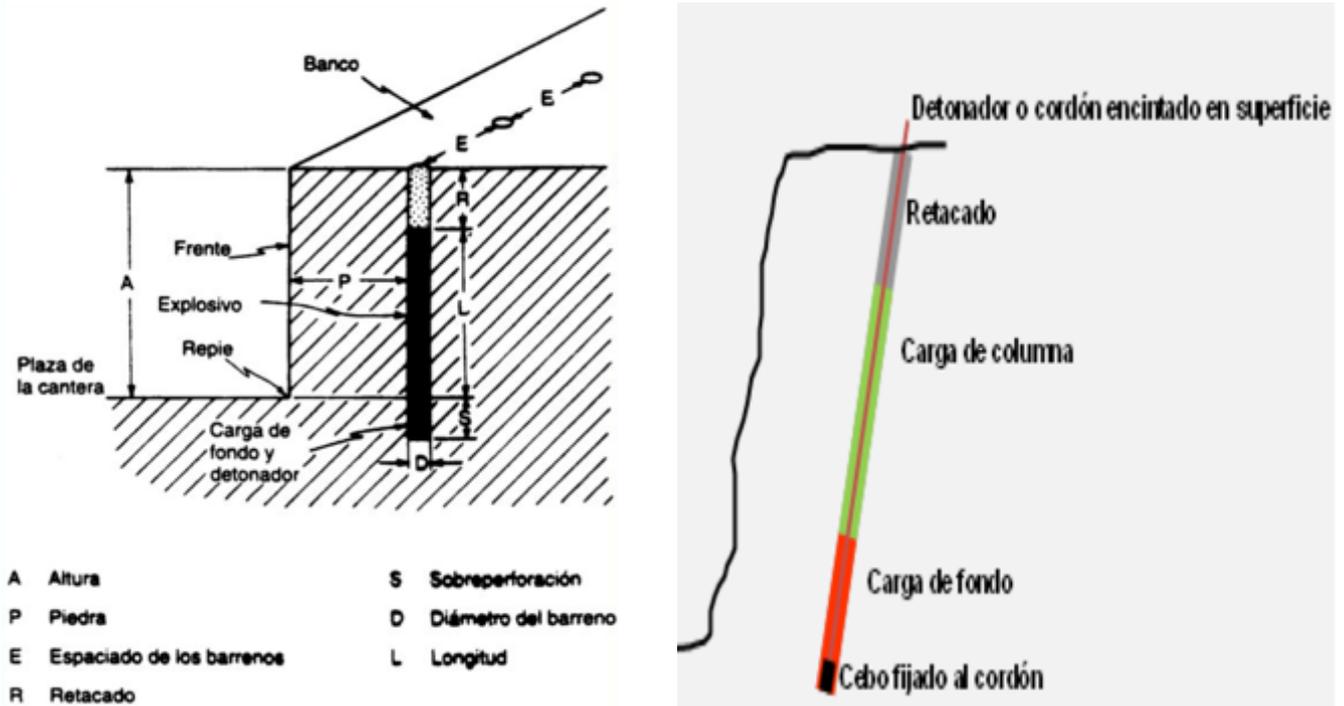


Ilustración 73. Variables a calcular

- CALCULOS VOLADURA (primera parte):

- LONGITUD DEL BARRENO:

$$L = \frac{H}{\cos\beta} + \left[1 - \frac{\beta}{100}\right] * J$$

$$L = \frac{20}{\cos 15} + \left[1 - \frac{15}{100}\right] * 1,44 = 21,93m$$

- LONGITUD DE CARGA DE FONDO:

$$L_{cf} = 46 * D = 46 * 120 = 5,52m$$

- LONGITUD DE CARGA DE COLUMNA:

$$L_{cc} = 21,93 - 5,52 - 3,6 = 12,81m$$



○ **CARGA DE FONDO:**

**Goma 2EC (Seco)**

- D= 85 mm
- Lu= 620 mm = 0,62 m.
- Pu= 2,5 kg

$$\frac{5,52}{0,62} = 8,95 \text{ cartuchos}$$

*Aproximadamente 9 cartuchos*

$$\text{Longitud} = 9 \times 0,62 = 5,58 \text{ m}$$

Carga GOMA 2EC= 9 cartuchos x 2,5 kg = 22,5 kg por barreno

○ **CARGA DE COLUMNA:**

**Nagolita a granel**

- D= 85 mm
- Lu= 459 mm
- Pu= 2 kg aprox.

$$\frac{12,81}{0,459} = 27,9 \text{ cartuchos}$$

*Aproximadamente 28 cartuchos*

$$\text{Longitud} = 28 \times 0,459 = 12,85 \text{ m.}$$

La carga de columna 56 kg por barreno (28 x 2)

○ **RETACADO T:**

$$21,93 = 5,58 + 12,85 + T$$

$$T = 3,5 \text{ m}$$

○ **Carga del Barreno:**

$$Q = Q_f + Q_c = 22,5 + 56 = 78,5 \text{ kg}$$



- **SEGUNDA PARTE DE LA VOLADURA:**

- **VOLUMEN ARRANCADO:**

$$VR = 3,96 * 4,56 * \left[ \frac{20}{\cos 15} \right] = 373,90m^3$$

- **RENDIMIENTO DE ARRANQUE:**

$$RA = \frac{373,90}{21,93} = 17,04m^3/m$$

- **CONSUMO ESPECÍFICO:**

$$ce = \frac{5 * 9 + 28 * 2,3}{373,90} = 0,29kg/m^3$$

El consumo específico entre 0,25 kg/m<sup>3</sup>-1,25kg/m<sup>3</sup>.

23 metros de largo, 20 metros de alto, 16,3 metros de ancho --- **7600 m<sup>3</sup>/semana**

$$\frac{V_{RT}}{V_R} = \frac{7600}{373,90} = 20,49barrenos$$

*Aproximadamente 20 barrenos*

- **ALCANCE PROYECCIONES:**

$$Lmax = 260 * D^{2/3}$$

Observando datos en los apuntes de explosivos, D, 4 pulgadas

$$Lmax = 260 * 4^{\frac{2}{3}} = 650m$$

La voladura tipo se realizará cada semana, se volará un bloque de 7600 m<sup>3</sup> con unas dimensiones de 23 metros de largo, 20 metros de alto y 16,3metros de ancho.

Que, observando los datos de la reserva y la extracción diaria y semanal a realizar, daría exactamente igual los metros cúbicos por semana a explotar.



**Rotura de los taludes (tipo):**

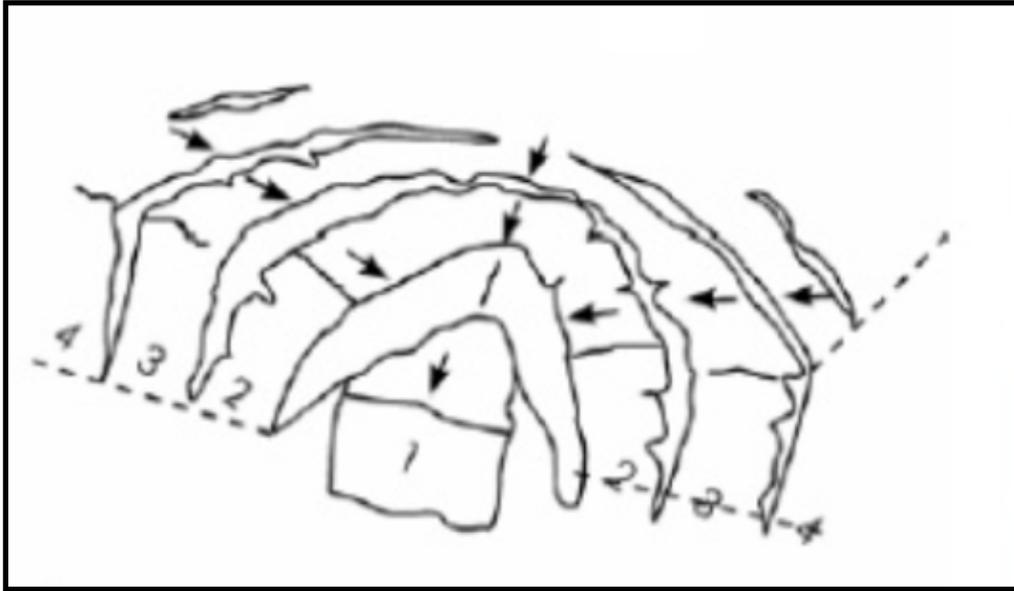


Ilustración 74. Rotura talud con voladura (tipo)



## 14.10 Esquema de tiro

Es importante que la disposición de los detonadores esté en orden a una fragmentación adecuada a los medios de machaqueo, a la dirección prevista de empuje y, también, a evitar el extendido excesivo de la roca volada.

Las voladuras tipo se han proyectado para un total de 45 barrenos, (9 columnas y 5 filas). Los detonadores (conectores) se situarán de tal manera que la voladura tenga salida por la parte elegida del frente, con el fin de evitar proyecciones innecesarias sobre las instalaciones de machaqueo, molienda y clasificación, tal y como queda dispuesto en el esquema de tiro.

En la siguiente imagen se observa el esquema de tiro de la voladura tipo y en la tabla el orden de iniciación.

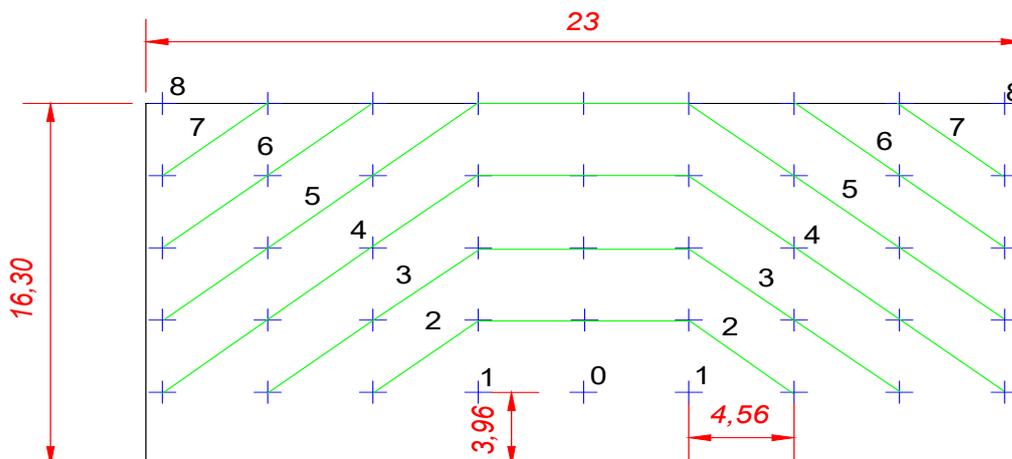


Ilustración 75. Esquema de tiro.

Como se observa en la imagen, para evitar riesgos y proyecciones, pero sin perder la mayor potencia rompedora, se ha dividido la voladura en 8 series de tiro, añadiendo así los detonadores de fondo y de superficie, para generar microretardos.

El sistema de encendido será el siguiente:



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Número	Microretardos (ms)	Numero barrenos
0	0	1
1	25	2
2	50	5
3	75	7
4	100	9
5	125	9
6	150	6
7	175	4
8	200	2

Tabla 11. Secuencia de tiro.

Como se ha explicado con anterioridad, y al ser una voladura tipo, es posible que sufra variaciones, ya que cada voladura hay que estudiarla y realizarla de manera individual. Por esta razón, se le llama voladura tipo en todo momento.



### 14.11 Carga del Barreno:

Es la suma de la carga de fondo más la carga de columna: ( $Q_f=22,5$   $Q_c=56$ )

$$Q_b=22,5+56=78,5 \text{ kg}$$



Ilustración 76. Dimensiones del barreno.

### 14.12 Retacado:

El retacado es, generalmente, el valor T. Tiene especial importancia en cuanto que si se reduce la altura del retacado se produce una mayor concentración de carga próxima a la superficie, con el consiguiente riesgo de proyecciones. De ahí la importancia de realizar la carga con el máximo cuidado, Para el retacado se empleará el detritus de la perforación o arena húmeda que se compactará evitando la entrada de piedras u otros elementos que puedan cortar el cable.

### 14.13 Consumo específico

Este es el peso del explosivo de esta dividido por el volumen total de roca arrancada.

Para una fila de barrenos donde se produce la rotura por las líneas entre las cañas de estos, puede admitirse que el volumen arrancado por cada barreno es el siguiente.

$$ce = \frac{5 * 9 + 28 * 2,3}{373,90} = 0,29 \text{ kg/m}^3$$

El consumo específico entre  $0,25 \text{ kg/m}^3$ - $1,25 \text{ kg/m}^3$ .

Este parámetro representa la volatilidad de la roca y es proporcional al diámetro de perforación, tras obtener un valor de  $290 \text{ g/m}^3$  de roca arrancada, y se observa que se trata de un valor ligeramente inferior al consumo específico de explosivo de una roca de resistencia media, que oscila en torno a  $300 \text{ g/m}^3$ .



## 14.14 Cálculo del índice de peligrosidad y velocidad de vibración

Las zonas de explotación donde se realizan las voladuras se encuentran suficientemente alejadas de núcleos urbanos (4 Km), estando una instalación sensible a unos 700 m aproximadamente, que será la distancia que se tomará como referencia para el cálculo de vibraciones.

Para determinar la velocidad máxima de vibración con la carga explosionada simultáneamente y la distancia, existen varias teorías y fórmulas, siendo las más usuales y recomendadas las de LANGEFORS y U.S. BUREAU OF MINES.

### 14.14.1 Nivel índice de peligrosidad

$$N = P / D^{3/2}$$

Siendo la misma:

- N = Nivel Índice de Peligrosidad
- P = Carga máxima operante de explosivo en kg
- D = Distancia a edificaciones

$$N = 100 \text{ Kg explosivo} / 700 \text{ m}^{3/2} = 100,17 / 20539,60 \text{ luego } N = 0,0064$$

Se obtiene un valor de seguridad mucho mejor que el que establece RUNE GUSTAFSSON (VALOR = 0,06)

### 14.14.2 Velocidad de vibración y aceleración

La velocidad de vibración viene dada por la fórmula:

$$V = K \times N^{1/2}$$

Siendo:

- V = Velocidad de vibración en mm/seg
- K = Coeficiente dependiente de la naturaleza de la roca
- N = Nivel Índice Peligrosidad (ya calculado)



Parámetros adoptados:

- Para roca dura K = 400
- Para roca dura media K = 200
- Para roca blanda K = 100

En este caso, y para la roca Caliza se tomará el valor, K = 200 por tratarse de roca dura media y así se tendrá:  $V = K \times N^{1/2} = 200 \times 0,0064^{1/2} = 20,83$  mm/seg

Edwards y Montwood, señala como valor máximo admisible de la velocidad de vibración para este tipo de roca en 55 mm/seg muy superior al obtenido de 20,83 mm/seg.

#### 14.14.3 Aceleración generada:

La estimación de la aceleración generable por la voladura se ha calculado con la fórmula de Dowding. Se ha calculado las vibraciones teniendo en cuenta la distancia a la planta de tratamiento (700m) y al pueblo más cercano(4.000 m.).

$$A_{max} = \frac{314}{386} \times \left(\frac{30,5}{D}\right)^{1,84} \times \left(\frac{c}{3050}\right)^{1,45} \times \left(\frac{Q}{4,5}\right)^{0,28} \times \left(\frac{2,446}{y}\right)^{0,28}$$

Donde:

- D = distancia de la estación a la base de registro (m)
- C = celeridad de las ondas internas media para las calizas es 2.000 m/s.
- Q = La carga operante máxima es de 499 kg.
- $\Phi$  = El peso específico medio de las Calizas es 2,7 t/m<sup>3</sup>.
- Amax = aceleración máxima en (g); 1g=9.800 mm/s<sup>2</sup>

Los resultados serían:

Distancia (m)	a <sub>max</sub> (g)	Velocidad (cm/s <sup>2</sup> )	Grado
700	0,0237	1,21	Débil
4.000	0,000623	0,072	Muy débil

Tabla 12. Aceleraciones de vibración



Según la escala de Mercalli que tiene en cuenta la aceleración, el temblor no generaría ningún daño en estructuras y la percepción de este sería solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar.

#### 14.14.4 Velocidad sísmica y frecuencia

Para la estimación de la velocidad sísmica y la frecuencia se ha seguido el procedimiento siguiente:

$$TD = D / Q^{0,5}$$

Donde:

- D = Distancia a la estación de la base de registro (m)
- Q = La carga operante máxima es de 499 kg.

Los resultados serían:

Distancia (m)	TD
700	31,33
4.000	180

Tabla 13. Resultados TD.

Y a continuación, y aplicando las tablas utilizadas en las asignaturas de Laboreo de Minas y Técnicas de Restauración, se procede a llevar los datos del TD, a la siguiente tabla para obtener los valores de PVS (mm/s).

Con estos datos y sabiendo que la voladura es en banco (curva azul), se entra en la gráfica de “ajuste tipo en base a la posición del geófono respecto a la voladura” se obtienen los siguientes valores de velocidad sísmica.



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

AJUSTES TIPO EN BASE A LA POSICIÓN DEL GEÓFONO RESPECTO DE LA VOLADURA  
2000, J. Gallo Laya)

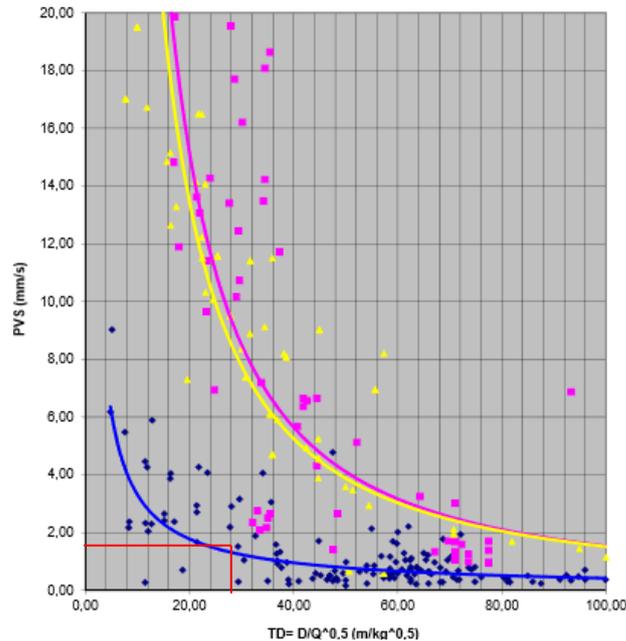


Ilustración 77. Apuntes Javier Gayo.

Se observa que para una distancia de 400m. se obtendrá un valor de PVS = 1,8 mm/s.

Y para una distancia de 4.000 m. el valor de PVS = 0,2 mm/s.

La velocidad de las vibraciones al ser menor de 2 mm/s en los dos casos su frecuencia no superará los 15 Hz.

Al no haber edificios históricos cercanos, se deduce con los datos obtenidos, que las vibraciones no causarían ningún problema en el entorno.

Los valores están por debajo del límite permitido por lo que no es necesario adoptar medidas para el control de vibraciones.

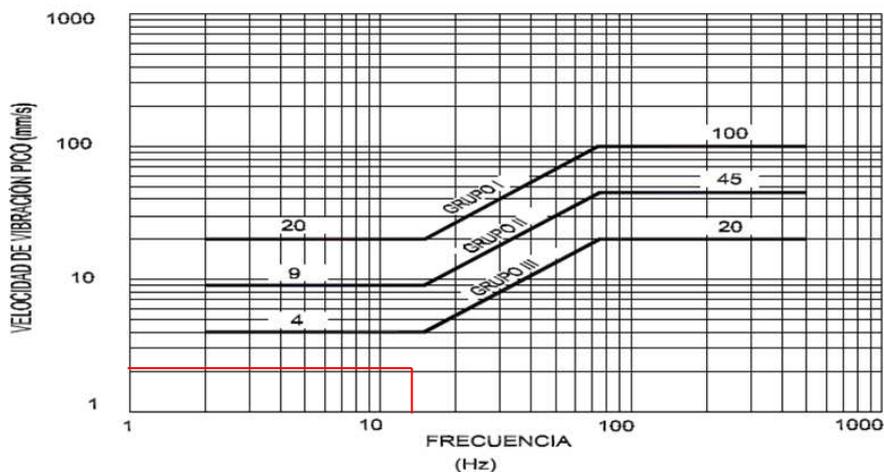


Ilustración 78. Estudio vibraciones.



#### 14.14.5 Nivel de ruido

En cuanto a los ruidos generados, al no tener datos, de las voladuras y del establecimiento de beneficio, será imposible, a priori, sacar conclusiones sobre que protecciones adoptar.

Pero es posible que la onda aérea en la zona de explotación podría causar dolor de oído se procederá a llevar auriculares en el momento de la voladura. Respecto al pueblo mas cercano a la explotación (Gobantes) no habrá ningún peligro al tratarse de un ruido momentáneo.

#### 14.15 Medidas para reducir las posibles proyecciones de roca en la voladura

Las proyecciones o lanzamientos de fragmentos de roca procedentes de las voladuras pueden ser de tres tipos:

- Normal, hacia el frente, de toda la voladura.
- Originada en barrenos con sobrecarga.
- Hacia la vertical por la presión de los gases.

Las causas más frecuentes de proyecciones indeseadas son:

- Fallas, grietas y zonas debilitadas localmente.
- Mala disposición del esquema con zonas de alta concentración de explosivo.
- Secuencia de encendido inadecuada, con barrenos encerrados o secuencia de encendido excesivamente larga.

Para controlar las proyecciones producidas en las voladuras en banco, además de utilizar los elementos de protección adecuados, deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- Perfecto replanteo de los esquemas de perforación, sobre todo en terrenos con perfil irregular.
- Control de las desviaciones y profundidades de los barrenos.
- Medida de la piedra de los barrenos en las primeras filas.
- Comprobación de existencia de coqueas en el macizo rocoso.
- Control de la carga del explosivo y su distribución a lo largo del barreno.



- Ejecución cuidadosa del retacado, midiendo su longitud y empleando el material adecuado.
- Elección de una secuencia de encendido que proporcione una buena salida de la voladura.
- Colocación de una malla para evitar proyecciones, en el caso de que las hubiese.

#### **14.16 Manejo de explosivos (Mano de Obra)**

Por mano de obra se entiende el personal reglamentariamente autorizado para el uso y utilización de explosivos y, en este caso, para la carga de estos en las voladuras proyectadas y ejecución de éstas.

Los trabajos serán subcontratados a una empresa especializada, la cual tendrá la autorización de empresa consumidora habitual de explosivos por parte de la Subdelegación del Gobierno de Castilla y León.

No obstante, el movimiento de explosivos dentro de la zona de la voladura, como transporte de los sacos y cajas al lugar de empleo (barrenos), se realizará por personal designado por el Director Facultativo, no siendo así la carga de los barrenos que estará a cargo del artillero indicado, así como de la empresa autorizada para realizar las voladuras (arriba indicada), que es a su vez responsable de la voladura y los riesgos de esta.



# ANEXO 4: RED DE DRENAJE Y Balsa DE DECANTACIÓN



## Índice:

<b>15 ANEXO 4: RED DE DRENAJE Y Balsa DE DECANTACION.....</b>	<b>145</b>
<b>15.1 . Drenaje superficial.....</b>	<b>145</b>
15.1.1 Introducción .....	145
15.1.2 Método hidrometeorológico .....	145
15.1.3 Período de retorno (T) .....	146
15.1.4 Tiempo de concentración (Tc).....	146
15.1.5 Intensidad media de precipitación .....	147
15.1.6 Coeficiente de escorrentía (c) .....	150
15.1.7 Caudal de referencia (q).....	151
<b>15.2 Dimensionamiento de las obras.....</b>	<b>152</b>
15.2.1 Introducción .....	152
15.2.2 Dimensionamiento de cunetas .....	152
15.2.3 Mantenimiento de las cunetas.....	157
<b>15.3 Balsa de decantación .....</b>	<b>158</b>
15.3.1 Velocidad de sedimentación (Vs) .....	158
15.3.2 Velocidad crítica de arrastre (Vb).....	159
15.3.3 Dimensiones .....	159
15.3.4 Resumen balsa.....	160



## 15 ANEXO 4: RED DE DRENAJE Y Balsa DE DECANTACION

### 15.1. Drenaje superficial

#### 15.1.1 Introducción

Es necesario definir una serie de parámetros hidrológicos para obtener el caudal necesario a desaguar por las obras de drenaje. Este caudal se denomina caudal de diseño y es con el que posteriormente se diseñan las obras de drenaje. Es el máximo caudal que podría circular por la obra sin suponer un riesgo.

Se va a utilizar como método de cálculo el método hidrometeorológico, basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esa precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

Para el estudio se va a tener en cuenta la situación más desfavorable. Pista principal (738m.)

La naturaleza de la cuenca aportante influye en los métodos hidrometeorológicos, según el tiempo de recorrido de flujo difuso sobre el terreno sea relativamente apreciable o no.

#### 15.1.2 Método hidrometeorológico

El caudal de referencia Q en el punto de desagüe una cuenca o superficie se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * A * I}{K}$$

Donde,

- C El coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A Su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I La intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K Un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20% en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor se da en la siguiente tabla.



Q en	A en		
	km²	ha	m²
m³/s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

Ilustración 79. Valores de K.

En este caso se trabajará con el Q en m³/s y el A en Km², con lo que el valor del coeficiente K será igual 3.

### 15.1.3 Período de retorno (T)

La selección del caudal de referencia para el que debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la frecuencia en la que aparece, que se puede definir por su período de retorno: a mayor período de retorno, mayor será el caudal.

La explotación va a tener una vida útil de 30 años, pero puesto que no se van a explotar todas las reservar y pudiese producirse una ampliación de la concesión se va a adoptar un periodo de retorno de **60 años**.

