



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**EXPLOTACIÓN DE LA
CORTA MINERA DE MINAS
DE ESCÚZAR Y PLANTA DE
EXPLOTACIÓN DE
MINERALES DE ESTRONCIO**

Alumno: Rafael Carvajal Lachica

Tutor: Dr. Julián Martínez López

Departamento: Ingeniería Mecánica y Mineras

Julio 2019



ÍNDICE

I. MEMORIA.-	Pag. 1
1. RECOPIACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.-	“ 1
1.1. Introducción.	“ 1
a. Restricciones de la Minería.	“ 7
b. Mitigación de las amenazas de la minería.	“ 9
1.2. Antecedentes.	“ 10
a. Clasificación del recurso.	“ 15
b. Contexto Geológico.	“ 16
2. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.-	“ 20
2.1. Ubicación geográfica.	“ 20
2.2. Situación Geológica.	“ 21
2.3. Labores mineras.	“ 27
2.4. Análisis.	“ 35
2.5. Plan de Labores de Investigación realizados durante el año 1986.	“ 43
2.6. Inversiones efectuadas y Presupuestos para el año 1986.	“ 44
3. ESTUDIO HIDROLÓGICO.-	“ 45
3.1. Climatología.	“ 45
a. Precipitaciones.	“ 46
b. Temperaturas.	“ 46
c. Vientos.	“ 47
d. Clasificación climática.	“ 47
3.2. Hidrología.	“ 47
a. Hidrografía.	“ 48
b. Morfología fluvial.	“ 49
c. Morfometría fluvial.	“ 50
d. Cálculo máximas avenidas.	“ 52
3.3. Hidrogeología.	“ 55
a. Situación geológica.	“ 55
b. Situación hidrogeológica.	“ 56
c. Inventarios de puntos de agua.	“ 57
d. Funcionamiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos.	“ 58
e. Hidrogeología de detalle.	“ 62
f. Vulnerabilidad de las Unidades Hidrogeológicas e inventario de presiones.	“ 63
3.4. Usos del suelo.	“ 63
3.5. Inventario de focos de contaminación.	“ 65
3.6. Identificación y valoración de impactos sobre el medio hídrico y medidas correctoras.	“ 67
3.7. Conclusiones del Estudio Hidrológico.	“ 69



4. DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN.-	Pag. 70
4.1. Introducción.	“ 70
4.2. Situación.	“ 72
a. Situación geográfica. Accesos.	“ 72
b. Propiedad de los terrenos.	“ 72
c. Topografía.	“ 73
d. Peticionario.	“ 73
4.3. Geología.	“ 73
4.4. Fines de la explotación.	“ 74
4.5. Características de la explotación.	“ 74
a. Superficies afectadas.	“ 74
b. Sistemas de explotación.	“ 74
c. Diseño de explotación.	“ 75
4.6. Estabilidad de taludes.	“ 77
4.7. Representaciones estereográficas.	“ 78
4.8. Clasificaciones geomecánicas.	“ 79
4.9. Estabilidad.	“ 81
a. Métodos de cálculo en medios isótropos.	“ 81
b. Parámetros geotécnicos.	“ 84
c. Estabilidad en medio isótropo.	“ 84
d. Métodos de cálculo en medios anisótropos.	“ 86
4.10. Conclusiones del Estudio de Estabilidad de Taludes.	“ 87
4.11. Desarrollo de los trabajos.	“ 89
a. Obras civiles.	“ 89
b. Mano de obra.	“ 89
c. Residuos generados.	“ 90
d. Recursos consumidos.	“ 93
5. DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR EN LA EXPLOTACIÓN.-	“ 94
5.1. Maquinaria empleada para el arranque del material.	“ 94
a. Desbroce.	“ 94
b. Características técnicas del tractor de cadenas D7R.	“ 95
c. Arranque directo.	“ 96
d. Características técnicas de la excavadora de cadenas LIEBHERR 954.	“ 96
5.2. Maquinaria empleada para la carga y el transporte del material.	“ 97
a. Carga y transporte.	“ 97
b. Características técnicas de la pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380.	“ 98
c. Tiempos de carga, transporte y descarga del material.	“ 99
d. Mantenimiento y adecuación.	“ 100
6. DISEÑO DE LA PLANTA DE CONCENTRACIÓN MINERAL.-	“ 100
6.1. Tratamiento del todo-uno extraído en cantera.	“ 100



6.2. Trituración, lavado y clasificación.	Pag. 102
6.3. Tratamiento de finos.	“ 105
6.4. Medios densos.	“ 106
6.5. Moliendas.	“ 109
6.6. Línea de flotación.	“ 112
7. DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR EN LA PLANTA DE CONCENTRACIÓN MINERAL.-	“ 120
7.1. Primera etapa de desenlodado, trituración, clasificación y preconcentrado a través de medios densos.	“ 120
7.2. Segunda etapa de molienda y concentrado por flotación para obtener un mineral final destinado a la venta.	“ 124
8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.-	“ 131
8.1. Identificación y valoración de impactos.	“ 131
8.2. Valoración global.	“ 145
8.3. Propuesta de medidas correctoras.	“ 145
8.4. Valoración global tras las Medidas Correctoras.	“ 149
8.5. Programa de vigilancia ambiental.	“ 150
9. PLAN DE RESTAURACIÓN.-	“ 155
9.1. Definición de los parámetros de la explotación.	“ 155
a. Accesos y pistas interiores.	“ 155
b. Plataformas de trabajo.	“ 155
c. Alturas y taludes de bancos y bermas.	“ 156
d. Rechazo de estériles.	“ 156
9.2. Medidas necesarias para evitar o reducir las emisiones.	“ 157
a. Vibraciones y ruido.	“ 157
b. Emisión de polvo.	“ 158
c. Vertidos líquidos.	“ 159
d. Vertidos sólidos.	“ 160
e. Medidas contra incendios.	“ 160
9.3. Medidas previstas para la rehabilitación del espacio natural afectado por la explotación.	“ 161
a. Justificación del proyecto de rehabilitación. Objetivos.	“ 161
b. Remodelado de terrenos: acondicionamientos de huecos de explotación.	“ 162
c. Procesos de revegetación.	“ 163
d. Presiembras, siembras y plantaciones.	“ 166
e. Calendario de la restauración vegetal.	“ 169
f. Plantas móviles de beneficio.	“ 172
g. Otras actuaciones de Rehabilitación.	“ 172
9.4. Anteproyecto de abandono definitivo de labores.	“ 174



10. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.-	Pag. 177
10.1. Plan de gestión de residuos mineros.	“ 178
a. Cuantificación de los residuos mineros.	“ 178
b. Caracterización de residuos mineros.	“ 178
c. Generación y procesos a que se someten los residuos.	“ 179
d. Interacciones de los residuos con el medio ambiente y la salud humana.	“ 180
e. Procedimientos de control y seguimiento de los residuos.	“ 180
10.2. Plan de gestión de los residuos asimilables a R.S.U.	“ 180
a. Caracterización de residuos asimilables a RSU.	“ 180
b. Cantidad de residuos asimilables a RSU.	“ 180
c. Gestión de residuos asimilables a RSU.	“ 180
10.3. Plan de gestión de aguas residuales.	“ 181
10.4. Plan de gestión de residuos peligrosos.	“ 181
a. Caracterización de residuos peligrosos.	“ 181
b. Cantidades generadas de residuos peligrosos.	“ 182
c. Plan de gestión de residuos peligrosos.	“ 183
 II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.	 Pag. 186
1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.-	“ 186
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.-	“ 186
3. REGULACIÓN DE LA EJECUCIÓN.-	“ 187
4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS EN TIEMPO Y COSTE ÓPTIMO	“ 187
4.1. Comienzo de las obras.	“ 187
4.2. Ejecución.	“ 187
4.3. Plazos de ejecución.	“ 188
4.4. Prórroga del plazo de ejecución.	“ 188
4.5. Progreso de las obras.	“ 189
5. MATERIALES Y SELECCIÓN DE LOS MISMOS.-	“ 189
6. SALUD LABORAL.-	“ 190
7. NECESIDAD PARA EJECUTAR EL PROYECTO.-	“ 193
8. SUMINISTRO Y APORTACIÓN DE EQUIPOS Y MANO DE OBRA.-	“ 194
9. OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES.-	“ 195
10. INDEMNIZACIONES.-	“ 197
11. DIRECCIÓN DEL TRABAJO.-	“ 198
12. CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES.-	“ 198
13. SEGUROS.-	“ 199
14. GARANTÍAS.-	“ 199



15. FIANZAS.-	Pag. 200
16. PENALIZACIONES.-	“ 201
17. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO.-	“ 201
18. ACEPTACIÓN.-	“ 202
19. LITIGIOS.-	“ 202
20. GASTOS E IMPUESTOS.-	“ 203

21. REPRESENTACIÓN DE LA CONTRATA EN LA OBRA.-	Pag. 203
---	-----------------

III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.-	Pag. 205
1. CÁLCULO DE COSTES Y MAQUINARIA.-	“ 205
1.1. Maquinaria de carga y transporte.	“ 205
1.1.1. Retroexcavadora.	“ 205
1.1.2. Pala cargadora.	“ 206
1.1.3. Tractor de cadenas.	“ 207
1.1.4. Dúmpfer.	“ 208
1.2. Cuadro general de costes de maquinaria de carga y transporte.	“ 209
1.3. Maquinaria empleada en la planta de concentración del mineral.	“ 210
2. CÁLCULO DE MANO DE OBRA.-	“ 211
3. MEDICIONES.-	“ 212
3.1. Mediciones de explotación.	“ 212
3.2. Mediciones de restauración.	“ 213
3.3. Mediciones de seguridad y prevención.	“ 214
4. PRECIOS UNITARIOS.-	“ 215
4.1. Precios unitarios de explotación.	“ 215
4.2. Precios unitarios de restauración.	“ 215
4.3. Precios unitarios de seguridad y prevención.	“ 217
5. PRESUPUESTOS PARCIALES.-	“ 218
5.1. Presupuesto parcial de explotación.	“ 218
5.2. Presupuesto parcial de restauración.	“ 218
5.3. Presupuesto parcial de seguridad y prevención.	“ 219
6. PRESUPUESTO TOTAL.-	“ 219
6.1. Inversión.	“ 219
6.2. Reservas en Escúzar.	“ 220



IV. PLANOS.-	Pag. 221
Plano n° 1: Situación geográfica.	“ 222
Plano n° 2: Ubicación geológica.	“ 223
Plano n° 3: Cuadrículas mineras.	“ 224
Plano n° 4: Áreas de afección de la mina. Pisos y solapes.	“ 225
Plano n° 5: Áreas en explotación y situación de perfiles.	“ 226
Plano n° 6: Bancos de explotación.	“ 227
Plano n° 7: Topografía final previsible restaurada.	“ 228
Plano n° 8: Perfiles C-1.1 y C-1.2.	“ 229
Plano n° 9: Perfiles C-2.1, C-2.2 y C-2.3.	“ 230
Plano n° 10: Perfiles C-3.1, C-3.2 y C-3.3.	Pag. 231
Plano n° 11: Diagrama de flujos: trituración, lavado y clasificación.	“ 232
Plano n° 12: Diagrama de flujos: tratamiento de finos.	“ 233
Plano n° 13: Diagrama de flujos: medios densos.	“ 234
Plano n° 14: Diagrama de flujos: molienda.	“ 235
Plano n° 15: Diagrama de flujos: línea de flotación.	“ 236

BIBLIOGRAFÍA.-	Pag. 237
-----------------------	-----------------



Índice de Fotos

Páginas

<i>Foto 1: Sròn an t-Sithein, Strontian.....</i>	<i>2</i>
<i>Foto 2: Estroncianita procedente de Strontian.....</i>	<i>2</i>
<i>Foto 3: Sir Humphry Davy (1778-1829).....</i>	<i>2</i>
<i>Foto 4: Estroncio puro.....</i>	<i>3</i>
<i>Foto 5: Cosecha de remolacha azucarera.....</i>	<i>4</i>
<i>Foto 6: Tubo de Goldstein, uno de los primeros tubos de rayos catódicos.....</i>	<i>4</i>
<i>Foto 7: Tubo de rayos catódicos de una pantalla.....</i>	<i>5</i>
<i>Foto 8: Fuegos artificiales con rojo de estroncio.....</i>	<i>6</i>
<i>Foto 9: Terrenos afectados por la explotación.....</i>	<i>15</i>
<i>Foto 10: Material a explotar en la C.E. Santa Lucia “Área B”.....</i>	<i>16</i>
<i>Foto 11: Encuadre de la zona de estudio y de la Corta Minera.....</i>	<i>17</i>
<i>Foto 12: Ortofografía del área a explotar en la C.E. Santa Lucia “Área C”.....</i>	<i>73</i>
<i>Foto 13: Tractor de cadenas D7R.....</i>	<i>95</i>
<i>Foto 14: Detalle del tractor de cadenas D7R.....</i>	<i>95</i>
<i>Foto 15: Excavadora de cadenas LIEBHERR 954.....</i>	<i>96</i>
<i>Foto 16: Volquete rígido de 4 ejes.....</i>	<i>98</i>
<i>Foto 17: Pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380.....</i>	<i>99</i>
<i>Foto 18: Punto de homogeneización del “todo uno”.....</i>	<i>101</i>
<i>Foto 19: Tolla en el punto de homogeneización.....</i>	<i>101</i>
<i>Foto 20: Parrilla separadora de los bloques 300 x 300 mm.....</i>	<i>101</i>
<i>Foto 21: Detalle de la Parrilla Inicial.....</i>	<i>102</i>
<i>Foto 22: Precribador.....</i>	<i>102</i>
<i>Foto 23: Machacadora de mandíbulas.....</i>	<i>102</i>
<i>Foto 24: Criba de Clasificación.....</i>	<i>103</i>
<i>Foto 25: Trómel desenlodador.....</i>	<i>103</i>
<i>Foto 26: Trómel desenlodador.....</i>	<i>103</i>
<i>Foto 27: Molino de cilindros.....</i>	<i>104</i>
<i>Foto 28: Vibro agotador.....</i>	<i>104</i>



Foto 29: Ciclón espesador.....	105
Foto 30: Cinta de acopio de preconcentrado.....	105
Foto 31: Over del Ciclón espesador.....	105
Foto 32: Tanque espesador.....	106
Foto 33: Tanque espesador.....	106
Foto 34: Vibro clasificador.....	107
Foto 35: Almacén de los bib-bags de la magnetita.....	107
Foto 36: Ciclón de medios densos.....	108
Foto 37: Salida de la celestina por el “Under” del ciclón.....	108
Foto 38: Salida del yeso y la calcita por el “Over” del ciclón.....	108
Foto 39: Molino de bolas.....	110
Foto 40: Bolas de diámetro de 90 mm.....	110
Foto 41: Bolas de diámetro de 40 mm.....	111
Foto 42: Ciclones de clasificación.....	111
Foto 43: Salida del mineral con tamaño inferior a 100 μ.....	111
Foto 44: Suministro de aditivos a la pulpa.....	116
Foto 45: Batería de dos grupos bicelda.....	116
Foto 46: Primera fase o Desbaste que consta de 40 celdas circulares.....	117
Foto 47: Segunda fase o Deslamado que consta de 60 celdas circulares.....	117
Foto 48: Tercera fase o Refino que consta de 60 celdas circulares.....	117
Foto 49: Pulpa de celestina, (ley del 90% al 93%), removida con unos agitadores.....	118
Foto 50: Extracción del agua de la celestina.....	118
Foto 51: Obtención del mineral de celestina.....	118
Foto 52: Zona de acopio del mineral.....	119



Índice de Figuras

Páginas

<i>Figura 1: Mapa geológico simplificado de la Cordillera Bética.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2: Situación geográfica del P.I. Santa Lucía.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3: Situación geológica del P.I. Santa Lucía.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4: Esquema geológico del P.I. Santa Lucía.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5: Calicata Cc1.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6: Método de BISCHOP.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 7: Formación de burbujas en el proceso de flotación.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 8: Ángulo σ entre la superficie de la partícula y la superficie de la burbuja.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 9: Celda de flotación RCS (Sistemas de Celda de Reactor).....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 10: Esquema de la transmisión correa en “V”.....</i>	<i>129</i>



Índice de Tablas

Páginas

<i>Tabla I: Unidades climatológicas.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla II: Pluviometría media estacional.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla III: Direcciones predominantes del viento.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla IV: Índice de sinuosidad de los principales cursos de agua.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla V: Índice de compacidad de Gravelius.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla VI: Tiempo de concentración.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla VII: Periodo de retorno en años & Precipitación media.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla VIII: Coeficientes de escorrentía para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla IX: Secciones de desagüe.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla X: Puntos de agua inventariados en la Comarca del Temple.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla XI: Radios mínimos y peraltes máximos para camiones Volquetes de 4 ejes.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla XII: Valores de la Clasificación GSI (Geological Strenght Index) de HOEK.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla XIII: Valores de estabilidad para la celestina.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla XIV: Valoración global desglosada antes de aplicar las medidas correctoras....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla XV: Valoración global desglosada después de aplicar las medidas correctoras...</i>	<i>149</i>
<i>Tabla XVI: Duración de las fases de explotación.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla XVII: Volumen de estériles a regenerar.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla XVIII: Coste de maquinaria de carga y transporte.....</i>	<i>205</i>
<i>Tabla XIX: Cuadro general de costes de maquinaria de carga y transporte.....</i>	<i>209</i>
<i>Tabla XX: Presupuestos parciales en planta de concentración del mineral.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabla XXI: Arranque de roca, carga y transporte.....</i>	<i>212</i>
<i>Tabla XXII: Acondicionamiento de la cantera.....</i>	<i>212</i>
<i>Tabla XXIII: Acondicionamiento topográfico.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabla XXIV: Aporte y acondicionamiento del suelo.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabla XXV: Arado.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabla XXVI: Siembra y plantación.....</i>	<i>213</i>



Tabla XXVII: Equipos de protección individual.....	214
Tabla XXVIII: Protecciones colectivas.....	214
Tabla XXIX: Medicina preventiva y primeros auxilios	214
Tabla XXX: Precios unitarios de arranque de roca, carga y transporte.....	215
Tabla XXXI: Precios unitarios de acondicionamiento de la cantera.....	215
Tabla XXXII: Precios unitarios de acondicionamiento topográfico.....	215
Tabla XXXIII: Precios unitarios de aporte y acondicionamiento del suelo.....	216
Tabla XXXIV: Precios unitarios de arado.....	216
Tabla XXXV: Precios unitarios de siembra y plantación.....	216
Tabla XXXVI: Precios unitarios de EPI's.....	217
Tabla XXXVII: Precios unitarios de protecciones colectivas.....	217
Tabla XXXVIII: Precios unitarios de medicina preventiva y primeros auxilios.....	217
Tabla XXXIX: Presupuesto parcial de explotación.....	218
Tabla XL: Presupuesto parcial de restauración.....	218
Tabla XLI: Presupuesto parcial de seguridad y prevención.....	219
Tabla XLII: Reservas en Escúzar.....	220



Índice de Fórmulas

Páginas

<i>Fórmula 1: Índice de sinuosidad.....</i>	<i>50</i>
<i>Fórmula 2: Índice de multiplicidad de canales.....</i>	<i>50</i>
<i>Fórmula 3: Índice de compacidad de Gravelius.....</i>	<i>51</i>
<i>Fórmula 4: Caudal de avenida.....</i>	<i>52</i>
<i>Fórmula 5: Tiempo de concentración de agua en un punto de la cuenca.....</i>	<i>52</i>
<i>Fórmula 6: Intensidad de lluvia máxima previsible para un periodo de retorno dado....</i>	<i>53</i>
<i>Fórmula 7: Intensidad máxima previsible para un periodo de retorno de 50 años.....</i>	<i>54</i>
<i>Fórmula 8: Intensidad máxima previsible para un periodo de retorno de 100 años.....</i>	<i>54</i>
<i>Fórmula 9: Intensidad máxima previsible para un periodo de retorno de 500 años.....</i>	<i>54</i>
<i>Fórmula 10: Coeficiente de escorrentía.....</i>	<i>54</i>
<i>Fórmula 11: Cálculo de talud general.....</i>	<i>75</i>
<i>Fórmula 12: Anchura de las pistas.....</i>	<i>76</i>
<i>Fórmula 13: Coeficiente de seguridad.....</i>	<i>82</i>
<i>Fórmula 14: Método de Bishop.....</i>	<i>83</i>
<i>Fórmula 15: Factor de seguridad para taludes indefinidos en suelos no cohesivos.....</i>	<i>83</i>
<i>Fórmula 16: Fuerzas de tensión entre la superficie de una partícula y la superficie de una burbuja de aire.....</i>	<i>114</i>
<i>Fórmula 17: Factor de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas.....</i>	<i>138</i>
<i>Fórmula 18: Volumen de rechazos o estériles.....</i>	<i>157</i>
<i>Fórmula 19: Amortizaciones.....</i>	<i>205</i>
<i>Fórmula 20: Valor hora.....</i>	<i>206</i>
<i>Fórmula 21: Amortizaciones en la planta de concentración del mineral.....</i>	<i>211</i>



I. MEMORIA.-

1. RECOPIACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.-

1.1. Introducción.

En este trabajo se desarrolla el proyecto de explotación de una corta minera y la planta de concentración de minerales de estroncio. En él se exponen un conjunto de estudios sobre las Minas de Escúzar, que incluyen una recopilación de la documentación del Proyecto de Investigación, diseño de la explotación, la planta de concentración mineral, la maquinaria empleada, el Estudio de Impacto Ambiental, y el Plan de Restauración de la mina.

El estroncio es elemento muy abundante en la corteza terrestre, pero *no se encuentra puro jamás*, por lo tanto, es uno de esos “elementos escondidos”, con los que hemos convivido durante toda nuestra existencia en el planeta sin saber que estaban ahí.

Al tener 38 protones, el estroncio se encuentra en la tabla periódica justo por debajo del calcio y por encima del bario, por lo tanto, un *metal alcalinotérreo* cuya tendencia natural es librarse de dos electrones para alcanzar la estabilidad electrónica. Dicho de otro modo, su estado de oxidación más común es +2. En cuanto el estroncio entra en contacto con el oxígeno del aire, se oxida para formar óxido de estroncio (SrO).

El estroncio en la corteza ocupa el lugar número 16 en abundancia situándose entre el carbono y el azufre, con una concentración de unas 360 partes por millón.

Se descubrió en el siglo XVIII, aunque no se aisló hasta principios del XIX. En 1722, cuando se descubrió y explotó galena cerca de un pueblo del oeste de Escocia llamado Strontian (**Foto 1**). Esta mina proporcionó a los químicos del XVIII rocas que examinar en busca de nuevos elementos. Además de galena, de las minas de Strontian extraían otros minerales, entre ellos un carbonato parecido a otros conocidos, como el carbonato de calcio (CaCO₃). Cuando el químico y médico Adair Crawford examinó ese carbonato junto con su colega William Cruickshank en 1790, descubrió que tenía propiedades sutilmente diferentes de otros carbonatos de las tierras alcalinas ya conocidas, como el calcio y el bario.

Hoy en día sabemos que esa roca, que llamamos **estroncianita (Foto 2)**, es realmente carbonato de estroncio (SrCO₃).

Crawford y Cruickshank concluyeron que muy probablemente existía en ese mineral un elemento nuevo, pero fueron incapaces de aislarlo de la roca.



Foto 1: *Sròn an t-Sithein, Strontian [Peter Van den Bossche / CC Attribution-Sharealike 2.0 License].*



Foto 2: *Estroncianita procedente de Strontian [Rob Lavinsky / CC Attribution-Sharealike 3.0 License].*

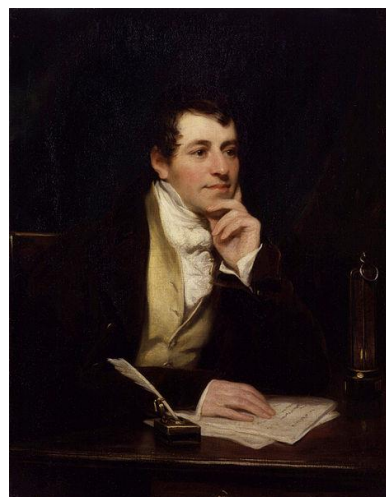


Foto 3: *Sir Humphry Davy (1778-1829) [dominio público].*

Sir Humphry Davy (**Foto 3**) finalmente lo consiguió en 1808. Primero Davy obtuvo un compuesto diferente del elemento usando métodos puramente químicos, cloruro de



estroncio (SrCl_2). Luego lo mezcló con óxido de mercurio (II) (HgO), y sometió la mezcla al proceso de la electrólisis: en uno de los electrodos se depositó lo que era evidentemente un metal.