### 15.1.4 Tiempo de concentración (Tc)

El tiempo de concentración T es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia que produce escorrentía hasta el final de la escorrentía superficial producida en la cuenca.

Se da el caso normal de cuencas, predominando el tiempo de recorrido de flujo canalizado por una red de cauces definidos. Debido a esto, el tiempo de concentración T (h) relacionado con la intensidad media de la precipitación se calculará utilizando la siguiente expresión:

$$T_c = 0,3 * \left( \frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde,

T<sub>c</sub> Es el tiempo de concentración en horas.

L Es la longitud del cauce principal en Km.

J Pendiente media de la cuenca en tanto por uno.

En la zona de proyecto se ha estudiado la cuenca más desfavorable, y estos son los datos de ésta:

- L= 0,738 km
- J= 0,293 m/m
- **Tc= 0,30 h**



### 15.1.5 Intensidad media de precipitación

La intensidad media  $I_t$  (mm/h) de precipitación se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{I_t}{I_d}\right) = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1-t^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

Donde,

$I_d$  (mm/h) La intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado. Es igual a  $P_d/24$ .

$P_d$  (mm) La precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno, que podrá tomarse de los mapas contenidos en la publicación "Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día" de la Dirección General de Carreteras, o a partir de otros datos sobre lluvias, los cuales deberán proceder preferentemente del Instituto Nacional de Meteorología.

$t$  (h) La duración del intervalo al que se refiere  $I$ , que se tomara igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ).

$I_1$  (mm/h) La intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón  $\frac{I_1}{I_d}$  se podrá obtener de la siguiente figura:



Ilustración 80. Valor de la razón  $I_1/I_d$



Para el caso que nos compete el valor será igual a 10.

Para calcular Pd es necesario en primer lugar hallar el coeficiente de variación  $C_v$  y el factor de amplificación  $K_t$ .

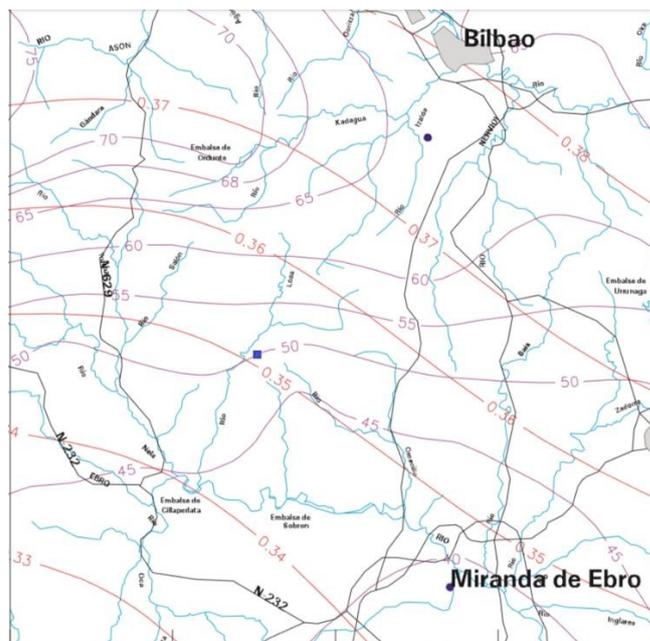
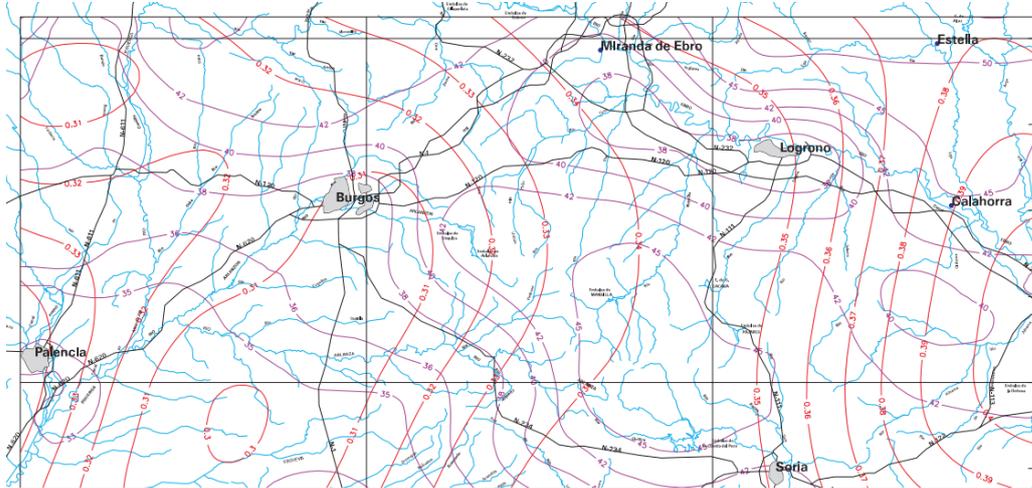


Ilustración 81. Determinación del coeficiente de variación

A la zona donde se ejecutará la obra le corresponde un coeficiente de variación  $C_v$  comprendido entre 0,37-0,38 y un valor medio de la máxima precipitación diaria anual  $P_m$  comprendido entre 50-55 mm. Poniéndonos en el lado de la seguridad se estudiará el caso más desfavorable.

Ahora con el  $C_v$  y el periodo de retorno de 60 años obtendremos el factor de amplificación  $K_t$  de la siguiente tabla:



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

C <sub>v</sub>	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.565	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.088	2.464	2.861	3.281	3.860

Ilustración 82. Determinación del factor de amplificación

Entrando a la anterior tabla e interpolando:

Se obtiene un  $K_t$  igual a 2,022.

Por último, se realiza el producto de  $K_t$  y  $P_m$ , hallándose así  $P_d$ :

$$P_d = 2,022 * 55 = 111,21 \text{ mm}$$

Una vez hallada la precipitación total diaria  $P_d$  se puede calcular la intensidad media diaria de precipitación  $I_d$ .

$$I_d = \frac{P_d}{24} = \frac{111,21}{24} = 4,64 \text{ mm/h}$$

El valor de la razón  $\frac{I_1}{I_d}$  sacado anteriormente era 10. Por lo tanto,

$$I_1 = 10 * 4,64 = 46,4 \text{ mm/h.}$$

Finalmente, aplicando la fórmula para el cálculo de la intensidad media se obtiene un valor de:

$$I_t = 98,6 \text{ mm/h}$$



### 15.1.6 Coeficiente de escorrentía (c)

El coeficiente de escorrentía  $C$  define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad  $I$ , y depende de la razón entre la precipitación diaria  $P_d$  correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía  $P_o$ , a partir del cual se inicia ésta.

Podrá tomarse simplíficadamente un valor conservador de  $P_o$  igual a 20 mm en las cuencas formadas por plantaciones y monte bajo.

Mapa del coeficiente corrector  
del umbral de escorrentía



Ilustración 83. Coeficiente corrector de umbral de escorrentía.



Según la gráfica:

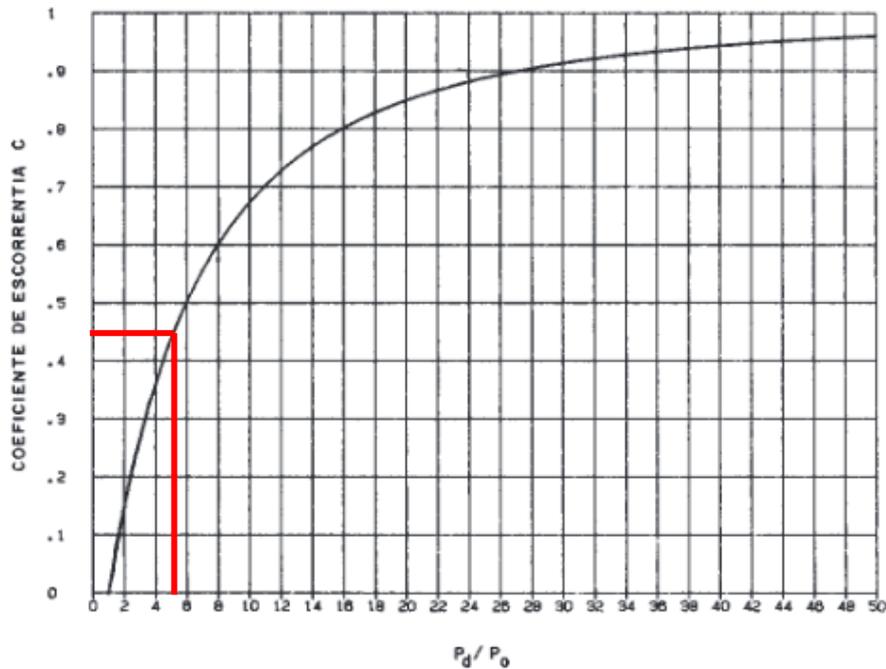


Ilustración 84. Grafica coeficiente escorrentía

En el segundo caso  $P_d/P_o=5,56$ .

Por lo tanto, el coeficiente de escorrentía **C=0,45**.

### 15.1.7 Caudal de referencia (q)

Como se ha visto antes el caudal de referencia se obtiene a partir de:

$$Q = \frac{C * A * I}{K}$$

Se han obtenido todos los parámetros ya de esta a excepción del área de la cuenca que es igual a 0,15 Km<sup>2</sup>. Véase a continuación una tabla resumen de los parámetros hidrológicos.

Período de retorno T	Tiempo de concentración Tc	Intensidad media de precipitación	Coficiente de escorrentía C
60 años	0,30 h	98,6 mm/h	0,45

Tabla 14. Parámetros hidrológicos.



Por lo que:

$$Q = \frac{0,45 * 0,15 * 98,6}{3} = 2,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debido a la larga distancia existente entre el punto donde caería la primera gota de lluvia y el primer banco, además de que existe en toda la zona por donde discurre el agua superficial arbolado, vegetación frondosa, se va a suponer una reducción del 50% del caudal de referencia. El nuevo caudal de diseño es **1,10 m<sup>3</sup>/s**.

## 15.2 Dimensionamiento de las obras

### 15.2.1 Introducción

En el presente apartado se dimensionarán los elementos de desagüe de la obra de proyecto. Para un correcto dimensionamiento de dichos elementos es necesario conocer bien las características topográficas, geotécnicas e hidrológicas. El estudio de éstas es muy importante puesto que un dimensionamiento erróneo podría dejar inutilizada la zona de trabajo debido a que los elementos de desagüe no realizan su función.

El drenaje superficial se tiene que proyectar como una red o conjunto de redes que recoja la escorrentía superficial y las conduzca a un desagüe. Además del coste, hay que tener en cuenta otros factores: topografía, climatología, hidrología y geotecnia.

### 15.2.2 Dimensionamiento de cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales abiertas en el terreno. Se van a disponer cunetas tanto en pistas como accesos y bermas, de este modo se evacuarán las aguas que provienen de los taludes de los desmontes a puntos de recogida en las zonas bajas de la explotación.

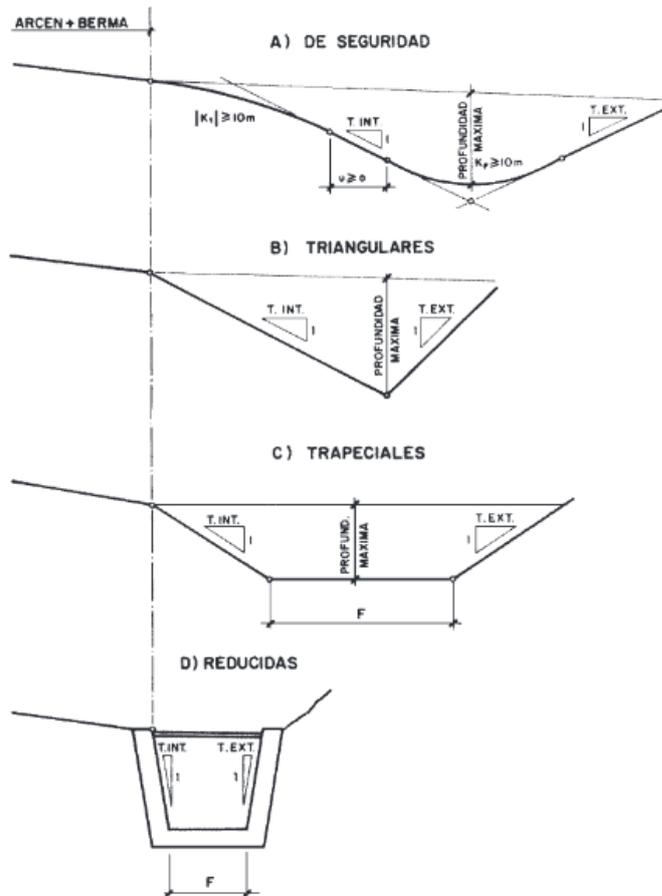


Ilustración 85. Tipos de cunetas.

La cuneta tendrá la misma pendiente longitudinal que la rasante de la zona donde se proyecten, excepto en los casos en los que sea necesario ceñirse más al terreno o modificar dicha pendiente para mejorar la capacidad de evacuación. En la presente explotación las cunetas se diseñarán con una pendiente del 1%.

La elección de la cuenta se basará en los siguientes criterios:

- Consideraciones económicas o de espacio.
- Las dimensiones y pendiente longitudinal de la cuneta deben asegurar que se cumplan las condiciones expuestas en la introducción del apartado de drenaje.

Las cunetas van a construirse de hormigón, con lo que la velocidad máxima del agua en las cunetas será de 4,5 m/s para evitar daños excesivos y de 0,5 m/s para evitar sedimentaciones.

Para realizar el dimensionamiento se ha empleado la fórmula de Manning para flujos uniformes de canales abiertos. La expresión es la siguiente:



$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

V Velocidad del flujo mediada en m/s.

n Coeficiente de rugosidad de Manning. El cual toma el valor de  $n=0,013$  en caso del hormigón.

$R_h$  Radio hidráulico medido en metros.

S Pendiente medida en tanto por uno.

Partiendo del caudal de proyecto se puede determinar la sección máxima y mínima de las cunetas necesarias para cumplir los valores limitativos de la velocidad.

$$Q = V * A$$

Donde,

Q Caudal de diseño

V Velocidad máxima o mínima

A Área máxima o mínima

	Velocidad (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Área (cm <sup>2</sup> )
Máximas	4,5	1,1	2445
Mínimas	0,5	1,1	22000

Tabla 15. Valores limitativos de sección.

Teniendo en cuenta las secciones límite se ha elegido una cuneta de hormigón triangular, y las dimensiones se calcularán a continuación.



Ilustración 86. Cuneta diseñada.



A continuación, se comprueba que se cumple la velocidad del agua.

Considerando los datos de las precipitaciones totales la media de las cuatro estaciones:

- Invierno: 48.33 mm
- Primavera: 55 mm
- Verano: 34.33 mm
- Otoño: 47.33 mm

Precipitación total: 555 mm (Fuente AEMET Agencia Estatal de Meteorología)

La región tiene un clima lluvioso al encontrarse entre 400-1600 mm anuales de precipitación. Por lo tanto, las dimensiones mínimas serán las siguientes:

Profundidad (d) mínima = altura de la cuneta (H): 0,3 metros

Anchura (a) mínima: 0,75 metros.

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

\* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30

Ilustración 87. Relación lluvia/dimensiones

El ancho (a) es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad (d) o la altura de la cuneta (H) en cambio, es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

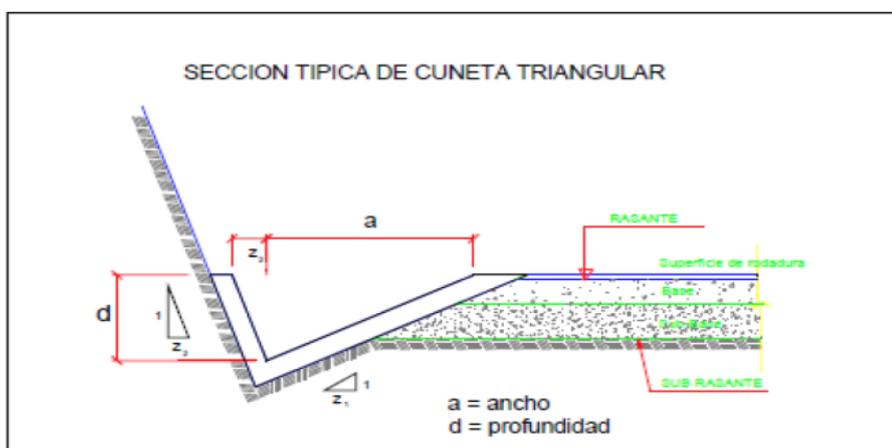


Ilustración 88. Dimensionamiento cuneta triangular.



El procedimiento para dimensionar las cunetas para un talud interior y un talud exterior determinados, es el siguiente:

- **Elegir el talud interior y talud exterior:** El talud interior será de 1:0,5 y el talud de exterior será de 1:2, para que la inclinación no sea demasiado grande.
- **Elegir una altura H, que sea menor a 0.60m.:** La altura de cuneta (H) que se considerará será de 0,375 metros. El valor mínimo de la altura para esta región es de 0,3 metros, pero como se quiere tener una inclinación de 1:2, el valor de H tiene que ser de 0,375, ya que el valor mínimo de la anchura es de 0,75.
- **Calcular el radio hidráulico (Rh):** Para calcular Como el talud de exterior y es del valor de 1:2, hay que aplicar la siguiente fórmula para calcular el valor del radio hidráulico. Y se obtiene un valor de  $R_h = 0,51$  m.

$$R_h = \frac{5\sqrt{H}}{6}$$

- **Calcular el área de la sección mojada (A):** El área mojada se estimará utilizando la siguiente formula. Lo que dará un valor de 0,152 m<sup>2</sup>

$$A = \frac{13 \times H^2}{12}$$

- **Calcular el caudal de Manning (Q Manning) (ya calculada)**

La cuneta tiene las siguientes características:

- $Q_p = 1,10$  m<sup>3</sup>/s
- $S = 0,01$
- $A = 0,152$  m<sup>2</sup>
- $H = 0,375$  m.
- $a = 3250$  cm<sup>2</sup>
- $Q_{m\acute{a}x} = 1,46$  m<sup>3</sup>/s
- $R_h = 0,51$  m
- $n = 0,013$

Aplicando la fórmula de Manning y con las características enumeradas se obtiene una velocidad de 1,2 m/s para  $Q_p = 1,10$  m<sup>3</sup>/s, la cual es **menor** que la máxima admisible.



### 15.2.3 **Mantenimiento de las cunetas**

Con el tiempo, las cunetas se suelen ir obstruyendo a causa de los materiales que son arrastrados por las corrientes de las aguas de escorrentía. El mantenimiento y limpieza de todos los elementos del sistema de drenaje es importante para asegurar la máxima eficacia y buen estado de operatividad. Las cunetas de drenaje se mantendrán sin obstrucciones ni acumulaciones de material y las balsas de decantación se mantendrán con capacidad suficiente para que puedan almacenar los sólidos decantados, por lo que habrá que vaciarlos y limpiarlos periódicamente, al menos dos veces al año.



## 15.3 Balsa de decantación

En el presente apartado se dimensionará la balsa de decantación. Para una correcta elección de tamaño y forma de la balsa es necesario conocer la topografía, el caudal, la velocidad de sedimentación y la velocidad de arrastre de las partículas. Es importante hacer un dimensionamiento correcto o de lo contrario se podría verter gran cantidad de materia en suspensión al cauce natural, o bien generar dificultades y problemas en la plataforma de trabajo, bermas, bancos, establecimiento de beneficio, etc.

El volumen de la balsa se calculará teniendo en cuenta que será como mínimo igual a la suma del volumen de agua de escorrentía recogido en 24 horas.

A continuación, se van a calcular las principales variables que son necesarias conocer para el dimensionamiento de la balsa:

### 15.3.1 Velocidad de sedimentación ( $V_s$ )

A la hora de dimensionar la balsa junto con el caudal de diseño la velocidad de sedimentación es uno de los valores más importantes a saber, ya que nos permitirá conocer cuánto tiempo y distancia necesitará el agua para clarificarse.

Cuando la concentración de sólidos es inferior al 5 %, la sedimentación de las partículas sigue la ley de Stokes que viene expresada por la siguiente fórmula:

$$V_s = \frac{(\rho_S - \rho_W) \times D^2}{18 \times \eta}$$

Donde,

$V_s$  = Velocidad de sedimentación en cm/s.

$\rho_s$  = Peso específico del sólido el cual será Caliza al tratarse una explotación de dicho material, siendo su valor de 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

$\rho_w$  = Peso específico del agua que es 0,997 g/cm<sup>3</sup>.

$D$  = Es el diámetro medio de las partículas sólidas. En este caso, al tratarse de Calizas, se considerada de un diámetro de 0,01 cm.

$\eta$  = La viscosidad del fluido es un parámetro cambiante con la temperatura. Así, para el agua a 15 °C vale 11,7x10<sup>-6</sup>.

Sustituyendo los valores en la fórmula se obtiene una **velocidad de sedimentación de 0,808 cm/s (0,00808 m/s)**.



### 15.3.2 Velocidad crítica de arrastre ( $V_b$ )

Es la velocidad capaz de poner en movimiento las partículas, una vez superada esta velocidad las partículas comenzarán el proceso de transporte.

La velocidad crítica de arrastre en este caso para partículas inferiores a 2 mm será de 0,15 m/s según se puede observar en la tabla siguiente.

Velocidad límite en metros por segundo.			
Diámetro de los elementos en mm.	Velocidad límite superior $V_b$	Velocidad de transporte $V_c$	Velocidad crítica inferior $V_a$
→ 2	0,15	0,11	0,08
5	0,37	0,27	0,21
10	0,70	0,51	0,39
15	1,05	0,70	0,59
20	1,29	0,86	0,62
25	1,47	0,96	0,70
30	1,57	1,05	0,78
40	1,68	1,16	0,88
50	1,76	1,21	0,93
60	1,86	1,27	0,98
70	1,96	1,30	1,00

Ilustración 89. Velocidad crítica de arrastre

### 15.3.3 Dimensiones

Una vez calculadas las principales variables se va a llevar a cabo el dimensionamiento de la balsa.

- **Superficie de la balsa (S) y sección mínima ( $S_m$ ):**

La superficie de la balsa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{Q}{V_s}$$

Donde,

S = Es la superficie en m<sup>2</sup> de la balsa.

Q = Es caudal referencia calculado mediante el método hidrometeorológico que será de 1,1 m<sup>3</sup>/s.

La sección mínima teórica evitará que las partículas sedimentadas en el fondo de la balsa sean arrastradas, esta se calcula del siguiente modo:

$$S_m = \frac{Q}{V_b}$$



Donde,

$S_m$  = Sección mínima teórica en m<sup>2</sup>.

$Q$  = Caudal de diseño que será de 1,1 m<sup>3</sup>/s.

$V_b$  = Velocidad crítica de arrastre que es de 0,15 m/s.

La sección mínima teórica para que no se pongan en movimiento las partículas sedimentadas será de 7,33 m<sup>2</sup>.

- **Altura de la balsa (H):**

La altura de la balsa se calcula con la siguiente expresión:

$$H = \frac{Va}{S}$$

Donde,

$H$  = La altura de la balsa en metros.

$V_a$  = El volumen aportado que en este caso será de aproximadamente 2.000 m<sup>3</sup>.

$S$  = La superficie de la balsa la cual es de 850 m<sup>2</sup>.

Una vez sustituidos los valores en la fórmula la altura será de 2,35 m. Para facilitar la contención la altura final de la balsa se incrementará un 15% por posibles errores y lluvias fuertes en momentos ocasionales.

**H= 2.70 m.**

#### 15.3.4 Resumen balsa

La balsa excavada en el suelo e impermeabilizada tendrá una superficie total de 850 m<sup>2</sup> para hacer frente al máximo caudal que será de 1,1 m<sup>3</sup>/s. La lámina de agua tendrá una altura máxima de 2,0 metros dejando un margen de 55 cm hasta el borde de la balsa situado a una altura de 2,70 m. Para evitar posibles desbordamientos la balsa contará con un aliviadero a la altura máxima que va a alcanzar la lámina de agua.

Los sólidos decantados se retirarán periódicamente con una retroexcavadora. La limpieza de la balsa se hará con una periodicidad semestral o después de lluvias intensas. El diseño de la balsa permitirá el acceso de una retroexcavadora de tamaño pequeño para la limpieza y retirada de los sedimentos.



*EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)*



Universidad Euskal Herriko  
del País Vasco Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESKUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

Según la ITC-08.2.01 “Depósitos de Lodos de Tratamiento de Industrias Extractivas” las balsas se clasifican en función de las dimensiones que tienen. En este caso al tratarse de una balsa con una altura menor a 5 metros y que no entraña ningún riesgo en caso de rotura para la población cercana esta estaría dentro de la clase 3 (presa pequeña).



# ANEXO 5: INTALACIÓN ELÉCTRICA



## **Índice:**

<b>16 ANEXO 5: INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>164</b>
<b>16.1 Resumen de consumos e instalación.....</b>	<b>164</b>
<b>16.2 Descripción del centro de transformación.....</b>	<b>165</b>
16.2.1 Características del edificio de transformación.....	166
16.2.2 Características centro de transformación.....	167
<b>16.3 Instalación eléctrica .....</b>	<b>168</b>
16.3.1 Características generales de los tipos de aparataje empleados en la instalación .....	168
<b>16.4 Transformador .....</b>	<b>171</b>
<b>16.5 Puesta a tierra .....</b>	<b>173</b>
<b>16.6 Normativa Eléctrica .....</b>	<b>174</b>



## 16 ANEXO 5: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a la Cantera de Caliza. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes.

En todo momento será una empresa especializada la que realice el montaje de esta, se encargue de las reparaciones y del control de la energía eléctrica instalada y suministrada.

### 16.1 Resumen de consumos e instalación

La potencia instalada en la cantera alcanza un valor total de **1055,5 KW**.

	Potencia (KW)
Alimentador vibrante (primario)	22 KW
Alimentador vibrante (secundario)	22 KW
Alimentador vibrante (terciario)	22 KW
Trituradora mandibulas	162 KW
Molino de impactos (secundario)	200 KW
Molino de impactos ( )	162 KW
1ª Criba	22 KW
2ª Criba	22 KW
3ª Criba	22 KW
Cinta transportadora de salida del molino primario	45 KW
Cinta transportadora entre cribas	18,5 KW
Cinta de rechazo	11 KW
Cinta de alimentación al molino secundario	11 KW
Cinta de salida del molino secundaria	7,5 KW
Cinta de acopio de esteril	18,5 KW
Cinta de acopio de 25 a 18 mm	11 KW
Cintas de acopio de 18 a 12 mm	11 KW
Cintas de acopio de 12 a 6 mm	7,5 KW
Cintas varias	230 KW
Alumbrado	5 KW (20 focos de 250 W)
Oficina	10 KW
Vestuario	4 KW
Caseta guardia	2 KW

Tabla 16. Potencias parciales



Además de la potencia eléctrica necesaria para las máquinas del establecimiento de beneficio, también se necesita potencia eléctrica para las oficinas, garita de seguridad, vestuarios, baños y almacén.

Por lo tanto, van a ser necesarios aproximadamente 1100 KW. En el apartado siguiente, se describe el centro de transformación propiedad del cliente que se va a colocar en la explotación para abastecer eléctricamente a ésta.

## 16.2 Descripción del centro de transformación

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 13,2 KV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de **900 KVA**.

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas que se mencionan en el apartado de Normativa.

El centro de transformación tendrá un transformador para bajar de media a baja tensión. Dicho transformador se encontrará dentro de un edificio tipo pfu que consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Los edificios tipo pfu para centros de transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

El centro tendrá unas dimensiones de **9x4 m**.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos



Ilustración 90. Centro de transformación.

### 16.2.1 Características del edificio de transformación

- **Solera y pavimento**

Se formará una solera de hormigón armado de, al menos, 10 cm de espesor, descansando sobre una capa de arena apisonada. Se preverán, en los lugares apropiados para el paso de cables, unos orificios destinados al efecto, inclinados hacia abajo y con una profundidad mínima de 0,4 m.

El forjado de la planta del centro estará constituido por una losa de hormigón armado, capaz de soportar una sobrecarga de uso de 350 kg/cm<sup>2</sup>, uniformemente repartida.

- **Cerramientos exteriores**

Se emplean materiales que ofrecen garantías de estanqueidad y resistencia al fuego, dimensionados adecuadamente para resistir el peso propio y las acciones exteriores, tales como el viento, empotramiento de herrajes, etc., y se adaptarán en lo posible al entorno arquitectónico de la zona, empleando los mismos materiales, acabados y elementos decorativos de las otras edificaciones.

- **Puertas**

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas. Estas puertas se abrirán hacia fuera 180°, pudiendo por lo tanto abatirse sobre el muro de la fachada, disponiendo de un elemento de fijación en esta posición.



- **Cubiertas**

El diseño de estas cubiertas debe garantizar la estanqueidad del centro y la resistencia adecuada a acciones exteriores.

- **Pintura y varios**

Para el acabado del centro se empleará una pintura resistente a la intemperie de un color adecuado al entorno.

Los elementos metálicos del centro, como puertas y rejillas de ventilación, serán además tratados adecuadamente contra la corrosión.

## 16.2.2 Características centro de transformación

- **Nº de transformadores: 2**
- **Nº reserva de celdas: 1**
- **Nº reserva de transformadores: 1**



## 16.3 Instalación eléctrica

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 13,2 KV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 365,8 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 16 KA eficaces.

### 16.3.1 Características generales de los tipos de aparataje empleados en la instalación

- **Celdas**

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF6 de acuerdo con la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1. Tienen una tensión nominal de 24 KV.

Las celdas tienen enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

- **Entrada / Salida 1: Interruptor-seccionador**

Está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

#### **Características eléctricas:**

- Tensión asignada: 24 KV
- Intensidad asignada: 630 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 KA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 KA
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 KV
  - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 KV



- Capacidad de cierre (cresta): 40 KA
- Capacidad de corte
  - Corriente principalmente activa: 630 A
- Clasificación IAC: AFL

#### ○ **Entrada / Salida 2: Interruptor-seccionador**

Está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

#### **Características eléctricas:**

- Tensión asignada: 24 KV
- Intensidad asignada: 630 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 KA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 KA
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 KV
  - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 KV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 KA
- Capacidad de corte
  - Corriente principalmente activa: 630 A
- Clasificación IAC: AFL

#### ○ **Seccionamiento Compañía: Protección fusibles**

La celda de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.



### Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 KV
- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad fusibles: 3x63 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 KA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 KA
- Nivel de aislamiento  
Frecuencia industrial (1 min)  
a tierra y entre fases: 50 KV
- Impulso tipo rayo  
a tierra y entre fases (cresta): 125 KV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 KA
- Capacidad de corte  
Corriente principalmente activa: 400 A
- Clasificación IAC: AFL

#### ○ Protección General: Interruptor automático de vacío

La celda de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

### Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 KV
- Intensidad asignada: 400 A
- Nivel de aislamiento  
Frecuencia industrial (1 min)  
a tierra y entre fases: 50 KV
- Impulso tipo rayo  
a tierra y entre fases (cresta): 125 KV
- Capacidad de cierre (cresta): 400 A
- Capacidad de corte en cortocircuito : 16 KA
- Clasificación IAC: AFL



- **Medida**

La celda de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

- **Celda de transformador**

La celda de transformador de potencia consiste en un módulo metálico, de las características indicadas a continuación, que incorpora en su interior el transformador de potencia. Cuenta con rejillas de ventilación natural y el cierre se realiza con puertas de dos hojas, con posibilidad de cerradura. Tensión asignada 36 KV.

## 16.4 Transformador

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, con neutro accesible en el secundario, de potencia 900 KVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 13,2 - 20 KV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: +2.5%,+5%,+7.5%,+10%
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: DYN11
- Protección incorporada al transformador: Relé DGPT2
- Sistema de recogida de posibles derrames de acuerdo con ITC-RAT 14.

- **Protección Transformador 1: Interruptor automático de vacío**

La celda de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.



### Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 KV
- Intensidad asignada: 400 A
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 50 KV
  - Impulso tipo rayo
  - a tierra y entre fases (cresta): 125 KV
- Capacidad de cierre (cresta): 400 A
- Capacidad de corte en cortocircuito: 16 KA
- Clasificación IAC: AFL

#### ○ Cuadros BT - B2 Transformador 1: Interruptor en carga + Fusibles

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor manual de corte en carga de 1000 A.
- 1 Salida formadas por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas (alimentación a alumbrado) y pequeño material.
- Tensión asignada: 440 V
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 10 KV
  - entre fases: 2,5 KV
  - Impulso tipo rayo:
  - a tierra y entre fases: 20 KV

#### ● Iluminación Edificio de Transformación

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.



- **Medida de la energía eléctrica**

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

- **Unidades de protección, automatismo y control**

Unidad de control integrado para la supervisión y control función de línea, compuesta de un relé electrónico y sensores de intensidad. Totalmente comunicable, dialoga con la unidad remota para las funciones de telecontrol y dispone de capacidad de mando local.

## 16.5 Puesta a tierra

- **Tierra de protección**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado).

- **Tierra de servicio**

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### Instalaciones secundarias:

- Alumbrado
- Armario de primeros auxilios
- Medidas de seguridad



## 16.6 Normativa Eléctrica

### Normas generales:

- **Real Decreto 223/2008**, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el **Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión**, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**. Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT**. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas**. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- **Ley 24/2013** de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
- **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
- **NTE-IEP**. Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra**.
- Normas **UNE / IEC**.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.



### Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica:

- **CEI 62271-1    UNE-EN 62271-1**

Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.

- **CEI 61000-4-X    UNE-EN 61000-4-X**

Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

- **CEI 62271-200    UNE-EN 62271-200**

Aparataje bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- **CEI 62271-102    UNE-EN 62271-102**

Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

- **CEI 62271-103    UNE-EN 62271-103**

Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

- **CEI 62271-105    UNE-EN 62271-105**

Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

- **CEI 62271-100    UNE-EN 62271-100**

Interruptores automáticos de corriente alterna para tensiones superiores a 1 kV.

- **CEI 60255-X-X    UNE-EN 60255-X-X**

Relés eléctricos.

- **UNE-EN 60801-2**

Compatibilidad electromagnética para los equipos de medida y de control de los procesos industriales. Parte 2: Requisitos relativos a las descargas electrostáticas.

### Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- **CEI 60076-X**

Transformadores de Potencia.

- **UNE 21428-1-1**

Transformadores de Potencia.

Reglamento (UE) N° 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes (Ecodiseño).



# ANEXO 6: ESPECIFICACIONES MAQUINARIA MÓVIL



## Índice:

<b>17 ANEXO 6: ESPECIFICACIONES MAQUINARIA MÓVIL.....</b>	<b>178</b>
<b>17.1 Dumper Rígido:.....</b>	<b>178</b>
<b>17.2 Excavadora: .....</b>	<b>188</b>
<b>17.3 Perforadora: .....</b>	<b>194</b>
<b>17.4 Retroexcavadora: .....</b>	<b>197</b>
<b>17.5 Motoniveladora: .....</b>	<b>208</b>



## 17 ANEXO 6: ESPECIFICACIONES MAQUINARIA MÓVIL

### 17.1 Dumper Rígido:

(características similares)

Dúmpfer Rígido

# 773G



#### Motor (Tier 4 Final)

Modelo de motor	Cat® C27 ACERT™	
Potencia bruta: SAE J1995	578 kW	775 hp
Potencia neta: SAE J1349	534 kW	717 hp

#### Motor (equivalente a Tier 2)

Modelo de motor	Cat® C27 ACERT™	
Potencia bruta: SAE J1995	578 kW	775 hp
Potencia neta: SAE J1349	546 kW	733 hp

#### Pesos: aproximados (Tier 4 Final)

Masa bruta de la máquina máxima	102 740 kg
---------------------------------	------------

#### Pesos: aproximados (equivalente a Tier 2)

Masa bruta de la máquina máxima	102 740 kg
---------------------------------	------------

#### Especificaciones de funcionamiento (Tier 4 Final)

Carga útil nominal (100%)	55,3 toneladas métricas
Carga útil de trabajo máxima (110%)	60,8 toneladas métricas
Carga útil que no se debe superar (120%)*	66,3 toneladas métricas
Capacidad de la caja: SAE 2:1	35,75 m <sup>3</sup>

#### Especificaciones de funcionamiento (equivalente a Tier 2)

Carga útil nominal (100%)	56 toneladas métricas
Carga útil de trabajo máxima (110%)	61,5 toneladas métricas
Carga útil que no se debe superar (120%)*	67,1 toneladas métricas
Capacidad de la caja: SAE 2:1	35,75 m <sup>3</sup>

\* Capacidad con caja de doble declive: sin revestimiento.

\* Consulte las pautas sobre la carga útil 10/10/20 de Caterpillar para dúmpfers de minería sobre limitaciones de la masa bruta máxima de la máquina.



## Seguridad

Conectamos a las personas con el equipo de forma segura



### La importancia del personal

El 773G está diseñado para reducir al mínimo los peligros asociados a trabajar sobre y alrededor de este dúmper.

- Puntos de comprobación diarios a nivel del suelo
- Sistema integrado de acceso sin esfuerzo, con pasamanos y tres puntos de contacto
- Plancha de apoyo de diseño agresivo en todos los peldaños e iluminación para cuando oscurezca
- Plataforma para el lavado del parabrisas plegable que ofrece un sólido punto de apoyo para limpiar el parabrisas

### Confianza y control

Los operadores seguros mueven más material con más rapidez, eficiencia y rentabilidad.

- Actualizaciones del diseño de los frenos que aumentan la capacidad de retención en pendientes e incluyen un indicador de desgaste del freno
- Frenos de disco húmedos para las ruedas traseras; frenos de disco secos en las delanteras
- Control de retardo automático en pendientes cuesta abajo
- Nuevo sistema de control de tracción

### Visibilidad

El 773G refuerza su plan de seguridad laboral mediante una excelente visibilidad del emplazamiento.

- El sistema de visión del área de trabajo (WAVS) es un sistema de cámaras que mejora la visibilidad de la parte trasera del dúmper.
- Paquetes de espejos e iluminación disponibles para adaptarse a las condiciones de su lugar de trabajo





## Especificaciones del Dúmpер Rígido 773G

### Motor (Tier 4 Final)

Modelo de motor	Cat C27 ACERT	
Velocidad de régimen del motor	1800 rev/min	
Potencia bruta: SAE J1995	578 kW	775 hp
Potencia neta: SAE J1349	534 kW	717 hp
Potencia neta: ISO 9249	540 kW	724 hp
Potencia neta: 80/1269/CEE	540 kW	724 hp
Potencia del motor: ISO 14396	568 kW	762 hp
Velocidad de par máximo	1200 rev/min	
Par neto	3992 N·m	
Calibre	137 mm	
Carrera	152 mm	
Cilindrada	27 L	

### Motor (equivalente a Tier 2)

Modelo de motor	Cat C27 ACERT	
Velocidad de régimen del motor	2000 rev/min	
Potencia bruta: SAE J1995	578 kW	775 hp
Potencia neta: SAE J1349	546 kW	733 hp
Potencia neta: ISO 9249	552 kW	741 hp
Potencia neta: 80/1269/CEE	552 kW	741 hp
Potencia del motor: ISO 14396	569 kW	763 hp
Velocidad de par máximo	1300 rev/min	
Par neto	3646 N·m	
Calibre	137 mm	
Carrera	152 mm	
Cilindrada	27 L	

- La potencia del motor corresponde a 2000 rev/min cuando se somete a prueba en las condiciones estándar concretas para el estándar especificado.
- Las potencias están calculadas con unas condiciones estándar de 25 °C de temperatura y 100 kPa (29,61 Hg) de presión barométrica seca según la norma SAE J1995. Las potencias están calculadas utilizando combustible de densidad 35 API a 16 °C con un valor térmico bajo de 42 780 kJ/kg con el motor a 30 °C.
- El motor mantiene la potencia requerida hasta los 3048 m para Tier 4 Final y 3810 m para equivalente a Tier 2.
- No regulado conforme al Stage IV de la Unión Europea debido a potencias nominales superiores a 560 kW (750 hp).

### Transmisión (Tier 4 Final)

1ª marcha hacia delante	10,6 km/h
2ª marcha hacia delante	15 km/h
3ª marcha hacia delante	20,3 km/h
4ª marcha hacia delante	27 km/h
5ª marcha hacia delante	36,7 km/h
6ª marcha hacia delante	49,4 km/h
7ª marcha hacia delante	66,9 km/h
Marcha atrás	14 km/h

### Transmisión (equivalente a Tier 2)

1ª marcha hacia delante	10,8 km/h
2ª marcha hacia delante	15,1 km/h
3ª marcha hacia delante	20,4 km/h
4ª marcha hacia delante	27,4 km/h
5ª marcha hacia delante	37 km/h
6ª marcha hacia delante	50,1 km/h
7ª marcha hacia delante	67,6 km/h
Marcha atrás	14,1 km/h

- Velocidades máximas de desplazamiento con neumáticos 24.00R35 (E4) estándar.

### Mandos finales

Relación de desmultiplicación del diferencial	3,64:1
Relación de desmultiplicación planetaria	4,80:1
Relación de reducción total	17,49:1

### Frenos

Superficie de frenado: delantera	655 cm <sup>2</sup>
Superficie de frenado: trasera	61 269 cm <sup>2</sup>
Estándares de freno	ISO 3450:1996

### Sistemas de elevación de la caja (Tier 4 Final)

Caudal de la bomba: a alta en vacío	448 L/min
Ajuste de la válvula de seguridad: elevación	17 250 kPa
Ajuste de la válvula de seguridad: bajada	3450 kPa
Tiempo de elevación de la caja: a alta en vacío	10 segundos
Tiempo de descenso de la caja: por gravedad	14 segundos
Tiempo de descenso de la caja: a alta en vacío	14 segundos



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Sistemas de elevación de la caja (equivalente a Tier 2)

Caudal de la bomba: a alta en vacío	448 L/min
Ajuste de la válvula de seguridad: elevación	17 250 kPa
Ajuste de la válvula de seguridad: bajada	3450 kPa
Tiempo de descenso de la caja: a alta en vacío	9,5 segundos
Tiempo de descenso de la caja: por gravedad	13 segundos
Tiempo de descenso de la caja: a alta en vacío	13 segundos

### Capacidad: doble declive – factor de llenado del 100%

A ras	26,86 m <sup>3</sup>
Colmada 2:1 (SAE)	35,75 m <sup>3</sup>

### Capacidad: fondo liso – factor de llenado del 100%

A ras	26,25 m <sup>3</sup>
Colmada 2:1 (SAE)	35,49 m <sup>3</sup>

### Distribuciones de los pesos: aproximados

Eje delantero: vacío	53%
Eje delantero: con carga	35%
Eje trasero: vacío	47%
Eje trasero: con carga	65%

### Suspensión

Carrera del cilindro cargado en vacío, delantera	234 mm
Carrera del cilindro cargado en vacío, trasera	149 mm
Oscilación del eje trasero	8,1°

### Ruido

#### Normas de sonido

- El nivel de presión acústica equivalente para el operador (Leq) es 76 dB(A) cuando se usa la norma SAE J1166 FEB2008 para medir el valor para una cabina cerrada. Este es un nivel de exposición sonora de ciclo de trabajo. La cabina se ha instalado y mantenido correctamente. La prueba se realizó con las puertas y ventanillas de la cabina cerradas.
- El nivel de ruido exterior en una máquina estándar, medido a una distancia de 15 m según los procedimientos de prueba especificados en la norma SAE J88:2008, es de 86 dB(A) funcionando con una marcha intermedia.
- Cuando se trabaje mucho tiempo con las puertas o ventanillas de la cabina abiertas en lugares muy ruidosos o si la cabina no ha sido mantenida correctamente, el operador de la máquina podría necesitar protección en los oídos.

### Capacidades de llenado de servicio

Depósito de combustible	795 L
Sistema de refrigeración	171 L
Cárter	90 L
Diferenciales y mandos finales	145 L
Depósito de la dirección	36 L
Sistema de dirección (incluye el depósito)	54 L
Depósito hidráulico de los frenos/sistema de elevación	176 L
Sistema de frenos/sistema de elevación	322 L
Convertidor de par/sistema de transmisión HRC	70 L
Convertidor de par/sistema de transmisión LRC	61 L

### Dirección

Normas de la dirección	SAE J1511 FEB94 ISO 5010:1992
Ángulo de dirección	31°
Diámetro de giro: frontal	23,5 m
Diámetro de separación del radio de giro	26,1 m

### Neumáticos

Neumático estándar	24.00R35 (E4)
--------------------	---------------

- La capacidad de producción del Dúmpster 773G es tan alta que, en determinadas condiciones de trabajo, podría sobrepasarse la capacidad de los neumáticos estándar u opcionales en toneladas por kilómetro/hora y, por lo tanto, podría limitar la producción.
- Caterpillar recomienda al cliente que antes de elegir los neumáticos analice todas las condiciones de trabajo y consulte a su proveedor habitual de neumáticos para que le ayude a elegir los más adecuados.

### ROPS

#### Normas de ROPS/FOPS

- La estructura de protección en caso de vuelcos (ROPS) de la cabina ofrecida por Caterpillar cumple las especificaciones ROPS de la norma ISO 3471:2008.
- La estructura de protección contra el riesgo de la caída de objetos (FOPS) cumple los requisitos del Nivel II de la norma ISO 3449:2005.



## Especificaciones del Dúmpер Rígido 773G

### Cálculo de masas y cargas útiles: ejemplos de Tier 4 Final

773G – Fondo liso		354-7800 Caja base	377-6300 Revestimiento/caja base	377-6302 Revestimiento de caucho
Suelo/Lateral/Frontal	mm	20/10/12	36/18/22	102/8/8 + 20/10/12
Carga máxima	m <sup>3</sup>	35,5	35	33,3
	mm	20	36	102
Masa bruta de la máquina recomendada	kg	102 740	102 740	102 740
Peso de chasis en vacío	kg	34 522	34 522	34 522
Masa de la caja	kg	11 423	15 217	15 997
Peso de la máquina en vacío	kg	45 945	49 739	50 519
<b>Accesorios</b>				
Tamaño del depósito de combustible	L	795	795	795
Depósito de combustible: completamente lleno	kg	669	669	669
Peso de funcionamiento en vacío**	kg	46 614	50 407	51 188
Carga útil ideal*	kg	56 126	52 333	51 552
Carga útil ideal*	toneladas del Sistema Internacional	56,1	52,3	51,6
<b>Política 10/10/20*</b>				
Carga útil ideal: 100%	kg	56 126	52 333	51 552
Carga útil ideal: 110%	kg	61 739	57 566	56 708
Carga útil ideal: 120%	kg	67 352	62 799	61 863
Masa bruta máxima de la máquina*	kg	113 965	113 207	113 050
<b>773G – Doble declive</b>		<b>354-7810 Caja base</b>	<b>377-6310 Revestimiento/caja base</b>	<b>No se ofrece revestimiento de caucho</b>
Suelo/Lateral/Frontal	mm	20/10/12	36/18/22	
Carga máxima	m <sup>3</sup>	35,8	35,2	
	mm	20	36	
Masa bruta de la máquina recomendada	kg	102 740	102 740	
Peso de chasis en vacío	kg	34 522	34 522	
Masa de la caja	kg	11 049	14 776	
Peso de la máquina en vacío	kg	45 570	49 298	
<b>Accesorios</b>				
Tamaño del depósito de combustible	L	795	795	
Depósito de combustible: completamente lleno	kg	669	669	
Peso de funcionamiento en vacío**	kg	46 239	49 967	
Carga útil ideal*	kg	56 501	52 773	
Carga útil ideal*	toneladas del Sistema Internacional	56,5	52,8	
<b>Política 10/10/20*</b>				
Carga útil ideal: 100%	kg	56 501	52 773	
Carga útil ideal: 110%	kg	62 152	58 051	
Carga útil ideal: 120%	kg	67 802	63 328	
Masa bruta máxima de la máquina*	kg	114 040	113 295	

\*Consulte la política de sobrecarga 10/10/20 de Caterpillar.

\*\*Incluye la masa de todos los accesorios.



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Cálculo de masas y cargas útiles: ejemplos de equivalente a Tier 2

<b>773G – Fondo liso</b>		<b>354-7800</b>	<b>377-6300</b>	<b>377-6302</b>
		<b>Caja base</b>	<b>Revestimiento/caja base</b>	<b>Revestimiento de caucho</b>
<b>Suelo/Lateral/Frontal</b>	mm	<b>20/10/12</b>	<b>36/18/22</b>	<b>102/8/8 + 20/10/12</b>
<b>Carga máxima</b>	m <sup>3</sup>	<b>35,5</b>	<b>35</b>	<b>33,3</b>
	mm	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>102</b>
Masa bruta de la máquina recomendada	kg	102 740	102 740	102 740
Peso del chasis, vacío	kg	33 867	33 867	33 867
Masa de la caja	kg	11 423	15 217	15 997
Peso de la máquina en vacío	kg	45 290	49 084	49 864
<b>Accesorios</b>				
Tamaño del depósito de combustible	L	795	795	795
Depósito de combustible – Llenado al 100%	kg	669	669	669
Peso de funcionamiento en vacío**	kg	45 959	49 752	50 533
Carga útil ideal*	kg	56 781	52 988	52 207
Carga útil ideal*	toneladas del Sistema Internacional	56,8	53	52,2
<b>Política 10/10/20*</b>				
Carga útil ideal: 100%	kg	56 781	52 988	52 207
Carga útil ideal: 110%	kg	62 460	58 287	57 428
Carga útil ideal: 120%	kg	68 138	63 585	62 649
Masa bruta máxima de la máquina*	kg	114 096	113 338	113 181
<b>773G – Doble declive</b>				
		<b>354-7810</b>	<b>377-6310</b>	<b>No se ofrece revestimiento de caucho</b>
		<b>Caja base</b>	<b>Revestimiento/caja base</b>	
<b>Suelo/Lateral/Frontal</b>	mm	<b>20/10/12</b>	<b>36/18/22</b>	
<b>Carga máxima</b>	m <sup>3</sup>	<b>35,8</b>	<b>35,2</b>	
	mm	<b>20</b>	<b>36</b>	
Masa bruta de la máquina recomendada	kg	102 740	102 740	
Peso del chasis, vacío	kg	33 867	33 867	
Masa de la caja	kg	11 049	14 776	
Peso de la máquina en vacío	kg	44 916	48 643	
<b>Accesorios</b>				
Tamaño del depósito de combustible	L	795	795	
Depósito de combustible – Llenado al 100%	kg	669	669	
Peso de funcionamiento en vacío**	kg	45 585	49 312	
Carga útil ideal*	kg	57 155	53 428	
Carga útil ideal*	toneladas del Sistema Internacional	57,2	53,4	
<b>Política 10/10/20*</b>				
Carga útil ideal: 100%	kg	57 155	53 428	
Carga útil ideal: 110%	kg	62 871	58 771	
Carga útil ideal: 120%	kg	68 586	64 114	
Masa bruta máxima de la máquina*	kg	114 171	113 426	

\*Consulte la política de sobrecarga 10/10/20 de Caterpillar.

\*\*Incluye la masa de todos los accesorios.