Davy denominó al elemento *strontium* (*estroncio*) en honor al lugar en el que se había observado por primera vez.

La muestra de la **foto 4** se observa estroncio puro dentro de un recipiente hermético lleno de argón, un gas inerte, de modo que no se oxide. Además de reaccionar rápidamente con el oxígeno, también lo hace con el agua para producir hidróxido de estroncio e hidrógeno molecular:

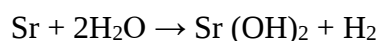


Foto 4: Estroncio puro [Alchemist-hp / Free Art License].

A diferencia de otros metales similares, muy reactivos, el estroncio encontró rápidamente un uso práctico sorprendente: la producción de azúcar de remolacha (**Foto 5**).

Para extraer el azúcar de la melaza obtenida de la remolacha, dos franceses, Hippolyte Leplay y Augustin-Pierre Dubrunfaut, desarrollaron un proceso que involucraba el carbonato de estroncio para extraer una cantidad de azúcar mayor que nunca del tubérculo. Un alemán, Carl Scheibler, perfeccionó el método hasta convertirlo en algo fundamental en la industria azucarera de finales del XIX y principios del XX.

Lo bueno del proceso es que el carbonato de estroncio, como catalizador, se recuperaba al final del proceso, de modo que el consumo de este elemento no era exagerado. Sin embargo, siempre hay pérdidas en cualquier proceso industrial, de modo que la demanda de estroncio para producir azúcar fue enorme durante décadas: la casi totalidad de su producción mundial en el cambio de siglo se empleaba con ese propósito.



Foto 5: Cosecha de remolacha azucarera [4028mdk09 /CC Attribution-Sharealike 3.0 License].

Posteriormente se encontraron otras formas de extraer los azúcares más eficaces, y hoy en día una gran cantidad del azúcar se obtiene de la caña de azúcar y no de la remolacha. Sin embargo, según el papel del estroncio en la producción de azúcar fue perdiendo importancia, la ganó en otro campo diferente pero también sorprendente: la televisión.

Hasta hace relativamente poco, los televisores y los monitores de ordenador empleaban tubos de rayos catódicos para producir la imagen (**Foto 6**). Se trata de los clásicos (y antiguos) televisores de gran profundidad, que acumulan estática en la pantalla.



Foto 6: Tubo de Goldstein, uno de los primeros tubos de rayos catódicos.

En el caso de esos televisores el tubo dispara electrones contra la pantalla, y emplea campos magnéticos para dirigir los electrones a la zona de la pantalla que se desea. Allí los electrones impactan contra ella desde dentro y producen la imagen.

Lo importante del caso, es que cualquier carga eléctrica que sufre una aceleración o deceleración emite radiación electromagnética, tanta más cuanto mayor sea esa



aceleración y mayor la carga. Así, las máquinas de rayos X de los hospitales disparan electrones contra un metal y, al frenarse bruscamente, los electrones emiten radiación muy energética: rayos X.

Bien, en el caso de los televisores CRT (es decir, de tubo de rayos catódicos), los electrones también son frenados bruscamente y emiten radiación muy energética: entre otras cosas, rayos X. Pero claro, en este caso se trata de un efecto no deseado y es absolutamente fundamental proteger el exterior del aparato de esa radiación ionizante. Por eso el tubo está recubierto de compuestos con plomo, que absorbe muy bien los rayos X.



Foto 7: Tubo de rayos catódicos de una pantalla [Blue tooth7 / CC Attribution-Sharealike 3.0 License].

Pero el cristal de la pantalla no puede estar recubierto con plomo, porque debe ser transparente. Muy pronto los ingenieros se dieron cuenta de que el bario y, sobre todo, el estroncio, formando parte del vidrio, actuaban como escudo que absorbía muy bien la radiación X pero dejaba pasar la luz (**Foto 7**). Algo ideal: en el visible, el vidrio es transparente, pero los rayos X no pueden salir.

Este renacimiento del estroncio como componente de las televisiones, tras haber sido protagonista con la remolacha, duró también unas cuantas décadas, pero está decayendo. La razón es que apenas se usan ya tubos catódicos en monitores y televisiones, aunque sigue suponiendo las tres cuartas partes del consumo mundial de estroncio.

Un 5% se emplea en fuegos artificiales (**Foto 8**): el carbonato de estroncio, así como otras sales, arden con una llama de un rojo muy intenso. Por eso se añade a los fuegos artificiales para darles ese color, aunque por supuesto no se trate de una cantidad muy grande incluso a nivel mundial.

El mayor productor actual, por cierto, no es Strontian, ni siquiera Escocia: es China, seguida de España y México. Tampoco se extrae fundamentalmente de la estroncianita



en la que lo encontramos por primera vez, sino de la **celestita o celestina**, que es *sulfato de estroncio* (SrSO_4). A partir de ella se produce carbonato de estroncio, que a veces se usa directamente –como en los fuegos artificiales– y otras para obtener estroncio metálico.

Se aplica igualmente en la fabricación de imanes cerámicos permanentes (ferritas de estroncio) y de materiales convencionales del sector de cerámica y vidrio.



Foto 8: Fuegos artificiales con rojo de estroncio [Vojta Jahoda / CC Attribution-Sharealike 3.0 License].

Otros sectores que utilizan estos compuestos son los del refinado electrolítico del cinc (carbonato de estroncio), pinturas para industria naval, revestimientos de superficies de aluminio en los sectores de aeronáutica y aeroespacial (cromato de estroncio), como componente metalúrgico para aleaciones, moldes, materiales de soldadura, piezas de motores y maquinaria diversa (estroncio metálico).

Las cantidades de metal estroncio empleadas son limitadas, al igual que las de otros de sus compuestos manufacturados por la industria química de base: fosfato de estroncio (lámparas fluorescentes), titanato de estroncio (semiconductores, piezoelectricidad, óptica), cloruro de estroncio (pasta dentífrica). En el siglo pasado el mineral celestina era ocasionalmente confundido con la barita, por sus parecidas características físicas, lo que propiciaba aplicaciones coincidentes: cargas para papel, lodos de sondeo; estos usos ya no están vigentes para la celestina.



Las especies minerales menas de estroncio son la celestina, mineral formado principalmente por sulfato de estroncio, $SrSO_4$ y la estroncianita, mineral formado principalmente por carbonato de estroncio, $SrCO_3$. Ambos minerales pueden tener asociados contenidos variables de bario. La celestina se presenta en acumulaciones económicas con mucha mayor frecuencia que la estroncianita; los yacimientos explotables de celestina son generalmente de origen sedimentario. A escala global los mayores yacimientos de celestina en explotación se encuentran, por orden de importancia de producción minera, en España, China, México, Turquía, Argentina, Irán y Marruecos.

La obtención de estroncio en Granada parte del tratamiento del concentrado del mineral celestina (de gran pureza) que se encuentra en el cerro Montevives, término municipal de Las Gabias (promontorio de 950 m de altitud que destaca en la llanura central de la Depresión de Granada).

La explotación de estroncio en Granada corresponde a los yacimientos de Montevives (Celestina de gran riqueza) y Escúzar (con leyes de aproximadamente la mitad que en Montevives). El depósito mineral, que se emplaza en una estructura tipo horst en la zona central de la Depresión de Granada, se debe al reemplazamiento diagenético de calcita y dolomita por celestina. La roca encajante es caliza laminada algal (estromatolitos), con una edad de depósito Tortoniense-Messiniense (Mioceno superior) (Marchán et al., 2008). La mineralización sedimentaria de estroncio se presenta formando dos bandas mineralizadas de dirección E-W y buzamiento entre 20° y 50° al NW, separadas entre sí por una distancia de 5 km. En conjunto el cuerpo mineralizado se encuentra interestratificado entre niveles de limos carbonatados, arcillas y yesos. Una de las características es su elevada calidad de mineralización, que hace posible obtener, mediante un procesado relativamente sencillo, concentrados con leyes del 90-95% en $SrCO_4$ (~ 40% para el caso de la mineralización de Escúzar).

a. Restricciones de la Minería.

La actividad minera también interfiere sobre el territorio, sobretodo en cuanto las explotaciones se han ido situando cerca de los núcleos de explotación que le dan soporte. Consecuentemente existe una racionalización de la actividad minera cada vez mayor, debido al espectacular aumento de posibilidades humanas de transformar el entorno natural.



Con el fin de garantizar el desarrollo minero, se debe proceder a una ordenación del territorio, donde se contemple la restauración del espacio afectado en equilibrio con la protección y conservación del medio ambiente. El objetivo de la ordenación territorial es distribuir las actividades mineras en el espacio (teniendo en cuenta la peculiaridad de existencia de yacimientos) de acuerdo con un plan. Si bien, cuando la explotación minera viene prefijada por una ubicación de los recursos única, no cabe más análisis que el de la viabilidad económico-ambiental del proyecto. La ordenación territorial debe tener en cuenta no solo criterios técnicos-económicos, sino que también deben tenerse en cuenta criterios ambientales y de armonización con otras actividades humanas. La normativa de la ordenación espacial del territorio viene prefijada por los planes generales de ordenación urbanística y planes sectoriales de ordenación territorial, que para el caso del área metropolitana de Granada son la ley de ordenación del territorio de la comunidad autónoma de Andalucía (Junta de Andalucía, 1994), y el plan de ordenación del territorio de la aglomeración urbana de Granada (Junta de Andalucía, 1999).

Los planes generales de ordenación urbanística clasifican y califican el territorio de un municipio desde este punto de vista. La clasificación y calificación también abarca a las actividades mineras. Esta ordenación territorial debe de estar de acuerdo e integrada en una regulación sectorial más amplia (a nivel provincial y autonómico) que tienda a la ordenación de un sector determinado de actividad. Este tipo de ordenación corresponde a planes (plan sectorial de ordenación territorial) encuadrados y regulados en la Ley del Suelo (Ministerio de Vivienda, 2008).

Un plan sectorial de ordenación territorial responde al siguiente perfil (Hita and Martín-Vivaldi, 1996): (1) Localización de los recursos extraíbles; (2) clasificación de los recursos en términos de viabilidad económica y de vinculación a puntos concretos del territorio; (3) determinación de la capacidad de acogida del territorio a las actividades extractivas con base a criterios medioambientales; (4) determinación de la capacidad de acogida del territorio en función de la mayor o menor compatibilidad de otras actividades que puedan mantener relación con las actividades extractivas; (5) estimación de la demanda de los productos de la extracción y su localización geográfica; (6) definición de un modelo de localización que establezca las zonas adecuadas para la extracción; (7) regulación de los sistemas de explotación y del uso posterior de los



terrenos afectados por la actividad extractiva; (8) información y orientación para la evaluación de impacto ambiental, detectando los aspectos más frágiles y conflictivos.

Para la solución de la problemática derivada de explotaciones anteriores a la normalización por parte de los planes de ordenación del territorio, se realizan una serie de actuaciones para limitar espacialmente las explotaciones y disminuir el impacto visual, para ello la explotación se restaura a la vez que se abandona el frente. Además los titulares de las explotaciones tienen la obligación de aportar planos topográficos donde se indican los límites de las explotaciones mineras, así se pueden ordenar los sistemas de explotación de forma que se obtengan unos perfiles definitivos del terreno a la vez que se explota, que estén integrados en el entorno y permitan su inmediata restauración.

b. Mitigación de las amenazas de la minería.

Los proyectos de explotación están legislados en materia de protección (Jefatura del Estado, 1973; 1980; Ministerio de Industria y Energía, 1982) debido a las consecuencias de las actividades mineras sobre el territorio y el medio ambiente. La minería deteriora los terrenos circundantes a la zona de actividad, especialmente las explotaciones a cielo abierto, provocando perjuicios estéticos, ambientales y geomorfológicos. Al ser actividades transitorias deben concluir con una restauración del espacio afectado (Hita and Martín-Vivaldi, 1996).

La actuación, en cuanto a medidas correctoras, se enfoca a la consecución de la preservación del medio físico, mediante una utilización ordenada de los recursos, garantizando el aprovechamiento sostenido de las especies y de los ecosistemas, su restauración y mejora. Estos aspectos están regulados por la Ley de Minas, modificada por la de 5 de noviembre de 1980 (Jefatura del Estado, 1973; 1980) y fundamentalmente por el Real Decreto sobre restauración de espacio natural afectado por actividades mineras (Ministerio de Industria y Energía, 1982). Desde entonces, toda nueva solicitud de concesión debe ir acompañada del correspondiente plan de restauración, y su explotación está supeditada al cumplimiento por el concesionario de las medidas protectoras y restauradoras aprobadas.

Según esta reglamentación, el titular de una solicitud de las previstas en la Ley de Minas, debe presentar un plan de restauración del espacio natural, afectado por las labores. El plan se presentará siempre que se trate de aprovechamientos a explotaciones



a cielo abierto, y en aquellos casos de minas de interior, en los que las instalaciones o trabajos en el exterior, alteren sensiblemente el espacio natural. El Plan tiene dos partes, dedicada la primera a suministrar información sobre la descripción del lugar previsto para las labores mineras y su entorno. Debe contener información acerca del medio físico y socioeconómico, así como información sobre las características de la explotación. La segunda parte, debe hacer constar el proyecto de restauración propiamente dicho, incluyendo las medidas previstas para la protección del paisaje, acondicionamiento de la superficie del terreno, prevención de la erosión y otros (Impacto ambiental, almacenamiento de residuos, etc.). Cuando la restauración sólo es posible una vez finalizada la explotación es la Administración la responsable de la ejecución del plan.

La restauración exigible se graduará en función de la fisonomía, configuración, características, valor y usos del suelo con anterioridad al inicio de las labores, procurando devolver a los terrenos las posibilidades de utilización que tuvieran antes de la explotación. En el caso de inviabilidad económica, la Administración podría aceptar un acondicionamiento que confiera al terreno una utilización distinta a la que tuviera con anterioridad. El programa de restauración contempla medidas de protección y acondicionamiento: reconstrucción del terreno en los huecos de explotación o alternativas para su reutilización; acciones en escombreras para evitar la erosión e integrarlas en el paisaje; cuidados ambientales en la etapa de investigación; reconstrucción estabilizada del suelo y su revegetación; protección de las aguas y recuperación de las captaciones afectadas; depuración de aguas contaminadas; protección a la población de polvo, ruidos y vibraciones.

El plan de restauración también contempla acciones posteriores a la explotación, concretamente el desmantelamiento de edificios e instalaciones; establecimiento de la infraestructura necesaria para el uso previsto de los terrenos, mantenimiento de la vigilancia y tareas de revegetación. El incumplimiento del Plan de Restauración, conllevará la aplicación de sanciones, que pueden provocar la caducidad de la concesión de explotación o permiso de investigación.

1.2. Antecedentes.

Las primeras investigaciones de relevancia del yacimiento de estroncio de Montevives (Granada) las hace el Dr. Rafael Arana Castillo, en su Tesis Doctoral (1973) sobre



“Investigaciones Mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas. España)”, aunque ya se venía explotando desde principios de siglo.

El estroncio, bajo la formas de estroncianita o celestina se conoce en numerosas provincias españolas, aparte de Almería y Granada, tales como Alicante, Cádiz, Guadalajara, Guipúzcoa, Jaén, Lérida, Logroño, Málaga, Murcia y Sevilla. En la provincia de Alicante y Murcia hay yacimientos de celestina; los ejemplares están perfectamente cristalizados y son de extraordinaria belleza.

El yacimiento de estroncio Aurora, más conocido como Montevives es el más importante de España, en cuanto a volumen de reservas. Se encuentra a unos 11 km del SW de Granada, entre las poblaciones de Las Gabias y La Malá; pertenece a los términos municipales de esta última y Alhendín.

El yacimiento, de morfología estratiforme, presentaba potencias de hasta 20 metros. La asociación mineralógica presente consiste mayoritariamente en celestina, además de estroncianita, calcita, dolomita y yeso.

La actividad minera conoció una etapa de explotación entre 1941 y 1944, con labores subterráneas a pequeña escala, en respuesta a la urgente demanda de la industria alemana de explosivos. Tras un paréntesis de más de 20 años, el yacimiento volvió a atraer el interés de empresas japonesas y alemanas, esta vez por las aplicaciones del mineral en la industria de la electrónica y la informática. Se explotó de forma ininterrumpida desde comienzos de la década de los 70 del siglo XX, hasta el año 2009.

Desde la década de los años 70, las labores se realizan a cielo abierto con ayuda de explosivos y otros medios mecánicos; en la actualidad hay un amplio frente de explotación. El mineral se trituraba y estriaba para enriquecerlo en SO_4Sr , de forma que solía dar una ley superior al 95%. Hay varias galerías antiguas a cota inferior al nivel de explotación en las que se encuentran calizas mineralizadas por celestina y goethita.

Se llegó a explotar por la empresa granadina Canteras Industriales S.L., pasándose a minería a cielo abierto, sin exploración previa, debido a la riqueza del mineral (Cohen, 2002). Llegó a emplear a más de 50 obreros, y la producción se transportaba al puerto de Motril, sin más tratamiento que un estriado manual y la trituración de los fragmentos de mayor ley. La producción se destinaba en su mayor parte a la exportación, y se dirigía casi en su totalidad a Alemania, y en los últimos años a la R.P. China, hasta que según los últimos datos de 2006, es Estados Unidos el que pasa a ser el primer



consumidor de esta sustancia, al que se destinó 414 toneladas con un valor de 327.200 \$ (USGS, 2008).

A mediados de 2007 se interrumpió la producción, y en la actualidad la empresa cuenta únicamente con 4 empleados. La principal aplicación del estroncio es en los tubos de vacío para TV, y por tanto la demanda comercial de estroncio ha sufrido cambios recientes por la presencia en el mercado de pantallas con tecnología TFT-LCD para monitores. No obstante, en otros mercados mundiales los tubos de vacío para TV mantienen una posición dominante, además de otras aplicaciones como pirotecnia, aditivos para pinturas, etc.

El sistema de explotación era a cielo abierto mediante voladura, fragmentación mecánica de bloques de roca mineralizada con celestina, estriado manual, molienda y clasificación. El laboreo a cielo abierto es en frentes discontinuos, de unos 50 m de longitud y 15 m de altura, a lo largo de una banda de orientación E-W con una continuidad de 2 km. El posterior procesamiento en la planta de trituración se realiza en la misma cantera. La producción de estroncio en Granada ocupa una posición prominente como país productor de concentrados de estroncio. Según el USGS (Mineral Commodity Summaries, enero 2008) Granada representa el 30% de la producción mundial de estroncio, y se han estimado unas reservas de 1.5 millones de toneladas.

Una segunda explotación de este mineral fue inaugurada en 1990 en Escúzar. El yacimiento se encuentra a unos 7 km de Montevives, y corresponde a rellenos de celestina mezclada con yesos en los huecos de karstificación formados en series calizas y calizo-margosas, de edad Tortoniense-Messiniense (Mioceno superior) (Marchán *et al.*, 2008). La explotación (actualmente Solvay Minerales S.A.) requería de un tratamiento mayor (que se describirá en el capítulo correspondiente), al ser el mineral de menos riqueza. La producción llegó a multiplicar por 3 la producción de mineral, que estaba en unas 40.000 toneladas anuales.

Durante el año 1985 se solicita Permiso de Investigación Santa Lucía, en cuya Memoria se agrupan dos conjuntos:

- Estudios de Laboratorio: Análisis Químicos, Difracción de Rayos X, Estudios Petrográficos sobre láminas delgadas, Estudios de Separación y Concentración por Flotación, Ensayos de Cubicación y la redacción de dicha Memoria.



- Estudios de Campo: Realización de perfiles estratigráficos detallados con toma de muestras, sondeos mecánicos con recuperación de testigo continuo y toma de muestras, y calicatas y zanjas mecánicas también con toma de muestras.

De igual forma se hace una valoración del yacimiento y se completan estos estudios encaminados a la explotación del yacimiento a partir del año 1986.

La Sociedad Mercantil Solvay minerales, S.A., es propietaria de un conjunto de derechos mineros en diversas zonas de la comarca del El Temple, situada en la Zona Sur de la depresión de Granada. Uno de estos derechos es el denominado como **SANTA LUCÍA**.

La Concesión de explotación de recursos de la Sección C), celestina, sulfato de estroncio, denominada “SANTA LUCIA”, número 29890, derivada del P.I. del mismo nombre, fue otorgada a nombre de la entidad a Rhône-Poulenc Química S.A., por resolución de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, de mayo de 1991, sobre una superficie de 12 cuadrículas mineras, situadas en el término municipal de Escúzar en la provincia de Granada, tras solicitar el pase a concesión derivada el 26 de Junio de 1990 y después de pasar el trámite ambiental correspondiente.

El 20 de Enero de 1997 Rhône-Poulenc Química S.A., transmitió el derecho minero a Kali Chemie Ibérica, S.A., que se transformó en Solvay Minerales, S.A.

En fecha 24 de noviembre de 2005, por resolución de la entonces Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Innovación, Ciencias y Empresa, la Concesión de Explotación “SANTA LUCIA”, numero 29890 se reduce a una superficie de 7 cuadrículas, tras ser autorizada la transmisión parcial de los derechos mineros, sobre las 5 cuadrículas restantes, de la empresa titular SOLVAY MINERALES, S.A., a favor de la entidad KNAUF GMBH, SUCURSAL EN ESPAÑA, pasando a denominarse “KNAUF FRACCION 1ª” numero 29890-A.

Respecto a las 7 cuadrículas restantes la mercantil SOLVAY MINERALES, S.A., cedió a KNAUF GMBH, SUCURSAL EN ESPAÑA el aprovechamiento del nivel de explotación del mineral de yeso existente en dicha Concesión, dicho arrendamiento se materializó en distintos documentos suscritos entre las partes y concretamente en el contrato de 1 de Octubre de 2009, siendo aprobado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de 23 de Febrero de 2015, por la que se autorizó la ampliación del recurso geológico yeso para su aprovechamiento y explotación en la Concesión de Explotación “SANTA LUCIA”, número 29890, aprobándose el proyecto



de explotación y el plan de restauración, reconociéndose a KNAUF la condición de arrendataria del citado nivel de yeso. Anteriormente y por resolución de la Delegación Territorial de Granada de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía de Fecha de 22 de Abril de 2013 se otorgó Autorización Ambiental Unificada favorable en relación al expediente AAU/GR/0083/N/09, incluyéndose en dicha resolución las denominadas áreas Centro-Oeste y Centro-Centro, esto es, evaluando ambientalmente de forma favorable el proyecto situado dentro de la Concesión de Explotación “SANTA LUCIA”, número 29890, para la explotación de mineral de yeso existente en la misma.

SOLVAY MINERALES, S.A. tiene la intención de beneficiar el resto de los recursos mineros de celestina que quedan sin explotar en la C.D.E. “SANTA LUCÍA” desde la Cañada de Santa Lucía hasta la Cañada de Cantarranas y el Barranco del Chopo.

La superficie donde se pretende continuar la explotación, siempre dentro de los límites de la Concesión Derivada de Explotación Santa Lucía, ocupará las cuadrículas más orientales de la misma desde la vertical de la localidad de Escúzar hasta el límite con la Concesión Derivada de Explotación TEMPLE nº 30.009.

Por ello y para cumplir con lo establecido en el Capítulo II Decreto 356/2010, de 3 de agosto la mercantil en fecha 5 de octubre de 2012 presentó una solicitud de consultas previas a la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Granada, incluyendo una “Memoria - Resumen de los trabajos a realizar en la Concesión de Explotación Santa Lucía nº 29.890 situada en el término municipal de Escúzar” que fue entregado en la delegación provincial de la Consejería de Medio Ambiente el 5 de Octubre de 2012.

En fecha de 8 de febrero de 2016 se recibió una notificación por parte de la Autoridad Minera en Granada en la que respecto a la Concesión de Explotación “SANTA LUCÍA” Nº 29.890, en virtud de la que se le informa que existirían “pises” entre las áreas autorizadas para explotar yeso a la mercantil “KNAUF” y las solicitadas por Solvay Minerales, para explotar celestina, requiriéndose a ésta por la Administración determinada documentación aclaratoria al respecto.

En fecha de 15 de marzo de 2016, las mercantiles SOLVAY MINERALES, S.A., y KNAUF GMBH, SUCURSAL EN ESPAÑA, suscriben un acuerdo para resolver los pises o solapes entre las áreas de explotación de ambas mercantiles, en las cuadrículas



donde SOLVAY MINERALES, S.A., cedió el aprovechamiento del nivel de yeso a KNAUF GMBH, SUCURSAL EN ESPAÑA.