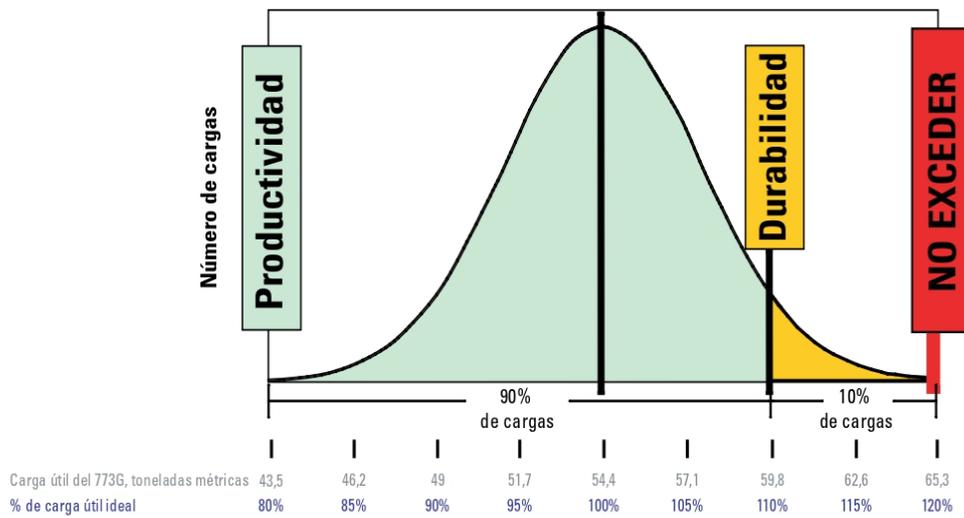


## Especificaciones del Dúmpster Rígido 773G

Política de gestión de carga útil 10/10/20 para una vida útil óptima de la máquina

La estrategia de transporte ideal que maximiza la vida útil de la máquina y sus componentes es *mantener la media* de todas las **cargas útiles nominales ideales de la máquina o por debajo de ella.**

- El 90% de las cargas debe ajustarse a este intervalo
- No más del 10% de las cargas debe exceder el 10% de la carga útil ideal
- Ninguna carga debe ser superior al 20% de la carga útil ideal

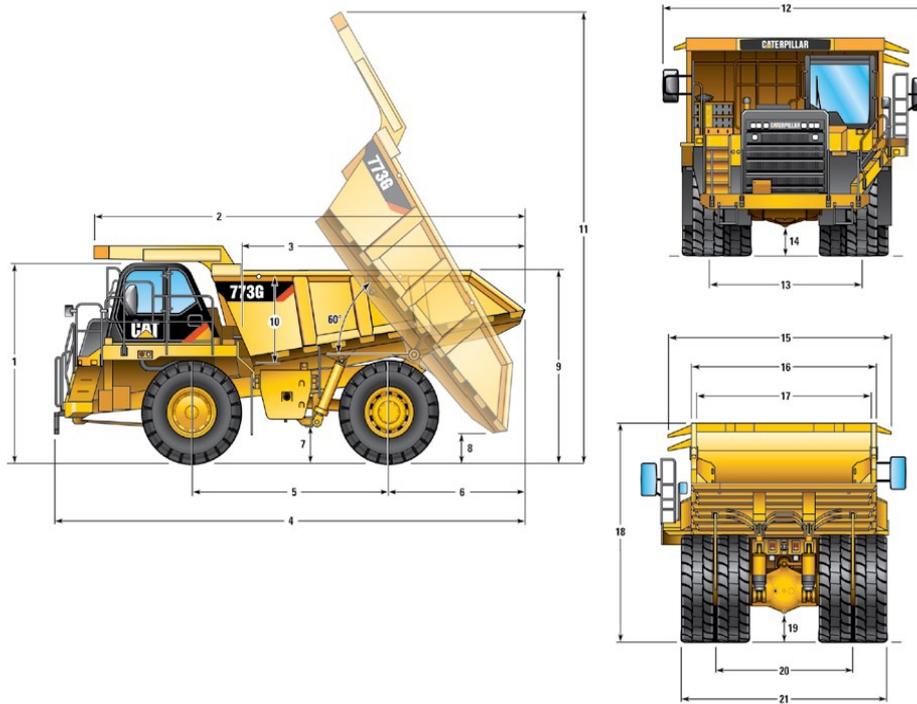




## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



	Doble declive	Fondo liso
1 Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	4108 mm	4108 mm
2 Longitud total de la caja	9216 mm	9293 mm
3 Longitud interior de la caja	6100 mm	6100 mm
4 Longitud total	10 070 mm	10 146 mm
5 Distancia entre ejes	4215 mm	4215 mm
6 Distancia desde el eje trasero hasta la cola de la máquina	2925 mm	3006 mm
7 Altura libre sobre el suelo	759 mm	759 mm
8 Altura libre de descarga	639 mm	640 mm
9 Altura de carga: vacío	3771 mm	3771 mm
10 Profundidad interior de la caja: máxima	1773 mm	1727 mm
11 Altura total con la caja levantada	9284 mm	9280 mm
12 Anchura en orden de trabajo	5673 mm	5673 mm
13 Distancia entre los ejes centrales de los neumáticos exteriores delanteros	3205 mm	3205 mm
14 Altura libre en el protector del motor	703 mm	703 mm
15 Anchura total del techo	4886 mm	4886 mm
16 Anchura exterior de la caja	3922 mm	3922 mm
17 Anchura interior de la caja	3654 mm	3654 mm
18 Altura del techo delantero	4459 mm	4459 mm
19 Altura libre en el eje trasero	560 mm	560 mm
20 Distancia entre los ejes centrales de los neumáticos gemelos traseros	2929 mm	2929 mm
21 Anchura total entre los neumáticos traseros	4411 mm	4411 mm



## Equipo estándar del 773G

### Equipo estándar

El equipo estándar puede variar. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.

#### TREN DE POTENCIA

- Motor diésel Cat C27 ACERT compatible con Tier 4 Final:
  - Filtro de aire con prefiltro (2)
  - Postenfriador aire a aire (ATAAC)
  - Arranque eléctrico
  - Parada de ralentí del motor
  - Sistema de ayuda al arranque con éter
  - Silenciador del escape
- Para regiones con Tier 4 solo (EE, U.I./Canadá):
  - Sistema de postratamiento
    - Sistema de reducción de NO<sub>x</sub> (NRS)
    - Catalizador de oxidación diésel (DOC)
  - Ventilador de actuación proporcional a la demanda
  - Sistema de combustible MEUI-C
- Solo para regiones sin regulación:
  - Ventilador de accionamiento directo
  - Sistema de combustible MEUI-A
- Sistema de frenos:
  - Control automático del retardador (ARC)
  - Retardador manual (utiliza frenos de discos múltiples, refrigerados por aceite traseros)
  - Motor de desconexión del freno, para remolque
  - Frenos de discos secos (delanteros)
  - Interruptor de desconexión de frenos delanteros (delantero)
  - Frenos de discos múltiples refrigerados por aceite (traseros)
  - Indicador del desgaste de los frenos (traseros)
  - Freno de estacionamiento
  - Freno secundario
  - Freno de servicio
- Transmisión:
  - Servotransmisión automática de 7 velocidades con
    - Control electrónico de la presión de los embragues (ECPC)
    - Estrategia de control electrónico de productividad avanzada (APECS)
  - Ralentí neutro automático
  - Calado automático
  - Arranque en segunda velocidad

#### SISTEMAS DE SUSPENSIÓN

- Suspensión, delantera y trasera (conforme a la UE)

#### SISTEMA ELÉCTRICO

- Alarma de marcha atrás
- Alternador de 120 amperios
- Preinstalación de alimentación del sistema de lubricación automática
- Baterías, sin mantenimiento, 12 V (2), 1400 CCA combinadas
- Sistema eléctrico, 25 amperios, convertidor de 24 V a 12 V
- Sistema de alumbrado:
  - Luz de marcha atrás (halógena)
  - Intermitentes/luces de emergencia (LED trasero y delantero)
  - Luz de compartimento del motor
  - Faros halógenos con regulador de intensidad
  - Luces adicionales de acceso del operador
  - Luces de perfil lateral
  - Luces de posición y parada (LED)
- Central de servicio que contiene:
  - Arranque de emergencia por conexión directa a la batería
  - Disyuntores con fusibles de repuesto
  - Interruptor de desconexión
  - Puertos, ET y VIMS
  - Interruptor de desconexión de servicio (alimentación sin arrancar el motor)

#### PRODUCTOS TECNOLÓGICOS

- Modos económico, estándar y adaptativo
- Product Link, teléfono móvil o satélite
- Sistema de control de tracción (TCS)
- Sistema de gestión de la producción del dúmper (TPMS)
- Sistema de gestión de información vital (VIMS)

#### CABINA DEL OPERADOR

- Pantalla del sistema Advisor:
  - Control de nivel de líquido
  - Control del nivel de combustible
  - Idiomas de visualización (en función del mercado)
- Aire acondicionado/calefacción
- Control de temperatura automático
- Cenicero y encendedor
- Percha para abrigo
- Sujetavastos (4)
- Puerto de conexión de diagnóstico, 24 V
- Preinstalación para radio comercial:
  - Convertidor de 5 A
  - Altavoces
  - Antena
  - Mazo de cables
- Reposapiés
- Medidores/indicadores:
  - Indicador de temperatura del aceite de freno
  - Indicador de temperatura del refrigerante
  - Indicador de exceso de velocidad del motor
  - Nivel de combustible
  - Horómetro
  - Velocímetro con odómetro
  - Tacómetro
  - Indicador de velocidad de la transmisión
- Palanca de elevación de la caja
- Bocina
- Luz: adicional
- Luz: techo
- Espejos retrovisores, sin calefacción
- Puerto de alimentación, 24 V y 12 V (2)
- Protección en caso de vuelcos (ROPS)/ Protección contra caída de objetos (FOPS)
- Asiento Cat Comfort serie III:
  - Suspensión completamente neumática
  - Cinturón de seguridad retráctil de 3 puntos con anclaje a la altura del hombro
- Asiento, acompañante con cinturón de seguridad de dos puntos
- Volante, acolchado, abatible y telescópico
- Compartimento de almacenamiento
- Parasol
- Sistema de bloqueo del acelerador
- Ventanilla, con bisagras, lado derecho (salida de emergencia)
- Ventanilla, eléctrica, lado izquierdo
- Parabrisas, limpiaparabrisas intermitente y lavaparabrisas



## Equipo estándar del 773G

### Equipo estándar (continuación)

El equipo estándar puede variar. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.

#### PROTECCIONES

- Eje motriz
- Cáster del motor
- Ventilador

#### FLUIDOS

- Anticongelante
- Refrigerante de larga duración hasta -34 °C
- Filtros agrupados a nivel del suelo

#### OTRO EQUIPO ESTÁNDAR

- Indicador de caja bajada
- Pasador de seguridad de la caja (fija la caja en la posición subida)
- Llantas de montaje central
- Depósito de combustible, 795 L
- Interruptor de desconexión de las baterías a nivel del suelo
- Apagado del motor a nivel del suelo

- Conexiones de engrase, a nivel del suelo
- Manual de mantenimiento del operador (OMM)
- Llantas 17 x 35
- Eyectores de roca
- Dirección secundaria (eléctrica)
- Argollas de sujeción
- Ganchos de remolque (parte delantera)/ Pasador de remolque (parte trasera)
- Cerraduras de protección contra vandalismo

## Equipo opcional del 773G

### Equipo opcional

El equipo opcional puede variar. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.

- Calentador de la caja
- Revestimiento de la caja
- Paneles laterales de la caja
- Prefiltro de cabina
- Freno motor Cat
- Conexiones de engrase agrupadas
- Paquetes de opciones para climas fríos

- Frenos de larga duración
- Centro de servicio con repostado de fluidos
- Luces de alta intensidad
- Espejos retrovisores, convexos
- Espejos retrovisores, con calefacción
- Instalación de ventilador Rockford para máquinas LRC

- Llanta de repuesto
- Paquete de opciones de visibilidad (cumple los requisitos de ISO 5006)
- Calzos para rueda
- Sistema de visión del área de trabajo (WAVS)



## 17.2 Excavadora:

# 993K

## Wheel Loader



### Engine (Tier 4)

Engine Model	Cat® C32 with ACERT™ Technology	
Emissions	U.S. EPA Tier 4	
Gross Power – SAE J1995	775 kW	1,039 hp
Net Power – ISO 14396	764 kW	1,024 hp

### Buckets

Bucket Capacities	12.2-23.7 m <sup>3</sup>	16.0-31.0 yd <sup>3</sup>
-------------------	--------------------------	---------------------------

### Operating Specifications

Rated Payload – Standard Lift	27.2 tonnes	30.0 tons
Rated Payload – High Lift	24.9 tonnes	27.5 tons
Operating Weight*	133 668 kg	294,687 lb

\*High lift, 60/65-51 BFOR (311-1938), standard cooling, 13.8 m<sup>3</sup> (18.0 yd<sup>3</sup>) bucket (303-3280).

### Engine (Tier 2)

Engine Model	Cat C32 with ACERT Technology	
Emissions	U.S. EPA Tier 2 Equivalent	
Gross Power – SAE J1995	777 kW	1,041 hp
Net Power – ISO 14396	764 kW	1,024 hp

### Buckets

Bucket Capacities	12.2-23.7 m <sup>3</sup>	16.0-31.0 yd <sup>3</sup>
-------------------	--------------------------	---------------------------

### Operating Specifications

Rated Payload – Standard Lift	27.2 tonnes	30.0 tons
Rated Payload – High Lift	24.9 tonnes	27.5 tons
Operating Weight*	133 668 kg	294,687 lb

\*High lift, 60/65-51 BFOR (311-1938), standard cooling, 13.8 m<sup>3</sup> (18.0 yd<sup>3</sup>) bucket (303-3280).



## 993K Wheel Loader Specifications

### Engine (Tier 4)

Engine Model	Cat C32 with ACERT Technology	
Emissions	U.S. EPA Tier 4	
Rated Speed	1,800 rpm	
Gross Power – SAE J1995	775 kW	1,039 hp
Net Power – ISO 14396	764 kW	1,024 hp
Net Power – EEC 80/1269	726 kW	973 hp
Net Power – ISO 9249	726 kW	973 hp
Net Power – SAE J1349	719 kW	964 hp
Bore	145 mm	5.7 in
Stroke	162 mm	6.4 in
Displacement	32.1 L	1,959 in <sup>3</sup>
Peak Torque @ 1,250 rpm	5470 N·m	4,034 lb ft
Torque Rise	33%	

• Standard ambient cooling.

### Engine (Tier 2)

Engine Model	Cat C32 with ACERT Technology	
Emissions	U.S. EPA Tier 2 Equivalent	
Rated Speed	1,800 rpm	
Gross Power – SAE J1995	777 kW	1,041 hp
Net Power – ISO 14396	764 kW	1,024 hp
Net Power – EEC 80/1269	726 kW	973 hp
Net Power – ISO 9249	726 kW	973 hp
Net Power – SAE J1349	719 kW	964 hp
Bore	145 mm	5.7 in
Stroke	162 mm	6.4 in
Displacement	32.1 L	1,959 in <sup>3</sup>
Peak Torque @ 1,250 rpm	5470 N·m	4,034 lb ft
Torque Rise	33%	

• Standard ambient cooling.

### Operating Specifications

Operating Weight (Tier 2)*	133 668 kg	294,687 lb
Operating Weight (Tier 4)*	133 668 kg	294,687 lb
Rated Payload – Standard Lift	27.2 tonnes	30.0 tons
Rated Payload – High Lift	24.9 tonnes	27.5 tons
Bucket Range	12.2-23.7 m <sup>3</sup>	16.0-31.0 yd <sup>3</sup>
Cat Truck Match – Standard Lift	777	
Cat Truck Match – High Lift	777, 785	
Articulation Angle	43 degrees	

\* High lift, 60/65-51 BFOR (311-1938), standard cooling, 13.8 m<sup>3</sup> (18.0 yd<sup>3</sup>) bucket (303-3280).

### Transmission

Transmission Type	Cat Planetary Power Shift	
Forward 1	6.8 km/h	4.2 mph
Forward 2	11.9 km/h	7.4 mph
Forward 3	20.5 km/h	12.7 mph
Reverse 1	7.5 km/h	4.7 mph
Reverse 2	13.1 km/h	8.1 mph
Reverse 3	22.5 km/h	13.9 mph
Direct Drive – Forward 1	Lock-up disabled	
Direct Drive – Forward 2	13.0 km/h	8.0 mph
Direct Drive – Forward 3	22.8 km/h	14.1 mph
Direct Drive – Reverse 1	8.0 km/h	4.9 mph
Direct Drive – Reverse 2	14.2 km/h	8.8 mph
Direct Drive – Reverse 3	25.2 km/h	15.6 mph

• 50/65-51 BFOR (311-1938), calculated speeds.



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Hydraulic System – Lift/Tilt

Lift/Tilt System – Circuit	Positive Flow Control	
Lift/Tilt System – Pump	Variable Piston	
Maximum Flow at 1,650 rpm	1180 L/min	311 gal/min
Relief Valve Setting – Lift/Tilt	29 500 kPa	4,200 psi
Cylinders – Lift/Tilt	Double-acting	
Lift Cylinder – Bore	267 mm	10.5 in
Lift Cylinder – Stroke	1682 mm	66.2 in
Tilt Cylinder – Bore	235 mm	9.3 in
Tilt Cylinder – Stroke	1040 mm	40.9 in

- High Lift configuration.

### Hydraulic Cycle Time

Rackback	2.4 seconds
Raise	9.2 seconds
Dump	1.8 seconds
Lower	3.8 seconds
Lower Float Down	3.1 seconds
Total Hydraulic Cycle Time	17.2 seconds

- High Lift configuration, calculated speeds.

### Hydraulic System – Steering

Steering System – Circuit	Closed	
Steering System – Pump	Piston, variable displacement	
Maximum Flow @ 1,985 rpm (6900 kPa/1,000 psi)	505 L/min	133 gal/min
Relief Valve Setting – Steering	34 500 kPa	5,000 psi
Total Steering Angle	86 degrees	

### Service Refill Capacities

Fuel Tank	2170.0 L	573.3 gal
Cooling System	303.5 L	80.2 gal
Crankcase	120.0 L	31.7 gal
Transmission	196.9 L	52.0 gal
Differentials and Final Drives – Front	482.0 L	127.3 gal
Differentials and Final Drives – Rear	482.0 L	127.3 gal
Hydraulic System Factory Fill	873.0 L	230.0 gal
Hydraulic System (tank only)	553.0 L	146.0 gal

- High Lift configuration.

### Buckets

Bucket Capacities	12.2-23.7 m <sup>3</sup>	16.0-31.0 yd <sup>3</sup>
-------------------	--------------------------	---------------------------

### Axles

Front	Fixed
Rear	Trunnion
Oscillation Angle	10 degrees

### Sound

Operator Sound Pressure (ANSI/SAE J1166 FEB08)	72 dB(A)
Dynamic Operator Sound Pressure (ISO 6396:2008)	70 dB(A)

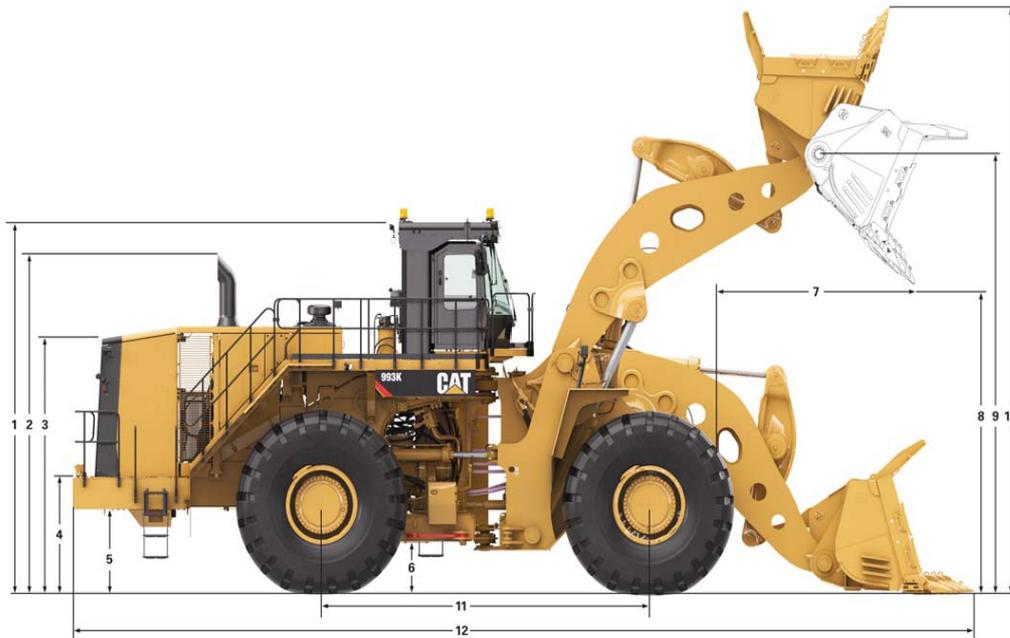
- Hearing protection may be needed when the machine is operated with a cab that is not properly maintained or when the doors or windows are open for extended periods or in a noisy environment. Hearing protection may be needed when the machine is operated with a cab that is not properly maintained or when the doors and windows are open for extended periods or in a noisy environment.
- The machine sound power level is 116 dB(A), measured according to the test procedures and conditions specified in ISO 6395:2008 for the standard machine configuration. The measurement was conducted at 70 percent of the maximum engine cooling fan speed.
- The machine sound power level is 113 dB(A), measured according to the test procedures and conditions specified in ISO 6395:2008 for the sound suppressed machine configuration. The measurement was conducted at 70 percent of the maximum engine cooling fan speed.



## 993K Wheel Loader Specifications

### Dimensions

All dimensions are approximate.



	Standard Lift Linkage, 50/65-51 (311-1938), 13.8 m <sup>3</sup> (18 yd <sup>3</sup> ) (303-3280)		High Lift Linkage, 50/65-51 (311-1938), 13.8 m <sup>3</sup> (18 yd <sup>3</sup> ) (303-3280)	
1 Ground to Top of Exhaust Stacks	5555 mm	18.2 ft	5555 mm	18.2 ft
2 Ground to Top of ROPS	6069 mm	19.9 ft	6069 mm	19.9 ft
3 Ground to Top of Hood	4373 mm	14.3 ft	4373 mm	14.3 ft
4 Ground to Center of Rear Axle	1461 mm	4.8 ft	1461 mm	4.8 ft
5 Ground to Bumper Clearance	1389 mm	4.6 ft	1389 mm	4.6 ft
6 Ground to Lower Hitch Clearance	721 mm	2.4 ft	721 mm	2.4 ft
7 Reach at Maximum Lift, Dump Position	2602 mm	8.5 ft	2711 mm	8.9 ft
8 Clearance at Maximum Lift, Dump Position	4669 mm	15.3 ft	5314 mm	17.4 ft
9 B-Pin Height at Maximum Lift	7116 mm	23.3 ft	7761 mm	25.5 ft
10 Maximum Overall Height, Bucket Raised	9903 mm	32.5 ft	10 547 mm	34.6 ft
11 Rear Axle Center Line to Bumper	4475 mm	14.7 ft	4475 mm	14.7 ft
12 Wheel Base	5890 mm	19.3 ft	5890 mm	19.3 ft
13 Maximum Overall Length	15 264 mm	50.1 ft	15 909 mm	52.2 ft
14 Front Axle Centerline to Bucket Tip	5449 mm	17.9 ft	6094 mm	20.0 ft



**EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)**

**Operating Specifications – Standard Lift**

Tires: 50/65-51 Part No.: 311-1938 SLR: 1461 mm (57.5 in)

Bucket Type	Rock						Coal	
	Teeth & Segment						Teeth & Segment	
	Spade						Straight	
Bucket Part No.	303-3270	303-3310	303-3260	303-3330	303-3280	303-3290	310-8990	
Struck Capacity	m <sup>3</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	12.0	20.0
	yd <sup>3</sup>	13.1	13.1	13.1	13.1	14.4	15.7	26.2
Heaped Capacity	m <sup>3</sup>	13.0	13.0	12.0	12.0	14.0	14.0	24.0
	yd <sup>3</sup>	17.0	17.0	15.7	15.7	18.3	18.3	31.4
Width	mm	5080	5160	5080	5160	5080	5080	6300
	ft	16.7	16.9	16.7	16.9	16.7	16.7	20.7
Dump Clearance at Full Lift and 45° Discharge	mm	4768	4835	4858	4883	4669	4669	4614
	ft	15.6	15.9	15.9	16.0	15.3	15.3	15.1
Reach at Lift and 45° Discharge	mm	2503	2507	2413	2459	2602	2602	2605
	ft	8.2	8.2	7.9	8.1	8.5	8.5	8.5
Reach with Lift Arms Horizontal and Bucket Level	mm	4922	4878	4794	4810	5062	5062	5103
	ft	16.1	16.0	15.7	15.8	16.6	16.6	16.7
Digging Depth	mm	132	117	132	117	132	132	154
	ft	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
Overall Length	mm	15 124	15 068	14 996	15 000	15 264	15 264	15 323
	ft	49.6	49.4	49.2	49.2	50.1	50.1	50.3
Overall Height with Bucket at Full Raise	mm	9903	9876	9794	9794	9903	10 032	10 030
	ft	32.5	32.4	32.1	32.1	32.5	32.9	32.9
Loader Clearance Turning Radius (SAE CARRY)	mm	11 012	11 016	11 013	10 998	11 049	11 049	11 746
	ft	36.1	36.1	36.1	36.1	36.2	36.2	38.5
Full Dump Angle	deg	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
Static Tipping Load – Straight (no tire squash)	kg	83 096	81 703	83 263	82 300	81 931	82 147	78 089
	lb	183,194	180,124	183,563	181,440	180,626	181,102	172,157
Static Tipping Load – Straight (with tire squash)	kg	79 105	77 736	79 312	78 354	77 962	78 114	73 991
	lb	174,396	171,378	174,853	172,741	171,877	172,212	163,122
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 40°) (no tire squash)	kg	71 976	70 608	72 159	71 193	70 886	71 056	67 100
	lb	158,680	155,664	159,084	156,953	156,276	156,651	147,930
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 40°) (with tire squash)	kg	64 192	62 859	64 431	63 471	63 141	63 220	59 190
	lb	141,519	138,580	142,046	139,929	139,202	139,376	130,491
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 43°) (no tire squash)	kg	70 327	68 963	70 513	69 546	69 248	69 411	65 470
	lb	155,045	152,037	155,454	153,322	152,665	153,025	144,337
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 43°) (with tire squash)	kg	61 906	62 065	63 762	63 342	59 853	59 704	56 337
	lb	147,606	148,378	152,242	151,492	142,546	142,221	134,559
Breakout Force	kN	718	734	762	761	674	673	638
	lb-f	161,390	165,010	171,372	171,035	151,499	151,252	143,361
Operating Weight	kg	132 251	133 234	131 988	132 788	132 702	132 877	135 859
	lb	291,564	293,731	290,984	292,748	292,558	292,944	299,518
Weight Distribution at SAE Carry (unloaded) – Front	kg	76 930	78 615	76 482	77 858	77 770	78 022	83 099
	lb	169,601	173,315	168,614	171,647	171,453	172,008	183,203
Weight Distribution at SAE Carry (unloaded) – Rear	kg	55 322	54 620	55 506	54 930	54 933	54 856	52 760
	lb	121,963	120,416	122,370	121,101	121,105	120,936	116,316
Weight Distribution at SAE Carry (loaded) – Front	kg	120 265	121 981	119 797	121 151	121 280	121 508	127 036
	lb	265,139	268,922	264,106	267,091	267,377	267,880	280,065
Weight Distribution at SAE Carry (loaded) – Rear	kg	39 202	38 469	39 408	38 854	38 638	38 585	36 040
	lb	86,426	84,810	86,879	85,658	85,182	85,065	79,454