Los terrenos donde se implanta la explotación comprenden una superficie de 260.000 m².

En la **foto 9**, se puede observar una vista aérea donde está ubicada la explotación Santa Lucia “ÁREA C”.

Los terrenos donde está implantada la actividad de explotación, son depósitos cuya mineralización está compuesta por dos tipos de rocas ricas en estroncio:

- Una mineralización primaria compuesta por celestina que encaja en carbonatos estromatolíticos con una potencia de 1 m. a 15 m. y perfectamente estratificada.
- Una mineralización secundaria producida por el dismantelamiento de la mineralización primaria y el depósito en las dolinas y cavidades de una brecha de cantos de celestina y yeso con un cemento que la aglutina compuesto esencialmente por calcita y estroncianita.



Foto 9: Terrenos afectados por la explotación.

La explotación de estos terrenos busca como objetivo el extraer este tipo de rocas ricas en estroncio las cuales son procesadas en la planta de tratamiento para obtener un mineral final 92 - 94 % SrSO₄, destinado a la venta.

Mediante el presente proyecto se pretende definir al completo, la morfología de la explotación (estado final, bancos, potencias...), así como el método de explotación que se realiza en la cantera.

a. Clasificación del recurso.

Los materiales objeto del aprovechamiento, conocidos con el nombre de Celestina, son clasificados dentro del marco del Reglamento General para el Régimen de la Minería



como recursos de la Sección C). En la **foto 10**, se puede observar un corte del terreno, que deja al descubierto el material a explotar.



Foto 10: Material a explotar en la C.E. Santa Lucía “Área B”.

b. Contexto Geológico.

La zona donde se ubica la Concesión Santa Lucía se encuentra dentro de la denominada Depresión de Granada, en su límite sur, dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas y sellando el contacto entre las denominadas Zonas Internas y Zonas Externas (**Foto 11**) [Plano nº 1].

Los materiales aflorantes se pueden dividir en dos grupos:

El más antiguo constituido por materiales triásicos y paleozoicos del Complejo Alpujárride que afloran en las inmediaciones de la Sierra de Pera y el relleno terciario de la Depresión de Granada.

La serie terciaria de la Depresión de Granada en este sector está compuesta por una unidad inferior de carácter marino y una superior claramente lacustre. La secuencia inferior es evaporítica mientras que la superior evoluciona de detrítica a evaporítica y a lacustre carbonatada. De abajo a arriba se pueden observar los siguientes tramos:

- Areniscas bioclásticas calcáreas con abundantes fósiles visibles.
- Margas azuladas y amarillentas.
- Yesos de textura selenítica parcialmente alabastrizados y muy karstificados.
- Carbonatos estromatolíticos con mineralizaciones de celestina.
- Areniscas, arcillas y conglomerados de origen turbidítico.
- Yesos laminados.
- Arenas, limos y margas.



La edad varía desde el Tortonense superior hasta el Cuaternario.

Estratigrafía.-

Dentro de la zona de ubicación de la Concesión Santa Lucía afloran series pertenecientes al Neógeno y en menor medida al Mesozoico, como se ha indicado anteriormente.

Los minerales del grupo del estroncio que se encuentran dentro de la concesión encajan en la parte alta de la unidad inferior antes citada.

La Depresión de Granada en este sector está representada por dos unidades. La unidad inferior es de naturaleza claramente marina donde se observan además un par de ciclos sedimentarios bien desarrollados. Uno inferior claramente transgresivo que comienza con el depósito de materiales costeros (areniscas calcáreas bioclásticas, con facies arrecifales) sobre el sustrato de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas parcialmente denudado y evoluciona a un medio claramente marino con facies más pelágicas (margas azules). El sustrato bético está representado en este sector, al sur del permiso, por calizas y dolomías de edad triásica.

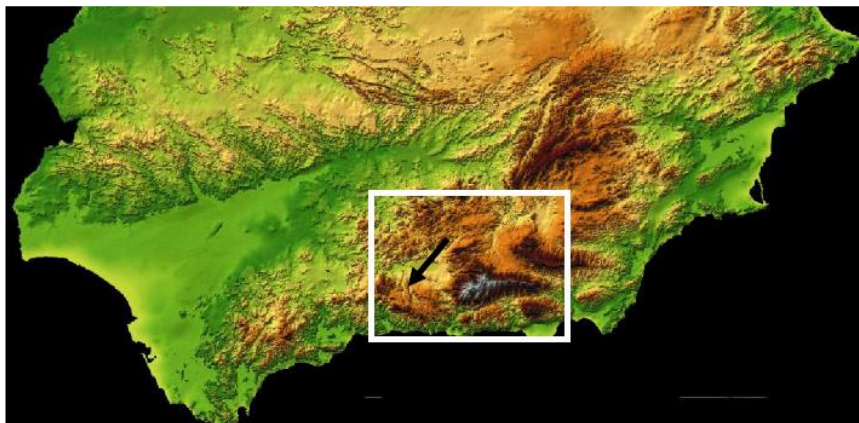


Foto 11: Encuadre de la zona de estudio y de la Corta Minera

El ciclo superior se establece de forma regresiva y de forma progresiva ya que la depresión tiende a cerrarse y confinarse formándose un medio claramente evaporítico donde se desarrollan cinturones de facies bien diferenciados.

En este momento cuando los cinturones de facies están bien desarrollados es cuando tiene lugar el depósito de los materiales que van a ser el metalotecto de la mineralización de celestina puesta de manifiesto.

Las facies estromatolíticas de borde de cuenca poseen una transmisividad y una porosidad muy elevada, lo que sumado a la mezcla de aguas dulces y saladas en ciclos periódicos ha hecho que sean capaces de fijar el sulfato de estroncio por un mecanismo de reflujo en una etapa diagenética temprana.



La textura original de las facies estromatolítica se observa perfectamente en los materiales que afloran en los sectores orientales, próximos al cortijo de Santapudia, estructuras "tepee", laminaciones algales, pequeñas brechas intraformacionales han sido reconocidas en toda la banda aflorante, lo que demuestra unas condiciones de depósito en un medio intramareal.

El cinturón carbonatado se encuentra interdigitado con el cinturón de yesos, que aunque en este sector se presenten alabastrizados, en su momento estuvieron constituidos por alternancias de yesos seleníticos y margas laminadas, con pasadas arenosas. En el barranco de Santapudia se observan muy bien este tipo de alternancias.

El fenómeno de la interdigitación queda bien patente en toda la zona ya que se encuentran pequeñas lentes de alabastro y de facies laminadas estromatolíticas, unas junto a otras y sin mediar entre ellas contactos erosivos ni discordantes.

La dirección de la progradación, como se deduce de toda la banda mineralizada y la potencia de las lentes es de N30°W aproximadamente.

La unidad superior presenta base erosiva y se sitúa en "on lap" progresivo sobre cualquiera de los términos de la unidad inferior.

Está compuesta por un tramo inferior de facies turbidíticas lacustres.

Se trata de un conjunto de más de 300 m. de potencia donde alternan bancos de areniscas y conglomerados con arcillas y lutitas laminadas, todo de color pardo. En el sector del cortijo de Chuchillos las facies son más conglomeráticas y en la base de los bancos se observan grandes cantos de alabastro de hasta 30 cm. de diámetro que provienen del desmantelamiento de la unidad evaporítica inferior. En este sector las facies presentes son más proximales mientras que en el sector de Escúzar las facies son más distales predominando las arenas sobre los conglomerados.

Las direcciones de paleocorrientes indican una dirección de aporte de este a oeste, de Sierra Nevada y de la Sierra de Pera hacia el suroeste de la depresión.

Los niveles gruesos están constituidos por areniscas muy puras con óxidos de hierro y cantos de cuarcitas.

Sobre este tramo, y también en "on lap" erosivo, aunque menos patente que el anterior dada su posición dentro de la cuenca en este sector, se dispone un tramo de finas alternancias de niveles de alabastro de 1 cm. a 10 cm. con margas y limos amarillos. Aunque en este sector el proceso de alabastrización no permite ver la textura original de las facies evaporíticas observaciones realizadas en otros sectores de la Depresión



permiten inferir que se trata también de facies turbidíticas lacustres en las que los cantos gruesos proceden de la dismantelación de las facies evaporíticas inferiores. También se observan secuencias granoclasificadas, huellas de corrientes y secuencias de Bouma.

Antes del depósito de la unidad superior media una etapa de erosión importante, se produce una fuerte karstificación y el dismantelamiento de gran parte de la unidad evaporítica inferior.

Este fenómeno se traduce en la aparición de dolinas y cavidades, o mejor de paleodolinas y paleocavidades rellenas con los materiales de la dismantelación de esta unidad por lo que los cantos están compuestos casi exclusivamente por celestina y alabastro cementadas por carbonato de calcio y estroncio.

En función del paleonivel de imbibición permanente del paleokarst la mineralización primaria de celestina, esto es de sulfatos de estroncio, está recarbonatada y el estroncio liberado y pasando al cemento de las dolinas y cavidades.

Mineralizaciones.-

La mineralización puesta de manifiesto en las concesiones de Solvay está compuesta por dos tipos de rocas ricas en estroncio:

- Una mineralización primaria compuesta por celestina que encaja en carbonatos estromatolíticos con una potencia de 1m. a 15m. y perfectamente estratificada.
- Una mineralización secundaria producida por el dismantelamiento de la mineralización primaria y el depósito en las dolinas y cavidades de una brecha de cantos de celestina y yeso con un cemento que la aglutina compuesto esencialmente por calcita y estroncianita.

El sector donde se encuentra la Concesión Carbonero está en la banda mineralizada de Celestina sobre los yesos inferiores.

Tectónica.-

La tectónica de este sector es relativamente simple y predominan los contactos erosivos sobre los contactos tectónicos (**Figura 1**) [**Plano nº 2**]. Merece la pena destacar la estructura monoclinal hacia el norte de toda la unidad inferior que en el sector más occidental se verticaliza y produce fenómenos de deslizamientos entre capas.

Posiblemente esta estructura se desarrolla sobre una antigua estructura tectónica del zócalo antemioceno.



La fracturación frágil tiene una dirección EW y N20°E. El resto de materiales buzcan hacia el noreste de manera suave.

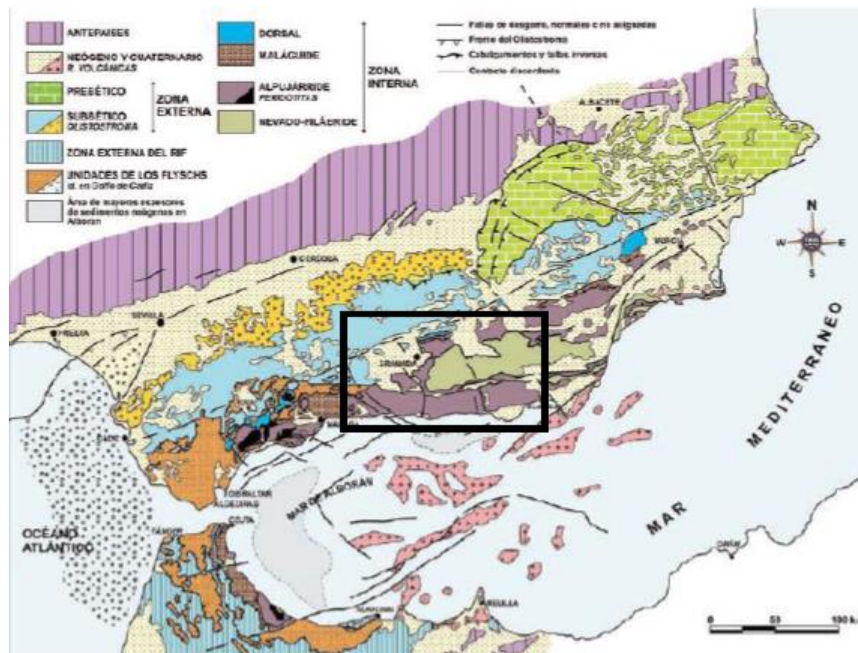


Figura 1: Mapa geológico simplificado de la Cordillera Bética. (Cortesía de Carlos Sanz de Galdeano, Jesús Galindo-Zaldívar, Pedro Alfaro y Patricia Ruano)

2. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

2.1. Ubicación geográfica.

El Permiso de Investigación Santa Lucía se encuentra dentro del término municipal de Escúzar, inmediatamente al sur del mismo y dentro de la Hoja nº 1026 (PADUL) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, ocupando los Pagos de Cañada Alta, Cañada Ancha, Cruz Mocha, Cerro Borondo, Las Aguilillas, Solanilla, Canteruelas, Cañada del Moreno, Cerro del Olivillo, Cantarranas y El Pozuelo, todos ellos de secano y monte bajo.

Su altitud sobre el nivel de mar varía entre las cotas 885 m y el punto culminante de 975 m (Los Carrillos) con pendientes suaves no pronunciadas y relieve alomado.

Los accesos se efectúan a través de las carreteras A-338, de comunicación con Escúzar desde la carretera A-385 de A-44 a Santa Fe.

Dentro ya de la demarcación del permiso existe una amplia red de caminos, algunos asfaltados, y veredas que facilitan el acceso a cualquier punto del interior.

La red hidrográfica se limita a cursos muy superficiales de barrancos y torrenteras, secos durante la mayor parte del año, con escorrentía solamente en épocas de abundante



pluviosidad. Existen algunas fuentes de escasa entidad y de mala calidad para el consumo y riego en general.

Existe una sola línea de transporte de energía, que es, la que suministra a la localidad de Escúzar, y que sería suficiente, en principio, para atender al suministro de la explotación minera.

Los límites del permiso referidos al Meridiano de Madrid son:

P.P.	0° 03' 20'' W	37° 03' 40'' N
1	0° 03' 20'' W	37° 03' 00'' N
2	0° 05' 20'' W	37° 03' 00'' N
3	0° 05' 20'' W	37° 03' 40'' N

Y según el Meridiano de Greenwich:

P.P.	3° 44' 30'' W	37° 03' 40'' N
1	3° 44' 30'' W	37° 03' 00'' N
2	3° 46' 30'' W	37° 03' 00'' N
3	3° 46' 30'' W	37° 03' 40'' N

Con una extensión aproximada de tres kilómetros cuadrados (3 km²) de superficie con doce (12) cuadrículas mineras (**Figura 2**)[Plano nº 3].

2.2. Situación Geológica.

El Permiso de Investigación Santa Lucía se localiza en la Depresión de Granada. La depresión de Granada es una cuenca intramontañosa postorogénica situada en el límite entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas. Está parcialmente rellena con materiales Neógenos y Cuaternarios.

Los depósitos Terciarios más antiguos (Serravaliense Superior – Tortoniense Inferior) están compuestos por conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y localmente evaporitas de origen continental o lacustre. Discordantemente sobre estos materiales se sitúan areniscas y conglomerados costeros y marinos someros del Tortoniense Superior que exhiben localmente parches arrecifales y con cambios laterales de facies a areniscas turbidíticas y arcillitas con foraminíferos planctónicos.

La sucesión Miocena se encuentra tapada por conglomerados aluviales, con sedimentación fluvial a techo que aparece discordantemente.



EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO

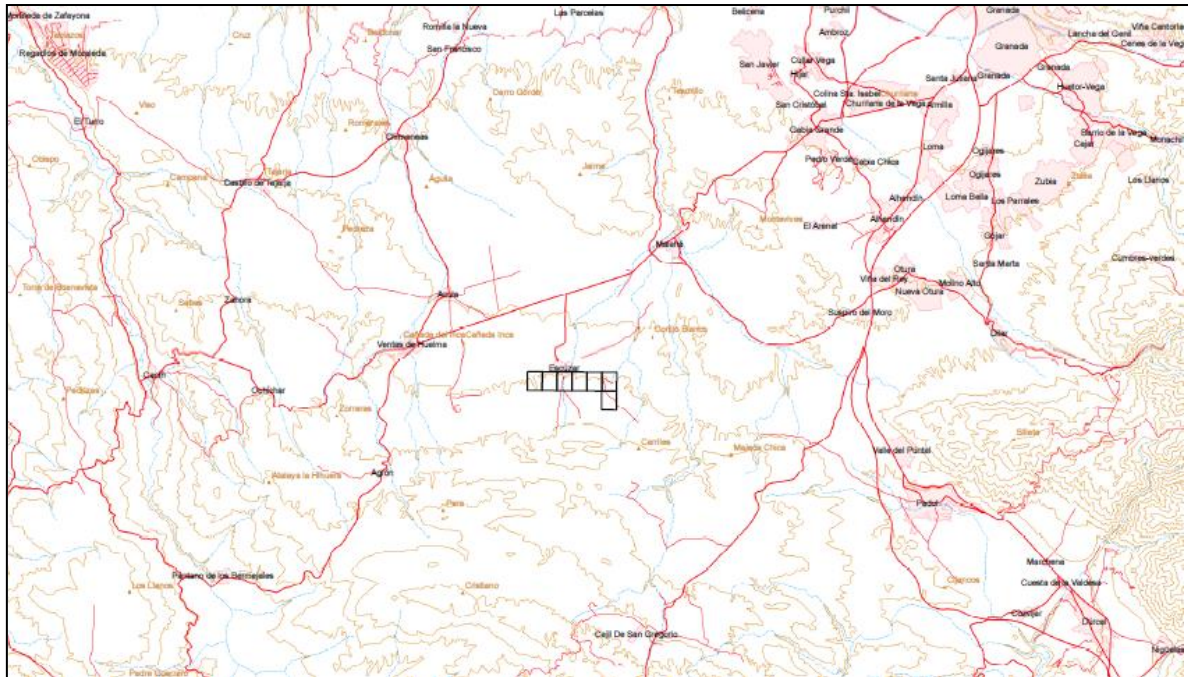


Figura 2: Situación geográfica del P.I. Santa Lucía. Escala 1:100.000.

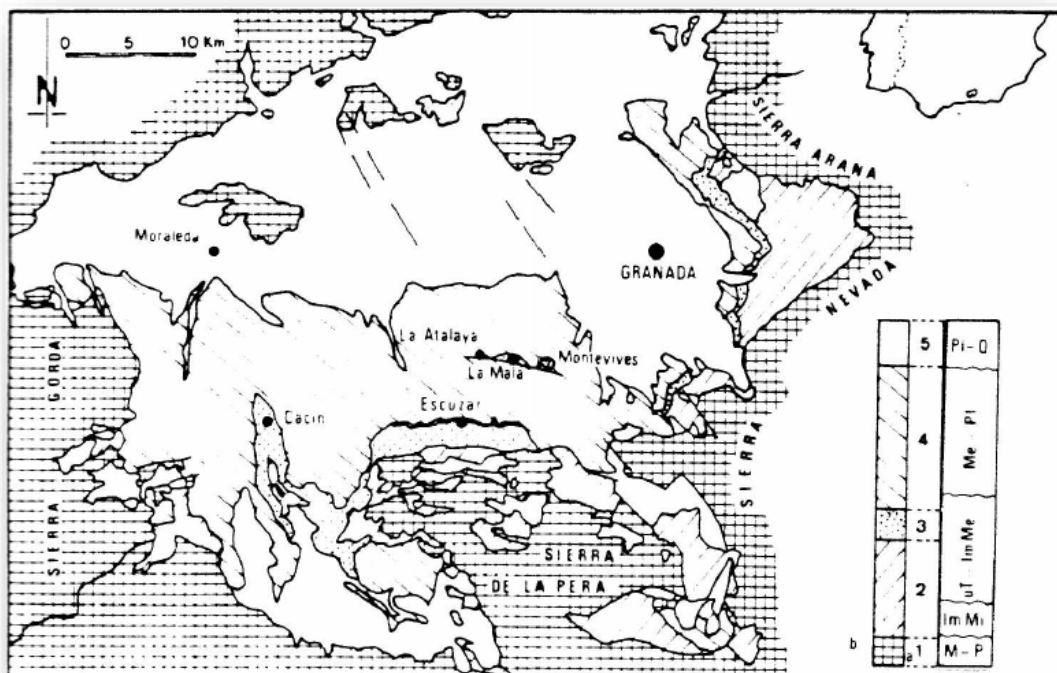


Figura 3: Situación geológica del P.I. Santa Lucía.
1. a) Basamento Alpujárride y Nevado-filábride
b) Basamento Subbético
2. Mioceno Inferior
3. Tramo mineralizado y evaporitas inferiores
4. Mioceno Superior – Plioceno
5. Cuaternario



En el centro de la cuenca, sobre las lutitas marinas, aparecen evaporitas Messinienses que se distribuyen en dos unidades tectosedimentarias separadas por una disconformidad

La sucesión Miocena se encuentra tapada por conglomerados aluviales, con sedimentación fluvial a techo que aparece discordantemente.

En el centro de la cuenca, sobre las lutitas marinas, aparecen evaporitas Messinienses que se distribuyen en dos unidades tectosedimentarias separadas por una disconformidad.

Las evaporitas están a menudo cubiertas por lutitas, areniscas de grano fino, lignitos y calizas lacustres del Messiniense – Plioceno. El Plioceno Superior – Cuaternario comprende varias formaciones continentales conglomeráticas que están separadas unas de otras por disconformidades **(Figura 3) [Plano n° 16]**.

- **Estratigrafía:**

En el Permiso de Investigación Santa Lucía aparecen las dos unidades tectosedimentarias Messinienses.

La unidad inferior, compuesta esencialmente por yesos parcialmente alabastrizados y a techo de éstos, intercalaciones de niveles ricos en celestina. Sobre esta unidad evaporítica inferior aparece otra unidad consistente en yesos detríticos procedentes de los yesos inferiores y redepositados en un medio lacustre. También aparece una amplia sucesión detrítica entre ambas unidades evaporíticas (Turbiditas de La Malá).

Los minerales prospectados en este permiso son precisamente celestina y yeso, que son los componentes de la unidad evaporítica inferior.

La unidad evaporítica superior se aprecia en las cercanías del pueblo de Escúzar y en el sector noroccidental del Permiso, mientras que la sucesión detrítica intermedia (Turbiditas de La Malá) se observa preferentemente en el sector de la Fuente de Cristo (sector nororiental del Permiso).

El nivel que contiene la celestina se sitúa en el tramo norte del Permiso con una dirección aproximada este – oeste. El resto del Permiso lo constituyen los alabastros de la unidad evaporítica inferior **(Figura 4) [Plano 17]**.

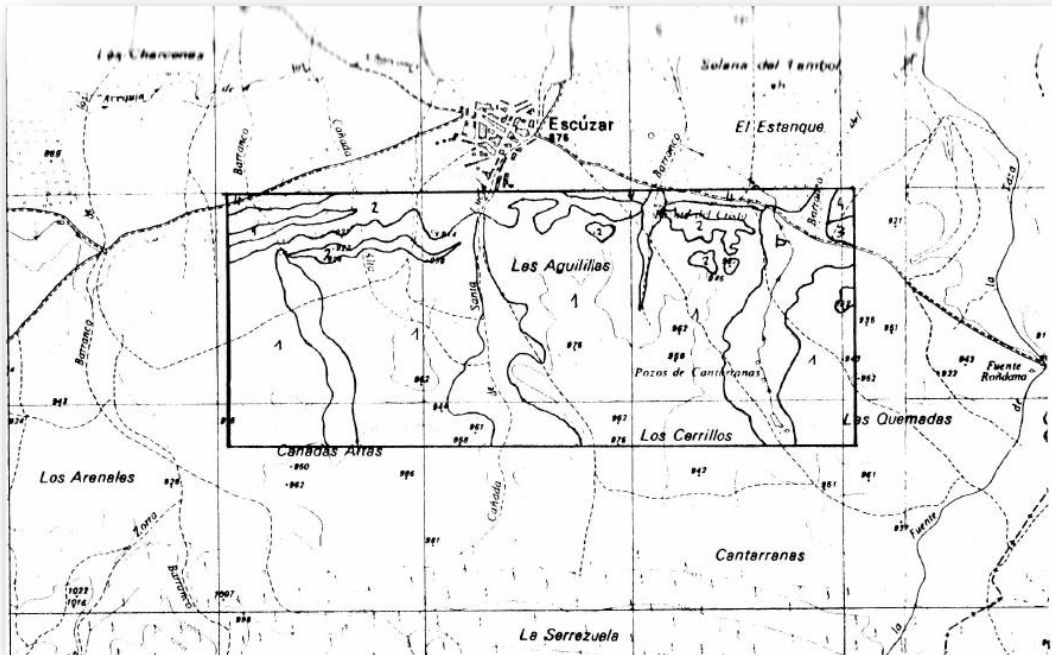


Figura 4: *Esquema geológico del P.I. Santa Lucía. Escala 1:25.000*

- 1. Unidad evaporítica inferior. Alabastro**
- 2. Tramo mineralizado**
- 3. Turbiditas de La Malá**
- 4. Unidad evaporítica superior**

El objetivo fundamental de la Memoria del Permiso de Investigación fue el estudio de los niveles de celestina, los yesos y alabastros, y que fueron profusamente estudiados por la Empresa Nacional ADARO.

- Tectónica:

La estructura tectónica del Permiso de Investigación Santa Lucía es aparentemente sencilla. Se trata de una estructura monoclinal al norte con buzamientos de 15° a 20° en los niveles de alabastro con una dirección general este – oeste. Aparentemente los niveles que contienen la celestina están también buzando 15° a 20° al Norte; pero al estudiar en detalle los diferentes afloramientos, y del resultado del levantamiento geológico de las zanjas mecánicas se ha puesto de manifiesto la presencia de niveles de celestina con buzamientos subverticales y frecuentes pliegues de slump; así como estructuras plegadas desenraizadas de niveles de celestina dentro del alabastro, y en la base de los niveles más importantes de celestina. Todo ello, junto con la estructura en bloques caóticos de alabastro a techo, dentro de esos niveles más importantes de



celestina, confiere una estructura parcialmente deslizada y una posible flexura a techo de los niveles mineralizados.

Además de esta macroestructura aparecen frecuentes fracturas de orden menor, de dirección N20°E a N20°W, con saltos muy pequeños.

- **Mineralización:**

La mineralización de estroncio del Proyecto de Investigación Santa Lucía está fundamentalmente compuesta por capas de celestina de 5 cm a 60 cm de espesor y una concentración variable del 20% al 98% ó 99%, intercaladas entre niveles de carbonato cálcico e interestratificados con niveles de alabastro a techo de la unidad evaporítica inferior. Se han realizado siete perfiles litoestratigráficos de dirección norte – sur a través de todo el Permiso para identificar los niveles y características litológicas del horizonte mineralizado. Estos están numerados de **E1 a E7 [PERFILES LITOESTRATIGRÁFICOS]**.

Son muy frecuentes las estructuras laminadas alternantes en bandas claras y oscuras que recuerdan a texturas laminadas de carbonatos de plataforma y zonas mareales.

La potencia del tramo mineralizado es variable, desde 20 m (**Perfil E3**) a más de 50 m (**Perfil E5**) y se caracterizan por la presencia de bancos compactos de 50 cm a 60 cm, generalmente laminados, y bancos de 5 cm a 20 cm con intercalaciones arcillosas amarillentas.

Los bancos, exteriormente, suelen presentar un aspecto bréchico y ruiniforme de color pardo.

Por el contrario en corte fresco, los colores varían de gris, verde, pardo a blanco. Son muy frecuentes los óxidos e hidróxidos de hierro en las proximidades, sobre todo, de las juntas de estratificación y a techo del nivel.

Las interdigitaciones están puestas de manifiesto por la alternancia frecuente de paquetes de alabastro y niveles de celestina (barranco de la Cruz Mocha, **Perfiles E5, E3 y E7 y Zanjas Z3, Z4 y Z5**).

Son muy frecuentes las formas de domos métricos de estructuras estromatolíticas (**Perfil E5**), donde además se aprecian estructuras “Tipees”, “Mud cracks”, y “Flat pebbles”.

El aspecto general observado es de facies muy disueltas con frecuentes recristalizaciones de calcita y yeso.



Los carbonatos mineralizados aparecen estratificados y con juntas arcillosas amarillentas. Las zonas laminadas tienden a ser sustituidas donde el reemplazamiento de carbonato original por celestina es más importante, y la laminación está marcada por la existencia de láminas milimétricas alternantes claras y oscuras. Aunque la disposición planar de la mineralización sea la más general, existen formas onduladas o con formas de domos. Las formas planares corresponden a estructuras de mallas de algas (estromatolitos planares o laminitas criptoalgales). Los estudios microscópicos realizados en este proyecto y los realizados en zonas vecinas confirman estas observaciones.

Del estudio microscópico de diferentes muestras se ha puesto de manifiesto la presencia de dos tipos principales de celestina:

- Una de grano muy fino criptocristalina, rellenando intersticios y algunas veces acicular.
- Otra de grano grueso de cristales palmeados y de hábito prismático, enfrentados y rellenando fracturas y huecos con agregados fibroso radiados.

Estos dos tipos de celestina que corresponden a la mineralización primaria son provocados por el reemplazamiento de carbonatos por celestina en condiciones de sedimentación temprana o diagénesis precoz.

Por otra parte hay que señalar la presencia de un karst supuestamente mioceno, desarrollado a techo de los yesos de la unidad evaporítica inferior, cuyas cavidades (dolinas circulares o elípticas de 30 cm a 5 m de diámetro, y de 2 m a 3 m de profundidad) y áreas deprimidas aparecen rellenas con brechas que contienen cantos de celestina y carbonatos estromatolíticos parcialmente reemplazados por celestina. Este karst parece producto de un proceso de exposición subaérea durante el cual la mayor parte de los afloramientos de celestina del sector de Escúzar fueron erosionados. La erosión también explica la potencia irregular de la zona mineralizada. La cantidad de concentración de celestina dentro de la brecha es baja (15% a 30%). La existencia de una brecha miocena con cantos de celestina arguye a favor de un origen temprano de la mineralización, dado que ésta está cubierta por los materiales lacustres del Mioceno Superior.

Del estudio de la superficie de exposición se puede inferir dos tipos de mineralización:

- Una variedad primaria que corresponde a carbonatos estromatolíticos parcialmente reemplazados por celestina.



- Una segunda, correspondiente al relleno kárstico mioceno bréchico con cantos de celestina.

La mineralización primaria es con mucho cuantitativamente la más importante; aparece marginalmente sobre el yeso selenítico transformado a anhidritas, de la unidad evaporítica inferior, interdigitado con él lateralmente y parcialmente progradante sobre parte de él.

2.3. Labores mineras.

Durante el trienio 1984 - 1986, se realizaron las labores mineras proyectadas en el Permiso de Investigación para estroncio en Escúzar, concretamente en el año 1985 se realizó y presentó en la Consejería de Industria y Energía de la Junta de Andalucía en el Servicio Territorial de Granada y en su Sección de Minas el **“MAPA DE AFLORAMIENTOS DE LAS LABORES MINERAS 1985” [Plano 6]**.

El conjunto de labores mineras realizadas se agrupa de la siguiente forma:

- 6 calicatas de 2,50 m de profundidad y 1 m de anchura, con un total de 671 m lineales abiertos, transversales a la mineralización, para conocer de esta forma la potencia real del tramo mineralizado y su exacta composición.
- 2 trincheras para el reconocimiento del frente de la mineralización en el sector oriental.
- 6 sondeos con recuperación de testigo continuo, con un total de 135 m perforados, realizados a techo, y sobre la propia capa mineralizada.

Además de estos trabajos de campo se realizaron varios estudios de laboratorio encaminados a conocer la calidad de los tramos mineralizados y su posible tratamiento para una separación de tipo industrial en la futura explotación.

- a. **Calicatas:** Las calicatas realizadas se abrieron con una máquina retroexcavadora marca POCLAIN de 80 CV, con un cazo de 90 cm. La profundidad máxima era de tres metros, pero en algunos casos la dureza de la roca hizo imposible profundizar más de 40 cm, no obstante, el conocimiento obtenido de la mineralización fue muy importante.

- **Calicata 1 [Plano 6].**

La calicata 1 se realizó en la ladera norte del Cerro del Olivillo con una dirección N30°E y una longitud de 75,80 m, una profundidad media de tres



metros, y una anchura de 1 m. De sur a norte se distinguieron los siguientes tramos:

- Tramo arcilloso donde predominan las arcillas y los limos amarillentos con finas intercalaciones carbonatadas.
- Tramo arenoso de color ocre con arenas finas y micro conglomerados con pliegues de slump.
- Tramo arcilloso similar al del principio con intercalaciones carbonatadas más gruesas, de hasta 60 cm.
- Tramo mineralizado de 4 m de potencia, estratificado en bancos centimétricos de color amarillento frecuentemente disueltos, y buzando 40°N.
- Tramo arcilloso con intercalaciones de celestina laminada e intercalaciones de alabastro.
- Tramo mineralizado de 17 m de potencia con buzamientos subverticales. Bancos compactos laminados y bancos disueltos tableados de colores amarillentos y gris-verdosos, pátinas arcillosas y de óxidos de hierro.
- Tramo arcilloso con bolos de alabastro.
- Tramo de 5 m de celestina en bancos compactos con algunas intercalaciones de alabastro y óxidos de hierro. Buzamiento subvertical.
- Tramo arcilloso con finas intercalaciones carbonatadas y slump.
- Tramo brechoide con mezclas de celestina y alabastro.

Se recogieron 19 de muestras con las siglas **z101** a **z119** de los tramos mineralizados con una potencia de 1 m a 2,5 m.

- **Calicata 2 [Plano 6].**

La calicata 2 se abrió al oeste del Barranco del Juncarillo, y desde el camino de Cantarranas hasta el camino de Santapudia, en un dirección N35°E, con una longitud de 96 m. La profundidad varía de 50 cm a 3 m. De sur a norte se distinguieron los siguientes tramos:

- Tramo mineralizado de 35 m de potencia con buzamiento subvertical. Facies disueltas y compactas de color gris verdoso a rojizo blanco.



- Tramo brechoide de cantos de celestina de color gris y verdoso, y cemento de color rojizo carbonatado; pátinas blanquecinas.
- Tramo mineralizado de celestina tableada con frecuentes intercalaciones arcillosas, y nivelillos y cantos de limonitas.
- Tramo bréchico de cantos de celestina de color verdoso y cemento carbonatado de color rojizo.
- Tramo mineralizado con un subtramo inferior disuelto, otro intermedio arcilloso, y uno superior con alabastro. Buzamiento subvertical.
- Tramo de arcillas con bolos de alabastro blanco
- Tramo mineralizado buzando 70°N de celestina tableada de color pardo-verdoso con óxidos de hierro. Nivel intermedio de arcillas amarillentas con bolos de alabastro, y de nuevo tramo mineralizado con pátinas decimétricas de yeso.
- Tramo de alabastro y arcillas amarillentas.

Se recogieron 28 muestras con las siglas **z201** a **z228**, con una separación de 2,5 m.

- **Calicata 3 [Plano 6].**

La calicata 3 se realizó al este del Barranco de la Chopera desde el camino de Cantarranas, con una dirección N-S y una longitud de 112 m. De sur a norte se distinguieron los siguientes tramos:

- Tramo arcilloso con intercalaciones limosas. En el primer subtramo son muy frecuentes los bolos de alabastro; en el segundo subtramo las finas intercalaciones carbonatadas; y en el tercer subtramo las arcillas con bolos de alabastro.
- Tramo mineralizado con buzamientos de 40°N a 75°N con intercalaciones de arcilla y celestina en bancos centimétricos y una potencia de 18 m.
- Tramo arcilloso con intercalaciones de bolos de alabastro.
- Tramo mineralizado con buzamientos de 60° a 70°N con frecuentes intercalaciones arcillosas y con una potencia de 7 m.
- Tramo arcilloso replegado con intercalaciones métricas de alabastro.



Se recogieron 10 muestras numeradas de la **z301** a **z310** de los tramos mineralizados cada 2,5 m.

- **Calicata 4 [Plano 6].**

La calicata 4 se realizó al oeste de la Cruz Mocha con una dirección de N5°W y una longitud de 146 m; de sur a norte se distinguen los siguientes tramos:

- Tramo de alabastro blanco muy disuelto.
- Tramo mineralizado de 3 m de potencia de celestina tableada de color verdoso, y disuelta.
- Tramo brechoide de cantos de celestina y bloques de alabastro.
- Tramo mineralizado de 15 m de potencia con buzamientos de 50° a 70°N de celestina tableada.
- Tramo brechoide donde alternan niveles de alabastro blanco con niveles de brechas compactas con cemento rojizo y cantos de celestina.
- Tramo mineralizado de más de 30 m de potencia con buzamientos variables al norte, de celestina tableada, niveles arcillosos y niveles brechoides, y algunas intercalaciones de yeso y óxidos.
- Tramo brechoide de celestina con matriz arcillosa de color amarillo y rojizo.
- Tramo arcilloso de color amarillento y con intercalaciones de alabastro.

Se recogieron 29 muestras de los tramos mineralizados con las siglas **z401** a **z429** con una potencia de 2,5 m.

- **Calicata 5 [Plano 6].**

La calicata 5 se realizó al oeste de la zanja 4 con una dirección N20°W y una longitud de 84 m, habiéndose distinguido los siguientes tramos:

- Tramo de alabastro blanco en bloques métricos.
- Tramo mineralizado de celestina tableada de color blanco con una potencia de 7 m y buzamientos de 0° a 60°N.
- Tramo brechificado de cantos de celestina de color verdoso y blanco y cemento carbonatado rojizo con intercalaciones de alabastro.



- Tramo mineralizado de celestina de aspecto bréchico de color blanquecino y con intercalaciones de yeso y una potencia de 3 m.
- Tramo brechoide con alabastro en paquetes métricos.
- Tramo mineralizado muy replegado de 2,5 m.
- Tramo de alabastro con finas intercalaciones de celestina.
- Tramo mineralizado de celestina tableada de color blanco y finas intercalaciones de yeso.

Se recogieron 12 muestras de los tramos mineralizados con las siglas z501 a z512 con una potencia de 2,5 m.

- **Calicata 6 [Plano 6].**

La calicata 6 se realizó en la falda norte del Cerro del Olivillo a 350 m al oeste de la zanja 1 con una longitud de 103,5 m y una dirección N15°E, y se distinguieron los siguientes tramos:

- Tramo arcilloso con limos amarillentos replegados y finas intercalaciones carbonatadas.
- Tramo algo mineralizado con 4 m de potencia.
- Tramo brechoide donde aparecen niveles ricos en celestina y arcillas de color amarillo y rojo.
- Tramo arcilloso similar al tramo 1 con finas intercalaciones carbonatadas, y replegado.
- Tramo mineralizado de 10 m de potencia con niveles centimétricos de celestina con pátinas arcillosas y de óxidos de hierro.
- Tramo brechoide de alabastro.
- Tramo mineralizado de 15 m de potencia con buzamientos de 45° a 70°N con intercalaciones arcillosas, de óxidos y de hierro.
- Tramo arcilloso en la base y a techo algo mineralizado de celestina de color amarillento con limonitas.

Se recogieron 17 muestras de los tramos mineralizados con las siglas z601 a z617 con una potencia de 2,5 m.



b. **Trincheras:**

Las trincheras se realizaron con una pala de gomas marca FRISCHT de 80 CV, modelo F-800, y la ayuda de un palista y dos peones para limpiar los frentes. Se realizó una excavación con un volumen de movimiento de tierras de 2400 m³.

- **Trinchera Cc1 (Figura 5).-**

La trinchera Cc1 se realizó al oeste de otra calicata más oriental, ya realizada en el año 1984, y al este de la zanja 6. Tiene una dirección de N150°E al sur con 3 m de ancho, 8 m de fondo y 5 m de alto.

En el frente se observan facies estromatolíticas muy disueltas con tamaños superiores al metro, con intercalaciones arcillosas y frecuentes pátinas de óxidos de hierro. El buzamiento de las capas es subvertical, y el color pardo-amarillento. A techo, aparecen arcillas y limos carbonatados amarillos y blanquecinos.

Del frente se recogió la muestra CC01

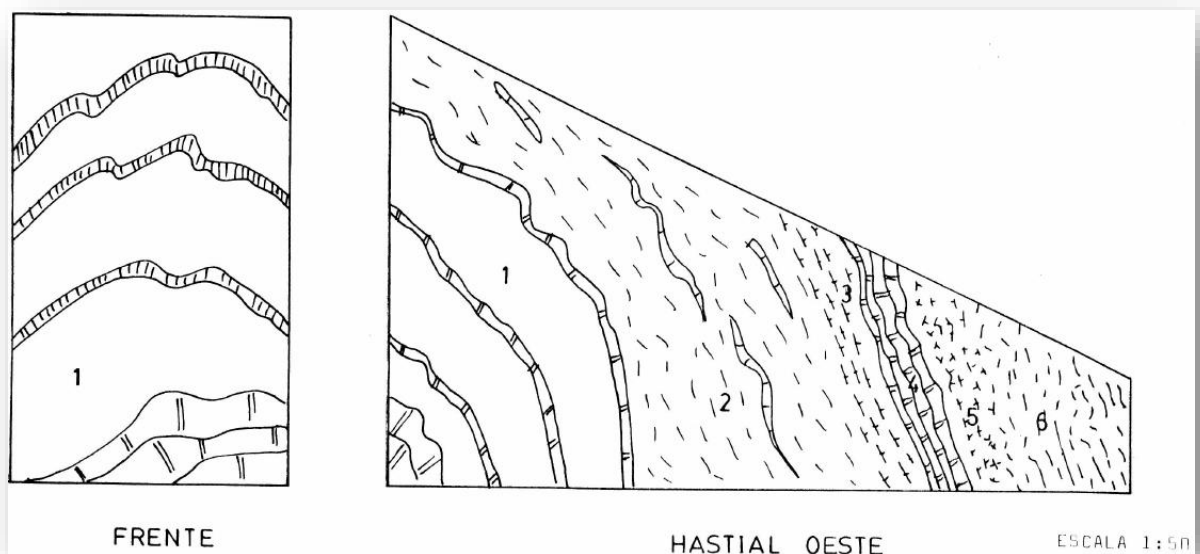


Figura 5: *Calicata Cc1*
1. Facies estromatolíticas
2. Limos y arcillas blanquecinas con intercalaciones carbonatadas
3. Margas verdes
4. Celestina tableada amarillenta
5. Nivel de limonitas
6. Arcillas carbonatadas blanquecinas



- **Trinchera Cc2.-**

La trinchera Cc2 está realizada a 20 m al oeste de la calicata Cc1 y tiene una dirección N20°E al sur, y unas dimensiones de 3 m de ancho, 6 m de fondo y 3 m de alto.

Las facies que se observan en el frente y en los hastiales son muy similares a las de la calicata Cc1 pero sin penetrar en las facies estromatolíticas.

c. Sondeos mecánicos:

Se perforaron un total de 135 m, con recuperación de testigo continuo, agrupados en 6 sondeos.

Los problemas fundamentales que surgieron al perforar en este sector fueron las pérdidas de agua debidas a la karstificación y disolución que presentan los tramos, y las alternancias de tramos duros y tramos blandos que hacen que se pierda testigo continuamente.

- **Sondeo SE-1 [Sondeos].**

El sondeo SE-1 se situó en las coordenadas geográficas 3° 45' 02'' W y 37° 03' 38'' N, y a 910 m de cota; al oeste de la zanja 6 tiene una profundidad de 40 m, y se han distinguido los siguientes tramos de arriba hacia abajo:

- Tramo (0,0 m – 1,40 m). Material descompuesto, esencialmente carbonatado.
- Tramo (1,40 m – 10,40 m). Alabastro con intercalaciones arcillosas y nivelillos carbonatados.
- Tramo (10,40 m – 28,00 m). Arcillas grises y amarillentas con finas intercalaciones de alabastro y carbonatos.
- Tramo (28,00 m – 40,00 m). Alternancias de arcillas grises y niveles de alabastro brechificado.

Este sondeo se realizó a techo del tramo mineralizado.

- **Sondeo SE-2 [Sondeos].**

El sondeo SE-2 está situado en las coordenadas geográficas 3° 44' 57'' W y 37° 03' 39'' N, y a 900 m de cota, inmediatamente al noreste de la calicata Cc1; tiene una profundidad de 19 m, y se han diferenciado dos tramos:

- Tramo (0,0 m – 1,20 m). Suelo arcilloso amarillento.



- Tramo (1,20 m – 19,00 m). Alabastro blanco y amarillento con intercalaciones carbonatadas y arcillosas amarillentas. Frecuentes huecos.

Este sondeo al igual que el anterior, se situó a techo de la mineralización.

- **Sondeo SE-3 [Sondeos].**

El sondeo SE-3 está situado en las coordenadas geográficas 3° 45' 28'' W y 37° 03' 47'' N, y a 885 m de cota al sureste del depósito de agua potable de Escúzar; tiene una profundidad de 20 m, y salvo los primeros 60 cm el resto está perforado en capa, presentándose celestina muy disuelta y descompuesta. A 6 m al oeste se hizo otro pequeño sondeo de 8 m con resultados similares.

Este sondeo está realizado fuera de la demarcación del permiso.

- **Sondeo SE-4 [Sondeos].**

El sondeo SE-4 se realizó sobre capa en el Barranco de Cañada Ancha, con las coordenadas geográficas 3° 46' 07'' W y 37° 03' 39'' N, y a 900 m de cota; tiene una profundidad de 21 m, y se han distinguido los siguientes tramos:

- Tramo (0,0 m – 2,50 m). Arcillas amarillentas y carbonatos disueltos y descompuestos.
- Tramo (2,50 m – 6,00 m). Niveles de celestina de color gris amarillento muy disuelta y descompuesta.
- Tramo (6,00 m – 17,00 m). Arcillas amarillentas con finas intercalaciones carbonatadas y niveles de celestina.
- Tramo (17,00 m – 21,00 m). Niveles de celestina gris amarillenta con pasadas arcillosas y abundantes intercalaciones de yeso. Todo en general muy descompuesto.

Este sondeo se realizó sobre capa, pero a techo de ella.

- **Sondeo SE-5 [Sondeos].**

El sondeo SE-5 se realizó sobre capa en el Barranco de Cañada Ancha, con las coordenadas geográficas 3° 46' 06'' W y 37° 03' 37'' N, y a 900 m de cota al sur del sondeo SE-4; tiene una profundidad de 11 m, y se han distinguido los siguientes tramos:

- Tramo (0,0 m – 1,90 m). Suelo carbonatado con cantos de celestina y matriz arcillosa amarillenta.



- Tramo (1,90 m – 6,00 m). Celestina muy descompuesta con frecuentes huecos de color amarillento.
- Tramo (6,00 m – 11,00 m). Niveles de celestina compacta de color blanquecino y con algunos huecos. Se recogió la muestra ES-51.

Este sondeo se realizó sobre capa en su tramo intermedio.

• **Sondeo SE-6 [Sondeos].**

El sondeo SE-6 se realizó sobre capa en la cabecera del Barranco de Cañada Ancha y al norte de los sondeos SE-4 y SE-5 con las coordenadas geográficas $3^{\circ} 46' 05''$ W y $37^{\circ} 03' 34''$ N, y 908 m de cota; con una profundidad de 16 m. Se han distinguido los siguientes tramos:

1. Tramo (0,0 m – 6,50 m). Celestina compacta en paquetes tableados de color gris, y frecuentes disoluciones.
2. Tramo (6,50 m – 10,00 m). Niveles de celestina tableada alternante con arcillas amarillentas.
3. Tramo (10,00 m – 16,00 m). Celestina compacta en bancos de 40 cm, de color gris con frecuentes disoluciones.

Este sondeo se realizó próximo al muro de la capa.

2.4. Análisis.

Para conocer la composición y calidad del tramo mineralizado presente en el Proyecto de Investigación Santa Lucía, se han realizado diferentes tipos de análisis, que por otra parte han servido para contrastar los diferentes métodos.

Este capítulo ha sido uno de los más importantes, ya que de sus resultados se han derivado consecuencias muy importantes.

a. Análisis químicos:

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. La marcha analítica de este método se puede resumir en los siguientes pasos:

- i. Machaqueo y cuarteo de la muestra.
- ii. Disolución en el ácido acético para la separación de los carbonatos.
- iii. Fusión a 900°C con carbonato de sodio y potasio para la conversión del carbonato y el estroncio en CO_3Sr .
- iv. Disolución del CO_3Sr y valoración.



v. Absorción atómica de la disolución obtenida.

De esta forma se analizaron en el comienzo un total de 41 muestras repartidas de la siguiente forma:

- *C11 a C15, y C21* correspondientes a las calicatas abiertas el año 1984.
- *E11 a E16, E21 a E26, E31 a E33, E41 a E46, E51 a E58, E61 a E64, y E71 a E73*, correspondientes a los perfiles litoestratigráficos levantados durante 1985.