## 993K Wheel Loader Specifications

### Operating Specifications – High Lift

Tires: 50/65-51 Part No.: 311-1938 SLR: 1461 mm (57.5 in)

Bucket Type		Rock						Coal
		Teeth & Segment						Teeth & Segment
		Spade						Straight
Bucket Part No.		303-3270	303-3310	303-3260	303-3330	303-3280	303-3290	310-8990
Struck Capacity	m <sup>3</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	12.0	20.0
	yd <sup>3</sup>	13.1	13.1	13.1	13.1	14.4	15.7	26.2
Heaped Capacity	m <sup>3</sup>	13.0	13.0	12.0	12.0	14.0	14.0	24.0
	yd <sup>3</sup>	17.0	17.0	15.7	15.7	18.3	18.3	31.4
Width	mm	5080	5160	5080	5160	5080	5080	6300
	ft	16.7	16.9	16.7	16.9	16.7	16.7	20.7
Dump Clearance at Full Lift and 45° Discharge	mm	5413	5480	5503	5528	5314	5314	5259
	ft	17.8	18.0	18.1	18.1	17.4	17.4	17.3
Reach at Lift and 45° Discharge	mm	2612	2616	2522	2568	2711	2711	2714
	ft	8.6	8.6	8.3	8.4	8.9	8.9	8.9
Reach with Lift Arms Horizontal and Bucket Level	mm	5438	5394	5310	5326	5578	5578	5619
	ft	17.8	17.7	17.4	17.5	18.3	18.3	18.4
Digging Depth	mm	199	184	199	184	199	199	221
	ft	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
Overall Length	mm	15 769	15 714	15 641	15 646	15 909	15 909	15 965
	ft	19.5	19.4	19.1	19.1	20.0	20.0	20.2
Overall Height with Bucket at Full Raise	mm	10 547	10 521	10 439	10 439	10 547	10 677	10 675
	ft	34.6	34.5	34.2	34.2	34.6	35.0	35.0
Loader Clearance Turning Radius (SAE CARRY)	mm	11 308	11 311	11 309	11 292	11 348	11 348	12 043
	ft	37.1	37.1	37.1	37.0	37.2	37.2	39.5
Full Dump Angle	deg	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
Static Tipping Load – Straight (no tire squash)	kg	69 659	68 341	69 856	68 908	68 656	68 775	64 946
	lb	153,571	150,665	154,006	151,916	151,360	151,624	143,182
Static Tipping Load – Straight (with tire squash)	kg	66 576	65 274	66 804	65 860	65 583	65 656	61 751
	lb	146,775	143,904	147,277	145,196	144,586	144,747	136,137
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 40°) (no tire squash)	kg	59 871	58 572	60 081	59 130	58 927	59 011	55 261
	lb	131,994	129,130	132,455	130,359	129,911	130,096	121,830
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 40°) (with tire squash)	kg	53 578	52 304	53 828	53 252	52 657	52 674	48 854
	lb	118,119	115,310	118,670	117,400	116,089	116,126	107,705
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 43°) (no tire squash)	kg	58 420	57 124	58 631	57 680	57 484	57 563	53 825
	lb	128,794	125,936	129,259	127,163	126,730	126,904	118,664
Static Tipping Load – Full Turn (articulated 43°) (with tire squash)	kg	52 300	52 185	53 770	52 882	50 628	50 476	47 250
	lb	115,302	115,048	118,542	116,585	111,616	111,280	104,168
Breakout Force	kN	717	733	761	760	673	672	637
	lb-f	161,143	164,740	171,125	170,765	151,274	151,004	143,158
Operating Weight	kg	133 217	134 200	132 954	133 754	133 668	133 843	136 825
	lb	293,694	295,861	293,114	294,878	294,688	295,074	301,648
Weight Distribution at SAE Carry (unloaded) – Front	kg	81 114	82 919	80 637	82 111	82 005	82 276	87 684
	lb	178,825	182,804	177,774	181,024	180,790	181,388	193,311
Weight Distribution at SAE Carry (unloaded) – Rear	kg	52 104	51 282	52 317	51 643	51 663	51 567	49 141
	lb	114,869	113,057	115,340	113,854	113,898	113,686	108,337
Weight Distribution at SAE Carry (loaded) – Front	kg	123 719	125 558	123 225	124 686	124 768	125 014	130 818
	lb	272,753	276,808	271,665	274,884	275,066	275,609	288,404
Weight Distribution at SAE Carry (loaded) – Rear	kg	34 446	33 590	34 677	34 017	33 848	33 777	30 956
	lb	75,941	74,054	76,450	74,994	74,623	74,465	68,245



## 17.3 Perforadora:

### **POWERROC T50**

Surface drill rig for limestone and cement quarrying, open pit mining, and aggregate quarrying.

Hole diameter: 102 – 152mm / 4" – 6"

**Atlas Copco**





## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)



BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA DE INGENIERÍA DE BILBAO

### TRUSTFUL PERFORMER WITH STRIKING EFFICIENCY

EVERYTHING ABOUT THE POWERROC T50 SAYS PERFORMANCE AND EASE OF OWNERSHIP. ITS STRAIGHTFORWARD DESIGN AND ATLAS COPCO TECHNOLOGY PROVIDE YOU WITH HIGH PERFORMANCE AND RELIABILITY.

PowerROC T50 is developed and designed for the demanding applications of limestone and aggregate quarries, as well as mines. Thanks to the new-developed rock drill COP 3080, the PowerROC T50 provides high penetration rate. Meanwhile, the perfectly matched engine in either Tier 3 or Tier 4 provides more tons per liter fuel, which results in high efficiency and productivity, while conforming to your local emission standards.

**MAIN BENEFITS**

- Reliability** – tough, Atlas Copco quality
- High performance** – fast penetration rates give more meters per shift
- Easy and quick positioning** thanks to the extendable boom

## TRUSTFUL PERFORMER WITH STRIKING EFFICIENCY

THANKS TO ITS MODULAR DESIGN AND A HIGH DEGREE OF COMMONALITY WITH OTHER ATLAS COPCO PRODUCTS, RESERVE PARTS ARE ONLY A PHONE CALL AWAY THANKS TO OUR GLOBAL SERVICE NETWORK.



### + WORKING FASTER THAN YOU EXPECT

Our rigs are built tough. The PowerROC T50 is designed to operate in environments where productivity, durability, and availability are essential. Its straightforward design and power gives you a workhorse you can depend on year after year.



### + GET IT RIGHT THE FIRST TIME

Our rock drills are known for their high efficiency and constant hole bottom contact due to the double dampening system. Not only does PowerROC T50 have the powerful COP 3080 rock drill, we've also matched it with an Atlas Copco air compressor that provides sufficient amounts of air to ensure a high quality hole. The PowerROC T50 is also equipped with aluminium feed instead of a steel feed, for much straighter and more consistent holes.



### + PUT HOLES IN THE GROUND AND NOT IN YOUR POCKET

When it comes to work, the PowerROC T50 is all business and easy to own. Simplified hydraulic and electrical systems ensure easier operation and less downtime. All vital functions are at your fingertips for excellent drilling control. Because we understand that long work shifts can drain an operator's energy and productivity, for added comfort the cabin has great visibility, extra vibration dampers, and is ROPS- and FOPS- certified.

## ATLAS COPCO SERVICE

Even the best equipment requires regular service to ensure optimal performance. Atlas Copco provides service solutions to safeguard an optimized relationship between productivity, availability and operational cost. Atlas Copco Mining and Rock Excavation Technique has over 3300 technicians located in over 80 countries. By combining the usage of Atlas Copco genuine parts with service provided by a certified Atlas Copco technician, you'll have a winning combination no matter of where in the world you operate.



### TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### MAIN COMPONENTS

- Track frames with triple grouser pads, cleaning holes and hydraulic track oscillation and two speed traction
- Tier 3 (Stage IIIA) diesel engine / Tier 4 (Stage IV) diesel engine, CAT C9 / CAT C9.3
- Screw type air compressor
- Operator's cabin, ROPS and FOPS certified
- Extendable boom system
- Motor driven aluminium feed system
- Carousel type rod handling system
- Hydraulic rock drill
- Dust collection system

#### ENGINE

CAT turbo charged, diesel engine C 9, Tier 3 / Stage IIIA

Power rating at 1 800 rpm 261 kW 350 HP

CAT turbo charged, diesel engine C 9.3, Tier 4 / Stage IV

Power rating at 1 800 rpm 261 kW 350 HP

#### FEED

Feed extension 1 900 mm 6'3"

Feed rate, max 0.7 m/s 138 ft/min

Feed force, max 50 kN 11 240 lbf

Tractive pull, max 50 kN 11 240 lbf

Total length 9 370 mm 30'9"

Travel length 5 060 mm 16'8"

#### DUST COLLECTOR

Filter area 20 m<sup>2</sup> 215 sq ft

Number of filter elements 20 pcs.

Cleaning air pressure, max 8.0 bar 116.0 psi

Cleaning air consumption 2-4 l/pulse 4-8 cfm

#### HYDRAULIC SYSTEM

Hydraulic oil cooler

Max ambient temperature 50°C 122°F

#### COMPRESSOR

Atlas Copco C146, screw type air compressor

Working pressure, max 10.5 bar 152 psi

FAD, at normal working pressure 232 l/s 492 cfm

#### ELECTRICAL SYSTEM

Voltage 24 V

Batteries 2 x 12 V, 235 Ah

Alternator 24 V, 95 A

Work lights, front 4 x 70 W

Work lights, rear 2 x 70 W

Work lights, feed 2 x 70 W

Warning lamp and reverse alarm buzzer

#### VOLUMES

Hydraulic oil tank 360 l 100 US gal

Hydraulic system, total 470 l 124 US gal

Compressor oil 55 l 14.7 US gal

Diesel engine oil 32 l 8.4 US gal

Diesel engine, cooling water 51 l 13.5 US gal

Diesel engine, fuel tank 500 l 132 US gal

Traction gear 3 l 0.8 US gal

COP oil 7 l 1.85 US gal

#### HOLE RANGE

Type of drilling	Drill steel type	Drilling diameter		Max. hole depth		Drill steel length	
		mm	inch	m	feet	mm	feet
Single pass	T51, T-W6 60	102 - 152	4" - 6"	5.08	16'8"	4270/0600/0398	14'12"/20'
				35	118'	4270 x 7	14' x 7'
Extension drilling						3660 x 7	12' x 7'

#### HYDRAULIC ROCK DRILL

Rock drill	Impact power	Hydraulic pressure	Impact rate	Torque, max	Weight approx
COP 3080	30 kW 40.2 hp	240 bar 3481 psi	50 Hz	2 770 Nm 2 040 lb-ft	355 kg 782 lb
		225 bar 3263 psi	43 Hz		



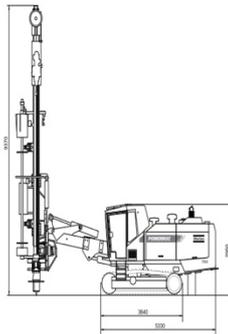
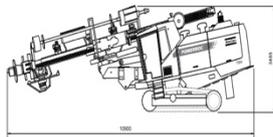
# EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

## TECHNICAL SPECIFICATIONS



### DIMENSIONS AND WEIGHT

Transport dimensions		
Height	3 485 mm	115'
Length	10 800 mm	359'
Width	2 500 mm	82'
Feed height		
	9 370 mm	309'
Weight		
Tier 3 / Stage IIIA	22 200 kg	48 900 lb
Tier 4 / Stage IV	22 800 kg	50 220 lb



### OPTIONAL EQUIPMENT

#### Carrier

- Hydraulic support leg
- Super rotation system
- Service hand lights inside canopy
- Combined warning sound and warning light, beacon type
- Engine air filter pre-cleaner
- Compressor air filter pre-cleaner
- Electric pump for filling hydraulic oil
- Electric fuel filling pump
- Fast fuel filling system
- Cold weather kit +5°C to -25°C, including diesel engine heater and compressor regulation heating kit
- Rock drill lubrication oil collection system

#### Safety cabin

- Radio
- Reverse camera with cab mounted monitor

#### Hole measuring systems

- 2D angle indicator
- 3D angle indicator

#### Lube oil, lube system and water mist system

- Central lubrication system
- Thread greasing device, spray system
- Artic hydraulic oil, VG 32
- Tropical hydraulic oil, VG 68
- Biological hydraulic oil, VG 46
- Water mist system with water pump and 400L water tank

#### Feed

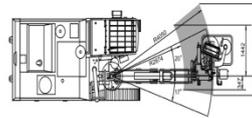
- Wide feed foot
- RHS for T51 - 12'1/4' SPEEDROD
- RHS for T51 - 12'1/4' with 72 mm coupling
- RHS for T-Wiz 60 - 12'1/4' SPEEDROD
- RHS for T-Wiz 60 - 12'1/4' with 85 mm coupling
- Sleeve retainer

#### Delivered equipment, not mounted

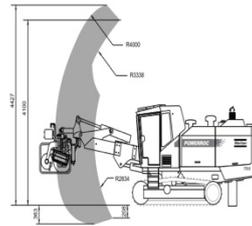
- Conversion kit T51
- Conversion kit T-Wiz 60

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

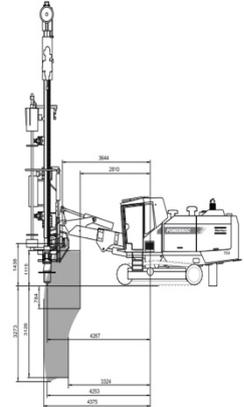
### COVERAGE AREAS AND SWING ANGLES



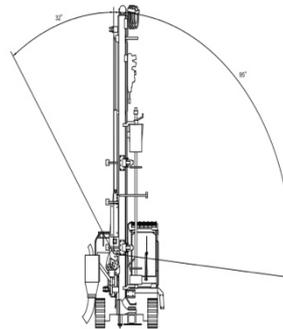
Horizontal reach (mm)



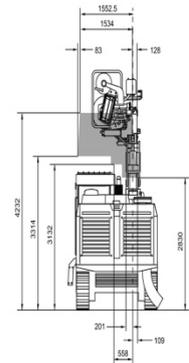
Horizontal hole drilling



Vertical reach (mm)



Feed swing angles



Rear view



## 17.4 Retroexcavadora:

# 320F L

Hydraulic Excavator



### Engine

Engine Model	Cat® C4.4 ACERT™	
Engine Power – ISO 14396	122 kW	164 hp
Net Power – SAE J1349	120 kW	161 hp

### Drive

Maximum Travel Speed – High	5.6 km/h	3.5 mph
Maximum Drawbar Pull	205 kN	46,086 lb

### Weights

Operating Weight	22 300 kg	49,200 lb
------------------	-----------	-----------



## 320F L Hydraulic Excavator Specifications

### Engine

Engine Model	Cat C4.4 ACERT	
Engine Power – ISO 14396	122 kW	164 hp
Net Power – SAE J1349	120 kW	161 hp
Bore	105 mm	4.13 in
Stroke	127 mm	5.00 in
Displacement	4.4 L	269 in <sup>3</sup>

- The 320F meets Tier 4 Final emission standards.
- No engine power derating required below 3000 m (9,800 ft) altitude.
- Net power advertised is the power available at the flywheel when the engine is equipped with fan, air cleaner, muffler and alternator.
- Rating at 1,800 rpm.

### Weights

Operating Weight	22 300 kg	49,200 lb
------------------	-----------	-----------

• Reach Boom, R2.9 m (9'6") stick, GD 1.19 m<sup>3</sup> (1.56 yd<sup>3</sup>) bucket and 790 mm (31") TG shoes.

### Track

Number of Shoes Each Side	49 pieces	
Number of Track Rollers Each Side	8 pieces	
Number of Carrier Rollers Each Side	2 pieces	

### Swing Mechanism

Swing Speed	11.2 rpm	
Swing Torque	61.8 kN·m	45,581 lbf·ft

### Drive

Maximum Travel Speed – High	5.6 km/h	3.5 mph
Maximum Drawbar Pull	205 kN	46,086 lbf

### Hydraulic System

Main System – Maximum Flow (Total)	428 L/min	113.1 gal/min
Maximum Pressure – Equipment		
Heavy Lift	38 000 kPa	5,511 psi
Normal	35 000 kPa	5,076 psi
Maximum Pressure – Travel	35 000 kPa	5,076 psi
Maximum Pressure – Swing	25 000 kPa	3,626 psi
Pilot System – Maximum Flow (Total)	24.3 L/min	6.4 gal/min
Pilot System – Maximum Pressure	3920 kPa	569 psi
Boom Cylinder – Bore	120 mm	5 in
Boom Cylinder – Stroke	1260 mm	50 in
Stick Cylinder – Bore	140 mm	6 in
Stick Cylinder – Stroke	1504 mm	59 in
Bucket Cylinder – Bore	120 mm	5 in
Bucket Cylinder – Stroke	1104 mm	43 in

### Service Refill Capacities

Fuel Tank Capacity	410 L	108.3 gal
DEF Tank Capacity	21 L	5.5 gal
Cooling System	30 L	7.9 gal
Engine Oil	25 L	6.6 gal
Swing Drive	8 L	2.1 gal
Final Drive	8 L	2.1 gal
Hydraulic System (including tank)	260 L	68.7 gal
Hydraulic Tank	115 L	30.4 gal

### Sound Performance

ISO 6395 (external)	97 dB(A)
ISO 6396 (inside cab)	68 dB(A)

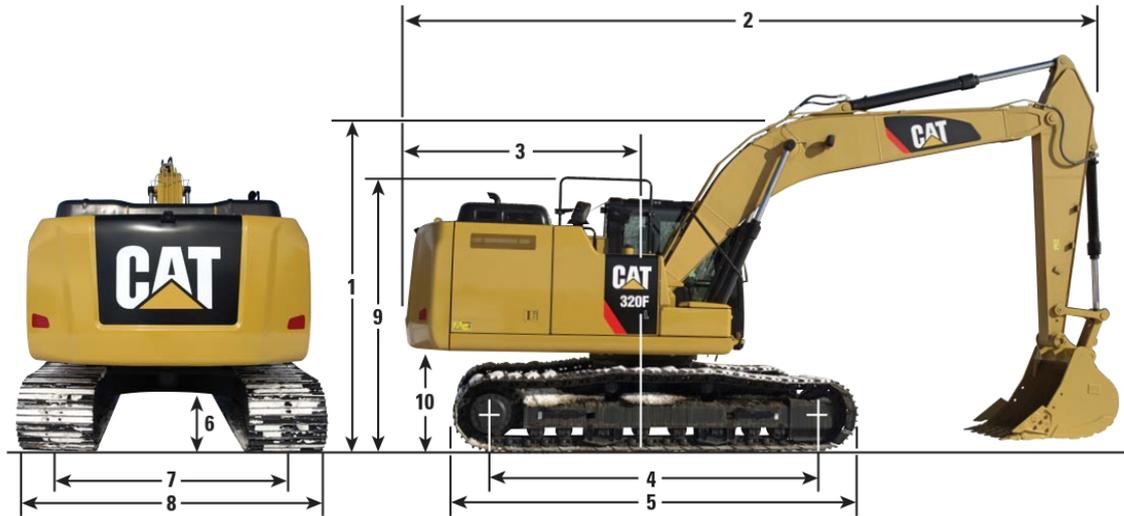
- When properly installed and maintained, the cab offered by Caterpillar, when tested with doors and windows closed according to ANSI/SAE J1166 OCT98, meets OSHA and MSHA requirements for operator sound exposure limits in effect at time of manufacture.
- Hearing protection may be needed when operating with an open operator station and cab (when not properly maintained or doors/windows open) for extended periods or in a noisy environment.



## 320F L Hydraulic Excavator Specifications

### Dimensions

All dimensions are approximate.



Boom Options	Reach Boom 5.7 m (18'8")	
Stick Options	R2.9 m* (9'6")	
1 Shipping Height	3130 mm	10'3"
2 Shipping Length	9540 mm	31'4"
3 Tail Swing Radius	2830 mm	9'3"
4 Length to Center of Rollers – Long Undercarriage	3650 mm	12'0"
5 Track Length – Long Undercarriage	4460 mm	14'8"
6 Ground Clearance	450 mm	1'6"
7 Track Gauge – Long Undercarriage (shipping)	2380 mm	7'10"
8 Transport Width – Long Undercarriage		
600 mm (24") Shoes	2980 mm	9'9"
700 mm (28") Shoes	3080 mm	10'1"
790 mm (31") Shoes	3170 mm	10'5"
9 Handrail Height	3010 mm	9'11"
10 Counterweight Clearance	1020 mm	3'4"

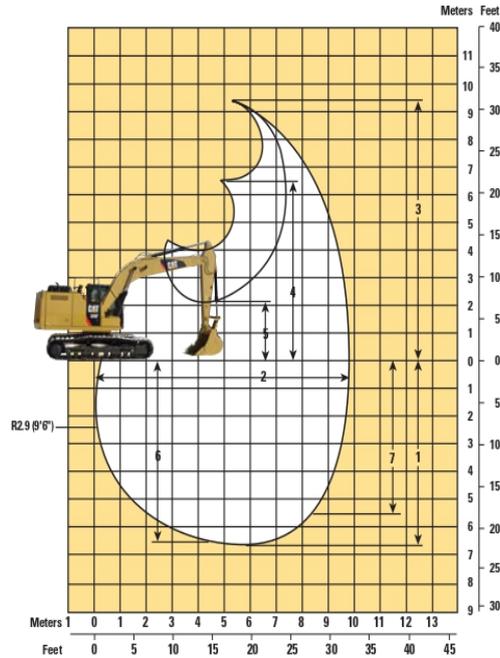
\*With 1.19 m<sup>3</sup> (1.56 yd<sup>3</sup>) Bucket and 790 mm (31 in) shoes



# 320F L Hydraulic Excavator Specifications

## Working Ranges

All dimensions are approximate.



Boom Options	Reach Boom – 5.7 m (18'8")	
Stick Options	R2.9 m (9'6")	
Bucket	HD 1.19 m <sup>3</sup>	1.56 yd <sup>3</sup>
1 Maximum Digging Depth	6720 mm	22'1"
2 Maximum Reach at Ground Line	9860 mm	32'4"
3 Maximum Cutting Height	9370 mm	30'9"
4 Maximum Loading Height	6490 mm	21'4"
5 Minimum Loading Height	2170 mm	7'1"
6 Maximum Depth Cut for 2440 mm (8 ft) Level Bottom	6550 mm	21'6"
7 Maximum Vertical Wall Digging Depth	5060 mm	16'7"
Bucket Digging Force (SAE)	134 kN	30,100 lbf
Bucket Digging Force (ISO)	150 kN	33,810 lbf
Stick Digging Force (SAE)	103 kN	23,220 lbf
Stick Digging Force (ISO)	106 kN	23,920 lbf



## 320F L Hydraulic Excavator Specifications

### Operating Weights and Ground Pressures

	600 mm (24") Shoes		700 mm (28") Shoes		790 mm (31") Shoes	
	kg (lb)	kPa (psi)	kg (lb)	kPa (psi)	kg (lb)	kPa (psi)
<b>Long Undercarriage</b>						
Reach Boom – 5.7 m (18'8")						
R2.9 m (9'6") Stick, 1.19 m <sup>3</sup> (1.56 yd <sup>3</sup> ) HD bucket	21 600 kg (47,600 lb)	45.0 kPa (6.5 psi)	22 000 kg (48,500 lb)	39.3 kPa (5.7 psi)	22 300 kg (49,200 lb)	35.2 kPa (5.1 psi)

### Major Component Weights

	kg	lb
Base Machine (with boom cylinder without counterweight, front linkage and track shoe)	7000	15,440
Long Undercarriage	4470	9,860
Counterweight	3700	8,160
Reach Boom (includes lines, pins and stick cylinder)		
5.7 m (18'8")	1740	3,840
Stick (includes lines, pins, bucket cylinder and bucket linkage)		
R2.9 m (9'6")	970	2,140
Track Shoes (long/per two track)		
600 mm (24") Triple Grouser	2690	5,930
700 mm (28") Triple Grouser	3070	6,770
790 mm (31") Triple Grouser	3360	7,410
Buckets		
HD 1.19 m <sup>3</sup> (1.56 yd <sup>3</sup> )	1060	2,340
GD 1.3 m <sup>3</sup> (1.7 yd <sup>3</sup> )	920	2,030

All weights are rounded up to nearest 10 kg and lb except for buckets. Kg and lb were rounded up separately so some of the kg and lb do not match.  
Base machine includes 75 kg (165 lb) operator weight, 90% fuel weight, and undercarriage with center guard.