De este primer conjunto de muestras se solicitaron las cantidades de celestina (SO_4Sr) y de estroncianita (CO_3Sr); y de los resultados se dedujo en principio que el contenido en estroncianita de la totalidad de las muestras varía entre el 2% y el 6%, encontrándose la mayoría de ellas entre el 2% y el 3,5%; por esto en las siguientes partidas sólo se analizó el contenido en celestina, por estimar el contenido en estroncianita como constante.

En la segunda partida se analizaron un total de 120 muestras provenientes de las zanjas y calicatas practicadas durante el año 1985, y agrupadas de la siguiente forma:

- *CC01* Calicata Cc1
- *ES51* Sondeo SE-5
- *Z101 a Z118, Z201 a Z228, Z301 a Z310, Z401 a Z429, Z501 a Z512, Z601 a Z617*, correspondientes a las zanjas Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 y Z6.

La toma de muestras fue exhaustiva. Con respecto a los perfiles se han obtenido las muestras con rozas de 1 m a 3 m, y en las calicatas con rozas horizontales de 2,5 m de media.

De los resultados obtenidos se dedujeron las siguientes conclusiones:

1. Con respecto a los perfiles hay que decir que se encuentran frecuentes tramos con riquezas del 50% al 60%, y en algunos casos superiores.
2. De las zanjas se obtuvieron los siguientes resultados en contenidos de celestina:

- Z1 (de sur a norte)
 - 3,20 m con 58,80%
 - 2,10 m con 50,01%
 - 3,00 m con 30,67%
 - 13,00 m con 52,96%



- 5,00 m con 46,33%
- Z2 (de sur a norte)
 - 20,05 m con 58,70%
 - 2,50 m con 38,51%
 - 3,50 m con 70,20%
 - 11,50 m con 25,70%
 - 8,00 m con 52,92%
 - 11,50 m con 53,73%
 - 1,50 m con 49,18%
 - 3,50 m con 62,08%
- Z3 (de sur a norte)
 - 5,00 m con 70,22%
 - 12,50 m con 55,76%
 - 7,50 m con 56,50%
- Z4 (de sur a norte)
 - 2,50 m con 83,84%
 - 11,00 m con 53,58%
 - 5,00 m con 79,20%
 - 10,00 m con 63,86%
 - 5,00 m con 75,76%
 - 10,00 m con 74,51%
 - 17,50 m con 59,36%
 - 2,50 m con 68,23%
- Z5 (de sur a norte)
 - 15,50 m con 63,93%
 - 3,00 m con 47,15%
 - 2,50 m con 50,67%
 - 10,00 m con 62,67%
- Z6 (de sur a norte)
 - 5,00 m con 69,15%
 - 5,00 m con 65,77%
 - 5,00 m con 40,72%
 - 5,00 m con 64,07%



5,00 m con 62,63%

De todo esto, se deduce que no existe en principio ninguna ley que sirva para determinar una polaridad en los contenidos en celestina, y que alternan en toda la serie niveles de alta calidad con niveles de baja calidad.

b. Análisis petrográficos:

Los estudios estratigráficos se realizaron con los medios del Departamento de Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, y se contó con la inestimable ayuda de los profesores J.M. Martín y J. Torres, auténticos especialistas en el campo de la celestina de la Depresión de Granada.

Se realizaron un total de 9 láminas delgadas procedentes de las zanjas Z1 (Z111-1), Z11 (Z204-1, Z204-2, Z204-3, Z205-1, Z205-2, Z205-3) y Z5 (Z500-1 Y Z501-1), y de ellas se dedujeron que existen dos tipos de celestina:

- i. Una de grano fino, microcristalina a criptocristalina, que forma una fina matriz que rellena los intersticios de los granos.
- ii. Otra de grano grueso, en cristales aciculares, prismáticos y palmeados, que rellena fisuras y huecos.

Los contenidos relativos de celestina y carbonatos obtenidos fueron:

- Más del 95% de celestina Z205-1, Z205-2, Z205-3 y Z501-1
- Aproximadamente el 50% de celestina Z204-1, Z211-1 y Z500-1
- Aproximadamente el 25% de celestina Z204-2 y Z204-3.

c. Difracción de rayos X:

Como método alternativo de análisis se escogió la difracción de rayos X esencialmente por su rapidez, aunque su grado de fiabilidad no era muy alto hasta no ajustar el método a las características de la mineralización de Escúzar.

El fundamento científico en que se apoya este método es la difracción de los rayos X a su paso por las especies cristalinas. Cada especie mineral tiene un grado de difracción determinado, y se puede conocer la relación semicuantitativa de varios minerales presentes en una muestra atendiendo a los picos que se observan en su diagrama de difracción.

Para este caso se utilizó el pico 3,03 para caracterizar la calcita y 2,98 para caracterizar la celestina.



La principal dificultad que se encontró fue la diferente orientación de los cristales en la muestra y el grado de apretamiento de ésta. En estudios posteriores se harían agregados orientados para evitar este problema.

Las muestras seleccionadas fueron: Z5056, Z413, Z309, Z424, Z604, Z607, Z501 y Z408.

Estos análisis se realizaron con el Difractómetro de rayos X del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, y se contó con los profesores A. López Galindo y J. Torres.

d. Otros métodos:

Se contó con la presencia de un minero especialista en la separación manual de la celestina, que puso de manifiesto en las zonas deducidas de mayor riqueza la presencia de niveles con cantidades superiores al 90%.

Estudios de separación:

Estos estudios se realizaron en el laboratorio de Menas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Posteriormente se llevaron a cabo nuevos estudios para la flotación de este mineral y con los datos obtenidos se avanzó bastante en la solución del problema de la flotación de la celestina.

Ensayo de cubicación:

Para este ensayo de cubicación se utilizaron los análisis químicos obtenidos de las muestras recogidas en las diferentes zanjas. A cada zanja se le adjudicó un área de influencia determinada por la continuidad en los afloramientos, y una profundidad de 25 metros para todas, basada ésta en la diferencia de cotas existente entre la cima de las lomas donde se han realizado y la continuidad de los afloramientos hasta el fondo de los barrancos.

La potencia de los tramos se obtuvo del tamaño de las muestras en las diferentes calicatas, extrayendo en todos los caso 75 Tm/m², agrupándose sus calidades y obteniendo los siguientes resultados:

- i. Zanja Z1. Se consideró un área de influencia de 65 m
(75 Tm/m² x 65m = 4.875 Tm/m) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

5,00 m de 46,33% → 24.375,0 Tm

13,00 m de 52,96% → 63.375,0 Tm



3,00 m de 30,67%	→	14.625,0 Tm
2,10 m de 50,01%	→	10.237,5 Tm
3,20 m de 58,80%	→	15.600,0 Tm

- ii. Zanja Z2. Se consideró un área de influencia de 130 m
($75 \text{ Tm/m}^2 \times 130\text{m} = 9.750 \text{ Tm/m}$) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

3,55 m de 62,08%	→	34.612,5 Tm
1,50 m de 49,18%	→	14.625,0 Tm
11,50 m de 53,73%	→	112.125,0 Tm
8,00 m de 52,92%	→	78.000,0 Tm
11,50 m de 25,70%	→	112.125,0 Tm
3,50 m de 70,20%	→	34.125,0 Tm
2,50 m de 35,81%	→	24.375,0 Tm
20,50 m de 58,70%	→	199.875,0 Tm

- iii. Zanja Z3. Se consideró un área de influencia de 110 m
($75 \text{ Tm/m}^2 \times 110\text{m} = 8.250 \text{ Tm/m}$) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

7,50 m de 56,50%	→	61.875,0 Tm
12,50 m de 55,76%	→	103.125,0 Tm
5,00 m de 70,22%	→	41.250,0 Tm

- iv. Zanja Z4. Se consideró un área de influencia de 110 m
($75 \text{ Tm/m}^2 \times 110\text{m} = 8.250 \text{ Tm/m}$) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

2,50 m de 68,23%	→	20.625,0 Tm
17,50 m de 59,36%	→	144.375,0 Tm
5,00 m de 74,51%	→	41.250,0 Tm
10,00 m de 65,49%	→	82.500,0 Tm
5,00 m de 75,76%	→	41.250,0 Tm
10,00 m de 63,86%	→	82.500,0 Tm
5,00 m de 79,20%	→	41.250,0 Tm
11,00 m de 53,58%	→	90.750,0 Tm
2,50 m de 83,84%	→	20.625,0 Tm



2,50 m de 60,93% → 20.625,0 Tm

- v. Zanja Z5. Se consideró un área de influencia de 104 m
($75 \text{ Tm/m}^2 \times 104\text{m} = 7.800 \text{ Tm/m}$) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

10,00 m de 62,67% → 78.000,0 Tm

2,50 m de 50,25% → 19.500,0 Tm

3,00 m de 47,15% → 23.400,0 Tm

15,50 m de 66,93% → 120.900,0 Tm

- vi. Zanja Z6. Se consideró un área de influencia de 85 m
($75 \text{ Tm/m}^2 \times 85\text{m} = 6.375 \text{ Tm/m}$) con lo que se obtienen las
reservas siguientes con sus calidades:

3,50 m de 62,63% → 22.312,5 Tm

5,00 m de 64,07% → 31.875,0 Tm

5,00 m de 40,72% → 31.875,0 Tm

5,00 m de 65,77% → 31.875,0 Tm

5,00 m de 69,15% → 31.875,0 Tm

De esta manera se obtuvieron los siguientes tonelajes de las diferentes calicatas a lo
largo de todo el permiso:

- ii. Menor de 40%: $14.625 + 112.125 + 24.375 = 151.125 \text{ Tm}$
- iii. Entre el 40% y el 50%: $24.375 + 14.625 + 23.400 + 31.875 = 94.275 \text{ Tm}$
- iv. Entre el 50% y el 60%: $63.375 + 10.237,5 + 15.600 + 112.125 + 78.000 + 195.487,5 + 61.875 + 103.125 + 144.375 + 19.500 = 803.700 \text{ Tm}$.
- v. Entre el 60% y el 70%: $24.375 + 20.625 + 82.500 + 82.500 + 78.000 + 22.312 + 31.875 + 31.875 + 31.875 = 405.937 \text{ Tm}$.
- vi. Mayor del 70%: $34.125 + 41.250 + 41.250 + 41.250 + 41.250 + 120.900 = 320.025 \text{ Tm}$.

En este último grupo (mayor del 70%) se incluyó el tramo cuarto de la Z5 a pesar de tener un contenido inferior, provocado únicamente por una mezcla en la base del tramo, pero fácilmente separable.

Para elevar la calidad, en principio, son susceptibles de escoger manualmente los tramos superiores al 70%, con un rendimiento del 60%; y los de 60% - 70%, con un rendimiento del 25%. De esta forma se obtiene el siguiente tonelaje con calidades del 90% - 100%:



- $320.025 \text{ Tm} \times 0,60 = 192.015,00 \text{ Tm}$.
- $405.937 \text{ Tm} \times 0,25 = 101.484,25 \text{ Tm}$

TOTAL: 293.499,25 Tm del 90% - 100%

No hay que olvidar el tonelaje que existe con calidades del 40% - 60% susceptible de tratar en una Planta de Separación y Concentración:

$$- 94.275 \text{ Tm} + 803.700 \text{ Tm} = 897.975 \text{ Tm}$$

Todos estos datos fueron susceptibles de afinar una vez concluidas las labores previstas para el año 1986, con lo que se dio por finalizada la primera fase de la investigación.

– **Conclusiones:**

- El yacimiento de Escúzar está compuesto por una alternancia de bancos de celestina, tramos arcillosos y capas de alabastro con una potencia superior a los 40 metros. Los niveles mineralizados tienen una potencia de 2 m a 20 m.
- Se trata de un conjunto de materiales depositados en un medio litoral con alternancias periódicas en la salinidad del medio.
- Existe un yacimiento de yeso con calidad y tonelaje suficiente, como se desprende del informe de la Empresa Nacional ADARO, y para mayor conocimiento del mismo se puede consultar el informe de dicha empresa que se encuentra en el Archivo Nacional de Rocas Industriales situado en el Instituto Geológico y Minero, en Madrid.
- La calidad de los niveles mineralizados varía del 40% al 90%, habiéndose puesto de manifiesto numerosas bandas de calidad superior al 70%.
- Las reservas mínimas de este yacimiento se agrupan en dos conjuntos:
 - Mayores del 70% y entre el 60% - 70%, con un tonelaje escogido de entre el 90% y 100%, de 293.499,25 Tm.
 - Mineral susceptible de tratar de entre el 40% y 60% de 897.975 Tm.

Protección del Medio Ambiente:

Las labores se desarrollarían en terreno estéril, sin utilización agrícola ni ganadera, y sin vegetación, o con escasa, de monte bajo. En este sentido no era necesario adoptar otras medidas, más que la prevención del relleno con el allanamiento en las zanjas y calicatas que se abran.



No se producirían molestias a caseríos o poblaciones, ya que la índole del trabajo no produce ruidos especialmente molestos, ni provoca polvaredas o contaminación ambiental alguna.

Las rozas de las trincheras se rellenarán con el material extraído, una vez no se consideren necesarias para la investigación y no sea preciso mantenerlas abiertas.

2.5. Plan de Labores de Investigación realizados durante el año 1986.

Sin menoscabo del pase Concesión Derivada, se estableció el siguiente Plan de Investigación para el año 1986, encaminado a conocer exactamente el yacimiento de celestina de Escúzar.

Se propusieron las siguientes actuaciones [**Plano 18**]:

- Realización de once zanjas (ZI a ZXI) de tres metros de profundidad y un metro de anchas, entre las realizadas en el año 1985, para conocer exactamente el área de influencia de cada una de ellas, con un total de 1.485 m lineales previstos.
- Realización de dos catas de 15 m x 15 m, y 3 m de profundidad, para la obtención de mineral en el sector occidental de la Cruz Mocha, con un movimiento de tierras de aproximadamente 7.875 m³.
- Realización de 11 Ha de cartografía minera con estaquillado, a escala 1:1000, de tres sectores del Permiso.
- Realización de 150 análisis químicos para conocer la calidad, en celestina, de los niveles mineralizados descubiertos en las zanjas, y la calidad media del mineral extraído de las dos catas.
- 30 análisis petrográficos de muestras escogidas en las zonas cartografiadas.
- Puesta a punto del método de difracción de rayos X.
- El mineral extraído en las dos catas se estiará a mano en una placeta para su clasificación en mineral de calidad 90 – 100, para lo que se contratarán mineros expertos en estos menesteres.
- Completar el estudio de separación y concentración de la celestina para intentar montar una planta semiindustrial de beneficio, aunque esto conlleve más tiempo del solicitado.
- Realización de estudios de viabilidad y de mercado para este mineral.



No obstante, el cumplimiento del Plan de Labores del año 1986, estaba relacionado con la ocupación de los terrenos. Por tanto hubo que renovar y ampliar los permisos de ocupación de esos terrenos.

2.6. Inversiones efectuadas y Presupuestos para el año 1986.

El desglose de los gastos realizados durante el año 1985 fue el siguiente:

GASTOS REALIZADOS DURANTE 1985			
614 m de zanjas	450 ptas/m	276.300	ptas
2.400 m ³ de catas	400 ptas/m ³	960.000	"
120 análisis químicos	2.500 ptas/u	300.000	"
41 análisis químicos	4.000 ptas/u	164.000	"
135 m sondeo mecánico	1.500 ptas/m	202.500	"
Ensayos de flotación		50.000	"
Estudios geológicos		250.000	"
Labores de gestión		200.000	"
TOTAL		2.402.800	ptas

El equipo que se empleó para estos trabajos fue de dos tipos:

- Personal:
 - 1 Director Facultativo
 - 3 Peones
 - 1 Peón Especialista con cartilla de artillero
 - 1 Capataz especializado
 - 1 Minero especialista en separación de la celestina
 - 1 Geólogo
- Maquinaria:
 - Compresor Atlas Copco de 70 CV
 - Pala mecánica de gomas FRISCHT de 80 CV, modelo F-800
 - 2 Dumpers
 - 1 Cuba para agua de 1.500 litro
 - Retroexcavadora con cazo de 1 metro, y de 80 CV POCLAIN

Además se contó:

- Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de Granada.
- Laboratorio de Menas de la Escuela Superior de Ingeniería de Minas de Madrid.

El Presupuesto detallado del coste de estos trabajos fue el siguiente:

GASTOS REALIZADOS DURANTE 1986		
1.485 m de zanjas	450 ptas/m	668.250 Ptas



788 m ³ de catas	400 ptas/m ³	315.000 "
150 análisis químicos	2.500 ptas/u	375.000 "
Ha cartografía minera a escala		
11 1:1000	12.000 ptas/Ha	132.000 "
P.A. Separación manual de celestina		750.000 "
P.A. Estudios geológicos		250.000 "
P.A. Estudios de concentración y separación		250.000 "
P.A. Estudios de viabilidad y de mercado		300.000 "
P.A. Labores y estudios de gestión		250.000
TOTAL		3.290.250 Ptas

Dicho Presupuesto estuvo sujeto a las variaciones oportunas que se derivaran del cambio de los trabajos sobre el terreno, y que fueran promovidos por las necesidades del propio terreno.

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El presente Estudio tiene como objetivo la Definición de las características Hidrológicas e Hidrogeológicas de la parte oriental de la Concesión de Explotación “SANTA LUCÍA” al objeto de tenerlas en cuenta en el Proyecto de Explotación y el Estudio de Impacto Ambiental, así como idear las necesarias medidas correctoras de las alteraciones que se puedan producir sobre el medio hídrico durante la explotación.

3.1. Climatología.

Para el estudio de la Climatología se han utilizado los datos de la Estación Pluviométrica de Ventas de Huelma que tiene una serie continua de 39 años desde 1.961 a 2.003. Esta estación es la que se encuentra más cerca de la localidad de Escúzar y por tanto de la Concesión de Explotación Santa Lucía. Sin embargo al ser sólo pluviométrica los datos de temperatura se han extrapolado con los de la Estación del Embalse de los Bermejales. Esta estación se encuentra a una cota muy similar a la de las Ventas y los datos pluviométricos son muy similares por lo que es posible trasladar los datos termométricos con una gran aproximación, aunque los reales puedan ser algo inferiores en invierno por la orientación, y los de verano algo superiores por la aridez.

La **Tabla I** muestra las unidades climatológicas más significativas.

La Pluviometría media estacional se puede agrupar de la siguiente manera en la **Tabla II**:



MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
TEMPERATURA (E. BERMEJALES)	6,70	7,80	9,90	12	15,30	20,40	24,10	23,90	20,10	14,90	10,50	6,90	14,40
PRECIPITACION (E. BERMEJALES)	54,80	43,10	43,10	38,50	35	18,10	4,30	3,50	19,70	45,80	61,20	56,50	423,50
PRECIPITACION (E. VENTAS)	54,30	44,70	38,60	36,90	31,20	21,70	3,50	3,50	17,30	35,70	58,90	57,70	403,90
I. MÁXIMA 24 h (E. BERMEJALES)	16,50	14,90	16,50	12,50	14,40	9,60	3,50	2,70	11,20	19,10	22,20	18,20	36,40
I. MÁXIMA 24 h (E. VENTAS)	15,70	12,80	13,90	13,30	15	12,30	2,30	2,30	10,90	16,40	20,10	18,40	33,10
ETP THORNWAITE (E. BERMEJALES)	14,60	18,20	32	45,10	71,80	111,2	144,5	134,5	92,20	55,40	28,60	15	148,90

Tabla I: Unidades climatológicas

ESTACIÓN	VENTAS DE HUELMA	E. BERMEJALES
Primavera:	106,60	116,50
Verano:	28,70	25,90
Otoño:	111,90	126,60
Invierno:	156,70	154,40

Tabla II: Pluviometría media estacional

La Pluviometría media anual en los pueblos limítrofes es de

La Malahá: 448 mm

Alhendín: 446 mm

Las Gabias: 440 mm

a. Precipitaciones.

Mediante la extrapolación de los datos se puede estimar que la pluviometría media en la zona de estudio es de alrededor de 405 mm/año.

En general se aprecia como los meses de verano son secos, concentrándose las precipitaciones en el otoño e invierno con un volumen importante en la primavera. El mes de mayores precipitaciones es noviembre, seguido de diciembre. Por el contrario, el mes más seco es agosto. Esto muestra una típica distribución mediterránea de las lluvias, con un importante desplazamiento de las precipitaciones hacia el invierno, debido a la clara componente continental que presenta el clima.

Es de destacar que las Intensidades Máximas en 24 horas (It_t) se concentran en los meses de noviembre y diciembre.

b. Temperaturas.

Acorde a la mediterraneidad del clima, la temperatura presenta en todas las estaciones máximas durante los meses de verano y mínimas en los de invierno. La temperatura media de invierno es de 7,10°C, y la temperatura media del verano es de 22,80°C.



La distribución anual de temperaturas refleja que los meses de julio y agosto son los más calurosos, con una media mensual superior a los 24 grados centígrados, mientras que enero registra las temperaturas más bajas.

Se puede apreciar un ascenso gradual de las temperaturas de enero a agosto, y un descenso gradual a partir del mes de septiembre.

Las bajas temperaturas de marzo y noviembre son más propias de un invierno templado que de primavera u otoño, siendo normal la presencia de heladas en dichos meses.

c. Vientos.

Al tratarse de un área predominantemente llana, el viento es un factor importante, pues no existen zonas resguardadas del viento. Esta incidencia es aún mayor en este caso, al tratarse de una explotación minera a cielo abierto.

Las direcciones del viento son las siguientes, ponderadas de las estaciones cercanas

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA
9.7 %	1.6 %	0.9 %	1.5 %	19.6 %	7.7 %	9.4 %	10.9 %	38.7 %

La dirección del viento dominante es la S-N. Velocidad del viento en km/h

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0-5	61 %	61 %	50 %	46 %	37 %	38 %	35 %	36 %	41 %	52 %	68 %	76 %
5-29	28 %	31 %	41 %	43 %	47 %	38 %	36 %	42 %	45 %	40 %	25 %	20 %
29-60	11 %	8 %	9 %	11 %	16 %	24 %	29 %	22 %	14 %	8 %	7 %	4 %
> 60	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabla III: Direcciones principales del viento

Claramente, la velocidad predominante de los vientos es inferior a los 29 km/h, no superando generalmente los 5 km/h. Es muy importante constatar que los vientos rara vez superan los 60 km/h, lo cual es un dato muy importante a la hora de establecer posibles riesgos naturales y para determinar el diseño de cualquier tipo de infraestructura.

d. Clasificación climática.

Ateniéndose a la clasificación del clima atmosférico, el grupo climático de Papadakis (1980) que caracteriza a la zona es el Mediterráneo templado. De la observación de las fichas climáticas se puede concluir que el régimen de humedad es netamente mésico. En cuanto al régimen de temperatura, se puede considerar como térmico.

3.2. Hidrología.



La Hidrología de un área puede llegar a ser uno de los elementos fundamentales del medio ambiente de dicha área. Los efectos directos sobre este componente del medio que puede originar la construcción de cualquier tipo de infraestructura, se resumen básicamente en cuatro situaciones posibles:

- 1) Modificaciones en los flujos de agua superficial y subterránea.
- 2) Efecto barrera.
- 3) Impermeabilización de áreas de recarga de acuíferos.
- 4) Cambios en la calidad del agua.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que los sistemas acuáticos constituyen un vector de transmisión de impactos; por tanto cualquier alteración directa que se produzca inducirá efectos en puntos cercanos y/o alejados, cuyas consecuencias son a veces difíciles de prever.

a. Hidrografía.

El municipio de Escúzar se encuentra totalmente situado dentro de los límites de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, dado que todos los cauces que circulan por su territorio, son afluentes de orden cuarto o quinto del río Genil, afluente principal del río Guadalquivir.

La hidrografía de la zona muestra una cuenca dendrítica, con ramificación arborescente, uniéndose las corrientes tributarias a las principales formando ángulos agudos. Esta disposición de la cuenca es típica de regiones con suelos homogéneos y de rocas sedimentarias blandas, no cementadas. Está integrada por arroyos de corto trayecto que rápidamente desembocan en cursos fluviales mayores o bien que se infiltran, y que circulan a través de zonas con pendientes inferiores al 20%.

Así pues, la forma de la red fluvial se puede identificar como una red de tipo dendrítico, con un río principal (Genil) en donde desembocan todos los cauces de orden inferior (riachuelos y arroyos).

En concreto la zona donde se encuentra el nuevo proyecto de explotación de la Concesión Santa Lucía está limitada al oeste por la Cañada de Santa Lucía y al este por el Arroyo de la Fuente de la Taza. Estos cursos fluviales forman parte de la cuenca hidrográfica del Arroyo del Salado. Precisamente este arroyo es el único recolector de todos los cauces de la zona de estudio, siendo a su vez, afluente directo del Río Genil al oeste de la localidad de Santa Fe.



La mayor parte de la alimentación de los cursos de agua que surcan la Vega de Granada, y obviamente, los del área de interés, son de tipo pluvial, con un cierto componente de origen nival, aunque testimonial. Esto se refleja en la curva de caudal, en donde se observa un mayor caudal en épocas de lluvia (otoño y primavera), poca agua en invierno y prácticamente ningún caudal en verano. En el caso concreto de la zona de estudio, la componente nival de la alimentación es prácticamente nula.

La dirección de la red de afluentes principales del Genil, siguen un trazado que en general coincide con direcciones N-S, o bien con direcciones aproximadas E-W. En la zona de estudio, la dirección preferente de los arroyos es la N-S.

La Cañada de Santa Lucía es un curso de carácter efímero, que solo lleva agua de manera esporádica, después de aguaceros de cierta importancia, normalmente de tipo tormentoso, sin embargo el arroyo de la Fuente de la Taza presenta un caudal permanente, aunque pequeño, durante todo el año. Ambos cauces fluviales nacen en la Sierra de Pera, discurriendo subparalelos en dirección aproximada N-S. La Cañada de Santa Lucía se denomina al norte de la localidad de Escúzar como Barranco del Chopo y discurre hacia el norte hasta el paraje del “Aguarillo” muy cerca de la localidad de La Malá donde se une al arroyo de la Fuente de la Taza que es el nombre que toma aguas abajo la Cañada de Cantarranas, cauce que limita la explotación por el este. En este punto los dos arroyos se unen al Arroyo Salado al pie de los Baños de la Malá.

El Barranco del Juncarillo nace en el Alto de las Águilas en el paraje de los Propios de Escúzar y es tributario por la margen derecha del Barranco del Chopo.

En esta parte de la Concesión existen tres cauces más entre los dos anteriores. Estos cauces se denominan de oeste a este Cañada de Santa Lucía 2, Barranco Juncarillo y Barranco Juncarillo 2. Todos son tributarios aguas abajo del Barranco del Chopo.

b. Morfología fluvial.

La caracterización morfológica que presenta cualquier tipo de curso fluvial puede realizarse con base en numerosas clasificaciones de diferentes autores, aunque todas se refieren a la morfología que presenta en planta el río en cuestión. En este trabajo se van a realizar en función de dos criterios: atendiendo a la sinuosidad y atendiendo a la multiplicidad de canales.

Respecto a la sinuosidad, lo que se mide es la longitud total del río en relación con la longitud total del valle fluvial por el que discurre. Ello dará si el río es recto o presenta



muchas curvas y recodos en su trayecto. Para ello se utilizará el denominado Índice de Sinuosidad, Smf , el cual viene definido por la siguiente fórmula:

$$Smf = \frac{\text{Longitud del cauce}}{\text{Longitud del valle}} \quad (1)$$

Obviamente, valores de Smf iguales a uno significan que el río es recto, y cuanto mayor de uno sea el valor del índice mayor sinuosidad presentará el cauce. Cuando el valor del $Smf > 1,5$, el cauce es de baja sinuosidad, y para $Smf > 1,5$, el cauce es de alta sinuosidad.

Aplicándolo a los dos cursos de agua considerados se obtienen los siguientes valores:

Arroyo	Índice de Sinuosidad
Santa Lucía	1,06
Santa Lucía 2	1,00
Juncarillo	0,92
Juncarillo 2	1,07
Fuente la Taza	0,79

Tabla IV: Índice de sinuosidad de los principales cursos de agua

En los cinco casos la sinuosidad es claramente baja.

En el caso de la clasificación en función de la multiplicidad de canales, lo que se estudia es si existe un único canal de circulación, o si por el contrario existen numerosas islas y/o barras. En este caso se toma el Índice de Multiplicidad de Canales o Índice de Brice, el cual viene formulado como:

$$I_t = \frac{2L_b}{L_r} \quad (2)$$

Siendo I_t el Índice de Brice, L_b la longitud total de las islas y/o barras y L_r la longitud total del río. Para valores de I_t inferiores a 1 se considera el río como de canales simples y para valores superiores a 1 se considera el río como de canales múltiples.

En todos los casos el valor de I_t es 0, porque no existen ninguna isla o barra en la zona. Por ello, estos dos cauces son de tipo simple.

Atendiendo a los dos parámetros mencionados podemos definir a todos los cauces como cauces de tipo recto.

c. Morfometría fluvial.

La cuenca de un río se puede definir como la totalidad de la superficie drenada por el río en cuestión y sus afluentes, aguas arriba del punto de medición. Es decir, sería la



superficie limitada por un contorno, tal que toda gota que cae en ese contorno circularía hacia la red fluvial de ese río. Al límite entre dos cuencas se le denomina divisoria de aguas, las cuales vienen controladas generalmente por la topografía.

En este caso particular, y teniendo en cuenta la ubicación propuesta para la explotación minera, las cuencas que interesa analizar son las del Arroyo de Santa Lucía, la del Barranco del Juncarillo y la del Arroyo de la Fuente de la Taza, hasta el punto geográfico en donde dejarían de afectar a la explotación.

El comportamiento de una cuenca está controlado esencialmente por la morfología de la misma, la geología del área, la vegetación presente y el clima del lugar.

La cuenca de la Cañada de Santa Lucía tiene una superficie total de 161,47 Ha. Por su parte, la cuenca del Barranco del arroyo de la Fuente de la Taza presenta una superficie total de 192,93 Ha y la del Barranco del Juncarillo 40,93 Has.

La cuantificación de las formas de las cuencas se puede realizar por diversos métodos. Uno de los métodos más usados es el Índice de Compacidad de Gravelius, K_c , el cual compara el perímetro de la cuenca en cuestión con el perímetro de un círculo que presentara igual superficie:

$$H_c = 0,28 \left[\frac{P}{\sqrt{A}} \right] \quad (3)$$

Donde A es la superficie de la cuenca y P su perímetro. Cuanto más cercano se encuentra este índice a la unidad más circular será la forma de la cuenca y será más compacta. Teniendo en cuenta que cuanto más redonda es una cuenca más tarda en llegar la onda de crecida a su desembocadura, pero al mismo tiempo más acusado es el caudal punta. Los índices para cada una de las cuencas descritas son los siguientes:

CUENCA	Kc
Cañada de Santa Lucía	1,38
Barranco del Juncarillo	1,24
Barranco Fuente de la Taza	1,46

Tabla V: Índice de compacidad de Gravelius

Se trata de cuencas ligeramente ovaladas, donde la escorrentía recorre los cauces secundarios hasta llegar al principal, por lo que la duración de la escorrentía es alta y la arroyada concentrada. Estos valores muestran índices muy bajos que darán tiempos de concentración muy pequeños.



Otro factor importante que afecta a la morfología es el relieve. En este caso concreto el desnivel entre la cabecera de la Cañada de Santa Lucía y la parte baja de la explotación es de 235m mientras que el del Barranco de la Fuente de la Taza es de 215m y el Barranco del Juncarillo de 103m. Con longitudes de cauces de 2.009m, 632m y 2.062m respectivamente las pendientes son de 11,70%, 16,30% y 9,94% respectivamente.

d. Cálculo máximas avenidas.

Los datos pluviométricos que se van a utilizar para el Cálculo de Avenidas de la Cañada de Santa Lucía y del Arroyo de la Fuente de la Taza son los suministrados por el Ministerio de Fomento y publicadas en la Monografía titulada Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. La ayuda de esta monografía permite trabajar con una gran exactitud al poder ubicar el área con coordenadas UTM reales.

En base a esta Monografía los datos obtenidos son los recogidos en la **Tabla VII**.

El cálculo del caudal de avenida se establece relacionándolo (Q) en función de la intensidad de la precipitación, la esorrentía de la cuenca de recepción y el área de la cuenca por medio de la expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad (4)$$

Donde, C es el Coeficiente de esorrentía superficial, A la superficie de la cuenca en hectáreas e I la intensidad de lluvia máxima previsible para el periodo de retorno dado, en mm/h.

De la precipitación que cae sobre una cuenca sólo una parte termina como esorrentía superficial, siendo el resto retenida por el suelo en una u otra forma.

Desde que empieza a correr la esorrentía superficial, el caudal Q que llega a un punto dado de la cuenca va creciendo progresivamente hasta alcanzar un máximo o caudal punta Q_p en un tiempo T . El agua acumulada en la cuenca seguirá llegando al punto considerado durante un cierto tiempo T_c , después de cesar la lluvia. T_c es el denominado tiempo de concentración. Se puede definir a T_c como:

$$T_c = \left[0,871 \frac{L^3}{H} \right] 0,385 \quad (5)$$

Siendo L la longitud del recorrido en kilómetros y H el desnivel entre la cabecera de la cuenca y el punto considerado, en metros.

Aplicando esta fórmula al caso de los cauces considerados se obtienen los siguientes Tiempos de Concentración:



CUENCA	Tc(Minutos)
Cañada de Santa Lucía	15,56
Barranco del Juncarillo	5,62
Barranco de Fuente de la Taza	17,53

Tabla VI: Tiempo de concentración

Periodo de retorno (años)	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
Precipitación máxima (mm/día)	38	52	63	70	74	78	81	90	103	135

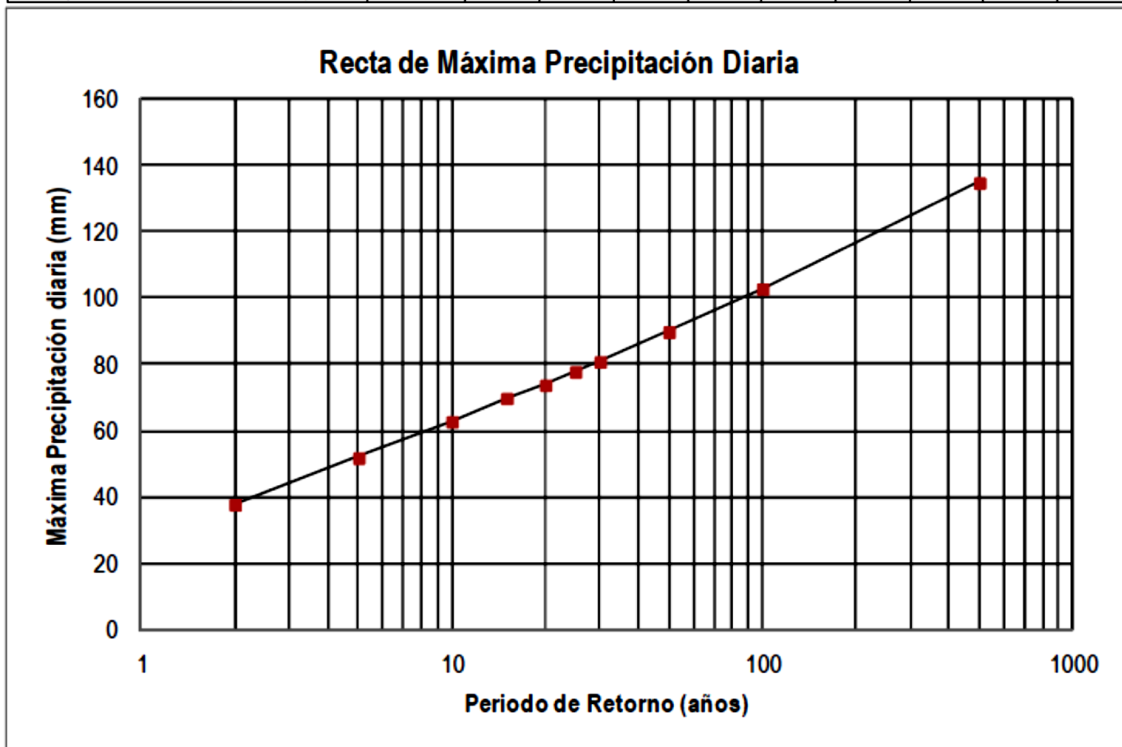


Tabla VII: Periodo de retorno en años & Precipitación media

La Intensidad de lluvia máxima previsible para un periodo de retorno dado, viene expresado por la fórmula:

$$I = 9,25 * I_h * T_c^{-0,55} \quad (6)$$

Siendo I_h la intensidad media de la precipitación horaria máxima, en mm/h, tomándose como valor el 25% de la máxima precipitación diaria para el periodo de retorno dado.

Para el cálculo de estos parámetros se ha tomado la intensidad máxima de precipitación en 24 horas con periodos de retorno de 50, 100 y 500 años. Los datos usados para la aplicación han sido obtenidos a partir de la monografía del Ministerio de Fomento como antes se ha comentado.

De la tabla pluviométrica anterior se obtiene que la Intensidad Máxima previsible, I , para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años para las cuencas consideradas será:



$$I_{50} = 22,50 \text{ mm/h} \quad (7)$$

$$I_{100} = 25,75 \text{ mm/h} \quad (8)$$

$$I_{500} = 33,75 \text{ mm/h} \quad (9)$$

Dependiendo de la capacidad de retención del suelo, hasta que la precipitación P no alcanza un valor P_0 no se producirá escorrentía superficial. Para valores crecientes de P a medida que el suelo va agotando aquella capacidad, la escorrentía representará porcentajes mayores de P hasta alcanzar valores próximos al 100% para aguaceros de suficiente duración. La estimación del coeficiente de escorrentía, C , puede hacerse a partir de:

$$C = \frac{(P_d - P_0)(P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} \quad (10)$$

Se toma a P_d como la Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno dado.

Para un cálculo inicial de P_0 en condiciones medias, se puede tomar un valor inicial. Dicha tabla establece que para zonas con rocas impermeables y con pendientes superiores a 3° , estima un valor de P_0 de 4 mm.

No obstante este parámetro debe ser ponderado para las condiciones climáticas particulares de la zona. Por un lado debemos considerar que el terreno en la zona considerada está habitualmente en condiciones secas, el I.G.M.E. recomienda que se deba multiplicar este valor de P_0 por un factor regional, el cual para la zona de estudio es 3.

Por todo ello, P_0 tiene un valor en esta zona de 12 mm.

De todo lo expuesto se puede calcular el valor del coeficiente de escorrentía, C , para los periodos de retorno considerados de 50, 100 y 500 años (**Tabla VIII**).

Estos valores sólo toman en cuenta los caudales de fluidos, pero en ningún caso establece la carga de otros materiales que se pueden transportar, ya sea en suspensión o flotando sobre la corriente.

Las secciones actuales de los cauces figuran en la **Tabla IX**.

En ningún caso se verá afectada la explotación por inundaciones debidas a avenidas excepcionales.



$$C_{50} = 0,579$$

$$C_{100} = 0,624$$

$$C_{500} = 0,709$$

Para las tres cuencas consideradas estos valores serían:

CUENCA	Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}
Cañada de Santa Lucía	11,45 m ³ /seg	14,13 m ³ /seg	21,03 m ³ /seg
Barranco del Juncarillo	6,51 m ³ /seg	8,04 m ³ /seg	11,96 m ³ /seg
Barranco de Fuente de la Taza	13,37 m ³ /seg	16,50 m ³ /seg	24,55 m ³ /seg

Tabla VIII: Coeficientes de escorrentía para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años

CUENCA	$S(m^2)$
Cañada de Santa Lucía	228,99 m ²
Barranco del Juncarillo	547,38 m ²
Barranco de la Fuente de la Taza	1.685,92 m ²

Las secciones de desagüe, tomando como base los caudales de máxima avenida para el periodo de retorno de 500 años son las siguientes:

CUENCA	Q_{500}	V_{500}	S_{500}
Cañada de Santa Lucía	21,03 m ³ /seg	2,07 m/s	17,20 m ²
Barranco del Juncarillo	11,96 m ³ /seg	2,01 m/s	6,90 m ²
Barranco de Fuente de la Taza	24,55 m ³ /seg	2,12 m/s	10,90 m ²

Tabla IX: Secciones de desagüe

3.3. Hidrogeología.

a. Situación geológica.

La región del Temple donde se ubica la Concesión de Explotación SANTA LUCÍA se encuentra dentro de la denominada Depresión de Granada, en su límite sur dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas y sellando el contacto entre las denominadas Zonas Internas y Zonas Externas.

Los materiales aflorantes se pueden dividir en dos grupos:

El más antiguo constituido por materiales triásicos y paleozoicos del Complejo Alpujárride que afloran en las inmediaciones de la Sierra de Pera y el relleno terciario de la Depresión de Granada.



La serie terciaria de la Depresión de Granada en este sector está compuesta por una unidad inferior de carácter marino y una superior claramente lacustre. La secuencia inferior es evaporítica mientras que la superior evoluciona de detrítica a evaporítica y a lacustre carbonatada. De abajo a arriba se pueden observar los siguientes tramos:

- Areniscas bioclásticas calcáreas con abundantes fósiles visibles.
- Margas azuladas y amarillentas.
- Yesos de textura selenítica parcialmente alabastrizados y muy karstificados.
- Carbonatos estromatolíticos con mineralizaciones de celestina.
- Areniscas, arcillas y conglomerados de origen turbidítico.
- Yesos laminados.
- Arenas, limos y margas.

La edad varía desde el Tortoniense superior hasta el Cuaternario.

b. Situación hidrogeológica.

Como ya se ha comentado en el capítulo dedicado a la Geología, en el área de estudio aparecen los siguientes materiales de forma sintética:

1. Relleno cuaternario detrítico aluvial, asociado a los arroyos de la zona. Se situarían a techo de toda la secuencia.
2. Formación de limos y arenas neógenas, de gran potencia.
3. Nivel de evaporitas. Constituido esencialmente por yesos, aunque en la zona de Escúzar predominaría la celestina en la parte superior y hacia la base margas amarillentas y grises.
4. Formación calcarenítica miocena. Representada por bancos de calcarenitas y calcirruditas de más de 30m de espesor.
5. Formación de dolomías, de edad permotriásica. Afloran junto a una masa de filitas y cuarcitas de la misma unidad alpujárride. Se situarían a muro de todo el conjunto aflorante.

Mediante los datos obtenidos a través de varios sondeos realizados en su momento, así como de una campaña de prospección geofísica eléctrica llevada a tal efecto se puede determinar que los materiales de comportamiento acuífero existentes en la zona tienen interés como acuíferos, las calizas y dolomías triásicas junto a las calcarenitas que afloran en la parte sur de la zona de estudio y los niveles de yeso masivo intercalados en las series margosas del mioceno superior.



Menor interés por su reducida extensión presentan los depósitos aluviales asociados al barranco principal.

Tanto en los materiales carbonatados como en los evaporíticos, la circulación interna se debe a la fisuración, que puede ser incrementada por los procesos de karstificación que se pueden desarrollar en los materiales de alta constante de solubilidad (Carbonatos y Evaporitas).

En el área de las Concesiones de Solvay Minerales donde se encuadra la Concesión de Explotación Santa Lucía aparecen dos Masas de Agua, la septentrional es la denominada UH 0532 Depresión de Granada y la meridional se denomina UH 0542 Tejeda-Almijara-Las Guájaras.

En el caso de la primera los acuíferos presentes tienen un papel marginal en los recursos totales de la Masa. Los acuíferos de la segunda son poco conocidos y forman parte de un conjunto de unidades y subunidades interconectadas.

c. Inventarios de puntos de agua.

Se entiende por Punto de Agua, a aquel lugar en el que se tiene acceso al nivel piezométrico de un área, ya sea un manantial, o una captación de cualquier tipo (Sondeo, pozo, galería, etc.).

En los manantiales la superficie piezométrica intersecta a la superficie topográfica, siendo la cota de esta última la cota del nivel. En el caso de los pozos y/o sondeos la cota piezométrica se obtiene restando la cota de la obra menos la profundidad a la que se encuentra el nivel de agua en los mismos.

Para el establecimiento de la piezometría de un territorio es necesario la realización de un inventario lo más exhaustivo posible de todos los puntos de agua de ese territorio, entendiendo como punto de agua todo aquel en el que se intercepte el nivel piezométrico, ya sean pozos o sondeos y manantiales.

Para el estudio hidrogeológico de las Concesiones de Solvay, y especialmente de la Concesión de Explotación “SANTA LUCÍA” se han considerado únicamente las surgencias y captaciones conocidas que existen en el área de las mismas y alrededores.

En este sector de la Comarca del Temple se han inventariado un total de 18 puntos entre manantiales, pozos abiertos y sondeos, todos ellos sondeos con funcionamientos permanentes o estacionales, incluso parados. En la **Tabla X** se muestran estos puntos.



Los manantiales de Inca y Los Estanques drenan el acuífero salobre en su parte occidental. Los manantiales de Fuente del Cristo, Cantarranas, Rondana y Pozo de la Ratera drenan el acuífero salobre en su parte occidental. Los pozos de gran diámetro interceptan el acuífero salobre, al igual que los sondeos de Knauf 1, 2 y 3, y el sondeo Solvay 1. Los sondeos de Solvay 2 y 2Bis, el Eugenia 1, Sondeo Knauf Mancomunidad y Sondeo Abastecimiento Alhendín interceptan sólo el acuífero de Pera.

Existen además dos sondeos profundos que abastecen al Polígono Industrial de Escúzar que drenan el Acuífero de Pera pero no se han podido obtener sus datos.

d. Funcionamiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos.

Existen en el área dos unidades acuíferas libres separadas por un nivel impermeable de margas miocenas. El más meridional está compuesto por mármoles de edad triásica pertenecientes al Complejo Alpujárride. En la parte más occidental de la zona estos materiales también están en contacto con calcarenitas y calcirruditas miocenas que presentan un comportamiento acuífero. Esta unidad se ha denominado Subunidad de Pera y pertenece a la Masa de Agua UH 0542 Tejeda – Almijara – Las Guájaras. Tiene una extensión superior a los 115 Km² y los límites con las otras subunidades de la Masa de Agua son difusos.

El acuífero septentrional está compuesto por los afloramientos de yesos masivos que aflora al sur de la localidad de Escúzar y se extiende desde el Barranco de Santapudia al este hasta el Barranco de Pera al oeste. Tiene una extensión de 12 Km². Esta unidad se ha denominado Unidad Salobre y pertenece a la Masa de Agua UH 0532 Depresión de Granada teniendo una posición e importancia marginal dentro de las unidades de esta masa.

Además de estos dos acuíferos libres existe en la zona un acuífero confinado, independizado de los anteriores, compuesto por la unidad salina superior y situado al norte de la Unidad Salobre. Esta unidad que no aflora está compuesta por las salmueras finimiocenas de la Depresión de Granada que son poco conocidas tanto en su extensión como en su distribución espacial. La Unidad se ha denominado Unidad Salina y tiene una extensión aproximada de 24 Km².

Existen un conjunto de pequeños acuíferos asociados a las exiguas terrazas fluviales asociadas a los barrancos de la zona y alguna surgencia aislada enclavada en las areniscas y conglomerados de las Facies Turbidíticas.



Nombre	X	Y	Z	Tipo	Profundidad
Solvay 1	428.930,70	4.101.224,54	905,00	Rotopercusión	0,00
Galería Inca	429.308,61	4.102.901,02	0,00	Manantial	835,00
Pozo Carbonero	427.214,94	4.101.194,67	930,00	Rotopercusión	250,00
Pozo Carbonero 1	427.575,38	4.101.235,81	925,00	Rotopercusión	316,00
Pozo Carbonero 2	427.741,09	4.101.307,92	925,00	Rotopercusión	91,00
Pozo Carbonero 3	427.871,11	4.101.118,39	935,00	Rotopercusión	43,00
Pozo Carbonero 4	428.190,48	4.100.990,94	930,00	Rotopercusión	280,00
Solvay 2	429.699,08	4.100.879,28	915,00	Rotopercusión	207,00
Solvay 2Bis	429.671,17	4.100.780,85	920,00	Rotopercusión	192,00
Galería los Estanques	429.578,93	4.101.503,35	885,00	Manantial	0,00
Sondeo Knauf	429.306,00	4.101.968,58	878,00	Rotopercusión	0,00
Sondeo Eugenia 1	430.029,65	4.100.301,90	960,00	Rotopercusión	150,00
Sondeo Pepe Aguado	429.044,56	4.101.903,79	875,00	Gran diámetro	7,00
S. Mancomunidad	430.637,08	4.101.189,24	907,00	Rotopercusión	0,00
Fuente del Cristo	433.129,40	4.101.862,32	0,00	Manantial	0,00
Fuente Rondana	434.933,42	4.101.136,22	0,00	Manantial	0,00
Fuente de la Taza	434.458,09	4.102.857,90	0,00	Manantial	0,00
Pozo de la Ratera	436.401,08	4.100.726,15	0,00	Pozo	0,00
Manantial de Cantarranas	433.571,60	4.101.271,46	0,00	Manantial	0,00
Escúzar I	430.887,01	4.100.384,25	940,00	Percusión	200,00
Escúzar II	430.436,16	4.101.317,70	910,00	Percusión	300,00
Escúzar IV	430.747,31	4.102.961,08	830,00	Percusión	830,00
Solvay 3	430.231,00	4.102.254,00	878,00	Rotopercusión	185,00
Solvay 4	430.524,00	4.102.807,00	845,00	Rotopercusión	161,00

Tabla X: Puntos de agua inventariados en la Comarca del Temple

i. Acuífero de la subunidad de Pera:

En este acuífero el nivel piezométrico general se sitúa alrededor de los 825 m.s.n.m. de cota absoluta. El valor de la Transmisividad de este acuífero se encuentra entre los 0.001 y los 0.003 m²/seg. La calidad de las aguas de este acuífero se puede calificar como de buena, tanto para la agricultura como para el consumo humano. La descarga de este acuífero se realiza hacia la vertiente sur, en un conjunto de manantiales próximos a las Turberas del Padul. Mediante los ensayos de bombeo realizados en los sondeos Solvay 2 y 2Bis se ha podido calcular que el caudal que podría dar este acuífero es de 16 y 25 l/s con una depresión de 26 y 39 m. respectivamente.