## 320F L Hydraulic Excavator Specifications

### Work Tool Offering Guide\*

Boom Option	Reach Boom
Stick Option	R2.9 m HD (9'6")
Hydraulic Hammer	H115Es H120Es H130Es
Multi-Processor	MP318 CC Jaw MP318 D Jaw MP318 P Jaw^ MP318 S Jaw MP318 U Jaw^
Pulverizer	P215
Demolition and Sorting Grapple (D-Demolition shells, R-Recycling shells, WH-Waste Handling shells)	G315B-D/R G315B-WH
Scrap and Demolition Shear	S320B^ S325B#
Compactor (vibratory plate)	CVP110
Orange Peel Grapple	
Rippers	
Thumbs	
Pin Grabber Coupler	
Dedicated Quick Coupler	

These work tools are available for the 320F L.  
Consult your Cat dealer for proper match.

\*Offerings not available in all areas. Matches are dependent on excavator configurations. Consult your Cat dealer to determine what is offered in your area and for proper work tool match.

# Match; boom mount

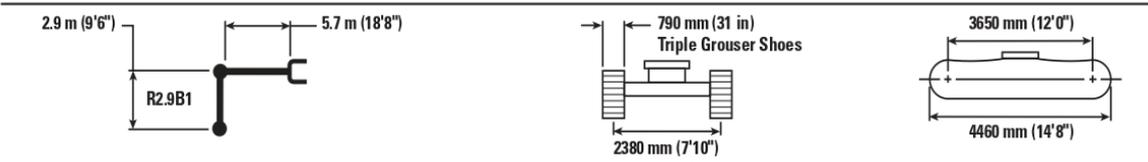
^ Work over the front only with Cat-PG (match; Pin-on, Dedicated Quick Coupler and Cat-PG)





# 320F L Hydraulic Excavator Specifications

## Reach Boom Lift Capacities – Counterweight: 3.7 mt (8,160 lb) – with Bucket Linkages, without Bucket



Reach	1.5 m/5.0 ft		3.0 m/10.0 ft		4.5 m/15.0 ft		6.0 m/20.0 ft		7.5 m/25.0 ft		m ft		
	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb			
7.5 m 25.0 ft							*4950	*4950			*4300 *9,500	*4300 *9,500	6.15 20.00
6.0 m 20.0 ft							*5400 *11,850	5400 11,550			*3950 *8,750	3900 8,700	7.29 24.20
4.5 m 15.0 ft							*5950 *12,900	5200 11,250	*5600 12,200	3700 7,900	*3900 *8,550	3300 7,350	7.99 26.70
3.0 m 10.0 ft					*8650 *18,650	7600 16,350	*6800 *14,800	5000 10,700	5600 11,950	3600 7,700	*4000 *8,750	3050 6,650	8.36 27.50
1.5 m 5.0 ft					*10,500 *22,650	7050 15,250	7600 16,350	4750 10,200	5450 11,700	3450 7,450	*4200 *9,250	2900 6,400	8.45 28.30
0 m 0 ft			*6600 *15,150	*6600 *15,150	*11,500 *24,900	6800 14,600	7400 15,900	4550 9,850	5350 11,500	3400 7,250	*4650 *10,250	2950 6,500	8.26 27.50
-1.5 m -5.0 ft	*7050 *15,750	*7050 *15,750	*11,400 *25,850	*11,400 *25,850	11,600 24,850	6700 14,450	7350 15,750	4500 9,700	5350 11,450	3350 7,200	5050 11,200	3200 7,050	7.78 25.80
-3.0 m -10.0 ft	*12,100 *27,100	*12,100 *27,100	*15,450 *33,400	13,100 28,100	*10,900 *23,550	6800 14,600	7350 15,850	4550 9,750			6000 13,300	3750 8,350	6.95 23.30
-4.5 m -15.0 ft			*12,350 *26,400	*12,350 *26,400	*8850 *18,900	7000 15,100					*6700 *14,750	5200 11,700	5.60 18.30



ISO 10567



\*Indicates that the load is limited by hydraulic lifting capacity rather than tipping load. The above loads are in compliance with hydraulic excavator lift capacity standard ISO 10567:2007. They do not exceed 87% of hydraulic lifting capacity or 75% of tipping load. Weight of all lifting accessories must be deducted from the above lifting capacities. Lifting capacities are based on the machine standing on a firm, uniform supporting surface. The use of a work tool attachment point to handle/lift objects, could affect the machine lift performance.

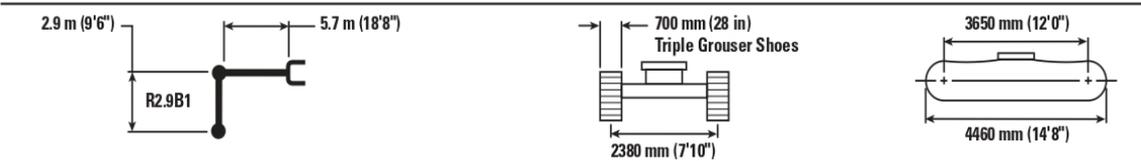
Lift capacity stays with ±5% for all available track shoes.

Always refer to the appropriate Operation and Maintenance Manual for specific product information.



# 320F L Hydraulic Excavator Specifications

## Reach Boom Lift Capacities – Counterweight: 3.7 mt (8,160 lb) – with Bucket Linkages, without Bucket



Reach	1.5 m/5.0 ft		3.0 m/10.0 ft		4.5 m/15.0 ft		6.0 m/20.0 ft		7.5 m/25.0 ft		m	ft	
	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb			
7.5 m 25.0 ft							*4950	*4950			*4300	*4300	6.15
6.0 m 20.0 ft							*5400	5300			*3950	*3850	7.29
4.5 m 15.0 ft							*5950	5150	*5600	3650	*3900	3300	7.99
3.0 m 10.0 ft					*8650	7500	*6800	4900	5500	3550	*4000	3000	8.36
1.5 m 5.0 ft					*18,650	16,150	*14,800	10,600	11,800	7,600	*8,750	6,600	27.50
0 m 0 ft					*10,500	7000	7500	4700	5400	3400	*4200	2900	8.45
-1.5 m -5.0 ft	*7050	*7050	*11,400	*11,400	11,450	6650	7250	4450	5250	3300	5000	3150	7.78
-3.0 m -10.0 ft	*15,750	*15,750	*25,850	*25,850	24,500	14,250	15,550	9,550	11,300	7,150	11,050	6,950	25.80
-4.5 m -15.0 ft	*12,100	*12,100	*15,450	12,950	*10,900	6700	7300	4500			5900	3700	6.95
	*27,100	*27,100	*33,400	27,750	*23,550	14,400	15,650	9,650			13,100	8,250	23.30
			*12,350	*12,350	*8850	6900					*6700	5150	5.60
			*26,400	*26,400	*18,900	14,900					*14,750	11,550	18.30



ISO 10567



\*Indicates that the load is limited by hydraulic lifting capacity rather than tipping load. The above loads are in compliance with hydraulic excavator lift capacity standard ISO 10567:2007. They do not exceed 87% of hydraulic lifting capacity or 75% of tipping load. Weight of all lifting accessories must be deducted from the above lifting capacities. Lifting capacities are based on the machine standing on a firm, uniform supporting surface. The use of a work tool attachment point to handle/lift objects, could affect the machine lift performance.

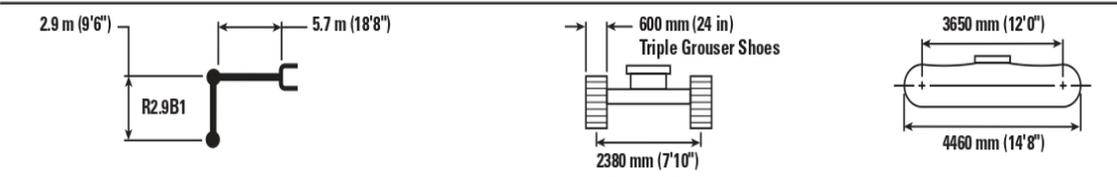
Lift capacity stays with ±5% for all available track shoes.

Always refer to the appropriate Operation and Maintenance Manual for specific product information.



# 320F L Hydraulic Excavator Specifications

## Reach Boom Lift Capacities – Counterweight: 3.7 mt (8,160 lb) – with Bucket Linkages, without Bucket



Reach	1.5 m/5.0 ft		3.0 m/10.0 ft		4.5 m/15.0 ft		6.0 m/20.0 ft		7.5 m/25.0 ft		Diagram		m ft	
	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb	kg lb		
7.5 m 25.0 ft							*4950	*4950			*4300	*4300	6.15 20.00	
6.0 m 20.0 ft							*5400 *11,850	5250 11,250			*3950 *8,750	3800 8,450	7.29 24.20	
4.5 m 15.0 ft							*5950 *12,900	5100 10,950	5550 11,850	3600 7,650	*3900 *8,550	3200 7,100	7.99 26.70	
3.0 m 10.0 ft					*8650 *18,650	7400 15,900	*6800 *14,800	4850 10,450	5400 11,650	3500 7,450	*4000 *8,750	2950 6,450	8.36 27.50	
1.5 m 5.0 ft					*10,500 *22,650	6900 14,800	7400 15,850	4600 9,900	5300 11,350	3350 7,250	*4200 *9,250	2850 6,200	8.45 28.30	
0 m 0 ft			*6600 *15,150	*6600 *15,150	11,350 24,300	6600 14,200	7200 15,450	4450 9,550	5200 11,150	3300 7,050	4550 9,950	2900 6,300	8.26 27.50	
-1.5 m -5.0 ft	kg lb	*7050 *15,750	*7050 *15,750	*11,400 *25,850	*11,400 *25,850	11,250 24,100	6500 14,000	7100 15,300	4350 9,400	5150 11,100	3250 7,000	4900 10,850	3100 6,850	7.78 25.80
-3.0 m -10.0 ft	kg lb	*12,100 *27,100	*12,100 *27,100	*15,450 *33,400	12,750 27,300	*10,900 *23,550	6600 14,150	7150 15,400	4400 9,500			5800 12,900	3650 8,100	6.95 23.30
-4.5 m -15.0 ft	kg lb			*12,350 *26,400	*12,350 *26,400	*8850 *18,900	6800 14,650					*6700 *14,750	5050 11,350	5.60 18.30



ISO 10567



\*Indicates that the load is limited by hydraulic lifting capacity rather than tipping load. The above loads are in compliance with hydraulic excavator lift capacity standard ISO 10567:2007. They do not exceed 87% of hydraulic lifting capacity or 75% of tipping load. Weight of all lifting accessories must be deducted from the above lifting capacities. Lifting capacities are based on the machine standing on a firm, uniform supporting surface. The use of a work tool attachment point to handle/lift objects, could affect the machine lift performance.

Lift capacity stays with ±5% for all available track shoes.

Always refer to the appropriate Operation and Maintenance Manual for specific product information.



## 320F L Standard Equipment

### Standard Equipment

Standard equipment may vary. Consult your Cat dealer for details.

#### ENGINE

- Diesel engine, C4.4 ACERT that meets Tier 4 Final emission standards
  - Two selectable power modes capability; STD and ECO
  - Aftertreatment system: CEM (DOC + DPF + SCR) and DEF system (DEF Tank and DEF Lines)
- Variable fan speed control with viscous clutch
- One-touch low idle
- Automatic (programmable) idling shut down function
- Three-stage fuel filtration system with water separator and indicator
- 3000 m (9,800 ft) altitude capability without derate
- 52° C (126° F) high-ambient cooling capability with derate from 48° C (118° F)
- 85 amp alternator
- Radial seal air filter with double filter element
- Electric fuel lifting pump
- Capability of using biodiesel up to B20
- Starting kit for –18° C (0° F)

#### HYDRAULIC

- Electric boom regeneration circuit
- Stick regeneration circuit
- One-touch lifting mode
- Automatic two-speed travel
- Boom and stick drift reduction valve
- Reverse swing damping valve
- High-performance hydraulic return filter (capsule filter type)
- CRN compliant accumulator
- Fine swing control

#### CAB

- Sound suppressed ROPS cab (ISO 12117-2 compliant) with viscous mount
- Openable skylight as emergency exit (dual exit hatch)
- Openable laminated front upper windshield with assist device
- Removable tempered lower windshield with in-cab storage bracket
- High back seat with air suspension, seat heater and head rest
- Fully adjustable seat, console and armrest
- Seat belt
- LCD monitor with distortion-free rearview camera picture
- Automatic bi-level air conditioner with pressurized function
- 12V × 2 power supply with sockets (maximum 10 amp)
- Washable floor mat
- Roll-down sun screen
- Interior utilities (interior lighting, coat hook, beverage holder, literature holder, document holding space, and cab rear storage compartment)
- 24V AM/FM radio (includes auxiliary input)
- Third pedal for straight travel

#### UNDERCARRIAGE & STRUCTURES

- 3.7 mt (8,160 lb) counterweight
- Grease-lubricated track link
- Tie-down points on base frame (ISO 15818 compliant)

#### ELECTRICAL

- Maintenance-free battery
- Centralized electrical disconnect switch
- Cat Product Link
- Programmable time delay working lights (halogen); storage box mounted (one), cab mounted (two), boom mounted (two)

#### SERVICE & MAINTENANCE

- Engine oil, fuel, and hydraulic oil filters grouped for ease of maintenance
- Sampling ports for Scheduled Oil Sampling (S-O-S<sup>SM</sup>)
- Three side-by-side cooling package for easy maintenance

#### SAFETY & SECURITY

- Rearview camera with three mirrors (ISO 5006 compliant) and one additional cab mirror
- Right-hand rail and hand hold (ISO 2867 compliant)
- Bolt-free service platform with anti-skid plate
- Neutral lever (lock out) for all controls
- Ground-level accessible secondary engine shutoff switch in cab
- Signaling/warning horn
- Safety hammer for cab evacuation
- Travel alarm



## 17.5 Motoniveladora:

(Características similares)



**160H**  
Motoniveladora

**CAT**®

### Versión Europea

#### Motor Cat® 3176C ATAAC

##### Versión de Potencia Variable (VHP)

en 1ª a 3ª velocidades	134 kW/180 hp
en 4ª a 8ª velocidades	149 kW/200 hp

##### Versión de Potencia Variable Plus (VHP Plus)

en 1ª a 3ª velocidades	134 kW/180 hp
en 4ª a 6ª velocidades	149 kW/200 hp
en 7ª y 8ª velocidades	164 kW/220 hp

#### Masa Bruta de la Máquina

Básica 15 676 kg

en las ruedas delanteras 4471 kg

en las ruedas traseras 11 206 kg

Máxima 22 301 kg

en las ruedas delanteras 8051 kg

en las ruedas traseras 14 250 kg

Anchura de la Hoja 4267 mm



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Motor

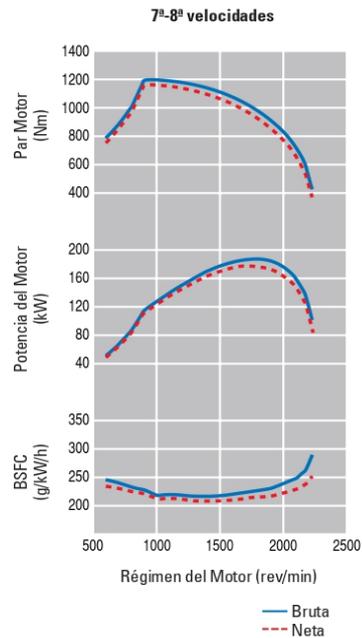
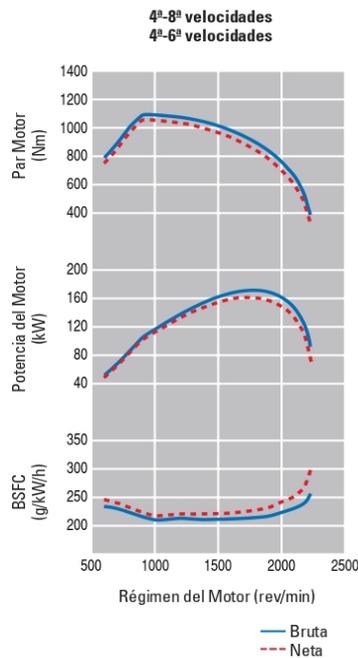
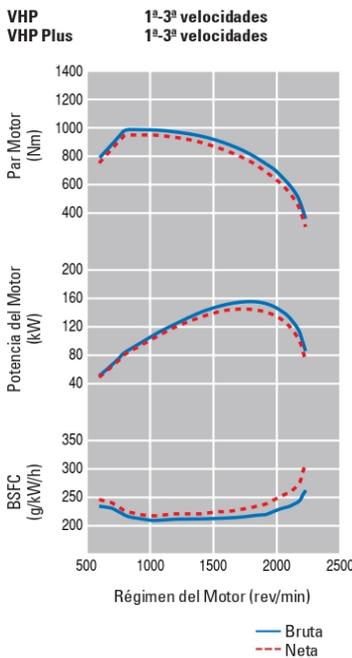
Motor Cat 3176C ATAAC de Potencia Variable (VHP)

Potencia neta	kW	hp
<b>VHP</b>		
en 1ª a 3ª velocidades	134	180
en 4ª a 8ª velocidades	149	200
<b>VHP Plus</b>		
en 1ª a 3ª velocidades	134	180
en 4ª a 6ª velocidades	149	200
en 7ª y 8ª velocidades	164	220

Potencia bruta	kW	hp
<b>VHP</b>		
en 1ª a 3ª velocidades	147	197
en 4ª a 8ª velocidades	162	217
<b>VHP Plus</b>		
en 1ª a 3ª velocidades	147	197
en 4ª a 6ª velocidades	162	217
en 7ª y 8ª velocidades	177	237

Cilindrada	10.3 litros
Diámetro	125 mm
Carrera	140 mm
Reserva de par	50 %
Par máximo a 1000 rev/min	1175 Nm
Régimen del motor a la potencia nominal	2000 rev/min
Número de cilindros	6
Altitud hasta la que se mantiene la potencia	3048 m
Velocidad de giro del ventilador estándar	
máxima	1210 rev/min
mínima	500 rev/min
Temperatura Ambiente Máxima	47 C°
Velocidad de giro del ventilador para climas cálidos	
máxima	1300 rev/min
mínima	500 rev/min
Temperatura Ambiente Máxima	50 C°

- La potencia neta ha sido calculada según especifican las Normas ISO 9249 y EEC 80/1269 vigentes en el momento de la fabricación del motor.
- La Potencia Variable Plus (VHP Plus) es opcional.
- La potencia neta indicada es la potencia disponible en el volante de la máquina, a la velocidad de régimen de 2000 rev/min, cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador de escape y alternador.
- El motor mantiene la potencia especificada hasta los 3048 m de altitud. A partir de esta altura, la potencia se reduce un 1,5% cada 304.8 metros.





## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Tren de Potencia

Velocidades	
Marcha Adelante	8
Marcha Atrás	6
Transmisión	Servotransmisión por transmisión directa
Frenos	
De servicio	de discos bañados en aceite, accionados por aire
Superficie de frenado	23 948 cm <sup>2</sup>
De estacionamiento	de discos múltiples bañados en aceite, manual
Secundario	de discos bañados en aceite, accionados por aire

### Especificaciones de Funcionamiento

Velocidad Máxima	
Marcha Adelante	43,6 km/h
Marcha Atrás	34,4 km/h
Radio de giro mínimo (ruedas delanteras exteriores)	7.5 m
Ángulo de dirección a izquierda/derecha	50°
Ángulo de articulación a izquierda/derecha	20°
Velocidades máximas*	
Marcha Adelante	km/h
en 1 <sup>TM</sup>	3.8
en 2 <sup>TM</sup>	5.1
en 3 <sup>TM</sup>	7.5
en 4 <sup>TM</sup>	10.3
en 5 <sup>TM</sup>	16.0
en 6 <sup>TM</sup>	21,8
en 7 <sup>TM</sup>	30.0
en 8 <sup>TM</sup>	43,6
Marcha Atrás	
en 1 <sup>TM</sup>	3
en 2 <sup>TM</sup>	5.6
en 3 <sup>TM</sup>	8.1
en 4 <sup>TM</sup>	12.6
en 5 <sup>TM</sup>	23.7
en 6 <sup>TM</sup>	34.4

\* a velocidad de régimen, con neumáticos convencionales de 14.00-24 12PR

### Sistema Hidráulico

Tipo de circuito	De centro cerrado, con sensor de carga
Tipo de bomba	de pistón axial
Caudal de la bomba a 2100 rev/min	206 litros/min
Presión máxima del sistema	24 150 kPa
Capacidad del depósito hidráulico	38 litros
Presión en estado de reposo	3100 kPa
Cárter del cojinete de las manguetas de las ruedas delanteras	0.5 litros

### Bastidor Delantero

Diámetro del círculo	1553 mm
Barra de tiro	
altura	127 mm
espesor	76 mm
Chapa superior/inferior	
anchura	305 mm
espesor	25 mm
Chapas laterales	
anchura	241 mm
espesor	12 mm
Masa del revestimiento	
mínima	165 kg/m
máxima	213 kg/m
Módulo resistente de la sección transversal	
mínimo	4785 cm <sup>3</sup>
máximo	2083 cm <sup>3</sup>
Eje delantero	
altura libre sobre el suelo	625 mm
inclinación de las ruedas delanteras	18°
ángulo de oscilación	32°
Espesor de la viga de la hoja y el círculo	40 mm

### Tándem Trasero

Altura	572 mm
Anchura	201 mm
Espesor de las paredes laterales interiores	16 mm
exteriores	18 mm
Paso de la cadena de accionamiento	51 mm
Separación entre los ejes de las ruedas	1522 mm
Oscilación del tándem	
hacia adelante	15°
hacia Atrás	25°

### Hoja

Anchura	4267 mm
Altura	686 mm
Espesor	25 mm
Radio del arco	413 mm
Distancia entre la hoja y el círculo	90 mm
Cuchilla de ataque	
anchura	203 mm
espesor	16 mm
Cantonera	
anchura	203 mm
espesor	16 mm
Tracción en la hoja*	
con la masa bruta máxima	20 071 kg
con la masa bruta básica	14 109 kg
Presión hacia abajo	
con la masa bruta máxima	13 808 kg
con la masa bruta básica	7839 kg

\* La Tracción en la Hoja ha sido calculada con un coeficiente de tracción del 0,9, equivalente a la Masa Bruta de la Máquina (GVW) en condiciones ideales, sin patinaje.



## EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

### Movilidad de la Hoja

Desplazamiento del círculo	
hacia la derecha	881 mm
hacia la izquierda	848 mm
Desplazamiento lateral de la hoja	
hacia la derecha	943 mm
hacia la izquierda	851 mm
Ángulo máximo de la hoja	90°
Variación del ángulo de ataque de la hoja	
hacia adelante	40°
hacia atrás	5°
Alcance máximo sobre el arcén desde el borde exterior de las ruedas	
hacia la derecha	2261 mm
hacia la izquierda	2223 mm
Elevación máxima por encima del suelo	452 mm
Profundidad máxima de corte	770 mm

### Masas

	kg
Masa Bruta de la Máquina*	
Máxima	22 301
en las ruedas delanteras	8051
en las ruedas traseras	14 250
Básica	15 676
en los ejes delanteros	4471
en los ejes traseros	11 206

\* La masa en orden de trabajo básica corresponde a una máquina estándar equipada con neumáticos de 14.00-24 12PR (G-2), depósito de combustible lleno, refrigerante, lubricantes y operador.

### Ripper

Profundidad máxima de ripado		462 mm
Portavástagos de Ripper		
número		5
separación		533 mm
Fuerza de penetración		8518 kg
Fuerza de palanca		9281 kg
Aumento de la longitud de la máquina, con el portadientes levantado		970 mm

### Capacidades

	Litros
Depósito de combustible	397
Sistema de refrigeración	38
Sistema hidráulico	
total	80
depósito	38
Aceite motor	39
Diferencial/Mandos finales	47
Cárter del tándem trasero (cada uno)	64
Cárter del mando del círculo	7

### Escarificador

Escarificador en V, delantero	
Anchura de trabajo	1184 mm
Profundidad máxima de escarificación	292 mm
Portavástagos del escarificador	
número	11
separación	116 mm
Escarificador trasero	
Anchura de trabajo	2300 mm
Profundidad máxima de escarificación	411 mm
Portavástagos del escarificador	
número	9
separación	267 mm

### Cabina

La Estructura Antivuelco (ROPS) cumple las especificaciones de la Norma ISO 3471-1994

La estructura Antiimpacto (FOPS) cumple las especificaciones de la Norma ISO 3449-1992 Nivel II

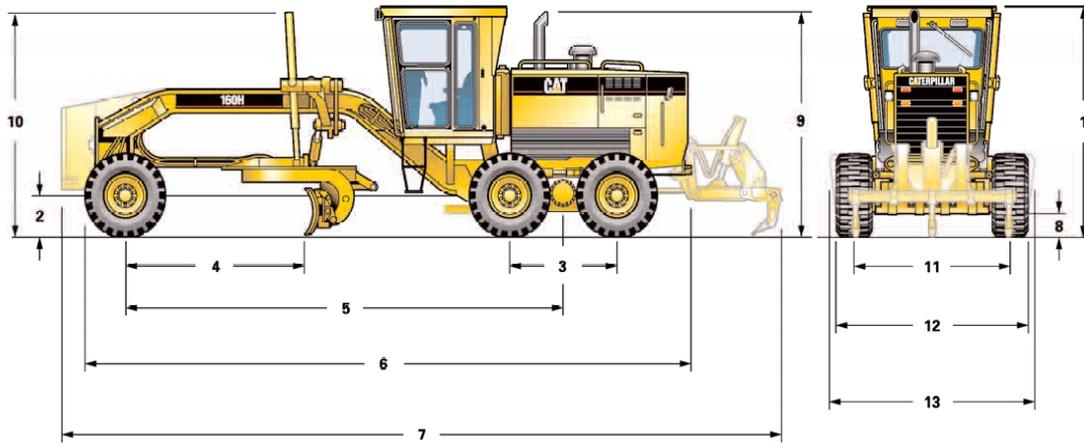
### Normas

Frenos	ISO 3450-1998
Cabina/FOPS	ISO 3449-1992 Nivel II
Cabina/ROPS	ISO 3471-1994



## Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas. Corresponden a una máquina estándar equipada con neumáticos de 14.00-24 12PR.