Se desconocen los recursos de este acuífero.

Del inventario realizado los sondeos Solvay 1, 2 y 2Bis, Sondeo Mancomunidad, Escúzar I y II y el Sondeo Eugenia I son los que lo interceptan con variaciones de cota piezométrica muy bajas.



ii. Acuífero de la unidad Salobre:

El otro acuífero se sitúa en posición septentrional y está integrado por el conjunto yesífero y rico en celestina. Este acuífero es menos conocido, no obstante conforma un nivel acuífero separado del anterior por las margas miocenas, sin embargo en los yesos se han detectado dos niveles acuíferos diferentes, correspondientes a dos niveles de karstificación diferentes, que han sido interpretados como acuíferos independientes.

El drenaje de este acuífero se realiza a la cota 900 m.s.n.m., a través de los manantiales del Cortijo de los Estanques, la Cañada de los Charcones, Fuente del Luto, Fuente de Cantarranas y Fuente de Inca. Los caudales de todas estas fuentes no superan los 2 l/seg. La facies hidrogeoquímicas del agua es sulfatada cálcica, presentando una concentración en sales inferior que las aguas correspondientes al acuífero más septentrional, por lo que son aguas que pueden ser aprovechadas para el riego agrícola, aunque no para el consumo humano. Esta masa de agua se encuentra compartimentada, y más al este de Escúzar existen las surgencias de Fuente Rondana, en el barranco del mismo nombre, y más al este el Pozo de la Ratera, en el barranco del mismo nombre y en las proximidades del Cortijo de Santapudia. Estas surgencias, similares a las anteriores tienen caudales aún más pequeños.

Los recursos de este acuífero son muy limitados y escasos.

Debido a que se trata de un acuífero kárstico la circulación es muy rápida y la descarga también, debido a esto los caudales son mayores en épocas de lluvias que en los periodos secos.

La zona de drenaje es variable en cota ya que el sello de impermeabilización es muy débil y la circulación en los sistemas kársticos depende de la fracturación.

Estas descargas se producen de manera difusa en el contacto de las facies evaporíticas con las facies turbidíticas y materiales aluviales.

Del inventario realizado los sondeos Solvay 3 y 4, Pepe Aguado, Pepe Ávila y Knauf son los que lo interceptan con variaciones de cota piezométrica muy altas dado el tipo de acuífero del que se trata. El manantial de la Fuente del Cristo corresponde a un nivel colgado de este acuífero.

Todos los sondeos que interceptan el acuífero carbonatado también lo hacen del salobre.



Esta masa de agua se encuentra compartimentada y más al este de la Concesión Santa Lucía existen las surgencias de Fuente Rondana, en el barranco del mismo nombre, y más al este el Pozo de la Ratera, en el barranco del mismo nombre y en las proximidades del Cortijo de Santapudia. Estas surgencias, similares a las anteriores tienen caudales aún más pequeños.

iii. Acuífero de la unidad Salobre de Escúzar:

Con motivo de la realización de una serie de sondeos dentro del Proyecto del Guadalquivir (IG- ME – FAO) en el año 1.972 se detectó un acuífero salino en las proximidades de la localidad de Escúzar. Este acuífero está confinado e independizado de los anteriores. Está compuesto por la unidad salina superior y situado al norte del acuífero salobre. Está formado por un potente paquete evaporítico de yesos y halitas, encontrándose confinado por margas miocenas impermeables, y desconectado de cualquier otro material de comportamiento acuífero, aunque pueda existir un drenaje diferido de la Unidad Salobre en el área entre Escúzar y el Barranco de los Charcones.

Presenta el nivel piezométrico a los 734 m.s.n.m. El agua de este acuífero presenta una facies hidrogeoquímica cloruro-sulfatada sódico-cálcica, con unas concentraciones salinas elevadísimas que imposibilitan cualquier tipo de aprovechamiento ya que los contenidos en cloruros son superiores a 4.300 mg/l, sulfatos 2.850 mg/l, sodio 2.050 mg/l y calcio 652 mg/l. La conductividad es muy elevada, del orden de los 16.000 a 18.000 $\mu S/cm$. Se les puede definir como aguas hipersalinas. Quizás haya un cierto drenaje de este acuífero hacia el Arroyo del Salado, extremo éste no confirmado.

Tampoco está confirmado que pueda drenar en el Pozo Salado, situado en las proximidades de la Malahá que ha sido utilizado tradicionalmente para la obtención de sal (Salinas de la Malahá).

Por el contrario existe un sondeo en las inmediaciones del Cortijo de Santa Catalina situado a 5Km al este de Chimeneas donde las muestras analizadas contienen más del 55% de Cloruros.

La cota piezométrica observada en los sondeos que cortan esta unidad se encuentra a 830m.



Se desconoce la extensión de esta unidad acuífera y si está formada por diferentes subunidades no conectadas, y tampoco se tienen datos de sus recursos y reservas.

iv. Otras consideraciones:

La alimentación de las unidades acuíferas se realiza directamente por infiltración de agua de lluvia, aunque pueden existir interconexiones y drenajes ocultos entre la Subunidad de Pera y la Unidad Salobre no existiendo datos para establecer alguna conexión con la Unidad Salina salvo lo comentado de la zona de Escúzar y Los Charcones.

Del inventario de puntos de agua analizado se deduce que los sondeos situados en la parte meridional captan agua de la Unidad de Pera y que al realizarlos se ha tenido en cuenta la existencia del acuífero evaporítico por lo que su tramo superior se ha cementado. Por el contrario los pozos de la Comunidad de Regantes de Pozo Carbonero mezclan los dos acuíferos.

El Pozo de Pepe Ávila y el de Pepe Aguado sólo extraen agua del acuífero evaporítico meridional.

El sondeo de Knauf realizado en la parte septentrional del área considerada se encuentra entre el Manantial de Inca y el manantial de Los Estanques. Este sondeo durante su ejecución fue surgente ya que se encuentra situado en el débil sello de la zona de descargas del acuífero evaporítico.

e. Hidrogeología de detalle.

El nivel de celestina que se pretende explotar no presenta una fuerte karstificación aunque se encuentra conectado con la masa evaporítica. Presenta dos sectores bien diferenciados, el más oriental se localiza entre el Barranco de Cantarranas y la Cañada de Fuente de la Taza, y el más occidental desde la Cañada de Santa Lucía al oeste hasta el Barranco de Cantarranas.

El sector más oriental está drenado por la Fuente de Rondana (905m.snm.) y el Pozo de la Ratera (845m.snm.). Las diferencias de cotas tan elevadas se deben a la propia compartimentación del acuífero y la estructura tectónica; los caudales son inferiores a los 2 l/s, en ambos casos.



El sector más occidental se incorpora a la parte del acuífero que drena por el manantial de los Estanques y Barranco de los Charcones con cotas de drenaje de entre 885m.snm y 890m.snm respectivamente.

Caso aparte es el manantial de la Fuente del Cristo y el de Cantarranas. El primero funciona de manera estacional y está ligado claramente al sustrato evaporítico, mientras que el segundo es una alimentación lateral del acuífero evaporítico de afloramientos de calcarenitas y escorrentías superficiales y se encuentra a cota 915m.

Los sondeos mineros realizados en esta parte de la Concesión de Explotación SANTA LUCÍA se encuentran secos y no presentan nivel freático.

El acuífero de Pera se encuentra en la parte meridional del área de la concesión pero su nivel piezométrico está muy profundo.

f. Vulnerabilidad de las Unidades Hidrogeológicas e inventario de presiones.

Definidas las características de las unidades acuíferas presentes en la zona de las Concesiones de Solvay y el uso que se hace de ellas hay que valorar que en su preservación es necesario tener en cuenta las dos variables que implícitamente la justifican, esto es la cantidad y la calidad.

Con respecto a la cantidad, en la propia Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se establecen de manera clara las restricciones que están establecidas en las propias Normas de Explotación de las Unidades, especialmente en la Unidad de Tejeda - Almirajara – Las Guájaras y los propios perímetros de protección de los abastecimientos urbanos, caso de Escúzar y el Parque Metropolitano Industrial y Tecnológico de Granada.

La otra variable a considerar es la calidad. Aunque de manera genérica se establezcan las limitaciones de usos y actividades dentro del área de las unidades acuíferas es necesario establecer los focos de contaminación existentes. Cuando alguna actividad no adecuada ya esté instalada, se indicará el posible riesgo de contaminación existente, así como los índices a través de los cuales se puede detectar.

3.4. Usos del suelo.

En la Comarca del Temple, donde se encuentran las Concesiones de Solvay, los usos del suelo pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:



- Zonas Urbanas y Zonas Industriales. Están integradas por los cascos urbanos de los pueblos del Temple (Escúzar, Agrón, Ventas de Huelma, Ácula, Chimeneas y la Malahá), los Polígonos Industriales Parque Metropolitano Industrial y Tecnológico de Granada y Alin Parque Empresarial de Granada, el Complejo Industrial de Loma de Manzanares (Planta de tratamiento de RSU y vertedero) y la instalación de prefabricados de yeso de Knauf. También existen varios Huertos Solares.
- Zonas Mineras. Dentro de este grupo se encuentran las explotaciones de Solvay y su lavadero de minerales, las canteras de yeso de Knauf y la cantera de Montevives de Canteras Industriales. Estas explotaciones se encuentran en desarrollo pero además existen un conjunto de explotaciones paralizadas o abandonadas de áridos, yesos y calcarenitas. Además de la antigua salina de la Malahá. También existe explotaciones de arcillas para uso cerámico al este y noreste de la Malahá.
- Zonas de Cultivos. Los cultivos de la zona son extensivos predominando los cultivos leñosos de olivar y almendro sobre los de cereal, mayoritariamente de cebada.
- Zonas con Vegetación Natural. La vegetación natural está integrada por vegetación de tipo mediterráneo de bajo porte y ecosistemas de interés desarrollados sobre sustratos yesíferos. Existe además una vegetación de galería que aunque escasa es de alto valor.

Las zonas con vegetación natural se extienden principalmente por los relieves de la Sierra de Pera, situada al sur mientras que las zonas industriales y urbanas se encuentran en las zonas llanas del Temple. Las explotaciones mineras se encuentran en el límite entre los terrenos llanos del Temple y la vertiente meridional de Sierra de Pera donde afloran las unidades evaporíticas con yeso y celestina. Las explotaciones de áridos y de calcarenitas se encuentran en la Sierra de Pera. Destaca por su singularidad la explotación del Cerro de Montevives.

La superficie que abarca la Subunidad de Pera está circunscrita a la Sierra del mismo nombre donde el principal uso del suelo es la vegetación natural siendo muy baja o casi nula la actividad antrópica.

La superficie que abarca la Unidad Salobre está limitada al cinturón de facies evaporítico situado al sur de Escúzar. Sobre ella se desarrolla la actividad extractiva de Solvay y Knauf coexistiendo con cultivos y pastoreo. No existen asentamientos urbanos



ni industriales salvo el lavadero de minerales de Solvay y la parte meridional de la localidad de Escúzar.

La superficie aproximada que ocupa la Unidad Salina está circunscrita a la zona más llana del Temple en el área donde se encuentran las localidades Escúzar, Ventas de Huelma y Ácula, además del Parque Metropolitano Industrial y Tecnológico de Granada y la instalación de prefabricados de yeso de Knauf.

3.5. Inventario de focos de contaminación.

Siguiendo la Guía Metodológica del IGME para la confección de Perímetros de Protección y en el epígrafe correspondiente a la Vulnerabilidad del Acuífero a la Contaminación se clasifican los posibles focos contaminantes en:

➤ Focos Areales conservativos.

Están constituidos por las prácticas que afectan a amplias zonas y cuyos agentes contaminantes no se destruyen ni se modifican, por lo que su concentración sólo disminuye por dilución.

Cuando alcanzan el acuífero se desplazan a la misma velocidad que el agua subterránea y puede permanecer mucho tiempo en ella. El principal foco de contaminación de este tipo es el debido al uso abusivo de fertilizantes en las prácticas agrícolas, que produce la incorporación al acuífero de diferentes sustancias, principalmente nitrógeno y también aunque en menor proporción fósforo y potasio.

➤ Areales no conservativos

Son aquellos que, como en el caso anterior, afectan a amplias zonas, pero en los cuales su composición química varía con el tiempo.

El más importante foco de este tipo lo constituye el uso de plaguicidas. Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos productos utilizados para prevenir y luchar contra las plagas, animales y vegetales, que afectan a los cultivos: fungicidas, herbicidas, insecticidas, rodenticidas. La gran mayoría son compuestos químicos orgánicos sintéticos de elevada toxicidad.

➤ Puntuales conservativos

Están constituidos por aquellas actividades de ámbito muy localizado y que producen contaminantes que no se destruyen ni se modifican. Su concentración únicamente disminuye mediante dilución.



En este grupo cabe destacar los vertidos industriales. Hay que prestar especial atención a las industrias de cerámica, vidrio, galvanotecnia y curtidos, pues pueden producir contaminación por metales pesados (plomo, cromo, cadmio, mercurio, etc.). Su presencia supone un importante riesgo, dado su carácter tóxico incluso a bajas concentraciones.

Otras actividades industriales que pueden repercutir en la calidad de las aguas subterráneas son las siderometalúrgicas, químicas, alimentación, textil, muebles, papel, etc.

➤ **Puntuales no conservativos**

Se engloban en este apartado aquellas actividades que son de ámbito localizado y producen sustancias degradables. Los residuos urbanos (sólidos y líquidos) son los más frecuentes focos contaminantes de este tipo, por lo que es imprescindible estudiar los asentamientos urbanos presentes en la zona, indicando el modo de eliminación de sus vertidos y evaluando el riesgo que suponen respecto a la calidad de las aguas subterráneas.

La composición de los residuos urbanos es muy heterogénea. Además del número de habitantes influyen otros factores, como el clima, la ubicación geográfica, el nivel de vida, los hábitos culturales, etc. Cabe destacar que incluso una misma población genera diferentes residuos según la estación del año, especialmente si está en zona turística. Estas variaciones son más significativas en los residuos sólidos.

Siguiendo estos criterios dentro del área estudiada y sobre la superficie de las tres unidades acuíferas consideradas los diferentes Focos de Contaminación son los siguientes:

- **Focos Areales conservativos.**

Las prácticas agrícolas potencialmente contaminadoras por fertilizantes se concentran en los cultivos de regadío.

Los cultivos de regadío están ubicados mayoritariamente en las proximidades del Pozo Carbonero y sobre materiales de permeabilidad media baja por lo que existe una barrera natural que impediría la posible contaminación, además la unidad que pudiera afectarse es la salina que presenta una muy mala calidad.

- **Areales no conservativos.**



El uso de productos plaguicidas está limitado prácticamente a los cultivos de regadío que como se ha comentado anteriormente se sitúan sobre materiales de permeabilidad media baja.

- **Puntuales conservativos.**

Las industrias existentes en el territorio del Temple están constituidas esencialmente por fábricas de transformación de Yesos, Naves de industrias varias y la Planta y vertedero de RSU. Estas instalaciones se encuentran sobre materiales de permeabilidad media baja a baja y parcialmente sobre la unidad salina por lo que su potencial contaminador es muy bajo.

- **Puntuales no conservativos.**

Están compuestos exclusivamente por los generados por los residuos urbanos que se tratan en la Planta de la Loma de Manzanares. Su importancia es muy baja ya que se sitúa sobre materiales impermeables de baja permeabilidad y no existen unidades acuíferas.

La red de saneamiento de los polígonos industriales y de las fábricas es reciente y se encuentran bien realizados, así mismo sobre materiales de baja permeabilidad. Los saneamientos de las localidades de Escúzar, Ácula y Ventas de Huelma son más antiguos pero se encuentran sobre materiales de baja permeabilidad y sobre el acuífero salino. En el caso del municipio de Escúzar parte del pueblo se encuentra sobre la unidad salobre por lo que el riesgo puede ser elevado aunque las aguas de esta unidad sólo tienen un uso para riego y restringidas a la parte oriental y occidental del pueblo.

3.6. Identificación y valoración de impactos sobre el medio hídrico y medidas correctoras.

Las acciones del proyecto que ocasionan impactos en la hidrología superficial y subterránea son varias: la construcción de infraestructuras, desviación temporal o permanente de caudales, impermeabilización de superficies, erosión hídrica debido al movimiento de tierras, arrastre de las partículas y contaminantes provenientes de las emisiones atmosféricas, vertidos accidentales, etc. Todas ellas pueden producir cambios en la calidad de aguas, en los caudales, o en los flujos de circulación.

La parte Este de la Concesión de Explotación Santa Lucía que está en explotación está limitada al oeste por la Cañada de Santa Lucía y por el Arroyo de la Fuente de la Taza



al este. Estos cursos fluviales forman parte de la cuenca hidrográfica del Arroyo del Salado.

Tanto el Barranco de Santa Lucía como el Arroyo de Fuente de la Taza son cursos de carácter efímero, que solo llevan agua de manera esporádica, después de aguaceros de cierta importancia, normalmente de tipo tormentoso. Ambos cauces fluviales nacen en la Sierra de Pera, discurriendo paralelos en dirección aproximada N-S, hasta que se fusionan en un solo cauce en las proximidades de la Malá donde desembocan en el Arroyo Salado.

La posibilidad de inundaciones derivadas de avenidas o de colmataciones debidas al alto índice de compacidad de las cuencas será el único factor a tener en cuenta en la valoración del impacto sobre la explotación minera. No obstante las secciones de desagüe calculadas para ambos cauces no llegarían a los límites de la Explotación para el periodo de retorno considerado de 500 años.

La explotación minera no ocupa ningún cauce por lo que este riesgo pasará a ser de muy poca importancia.

El resto de cauces de la zona no sufrirán ningún tipo de afección, por lo que sobre ellos la afección del proyecto será nula.

Respecto a la escorrentía superficial que se produjera sobre el área de la explotación cuando llueve, se puede considerar que su tasa se mantendrá casi invariable. Por un lado, el material de la misma está compuesto por yesos y carbonatos de similar comportamiento hidrológico que los materiales del entorno, y por otro lado, la superficie de la explotación no es lo suficientemente grande como para inducir cambios sustanciales en los volúmenes de agua de escorrentía

Con respecto a la hidrología subterránea o hidrogeología, los impactos que puede tener la explotación minera son los siguientes: pérdida de calidad del agua subterránea; interrupción de flujo de aguas subterráneas; afección de acuíferos; afección a áreas de recarga de acuíferos.

Como se expuso anteriormente, la explotación minera se realizará sobre materiales permeables de características acuíferas y conectadas con el acuífero salobre meridional.

La alteración del régimen de caudales subterráneos está motivada por la percolación de fluidos desde la estructura hasta los acuíferos. Teniendo en cuenta las características de la explotación y las medidas de seguridad establecidas en el Plan de Explotación no existirá peligro de comunicación con los acuíferos por lo que el impacto será muy bajo.



Por el contrario se favorecerá la superficie de infiltración de la unidad acuífera salobre meridional.

La posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas se debe al vertido de sustancias tóxicas procedentes de la maquinaria de explotación. No obstante, la maquinaria de explotación que se utiliza cumple la normativa referente a cambios de aceites y lubricantes.

Este es el principal componente del medio ambiente afectado por la mina, dado que se realiza sobre la zona de recarga del acuífero salobre.

Las medidas correctoras a tomar son:

- 1.- Tener el máximo de cuidado en que no se produzcan vertidos accidentales de aceites minerales u otros compuestos contaminantes.
- 2.- No realizar trabajos por debajo del nivel freático.

3.7. Conclusiones del Estudio Hidrológico.

El área que ocupa la Concesión de Explotación SANTA LUCÍA se encuentra dentro de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Está atravesada por el Barranco de Santa Lucía y Arroyo de Fuente de la Taza, ambos tributarios por la margen izquierda del Arroyo Salado, que a su vez, lo es del río Genil.

El área de la Explotación se encuentra a más de 350 m de distancia de la Cañada de Santa Lucía por lo que en ningún caso se verá afectada. La distancia al cauce del Arroyo de Fuente de la Taza es de 50 m y la diferencia de cotas superior a los 7 m.

Del Estudio de Máximas Avenidas realizado se deduce que la sección de desagüe para un periodo de retorno de 500 años es de 4,09 m² por lo que la zona inundable se queda por debajo en cota de la parte más baja de la zona de actuación.

La actuación extractiva no afectará a ningún curso de agua superficial continuo o discontinuo, manteniéndose sin ser afectados los dos torrentes internos en la explotación, dado que los mismos seguirán manteniendo su función drenante, incluyendo las escorrentías de la explotación cuando ésta haya finalizado y restaurado.

En el área que ocupa la Concesión de Explotación SANTA LUCÍA aparecen dos sistemas acuíferos independientes. El más importante y situado en posición meridional está integrado por las calizas y dolomías triásicas de la Sierra de Pera que conforman un acuífero por fracturación y karstificación. Su nivel freático se encuentra muy por debajo



de la parte inferior de la futura explotación y separado de él por el tramo de margas miocenas.

En la parte central de la Concesión aparece un acuífero de menor entidad enclavado en los yesos de la base de la Depresión de Granada. Se extiende desde la margen izquierda del Barranco de Santapudia hasta el Cerro de Doña María en la localidad de las Ventas de Huelma. Los afloramientos objeto del proyecto de explotación se encuentran justo encima de los niveles evaporíticos que conforma esta unidad acuífera y no presentan nivel freático; en efecto los sondeos mineros realizados en el sector se encuentran secos. Esto es debido a los siguientes factores:

- El afloramiento de celestina se encuentra muy por encima del gran paquete yesífero situado debajo.
- El grado de karstificación es bajo.
- La superficie aflorante es muy pequeña.
- La precipitación y la infiltración son bajas.

Como conclusión, la actividad extractiva no se realizará por debajo de la cota 890. Esta cota es superior a la cota del barranco de la Fuente de la Taza en las proximidades de la misma. La explotación queda muy lejos del área de influencia de la Cañada de Santa Lucía. Los pequeños barrancos intermedios que se sitúan dentro del área de explotación están todos ellos en cabecera y la explotación mantendrá los drenajes naturales de los mismos.

Los materiales a explotar se encuentran drenados y por encima del nivel freático, que a lo sumo producirá una mejora en la zona de recarga de la masa de agua. La actividad extractiva y de clasificación del todo-uno se realiza en la planta propiedad de Solvay Minerales, S.A. situada a más de cuatro kilómetros en las proximidades del Cerro de Doña María por lo que no se generará ningún tipo de vertido.

4. DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN.-

4.1. Introducción.

La Sociedad Mercantil Solvay Minerales, S.A. es concesionaria de un conjunto de derechos mineros en diversas zonas de la comarca de El Temple, situada en la zona sur de la Depresión de Granada que en la actualidad conforman un Grupo Minero desde el punto de vista de la Ley de Minas vigente.