<b>1</b> Altura		<b>8</b> Altura libre sobre el suelo en el cárter de la transmisión	344 mm
con cabina baja	3131 mm	<b>9</b> Altura hasta el tubo de escape vertical	3103 mm
con cabina alta	3356 mm	<b>10</b> Altura hasta la parte superior de los cilindros	3028 mm
sin cabina	3103 mm	<b>11</b> Anchura	
<b>2</b> Altura hasta el eje	600 mm	entre los centros de los neumáticos	2091 mm
<b>3</b> Distancia		<b>12</b> Anchura	
entre los ejes del tándem trasero	1523 mm	entre las partes exteriores de los neumáticos traseros	2463 mm
<b>4</b> Distancia		<b>13</b> Anchura	
desde el eje delantero a la hoja	2518 mm	entre las partes exteriores de los neumáticos delanteros	2478 mm
<b>5</b> Distancia			
desde el eje delantero hasta la mitad del tándem	6169 mm		
<b>6</b> Distancia			
desde los neumáticos delanteros hasta el final del bastidor trasero	8713 mm		
<b>7</b> Distancia			
desde el contrapeso al ripper	10 097 mm		



## Equipo Estándar

Tanto el equipo estándar como el opcional pueden sufrir variaciones. Consulte a Finanzauto.

### Sistema Eléctrico

Alarma de marcha atrás  
Alternador de 75 amperios, sellado  
Baterías sin mantenimiento de servicio  
pesado, de 1100 CCA  
Sistema eléctrico de 24 voltios  
Luces de parada y de posición  
Motor de arranque  
Conexión para el Sistema de Transmisión  
de Datos Cat

### Puesto del Operador

Acelerador  
Encendedor y cenicero  
Cambio automático  
Percha para prenda de abrigo  
Consola de control ajustable  
Sujetavaso  
Sistema de alarma del operador EMS III  
Tablero de instrumentos en la cabina  
de combustible  
de articulación de la máquina  
de temperatura del refrigerante del  
motor  
de tensión eléctrica  
de presión de aire de los frenos  
Controles hidráulicos, con sensor de  
carga  
de elevación de la hoja vertedera, hacia  
la derecha y hacia la izquierda, con  
posición flotante  
de inclinación y desplazamiento lateral  
de la hoja  
de accionamiento del círculo  
de desplazamiento central  
de inclinación de las ruedas delanteras  
de articulación de la máquina  
Sistema de bloqueo hidráulico  
horómetro digital  
Dos espejos retrovisores interiores  
Soporte de montaje de uso general  
Dirección asistida, hidráulica  
Cabina ROPS insonorizada, baja  
Asiento de suspensión de la serie Contour  
con funda de tejido  
Cinturón de seguridad de 76 mm,  
enrollable

Velocímetro y tacómetro con  
odómetro  
Volante de dirección inclinable,  
ajustable  
Compartimento para objetos  
personales  
Parasol en el parabrisas  
Control electrónico del acelerador  
Indicador digital de sentido de marcha  
y de velocidad de la transmisión  
Limpia/lavaparabrisas (3)  
intermitentes  
Parabrisas frontal con su parte inferior  
fija

### Tren de Potencia

Filtro de aire  
de sellado radial, seco  
con indicador de servicio  
con eyector de polvo, automático  
Motor postenfriado aire-aire  
(ATAAC)  
Frenos de discos bañados en aceite en  
las cuatro ruedas, de accionamiento  
neumático  
Ventilador de actuación proporcional  
a la demanda  
Diferencial con sistema de  
bloqueo/desbloqueo  
Motor diesel 3176C ATAAC de  
Potencia Variable (VHP)  
con reducción automática de la  
potencia  
control del ralentí automático  
Silenciador de escape debajo del capó  
Freno de estacionamiento de discos  
múltiples, sellados y refrigerados  
por aceite  
Prefiltro  
Bomba de cebado de combustible  
Tracción en el tándem trasero  
Transmisión con cambio automático  
con 8 velocidades marcha adelante  
y 6 marcha atrás  
con servo  
de transmisión directa  
con cambio de marchas electrónico  
con protección de sobrevelocidad

### Otros Equipos Estándar

Anticongelante, hasta -35°C  
Parachoques trasero, integral, con  
gancho para remolque  
Embrague deslizante del mando del  
círculo  
Cuchillas de ataque  
de 203 mm x 19 mm  
curvas, de acero DH-2  
tornillos de montaje de 16 mm  
Puertas de cierre del compartimento  
del motor, con cerradura  
Barra de tiro  
con 6 zapatas  
y bandas de desgaste, reemplazables  
Canteneras de acero DH-2 de 19 mm  
con tornillos de montaje de 16 mm  
Bastidor articulado con sistema de  
bloqueo de seguridad  
Depósito de combustible de 397 litros  
Repostado desde el suelo  
Bocina neumática  
Hoja  
de 4267 mm x 686 mm x 25 mm  
desplazamiento lateral y variación del  
ángulo de ataque, hidráulicos  
Tomas para análisis de aceite S•O•S<sup>SM</sup>  
en el motor, sistema hidráulico,  
refrigerante y sistema de alimentación  
Dirección secundaria  
Caja de herramientas  
**Ruedas, Llantas y Neumáticos**  
de 14.00-24 12PR en llantas de 10" de  
una sola pieza

El equipo complementario para  
circulación por las carreteras europeas  
se compone de un depósito de aire  
suplementario, una válvula de  
protección del circuito de aire y dos  
luces de posición con intermitentes  
de giro. Este equipo, obligatorio en  
algunos países para circular por  
carretera, es suministrado por los  
distribuidores de Caterpillar de cada  
país.



# ANEXO 7: ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO



## **Índice:**

<b>18 ANEXO 7: ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO .....</b>	<b>216</b>
<b>18.1 Grupo primario: .....</b>	<b>217</b>
<b>18.2 Grupo cribado:.....</b>	<b>219</b>
<b>18.3 Grupo secundario:.....</b>	<b>220</b>
<b>18.4 Grupo terciario:.....</b>	<b>223</b>
<b>18.5 Cintas transportadoras: .....</b>	<b>226</b>
Flujograma establecimiento de beneficio: .....	239
<b>Deposito combustible .....</b>	<b>241</b>
<b>Punto limpio:.....</b>	<b>242</b>
<b>Garita de seguridad, oficinas, vestuarios, baños, almacén .....</b>	<b>243</b>
<b>Báscula.....</b>	<b>243</b>



## 18 ANEXO 7: ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO

A la hora de realizar el establecimiento, se debe de tener muy claro, el uso que se les va a dar a las calizas obtenidas en la explotación.

Debido a la zona en la que nos encontramos, y viendo las utilidades de la caliza en el mercado, se hará una planta de tratamiento, con el fin de obtener calizas para su transporte hasta una cementera cercana.

Como siempre hay pérdidas y estas tendrán mayor granulometría que la deseada, los productos desperdiciados irán destinados a la construcción, a tratamientos para carretera, a morteros y rellenos.

También se venderá parte de nuestras calizas, (granulometría entre 0 - 25 mm) para uso agrícola, ya que la zona donde se encuentra la Cantera de Caliza se vende con facilidad.

Como ya sabemos en dicho establecimiento de beneficio entraran **517,18 t/h**. Por lo tanto, debemos diseñar la planta en función de estos parámetros.

Granulometrías que se deben obtener:

- **25 mm. (No valdrá para hormigón)**
- **[25 mm - 15 mm]**
- **[15 mm - 8 mm]**
- **[ 8 mm - 3 mm] (Tamaño ideal)**
- **[3 mm - 0 mm] (Tamaño ideal)**

Como ya se ha realizado la voladura, y con los cálculos obtenidos, se podrá decir (que no asegurar) que la piedra caliza a obtener no superará los 800 milímetros. Aunque siempre puede haber excepciones, debido a fallos de calculo y de propiedades de las rocas.

Y las rocas que tengan un tamaño lo suficientemente grande como para poder atascar, la tolva de recepción, o alguna maquina de cribado, se romperán de nuevo en trozos mas pequeños.



## 18.1 Grupo primario:

- **TOLVA (de recepción):**

Como se ha visto anteriormente el dumper elegido tiene 6,20 m de ancho, por lo tanto, la tolva tendrá que tener una sección superior de 7x7 m (49 m<sup>2</sup>). Calculando la producción, la sección inferior será de 2,5x2,5 m (5 m<sup>2</sup>).

Y también en relación con la producción, se observa que con 70 m<sup>3</sup> de volumen daría de sobra.

La tolva tendrá una altura de casi 3 metros. Y en todo momento estará dispuesta de las medidas de seguridad necesaria.



Ilustración 91. Tolva recepción.

- **ALIMENTADOR PRECRIBADOR**

Los alimentadores que se instalarán en la planta de tratamiento son alimentadores vibratorios. Se ha elegido este tipo de alimentador ya que tiene una alimentación óptima y uniforme. Estos equipos se pueden regular para que el caudal de transmisión sea el adecuado para la planta de tratamiento.

El alimentador que vamos a seleccionar (APT-513-11) es un alimentador con pre cribado, el pre cribado es clave para disminuir los costos operacionales.

Debemos separar el estéril y las pequeñas granulometrías.

### Características:

- Realces 60m<sup>3</sup>
- Tolvin de finos



Ilustración 92. Alimentador pre cribador



- Equipo de regulación 22 KW
- Estructura apoyo delantero
- Cajón de reparto
- Bipas
- Canales de caída
- ACCIONAMIENTO: Por dos motores-vibradores que giran en contrasentido, proporcionando al equipo un movimiento rectilíneo de vibración. Los moto vibradores son de masas excéntricas regulables.

MODELO	POTENCIA Kw	FUERZA CENTRIFUGA	PESO
APT-513	10 x 2	26.000	10.950

#### • TRITURADORA DE MANDIBULAS:

Debido a nuestra gran producción, al producto final que se quiere obtener y teniendo en cuenta las propiedades de la caliza, observando los apuntes de “Mineralurgia” se ha deducido que lo mejor para el grupo primario sería una trituradora de mandíbulas.

Cuando se trata de reducir de tamaño materiales duros o muy duros, se requieren equipos robustos y fiables.

En este caso, máquinas trabajan con ángulos de 22° entre mandíbulas y con cámara larga, lo que las hace duras y eficaces con cualquier material.

Se ha elegido un modelo de características similares TMM - 1300, ya que es un modelo muy versátil y tiene buenas características.

#### Características:

- Juego de bocas
- Plataforma
- Castillete
- Transmisión
- Motor 162 KW
- Plataforma superior de revisión



### Características técnicas:

- Elevada producción con bajo consumo de energía.
- Gran capacidad de reducción.
- Óptima cubicidad.
- Revestimientos, placas de impacto y barrones lanzadores en fundición de acero al cromo-molibdeno.
- Bajo costo en desgaste.
- Revestimientos unificados para reducir stocks de mantenimiento.

### 18.2 Grupo cribado:

Cribado: Se utiliza un obstáculo físico para realizar la clasificación. Utilización de cribas de malla cuadrada calibrada para tamaños adecuados a la alimentación y de robustez suficiente.

Este tipo de cribas se utilizan de forma habitual cuando se desea tratar una gran capacidad de material y obtener una elevada eficacia en la operación de tamizado. Entre sus ventajas cabe destacar la exactitud de selección de tamaños, ahorro en el espacio necesario para la instalación y el bajo coste de mantenimiento.

- **CRIBA VIBRANTE (cvt-2060-III):**

#### Características:

- Castillete
- Cajón de reparto
- Tolvin de finos a 50°
- Canales de caída



Ilustración 93. Criba vibrante cvt2600

MODELO	Longitud útil mm	Ancho útil mm	Potencia Kw 2 tamices	Potencia Kw 3-4 tamices	Superficie útil area m2
CVT-2060	6.000	2.100	22	22	12



- **DOS CRIBAS VIBRANTES (cvt-2060-II):**

En cuanto a estas cribas, serian de características muy similares a la anterior.

Aunque ahora se utilizan dos, para que el proceso de cribado sea mejor y mas fiable. Y que tanto el material mas fino, como el material mas grueso, no nos perjudíquemele a las siguientes maquinas, de fragmentación.



Ilustración 94. Criba vibrante

MODELO	Longitud útil mm	Ancho útil mm	Potencia Kw 2 tamices	Potencia Kw 3-4 tamices	Superficie útil area m2
CVT-2060	6.000	2.100	22	22	12

### 18.3 Grupo secundario:

- **TOLVA 40 m<sup>3</sup>:**

En esta posición se utilizará una tolva de menor tamaño que la anterior debido a que gran porcentaje de la caliza, se ha guardado para otros usos o bien como estéril. En este caso y como observaremos en el flujo grama del establecimiento de beneficio, esta tolva recogerá todo aquello que venga del cribado, para transportarlo hasta el siguiente molino.

Observando, que la primera tolva era de 70 metros cúbicos, y que esta tolva estaría mucho mas avanzada, y no llegarían granulometrías grandes, suponemos que con 40m<sup>3</sup> de tolva, nos serviría.

- **ALIMENTADOR VIBRANTE:**

El alimentador vibrante se caracteriza principalmente por su alimentación óptima y uniforme del producto a los diferentes procesos.

Los alimentadores vibrantes se utilizan fundamentalmente para la extracción de materiales a granel almacenados en tolvas, silos o acopios. Colocados en la zona de salida normalmente con cierto ángulo de inclinación positiva regulable según el flujo necesario de material. Con posibilidad de regular el caudal en parado modificando la excentricidad de las masas de los motovibradores.

El ancho de la bandeja, la capacidad y la velocidad de transporte dependerán del producto y de las necesidades específicas de cada instalación.



## CAJÓN VIBRANTE

En acero electrosoldado, sólidamente nervado y reforzado para dotarlo de gran rigidez.

## ACCIONAMIENTO

Mediante moto-vibradores eléctricos que giran en contrasentido, proporcionando al equipo una vibración unidireccional. Los vibradores están provistos de masas excéntricas regulables.

## OPCIONALES

Revestimientos bandeja, antiadherentes y antidesgaste. Variadores electrónicos de velocidad.

### Características:

- Encauzador
- Equipo de regulación 2,2 KW
- Modelo avt-300

MODELO	Ancho mm	Longitud mm	Potencia Kw	Producción Tn/h	F. Centrifuga K.P.
AVT-300	1000	1400	0,90x2	300	2.728

Ilustración 95. Características AVT 300

### • MOLINO IMPACTOR:

En este caso, y debido a que los equipos de molienda o trituración son los más importantes, elegimos este tipo de molino, debido a que tiene un gran rendimiento con las calizas, que tiene un bajo coste para la producción que puede llegar a dar, tiene un alto grado de trituración y es especial para obtener después hormigón.

Siendo necesarios molinos impactores con gran capacidad de admisión y alta producción, nuestra ingeniería ha desarrollado molinos secundarios para la trituración de materiales de alta abrasión, canto rodado y proveniente de trituradores primarios.

Así mismo es necesario el empleo de impactores para la corrección de forma (cubicidad) de productos de granulometrías altas como puede ser las calizas.

Los molinos impactores secundarios IST se adaptan a estos trabajos pudiendo emplearse para la obtención de zahorras 0-50 mm en una sola pasada o para la obtención de cubicidad de materiales lajosos provenientes de otros trituradores.



Ilustración 96. Molino impactor.

### Características técnicas:

- Elevada producción con bajo consumo de energía.
- Gran capacidad de reducción.
- Óptima cubicidad.
- Revestimientos, placas de impacto y barrones lanzadores en fundición de acero al cromo-molibdeno.
- Bajo costo en desgaste.
- Revestimientos unificados para reducir stocks de mantenimiento.
- Los barrones lanzadores no precisan ser deslizados en el asiento para su sustitución, salen verticalmente.
- Tres pantallas de impacto, que garantizan la perfecta cubicidad del material obtenido y la gran capacidad de reducción del IST.

MODELO	Ancho Boca mm	Altura Boca mm	PESO kg.	*Tamaño Alimentación mm	Potencia Kw	Producción Tn/h
IST-4	750	660	11.450	340	160	200
IST-5	1100	660	14.710	340	200	270
IST-6	1500	660	18.000	340	250	340

Ilustración 97. Características IST-5



## 18.4 Grupo terciario:

En gran cantidad de establecimientos de beneficio, en canteras solo disponen de grupo primario y secundario, pero en este caso al tener que dejar un acabado mas fino y al querer que sea una caliza con un acabado de gran calidad, se ha pensado añadir un grupo terciario.

Las maquinas tendrán menor potencia que las anteriores, debido que la cantidad de caliza que llega es mucho menor, pero el modo de elección ha sido el mismo que para los anteriores grupos.

- **TOLVA 27m<sup>3</sup>**
- **ALIMENTADOR VIBRANTE AVT-220**

El alimentador vibrante se caracteriza principalmente por su alimentación óptima y uniforme del producto a los diferentes procesos.

Los alimentadores vibrantes se utilizan fundamentalmente para la extracción de materiales a granel almacenados en tolvas, silos o acopios. Colocados en la zona de salida normalmente con cierto ángulo de inclinación positiva regulable según el flujo necesario de material. Con posibilidad de regular el caudal en parado modificando la excentricidad de las masas de los motovibradores.

El ancho de la bandeja, la capacidad y la velocidad de transporte dependerán del producto y de las necesidades específicas de cada instalación.

- **MOLINO IMPACTOR TMI-3-A**

Será un molino, parecido al anterior solo que este tendría mayor rendimiento, y reduce el tiempo de mantenimiento a la mitad.



Ilustración 98. Molino impactor TMI-3-A

**Mantenimiento:**

Muy reducido, debido a la calidad de las aleaciones de los acorazamientos, la facilidad de regulación de las pantallas de choque y el peso máximo de las piezas de desgaste que es 60 kg.

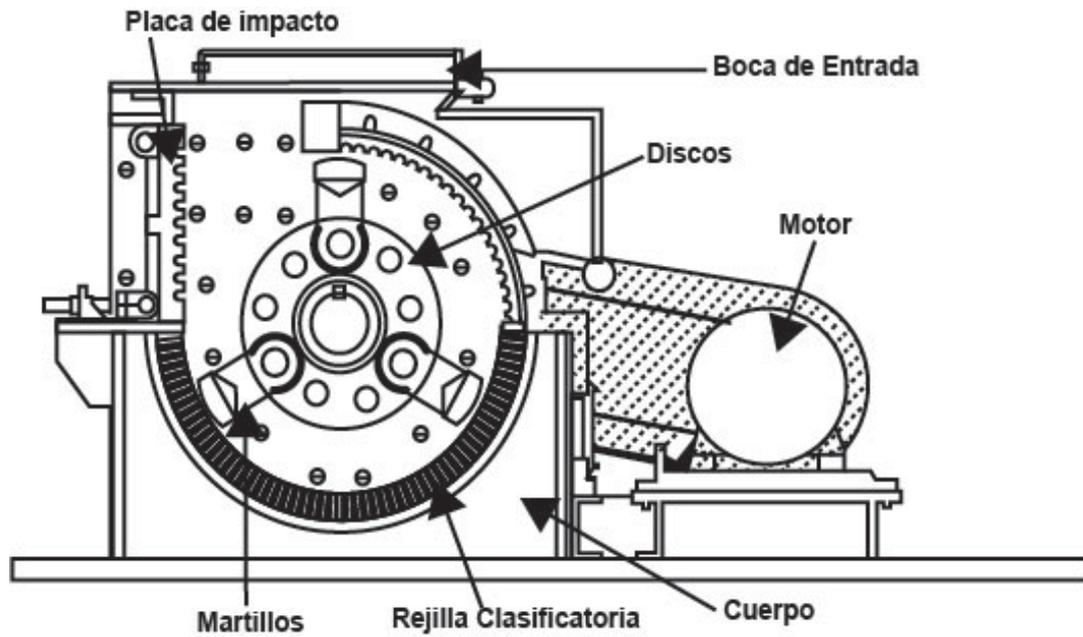


Ilustración 99. Partes Molino impactor

MOLINO	Producción Tn/h	Potencia Kw	PESO kg	Alimentación mm	Barrones N°	Revoluciones R.P.M	Sentido Giro
TMI-1	80	75	5.500	140	4	800	Único
TMI-2	150	110	8.000	180	8	800	Único
TMI-3	220	162	10.000	180	12	800	Único

Ilustración 100. Características molinos



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Tabla utilizada para la elección de la maquinaria de trituración:

ETAPA	MAQUINA	COMPORTAMIENTO			
		DUREZA	ABRASION	HUMEDAD	ADHERENCIA
PRIMARIA	GIRATORIA	XXX	XXX		
	MANDIBULAS S/EFFECTO	XXX	XX	X	
	MANDIBULAS D/EFFECTO	XXX	XXX	X	
	IMPACTOS	XX	XX	XX	XX
	DOS CILINDROS DENTADOS	X	X	XXX	XXX
	CILINDRO DENT. Y MAND.	X	X	XXX	XX
SECUNDARIA	GIRATORIA	XXX	XXX		
	MANDIBULAS S/EFFECTO	XXX	XX	X	
	MANDIBULAS D/EFFECTO	XXX	XXX	X	
	IMPACTOS	XX	XX	XX	XX
	MARTILLOS	XX	XX	XX	XX
	DOS CILINDROS DENTADOS	X	X	XXX	XXX
	CILINDRO DENT. Y MAND.	X	X	XXX	XX
	CILINDROS LISOS	X	X	XXX	XXX
	CILINDROS ACANALADOS	X	X	XXX	XX
	CONOS	XXX	XXX		
TERCIARIA	MARTILLOS	XX	XX	XX	XX
	CILINDROS LISOS	X	X	XXX	XXX
	CONOS	XXX	XXX		
	GIRADISCOS	XXX	XXX		
P+S+T	AUTOGENOS INTEGRALES TRITURADORES AUTOGENOS	XXX XX	XXX XX	XXX X	XXX XX

XXX : ALTO ; XX : MEDIO ; X : BAJO

Ilustración 101. Apuntes universidad, elección maquinaria

Debido a su media en todos los parámetros, se ha elegido los molinos de impactos o trituradoras.

Mirando dureza, abrasión, humedad y adherencia de la caliza.

Proceso	Etapa	Escalón	Humedad	Tipo de equipo
Fragmentación (Reducción de un bloque a tamaños menores)	Trituración (Etapa de la fragm. para tamaños gruesos)	Primaria Secundaria Terciaria	Seco o Húmedo	Trituradoras (Mandibulas, conos, rodillos, martillos, etc.)
	Molienda (Etapa de la fragm. para tamaños finos)	Gruesa Media Fina Ultrafina	Seco o Húmedo	Molinos (Barras, bolas, SAG, autógenos y de guijarros)



## 18.5 Cintas transportadoras:

El transporte dentro de esta planta de tratamiento se hará mediante cintas transportadoras. Estas serán fijas ya que tendremos una cinta por cada distancia a salvar.

A continuación, se elegirá que tipo de cinta vamos a utilizar, y se hará el calculo de características de las cintas.

Concepto	Cintas	Volquetes	Otros
<b>VENTAJAS</b>			
Coste de operación y mantenimiento	Menor	Mayor	Ferrocarril, mayor Funi, menor
Mano de obra	Normal	Especializada	Mixta ferrocarril
Nº de operarios	Menor	Mayor	Intermedia (Ferro)
Inflación (aumento de los costes interanuales)	Menos sensible	Más sensible	–
Eficiencia energética	Mayor (motores eléctricos) (> 75%)	Menor (gasóleos) (< 45%)	Funiculares, mejor
Capacidad	No f(distancia)	Si f(distancia)	–
Longitud de transporte	Menor, admite mayores pendientes (33%)	Mayor, pendiente limitada (8%)	(< 2% – 3%, Ferro) 0 – 100%, Funi
Construcción y mantenimiento de pistas	Menor, pistas de mantenimiento y auxiliares	Mayor tráfico elevado	Vias, elevado Funi, bajo
Proceso extracción (menor inversión)	Continuo	Intermitente	Intermitente Funiculares cont.
Condiciones ambientales	Menor influencia	Influencia mayor	Sin influencia (Ferro y Funi)
Organización y automatización	Buena, incluso excelente	Peor	Buena
Capacidad de transporte	Alta	Media	Funi, alta Ferro, media/alta
<b>DESVENTAJAS</b>			
Inversión inicial	Alta / elevada	Menor, pistas	Funiculares, alta Ferro, alta
Versatilidad, adaptabilidad	Baja	Alta	Baja
Actual, versatilidad	Media, motores de velocidad variables	Alta	Baja
Planificación y cálculo	Elevado y riguroso	Riguroso	Riguroso
Diseño en serie	Menor tiempo de disponibilidad del conjunto	–	–
<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	Aumento de instalaciones	Uso en frentes irregulares y móviles con rapidez, canteras	Funi y Ferro, en recesión en minería (*)

Ilustración 102. Ventajas/Desventajas cintas transportadoras

Dos conceptos que conocer:

**Tamaño máximo del bloque:**  $\text{Tamaño\_máximo\_bloque} = 0,3 \cdot \text{ancho\_cinta}$ . Se suele indicar como tamaño máximo recomendado el valor de 400 mm para el bloque

**Pendiente máxima de la cinta:** 20%; para pendientes mayores hay que ir a cintas especiales. Las pendientes máximas recomendadas, usadas normalmente, son 16o de forma general y la mayoría de los materiales en minería admiten hasta 18o en transporte mediante cinta de banda estándar.

Esta imagen, nos sirve para ver las ventajas y desventajas que tienen, las cintas transportadoras, frente a otro tipo de maquinaria para transportar el material.

Siguiendo cada uno de los conceptos que vienen en esta tabla, vemos por que hoy en día es claramente mejor utilizar, las cintas transportadoras.

Por esto, se han elegido cintas para el transporte de las calizas en nuestro establecimiento de beneficio.

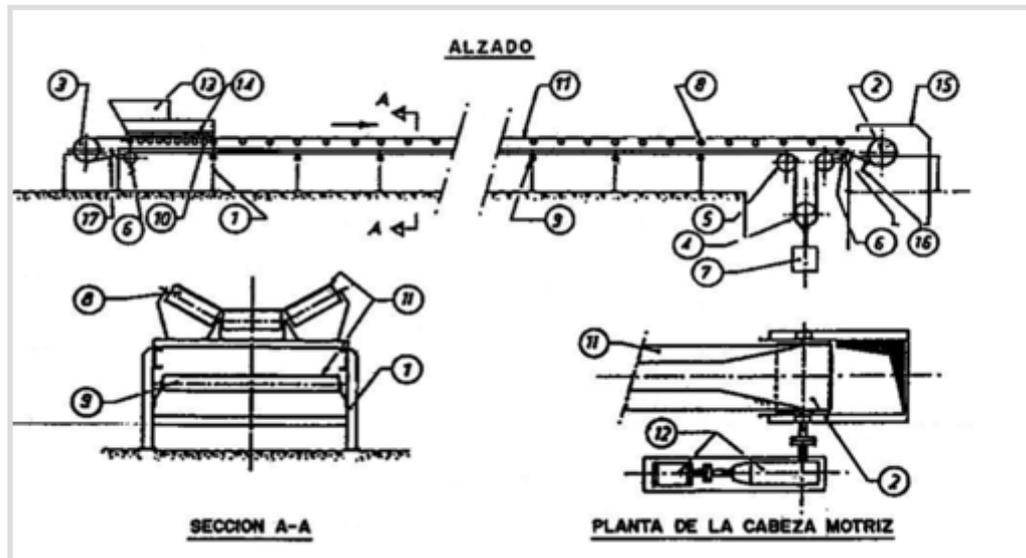


Ilustración 103. Partes de las cintas

Principales elementos que componen una cinta transportadora

En la figura se dan los principales elementos que componen una cinta transportadora:

- |  |  |
|--|--|
| (1). Bastidor.   | (9). Rodillos del ramal inferior, o de retorno de banda. |
| (2). Tambores motrices.                                  | (10). Rodillos de impacto.                               |
| (3). Tambores de reenvió.                                | (11). Banda de transporte.                               |
| (4). Tambores de tensado.                                | (12). Grupo motriz.                                      |
| (5). Tambores de tensado.                                | (13). Tolvas de carga.                                   |
| (6). Tambores guía.                                      | (14). <u>Guiaderas</u> para el centrado de la carga.     |
| (7). Dispositivo de tensado de banda.                    | (15). Estrelladero, elemento de descarga.                |
| (8). Rodillos del ramal superior o de transporte.        | (16). Elementos de limpieza de cinta, zona de cabeza.    |
| (9). Rodillos del ramal inferior, o de retorno de banda. | (17). Elementos de limpieza, zona de cola.               |

Tabla I		Tipos de artesas	
Tipo	Tamaños	Ángulos más usados	Observaciones
En "V"	hasta 800 mm de banda	30°	-
En tres secciones	hasta 2,5 m de banda	20° - 30° - 35° - 40° - 45°	Es el sistema más usado en minería, con ángulos de 30°.
En 5 secciones	hasta 2,5 m de banda	25° - 55° ó 30° - 60° Depende de la rigidez, tensión, distribución de carga.	Se utiliza con suspensión de guirnalda en la zona de carga.

Ilustración 104. Artesas cintas.



Observando la anterior imagen, y sabiendo que nuestro material será una caliza triturada, con todas sus características, se dirá que nuestro establecimiento llevara unas cintas transportadoras, de artesas en tres secciones.



Ilustración 105. Cinta transportadora.

Como seguridad en las cintas, y teniendo en cuenta las ITC y el R.D. 1215, las cintas llevaran las siguientes condiciones de seguridad:

- Capota superior
- Protecciones inferiores
- Protecciones laterales
- Pasillos laterales de revisión
- Carenado tambor motriz
- Carenado tambor tensor
- Carenados laterales vía de carga
- Interruptor de tirón. Sistema anti-atrapamiento tambor motriz y tensor

Con esto evitaremos cualquier tipo de riesgo de atrapamiento, proyecciones, etc...

**De las cintas que se van a poner, se calcularán los siguientes rangos:**

1. Coeficiente de reducción por inclinación, K:  $K = 1 + 0,002 * Gr - 0,0005 * Gr^2$

2. Caudal transportado:  $Qv \left( \frac{m^3}{h} \right) = 3600 * s * v * k$      $Qm \left( \frac{T}{h} \right) = Qv * Pm$



3. Velocidad de la cinta

4. Superficie útil:

$$S = a * b * \text{sen}(\lambda) + \frac{1}{4} * \text{tg}(\beta) * (a + 2b * \text{cos}(\lambda))^2 + b^2 * \text{sen}(\lambda) * \text{cos}(\lambda)$$

En la primera cinta se harán todos los cálculos, siguiendo los pasos de la Universidad de Cantabria, describiendo paso por paso de donde se sacan todos los datos y después en las demás cintas serán los mismos cálculos, pero cambiando datos:

• **Cinta de choque:**

- 11 KW
- Pies de apoyo
- Debido a nuestro rendimiento y a nuestra instalación, supondremos que todas las cintas tendrán un ángulo de inclinación de 11°. Así a la hora del montaje del establecimiento será mucho mas sencillo.
- La velocidad de la cinta, deberá tener una velocidad entre [1,5 y 3,5 m/s], debido a la siguiente tabla, por lo tanto utilizaremos una velocidad de 2,5 m/s.

Aplicación	Rango de velocidad (m/s)	Velocidad media (m/s)
Casos especiales	0,5	***
Caudales pequeños, materiales que deben protegerse ( coque)	0,5 - 1,5	1
Aplicaciones estándar (canteras de grava)	1,5 - 3,5	2,5
Flujos elevados a grandes distancias (minería a cielo abierto)	3,5 - 6,5	5
Aplicaciones especiales (*)	6,5 y mayores	7

Material	Densidad t/m <sup>3</sup>	Ángulo de reposo (°)	Pendiente máxima de transporte (δ)	Efectos posibles		
				Mecánicos	Químicos	Temperatura
Cenizas húmedas	0,9	15	18			
Cenizas secas	0,65 - 0,75		16			
Sulfato amónico	0,75 - 0,95		22	+	++	
Pellets de hierro	2,5 - 3,0	12	15			
Briquetas de lignito	0,7 - 0,85	15	12 - 13			
Caliza triturada	1,3 - 1,6	15	16 - 18	+		

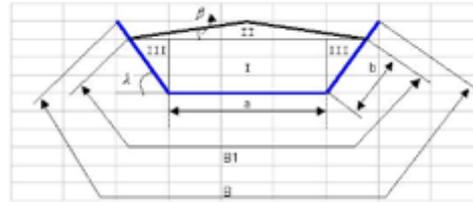
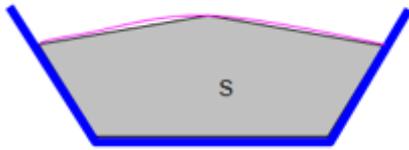
Ilustración 106. Tablas datos elección cintas.



### Caudal transportado por la cinta de choque:

$$Qv \left( \frac{m^3}{h} \right) = 3600 * s * v * k$$

$$Qm \left( \frac{T}{h} \right) = Qv * Pm$$



$$S = a * b * \text{sen}(\lambda) + \frac{1}{4} * \text{tg}(\beta) * (a + 2b * \text{cos}(\lambda))^2 + b^2 * \text{sen}(\lambda) * \text{cos}(\lambda)$$

Las variables quedan definidas en el esquema:

**B:** Ancho de la banda (m).

**B1:** Ancho de la banda ocupado por el material, con los márgenes de seguridad, y según el ancho de banda se debe considerar:  $B1 = 0,9 \cdot B - 0,05$ ; para  $B < 2$  m; cuando  $B = 2$  m se tiene que  $B - B1 = 0,25$  m;  $B - B1 = 0,25$  m cuando la banda supera los 2 m de anchura, que se considera margen de seguridad suficiente para evitar derrames por sobrecarga. Este margen se considera suficiente seguridad para evitar derrames por encima de la banda en su movimiento.

**a:** Longitud del rodillo central (m).

**b:** Longitud de trabajo de los rodillos laterales (m). = **0,05 m**

**λ:** Ángulo de artesa. Estandarizados para:  $[0^\circ] -20^\circ -25^\circ -30^\circ -35^\circ -40^\circ -45^\circ = \mathbf{40^\circ}$

**β:** Ángulo de talud dinámico del material. Corresponde a la pendiente que adquieren los materiales con la cinta en movimiento. Se puede tomar como referencia que el ángulo de talud dinámico es siempre positivo por el sistema de carga central ( $\beta > 0$ ) y se puede estimar mediante:

$$\beta = (\text{ángulo reposo} - 10) / 2 = \mathbf{2,5^\circ}$$

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55 (Resuelto después)**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **653 (t/h)**



- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

$$Q_v: 240,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S: 0,051 \text{ m}^2$$

$$a = 0,60 \text{ m.}$$

Coeficiente de reducción por inclinación, K:

$$K = 1 + 0,002 * Gr - 0,0005 * Gr^2$$

Gr: Ángulo de inclinación de la cinta en grados sexagesimales (rango de validez 0°-30°).

Hasta 14° las cintas funcionan con normalidad, no hay caída de material

Dato: Gr: 11°

Resultado:

$$K = 0,55$$

Como se ha dicho, será el mismo coeficiente para todas las cintas.

- **Cinta stock:**

**Características:**

- 72m x 1000mm 45 KW
- Pies de apoyo
- Pasarelas

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **493 (t/h)**



- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

$$Q_v: 240,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S: 0,042 \text{ m}^2$$

$$a = 0,58 \text{ m.}$$

- **Cinta acopio estéril:**

**Características:**

- 18m x 650mm
- 7,5 KW
- Pies de apoyo

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga ( $\text{m}^2$ )

**V:** Velocidad de la cinta en ( $\text{m/s}$ ) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza ( $\text{T/m}^3$ ) = **2,7 (t/m3)**

**Qm:** Caudal transportado = **67 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

$$Q_v: 21,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S: 0,0049 \text{ m}^2$$

$$a = 0,08 \text{ m}$$



- **Cinta alimentación molino:**

**Características:**

- 39m x 1000mm 18,5 kw
- pies de apoyo
- detector de metales tdm-1000
- pasarelas

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m3)**

**Qm:** Caudal transportado = **493 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 240, 5 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,042 m<sup>2</sup>**

**a = 0,58 m**

- **Cinta alimentación criba:**

**Características:**

- 27m x 1000mm 20kw
- pies de apoyo
- pasarelas

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**



**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **160 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 63,5 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,122 m<sup>2</sup>**

**a = 0,17 m**

- **Cinta entre-cribas:**

**Características:**

- 36m x 800mm 18,5 kw
- pies de apoyo
- pasarelas
- pantalón (alimentación dos cribas)

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **387 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 203,6 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,27 m<sup>2</sup>**

**a = 0,45 m**



- **Cinta rechazo:**

**Características:**

- 24m x 800mm 11 kw
- pies de apoyo
- pasarelas

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **67 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 21, 38 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,0049 m<sup>2</sup>**

**a = 0,08 m**

- **Cinta alimentación molino:**

**Características:**

- 15m x 800mm 11 kw
- pies de apoyo
- detector de metales tdm-800
- pasarelas

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**



**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza ( $T/m^3$ ) = **2,7 ( $t/m^3$ )**

**Qm:** Caudal transportado = **160 ( $t/h$ )**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 63,5  $m^3/h$**

**S: 0,122  $m^2$**

**a = 0,17 m**

- **Cinta salida molino:**

**Características:**

- 15m x 800mm 11 kw
- pies de apoyo

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga ( $m^2$ )

**V:** Velocidad de la cinta en ( $m/s$ ) = **2,5 $m/s$**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza ( $T/m^3$ ) = **2,7 ( $t/m^3$ )**

**Qm:** Caudal transportado = **160 ( $t/h$ )**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 63,5  $m^3/h$**

**S: 0,122  $m^2$**

**a = 0,17 m**



- **Cinta recogida finos:**

**Características:**

- 6m x 800mm 7,5 kw
- pies de apoyo

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **106 (t/h)**

- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 43,5 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,10 m<sup>2</sup>**

**a = 0,13 m**

- **Tres cintas resto acopios:**

**Características:**

- 6m x 650mm 7,5 kw
- pies de apoyo

- **DATOS:**

**S:** Área de la sección transversal de la carga (m<sup>2</sup>)

**V:** Velocidad de la cinta en (m/s) = **2,5m/s**

**K:** Coeficiente de reducción por la inclinación de la cinta. = **0,55**

**Pm:** Densidad caliza (T/m<sup>3</sup>) = **2,7 (t/m<sup>3</sup>)**

**Qm:** Caudal transportado = **189 (t/h)**



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)



- **RESULTADOS:**

Se entrará con los datos de la cinta, en las formulas nombradas anteriormente:

**Qv: 70,5 m<sup>3</sup>/h**

**S: 0,23 m<sup>2</sup>**

**a = 0,31 m**



### Flujograma establecimiento de beneficio:

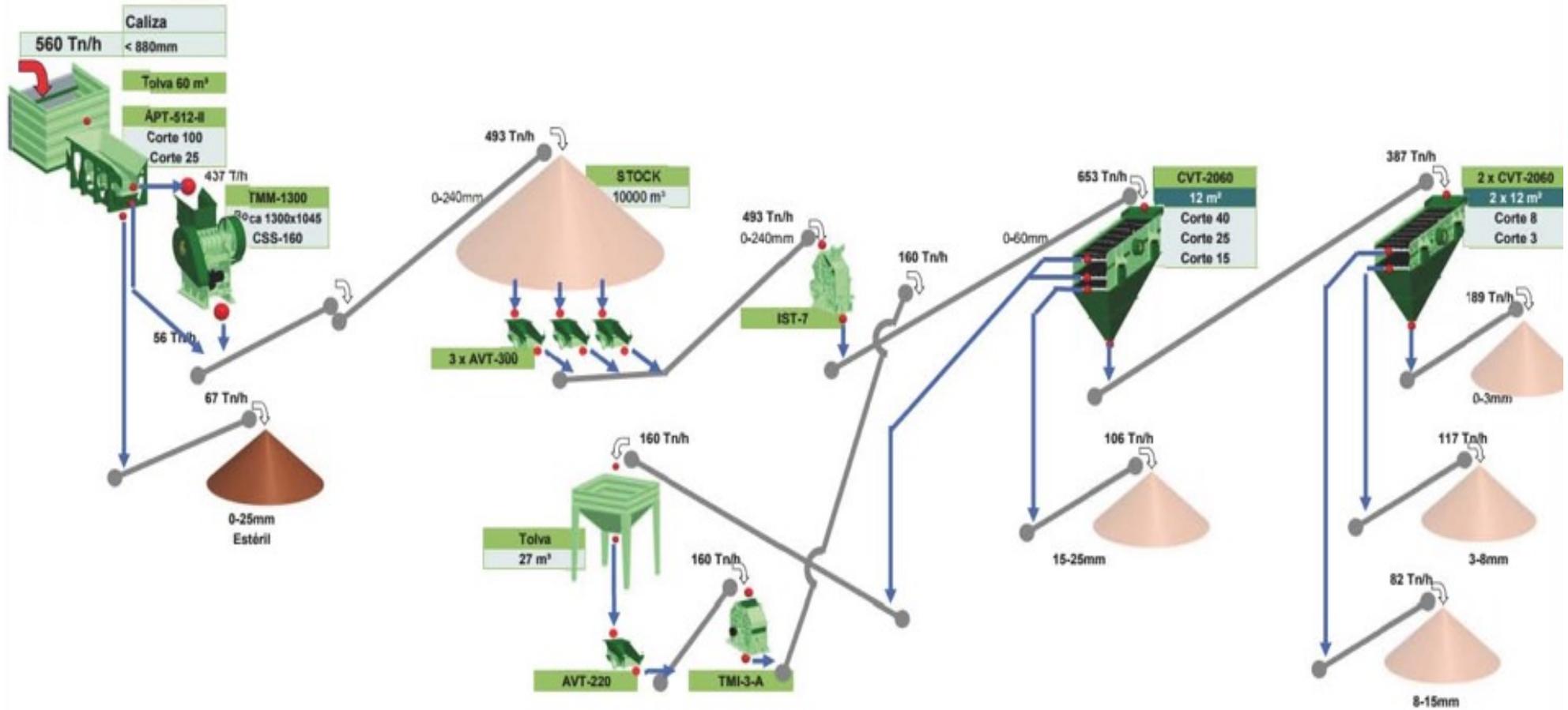


Ilustración 107. Flujograma E.B.

Además, se añadirán los planos de la planta de tratamiento, en los anexos.



EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)

Curvas granulométricas utilizadas				
Tamaño	APORTE %	TMM-#160 %	IST %	TMI-A %
0-880 mm	100			
0-200 mm	49	83		
0-100 mm	22	45	100	
0-50 mm	16	23	91	100
0-25 mm	12	13	68	95,5
0-10 mm	7,5	5	42	82
0-5 mm	5,5	3,25	26	61
0-1 mm	3	2	12	24
0-0,063 mm	1,2	0,9	2,8	4,1

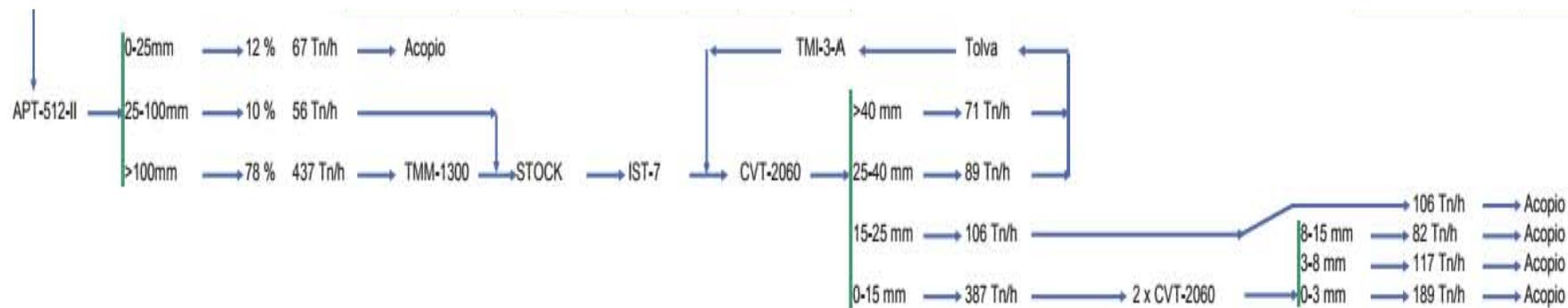
Maquinaria
Tolva primario 60m <sup>3</sup>
Alimentador precibador APT-512-II
Machacadora de mandíbulas TMM-1300
3 x Alimentador vibrante AVT-300
Molino impactor secundario IST-7
Criba vibrante CVT-2060-III
2 x Criba vibrante CVT-2060-II
Tolva 27m <sup>3</sup>
Alimentador vibrante AVT-220
Molino impactor terciario TMI-3-A

Potencia instalada	
Maquinaria	854,5 KW
Cintas	201,0 KW
Total	1055,5 KW

Resumen de producción		
Árido	Producción	
0-25 mm (estéril)	12 %	67 Tn/h
0-3 mm	38 %	189 Tn/h
3-8 mm	24 %	117 Tn/h
8-15 mm	17 %	82 Tn/h
15-25 mm	21 %	106 Tn/h

Ilustración 108. Curvas granulométricas y maquinaria

Cintas y caudales:





## Deposito combustible

Toda maquinaria de cualquier explotación minera precisa de combustible, por eso se precisa almacenar combustible, para ello se va a tener un depósito de combustible que abastecerá a toda maquinaria que precise de él.

Se va a utilizar un depósito con 60000 litros de combustible, que es más o menos la capacidad de un camión cisterna y medio, ya que nuestra explotación no está en zona urbana cercana y el transporte de combustible es costoso y difícil, además el sobrellenado, también se utilizara para situaciones en las que no pueda reabastecerse el depósito por problemas de transporte o medioambientales ya que la explotación se sitúa en una zona montañosa donde habitualmente hay heladas y frío. Con esto podremos dar abastecimiento a toda la maquinaria hasta unas 12 veces con aproximadamente 5500 litros toda ella.

Los almacenes de combustible deben seguir el reglamento de instalaciones petrolíferas, RD 1427/1997. Haciendo hincapié en la instrucción técnica complementaria MI-IPO3 Almacenes de carburantes o combustibles líquidos para su consumo en la propia instalación. Se debe llevar a cabo un proyecto previo, firmado por un técnico titulado competente, presentado al órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Según la ITC mencionada, la presente instrucción tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse las instalaciones para almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos de que disponga el consumidor final para su propio uso o consumo.

El almacenamiento se va a realizar en un depósito fijo de doble pared para garantizar la seguridad y sobre el nivel del terreno. El depósito se diseñará conforme a las normas UNE 53 361, UNE 53 432, UNE 53 496, UNE 62 350, UNE 62 351 y UNE 62 352. El depósito se instalará fuera de las edificaciones conforme a las normas UNE 53 494, UNE 53 990, UNE 53 993, UNE 109 500, UNE 109 501 y UNE 109 502.

Las tuberías para las conducciones de hidrocarburos serán de fundición dúctil (acero, cobre, plástico u otros materiales adecuados para la conducción del producto petrolífero de que se trate), siempre que cumplan las normas aplicables UNE 19 011, UNE 19 040, UNE 19 041, UNE 19 045, UNE 19 046 y UNE-EN 1057. Para la tubería de cobre el espesor de pared mínimo debe ser de 1 mm.

Las uniones entre tubos y con el tanque de combustible deben hacerse de acuerdo con el tipo de material a utilizar, así como procurando la estanqueidad de las uniones, para que estas sean las mínimas posibles y garanticen el paso de los posibles distintos combustibles que puedan pasar a través de ellos en el caso de cambiar la maquinaria o aparata.menta.



Hay que tener también en cuenta a la hora de las uniones, que estas sean más o menos accesibles a la hora de realizar labores de mantenimiento. La distancia entre las instalaciones y el recipiente no podrá ser inferior a 1m.

Se añadirá el plano correspondiente.



Ilustración 109. Deposito combustible.

### Punto limpio:

Es habitual en las explotaciones de este tipo ver suciedad, barro y polvo entre otras cosas, por ello se debe adecuar una zona de la explotación a operaciones de limpieza para mantener la explotación en unas condiciones adecuadas y optimas con la finalidad mantener la maquinaria y las emisiones más controladas y seguras.

Para ello, se utilizarán propulsores de agua a presión para la limpieza de ruedas, partes bajas de la maquinaria y vehículos. Para ello, se debe tener un lugar adecuado que permita la recolección de lodos y el desagüe del agua sucia para su reutilización con fin de evitar despilfarro evitable, además de evitar que el agua se acumule en una zona que no debe. Los sedimentos y barro acumulados irán a una tolva donde se eliminarán de la manera adecuada.



Ilustración 110. Punto limpio



## Garita de seguridad, oficinas, vestuarios, baños, almacén

En la zona de entrada a la explotación se situará una garita de seguridad para controlar el acceso a la explotación, ya sea para saber quién entra y sale, como en el caso de evacuación, saber quién puede seguir dentro de esta para realizar labores de seguridad y control.

Junto a la entrada de la garita de seguridad se colocará una báscula para la medida de los camiones y controlar así la producción de la explotación. Además de la garita de seguridad, la explotación dispondrá de unas oficinas, vestuarios, baños y un almacén para las personas que trabajen en la cantera. Estas deberán cumplir las normas de higiene y seguridad habituales, además de disponer de taquillas para la recepción de pertenencias personales de los trabajadores de la cantera. En el almacén se podrá guardar el equipo de trabajo de tamaño reducido, así como lo que el personal de la obra considere oportuno, previa aceptación del director facultativo de la obra.

Se añadirá el plano correspondiente.

### Báscula

Para la venta de material se deberá disponer de una báscula para camiones para pesar los camiones a la entrada y a la salida y así contabilizar la cantidad de material que se lleva el cliente.



Ilustración 111. Báscula camiones.



*EJECUCIÓN DE CANTERA DE CALIZA EN EL  
MUNICIPIO DE GOBANTES (BURGOS)*



BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESKUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

Jorge Álava Amezola

Bilbao, 11 de Julio de 2019