Estos Derechos Mineros son los siguientes:



- CARBONERO 1, n° 29.934. Esta concesión directa fue otorgada el 16 de junio de 1.982. Antes del fin de periodo de vigencia se solicitó la renovación de la concesión y la primera prórroga fue otorgada el 28 de junio de 2.012. Tiene autorización ambiental vigente y plan de restauración aprobado.
- CARBONERO 2, n° 29.934-A1. Esta concesión se encuentra vigente y fue otorgada el 30 de junio de 1.988 como concesión derivada de permiso de investigación. El 27 de mayo de 2.015 se ha presentado la solicitud para la prórroga de la concesión de explotación. En su ámbito se encuentra la instalación minero industrial de la sociedad.
- SANTA LUCÍA, n° 29.890. Esta concesión fue otorgada el 28 de mayo de 1.991 como concesión derivada de permiso de investigación. Se encuentra en explotación la parte occidental con autorización ambiental vigente y plan de restauración aprobado.
- TEMPLE, n° 30.009. Esta concesión fue otorgada como concesión derivada de permiso de investigación el 19 de mayo de 2.000. Posee autorización ambiental vigente y plan de restauración aprobado.

La Concesión de Explotación “SANTA LUCÍA” deriva del Proyecto de Investigación del mismo nombre que fue transmitido a Rhône-Poulenc Química S.A. por sus antiguos propietarios. Rhône-Poulenc Química S.A. solicitó el pase a concesión derivada el 26 de Junio de 1.990 y después de pasar el trámite ambiental correspondiente fue otorgada la citada Concesión de Explotación el 28 de mayo de 1.991.

El 20 de enero de 1.997 Rhône-Poulenc Química S.A. transmitió el Derecho Minero a Kali Chemie Ibérica, S.A. que se transformó en SOLVAY MINERALES, S.A. actual propietaria y explotadora de la C.D.E. “SANTA LUCÍA”, N° 29.890.

En el año 2.006 SOLVAY MINERALES, S.A. transmitió la parte sur de la C.D.E. Santa Lucía a la sociedad mercantil KNAUF donde sólo afloran los materiales yesíferos.

El proyecto base de explotación que sirvió para el otorgamiento de la C.D.E. “SANTA LUCÍA” contemplaba la extracción de los recursos de celestina existentes en toda la parte oeste del registro, desde el barranco de la Cruz hacia el oeste justo hasta el límite de la C.E. “CARBONERO”.

En la actualidad este sector se encuentra casi por completo explotado estando muy avanzados los trabajos de restauración.



SOLVAY MINERALES, S.A. ha preparado un proyecto de explotación para los recursos mineros de celestina que quedan sin explotar en la C.D.E. “SANTA LUCÍA” desde la Cañada de Santa Lucía, situada al sur de la localidad de Escúzar, hasta la Cañada de Cantarranas y el Barranco del Chopo, en el límite más oriental de la concesión.

La superficie donde se pretende continuar la explotación, siempre dentro de los límites de la Concesión Derivada de Explotación Santa Lucía, ocupará la cuadrículas más orientales de la misma desde la vertical de la localidad de Escúzar hasta el límite con la Concesión Derivada de Explotación TEMPLE nº 30.009.

4.2. Situación.

a. Situación geográfica. Accesos.

Los terrenos en los que está implantada la actividad que se describe, se encuentran cerca del Cerro de las Aguilillas, en el Municipio de Escúzar, Granada, tal y como se muestra en la Ortofotografía donde indica la situación **(Foto 12)**.

Se encuentran ubicados entre las cotas 910 y 950 m.s.n.m., teniendo el acceso a la Concesión Santa Lucía “Área C” se realiza desde Granada por la Carretera A-338 de Granada a Alhama. A la altura del PK 30 existe un desvío al Este que conduce a la población de Escúzar. Desde esta población parte al Oeste un camino denominado de Benigüelas. Desde Escúzar por este camino, a unos 1.000 m. existe un cruce de caminos que sería el punto de acceso a la explotación.

Asimismo, los límites de la cantera quedan fuera de cualquiera de los límites de los Parajes Naturales, Espacios Naturales y Parques Nacionales declarados como tales de conformidad con lo previsto en el Artículo 4º de la Ley 15/1.975, de 2 de mayo de Espacios Naturales.

b. Propiedad de los terrenos.

Los terrenos en los que está instalada la actividad son propiedad del Excelentísimo Ayuntamiento de Escúzar con el cual Solvay Minerales, S.A., tiene un contrato de arrendamiento de estos por el periodo que dure la actividad.



c. Topografía.

La superficie total del terreno objeto de explotación es de 196.000 m², siendo la cota más alta de la misma de 750 m.s.n.m. y la más baja de 710 m.s.n.m.

La topografía de la finca queda convenientemente reflejada en los Planos de Planta Topográfica de la misma, que se adjuntan en los **Planos 3 al 15**.



Foto 12: Ortofografía del año 2.011 del área explotar en la C.E. Santa Lucia “Área C”.

d. Peticionario.

Entidad;	“SOLVAY MINERALES, S.A.”
C.I.F.:	A-28164473
Domicilio Social:	CTRA. DE INCA S/N CP. 18130 ESCÚZAR (GRANADA).

4.3. Geología.

La zona donde se ubica la Concesión Santa Lucia se encuentra dentro de la denominada Depresión de Granada, en su límite sur, dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas y sellando el contacto entre las denominadas Zonas Internas y Zonas Externas.

Este apartado ya se ha explicado en el **Proyecto de Investigación**.



4.4. Fines de la explotación.

El fin primordial de la explotación es el de beneficiar el recurso geológico que constituyen el Sulfato de Estroncio (Celestina) que aparece en superficie.

El volumen total de material susceptible de ser aprovechado es de aproximadamente unos 500.000 m³, con un volumen de rechazo del 15%.

Este material, será arrancado, cargado y transportado hasta la planta de tratamiento donde el mineral bruto es concentrado mediante dos procesos, una primera etapa de desenlodado, trituración, clasificación y preconcentrado en un proceso gravimétrico por medios densos, una segunda etapa de molienda y concentrado por flotación para obtener un mineral final 92 - 94 % SrSO₄, destinado a la venta.

El producto obtenido, resultante del tratamiento del mineral, es transportado en camiones hasta el Puerto de Motril (Granada), para enviarlo a Alemania, donde lo transforman a Carbonato de Estroncio.

Solvay es un grupo que se dedica a la elaboración de productos químicos a gran escala y a nivel mundial, entre los que se encuentra el sulfato de estroncio.

4.5. Características de la explotación.

a. Superficies afectadas.

La superficie total del terreno objeto de explotación es de 260.000 m². La cota más alta es la 750 m.s.n.m. y la más baja de 710 m.s.n.m. tal y como queda reflejado en el Plano de Explotación.

b. Sistema de explotación.

El sistema de explotación será el típico a cielo abierto, mediante cantera con bancos descendentes.

Los bancos tendrán una altura máxima de siete metros y una pendiente H:V de 1:2. Así mismo, se dejará una berma de protección entre bancos de cinco metros de ancho, por lo que el talud general presentará una pendiente aproximada H:V de 1:1.

La extracción es selectiva debido a que el mineral se encuentra ligado a un karst de yesos, ocupando los huecos generados en el mismo, lo que implica una alta selección con el objetivo de evitar lo máximo posible el arranque del yeso encajante. El arranque es directo con medios mecánicos y no está previsto el empleo de explosivos.



El rechazo generado, tanto en la explotación selectiva como el estéril de la planta de tratamiento, se transportará hasta las zonas ya explotadas relleno los huecos generados restituyendo la orografía original.

c. Diseño de explotación.

- Anchura y altura del banco:

La configuración de los frentes de explotación de la cantera se realizará en forma descendente mediante la formación de bancos ataluzados. El diseño de los bancos en explotaciones a cielo abierto, en cuanto a anchura y altura de los mismos, depende fundamentalmente de dos factores, por un lado el tipo de maquinaria que ha de trabajar en ellos y por otro el sistema de arranque que se emplee.

En el caso que nos ocupa, dado que los bancos se irán abandonando a medida que se avance en la explotación, la anchura de éstos será de cinco metros, con objeto de suavizar la pendiente general de la explotación.

Se formarán bermas horizontales que separen entre si los taludes de dos bancos consecutivos. La conformación de estas bermas se hará en concordancia con la orografía final que se pretende restaurar. La anchura horizontal proyectada de cada berma será de 5 metros; en cualquier caso, no inferior a la necesaria para permitir la fácil maniobrabilidad de la maquinaria. Así mismo, la altura o distancia vertical entre bermas de dos bancos consecutivos no será superior a siete metros.

- Talud general de trabajo:

La inclinación de los bancos respecto al plano horizontal será la adecuada para garantizar la estabilidad, en función del grado de cohesión del material y, en consecuencia, del factor de seguridad que sea de aplicación.

Para el cálculo de talud general de trabajo se empleará la siguiente fórmula:

$$a = h(\cot \alpha - \cot \beta) \quad (11)$$

Siendo:

a = anchura del banco; $a = 5 \text{ m}$

h = altura del banco; $h = 10 \text{ m}$

α = talud general de trabajo

β = ángulo de banco; $\beta = 62^\circ$

Por lo tanto:

$$\alpha = \arccot \left(\frac{a}{h} + \cot \beta \right) \Rightarrow \alpha = \arccot \left(\frac{5}{10} + \cot 62 \right) \Rightarrow$$



$$\alpha = \arccot(1,031) = \arctan(0,969) \Rightarrow \alpha = 44^{\circ}$$

Anchura de las pistas:

Según la ITC la anchura de la pista debe ser tal que cumpla los siguientes preceptos:

- ✓ Seguridad.
- ✓ Maniobrabilidad.
- ✓ Mantener la continuidad del ciclo de transporte

Para el cálculo de la anchura de las pistas se emplea la siguiente fórmula:

$$A = a(0,5 + 1,5n) \quad (12)$$

Siendo:

A = Anchura total

a = Anchura del vehículo

n = Número de carriles

Por lo tanto:

$a = 4,50 \text{ metros}$ } VOLQUETES CENTAUROS RÍGIDOS DE 4 EJES

$n = 1$

Las pendientes longitudinales medias de las pistas no deberán sobrepasar el 10 por 100, con máximos puntuales del 15 por 100.

En los accesos a los tajos u otros casos especiales se podrá superar este límite siempre que un vehículo, en las condiciones reales más desfavorables, pueda arrancar y remontarlos a plena carga, pero en ningún caso la pendiente sobrepasará el 20 por 100. Los vehículos o máquinas que circulen por estos tramos deberán adoptar medidas específicas de seguridad.

La pendiente transversal será la suficiente para garantizar una adecuada evacuación de agua de escorrentía.

En las pistas de un solo carril a media ladera tendrán una pendiente transversal de sentido inverso a la de la ladera, disponiéndose una cuneta adecuada.

El radio mínimo de las curvas admisible, será aquel que puedan realizar los vehículos sin necesidad de efectuar maniobras (**Tabla XI**). En ningún caso se permitirán peraltes inversos.



VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	0,00	—	—	—	—
130	050	0,00	—	—	—	—
120	—	—	700	8,00	—	—
110	—	—	550	8,00	—	—
100	—	—	450	8,00	—	—
90	—	—	350	8,00	350	7,00
80	—	—	250	8,00	265	7,00
70	—	—	—	—	190	7,00
60	—	—	—	—	130	7,00
50	—	—	—	—	85	7,00
40	—	—	—	—	50	7,00

Tabla XI: Radios mínimos y peraltes máximos para camiones Volquetes de 4 ejes

El explotador deberá realizar un mantenimiento sistemático y periódico de las pistas, de modo que se conserven en todo momento en buenas condiciones de seguridad.

4.6. Estabilidad de taludes.

Los criterios justificativos para establecer el coeficiente mínimo de seguridad son los siguientes:

- Talud con riesgo moderado para personas instalaciones o servicios.
- Talud no sometido a efectos de aguas freáticas y riesgos sísmicos.
- Altura de talud 40 metros. (Punto más desfavorable de la explotación).

Los taludes necesarios son los siguientes:

TALUD 1H: 3V, 72° Fs = 1.1.- PARA EL EQUILIBRIO CRÍTICO.-

TALUD 2H: 3V, 57°, Fs = 1.4.- PARA EL EQUILIBRIO ESTABLE.-

Para conseguir los objetivos fundamentales descritos en párrafos anteriores, se ha llevado a cabo un minucioso trabajo que se puede esquematizar en los siguientes puntos:

- Recopilación de documentación de interés geotécnico existente sobre la zona: mapas geológicos, topográficos.
- Realización de una cartografía geológica-geotécnica de toda la extensión de la finca, y su entorno más próximo.



- Levantamiento de Estaciones Geomecánicas para identificación y caracterización del macizo rocoso.
- Tratamiento de datos.

4.7. Representaciones estereográficas.

El estudio de estabilidad se ha realizado en las explotaciones existentes al oeste de la Concesión, y parte de un análisis geotécnico del macizo rocoso, y se fundamenta en los datos de campo obtenidos en las estaciones geomecánicas levantadas.

Dado que los datos de campo que se han obtenido en la parte aún sin explotar son sólo de carácter estratigráfico y que las condiciones geomecánicas del yacimiento son las mismas, se han utilizado los datos de los frentes de explotación de la zona que se explota en la actualidad al oeste del pueblo de Escúzar.

Los frentes de la cantera analizados son los situados en la zona con mejor observación y están compuestos por cuatro taludes separados por 4 bancos, con las siguientes características geométricas:

Frente 1 Dirección N190E

- Talud 1: Altura 3 m; Pendiente 65°
- Banco 1: 9 m de anchura

Frente 2: Dirección N190° E a 40° E

- Talud 2: Altura 3 m a 6 m; Pendiente 65°
- Banco 2: 14 m de anchura

Frente 3: Dirección N40° E

- Talud 3: Altura 5 m; Pendiente 65°
- Banco 3: 11 m de anchura

Frente 4: Dirección N30° E

- Talud 4: Altura 6 m; Pendiente 45°
- Banco 4: 14 m de anchura

Las medidas tomadas en las Estaciones geomecánicas, se representan en la falsilla de Schmidt para poder determinar mediante la representación de la densidad de polos, la dirección preferente de las discontinuidades principales, para representar éstas junto con la orientación del frente de los taludes y poder tomar así una idea gráfica de riesgo de desequilibrio.



No ha sido posible realizar medidas fiables sobre el macizo rocoso, ya que aunque son muy frecuentes las discontinuidades no responden a parámetros mecánicos de fracturación o deformación ya que se trata de una mineralización kárstica y en este sector sólo afloran materiales brechificados de rellenos de dolinas.

Los niveles de yeso existentes son masivos y no presentan direcciones preferentes de fracturación, además la presencia de frecuentes lenares y lapiaces enmascaran las posibles direcciones de fracturación.

4.8. Clasificaciones geomecánicas.

Las clasificaciones geomecánicas tienen por objeto caracterizar un determinado macizo rocoso en función de una serie de parámetros a los que se les asigna un cierto valor. Por medio de la clasificación se llega a calcular un índice característico de la roca, que permite describir numéricamente la calidad de la misma. Para la Concesión de Explotación SANTA LUCÍA se aplicará la Clasificación GSI (Geological Strenght Index) DE HOEK.

Se trata de un nuevo índice de calidad geomecánica para los macizos rocosos cuyo rango numérico se basa en la identificación y clasificación en campo de dos de las características físico-mecánicas de un macizo rocoso:

- La Macroestructura: tiene en cuenta el nivel de alteración que sufren las rocas, la unión que existe entre ellas, los fragmentos que componen la misma, que vienen dado por las formas y las aristas que presentan, así como de la cohesión entre ellas.
- Las Discontinuidades: tiene en cuenta el estado de éstas, su grado de alteración, si ha sufrido erosión, qué tipo de textura presenta, si muestra recubrimiento, etc.

Con estas observaciones, se recogen una valoración para las mismas en la **Tabla XII**, de la que se obtiene el valor del GSI. Éste valor puede oscilar entre 1 y 100. Los valores cercanos al 1 corresponden a las situaciones del macizo rocoso de menor calidad, es decir, con la superficie muy erosionada, con arcilla blanda en las juntas, y con una estructura poco resistente debido a las formas redondeadas y a la gran cantidad de fragmentación que sufre el macizo. Por el contrario, valores de GSI cercanos a 100, corresponden a macizos de gran calidad, ya que se corresponde con macizos poco fragmentados en los que abundan las formas prismáticas y superficies rugosas sin rasgos de erosión o alteración.



GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR BLOCKY JOINTED ROCKS		SURFACE CONDITIONS								
From a description of the structure and surface conditions of the rock mass, pick an appropriate box in this chart. Estimate the average value of GSI from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 36 to 42 is more realistic than stating that GSI = 38. It is also important to recognize that the Hoek-Brown criterion should only be applied to rock masses where the size of individual blocks or pieces is small compared with the size of the excavation under consideration. When the individual block size is more than about one quarter of the excavation size, the failure will be structurally controlled and the Hoek-Brown criterion should not be used.		STRUCTURE								
		DECREASING SURFACE QUALITY →								
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	 BLOCKY/DISTURBED - folded and/or faulted with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets	 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	 FOLIATED/LAMINATED - folded and tectonically sheared. Lack of blockiness due to schistosity prevailing over other discontinuities	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Stickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Stickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
						90	N/A	N/A	N/A	
						80	N/A	N/A	N/A	
						70	N/A	N/A	N/A	
						60	N/A	N/A	N/A	
						50	N/A	N/A	N/A	
40	N/A	N/A	N/A							
30	N/A	N/A	N/A							
20	N/A	N/A	N/A							
10	N/A	N/A	N/A							

Tabla XII: Valores de la Clasificación GSI (Geological Strenght Index) DE HOEK

La resistencia del macizo rocoso, por tanto, depende de las propiedades de los fragmentos de roca intacta que lo componen, así como de la posibilidad de que éstas roten o se desplacen bajo distintas condiciones de esfuerzo. El movimiento de estos fragmentos está controlado por su forma y por la condición de las superficies que las separan.

EL GSI introducido por Hoek (1994) y modificado posteriormente, es un sistema para estimar la reducción en resistencia del macizo rocoso para diferentes condiciones geológicas.

A partir de otras clasificaciones se establece un índice GSI para el macizo rocoso de 53 y se asignan como parámetros resistentes tabulados orientativos los valores de:

$$c = 0,2 - 0,3 \text{ Mpa y } \phi = 25^\circ - 35^\circ.$$



En la **Tabla XII** se establecen los criterios de la clasificación GSI.

4.9. Estabilidad.

En este apartado se estudian las condiciones de estabilidad necesarias que garanticen la seguridad de los taludes generados. Para ello, se ha tenido en cuenta aquellos taludes que muestran mayor altura e inclinación.

Por un lado, se estudian los problemas de estabilidad global, para posteriormente analizar la estabilidad de estos taludes teniendo en cuenta la orientación de las discontinuidades principales.

La estabilidad de taludes se aborda de forma genérica discerniendo entre dos casos que tienen un tratamiento de análisis distinto. Por un lado, considerando un análisis bajo un comportamiento isótropo en la que las numerosas familias de discontinuidad provocan un comportamiento homogéneo, y por otro lado, teniendo en cuenta la orientación de los taludes respecto a las discontinuidades principales que muestran estos macizos rocosos considerando un comportamiento anisótropo.

a. Métodos de cálculo en medios isótropos.

Para simplificar los cálculos se considera que se trata de un medio homogéneo, isótropo, caracterizado por su peso específico y por los parámetros resistentes como el ángulo de rozamiento y la cohesión en el que se produce una rotura de tipo circular.

Los métodos de análisis de estabilidad de taludes se fundamentan en procedimientos denominados de equilibrio límite que consisten en suponer el equilibrio de la masa de suelo en relación a sus condiciones críticas, mediante la consideración de un factor de seguridad.

Estos métodos, alguno de ellos muy utilizados desde hace décadas, proporcionan resultados razonables que se aproximan a las condiciones reales, siempre que se utilicen cabalmente los parámetros geomecánicos representativos de la masa de suelo.

Dentro de los métodos de equilibrio límite se distinguen por su desarrollo dos tratamientos:

- Sistemas de equilibrio global, que analizan la masa de suelo de terreno definida por la superficie de rotura como un sólido rígido, utilizable a partir de ábacos.



- Sistemas de equilibrio parcial, que discretiza en rebanadas o dovelas el terreno, permitiendo la introducción de heterogeneidades, que requieren un tratamiento informático.

En este caso, se ha utilizado el método de cálculo de BISHOP que se basa en suponer las superficies de deslizamiento circulares. En general, esta hipótesis es perfectamente válida cuando las superficies de deslizamiento se desarrollan en su totalidad en una masa de materiales homogéneos.

La determinación del coeficiente de seguridad, correspondiente a un posible círculo de deslizamiento, puede resolverse de dos formas: el método de las fajas verticales, que admite diversas versiones según las hipótesis simplificativas que adopten, y el método del círculo de deslizamiento. El método de las fajas, suele conducir a valores demasiado conservadores y a veces inadmisibles.

El método de BISHOP consiste en dividir la masa deslizante en rebanadas verticales, tal y como se ve en la **figura 6**.

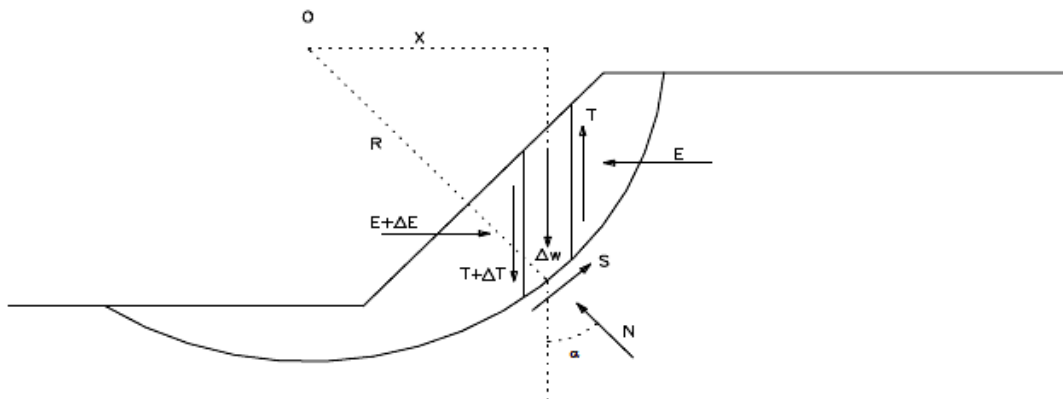


Figura 6: Método de BISCHOP

El coeficiente de seguridad se determina hallando la relación entre los momentos con respecto al centro del círculo, de las tensiones tangenciales máximas resistentes que se pueden desarrollar, por un lado, y de los pesos de cada una de las rebanadas en que se ha dividido la faja, por otro.

Tal y como se ve en la **figura 6**, en cada una de las fajas actúa, además del peso propio (W), reacciones normales (N) y tangenciales (S) en su base y unos esfuerzos tangenciales (T) y normales (E) en sus dos lados verticales opuestos.

El coeficiente de seguridad vendrá dado por la expresión:

$$F = \frac{\sum s_r \cdot \Delta X \cdot \sec \alpha \cdot R}{\sum \Delta W \cdot X} \quad (13)$$



Además se verifica que:

$$s_r = c' + \sigma'_n * \tan \phi' = c' + \left(\frac{N}{\Delta X * \sec \alpha} - u \right) * \tan \phi'$$

Sustituyendo en la fórmula anterior queda:

$$F = \frac{R}{\sum \Delta W * X} \sum [c' * \Delta X * \sec \alpha + (N - u * \Delta X * \sec \alpha) * \tan \phi']$$

Hasta aquí, el planteamiento es igual que el del método de las fajas. El método de Bishop, proyecta las fuerzas que actúan sobre la faja sobre la vertical, con lo cual desaparece E, resultando:

$$\Delta W + \Delta T = N \cos \alpha + S \sin \alpha \quad (14)$$

Además:

$$S = \frac{c' * \Delta X * \sec \alpha + (N - u * \Delta X * \sec \alpha) * \tan \phi'}{F}$$

Eliminando L y S resulta:

$$F = \frac{1}{\sum \Delta W * \sec \alpha} \left\{ [c' * \Delta x + (\Delta W - u * \Delta x + \Delta T) * \tan \phi'] \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' * \tan \alpha}{F}} \right\}$$

Para resolver la expresión, es preciso obtener incremento de T y F por aproximaciones sucesivas. Sin embargo a efectos prácticos, el valor de F se obtiene con suficiente aproximación suponiendo que la variación de T es igual a 0.

Para taludes indefinidos puede calcularse el factor de seguridad en suelos no cohesivos mediante la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \quad (15)$$

Donde $\tan \phi$ representa la tangente del ángulo de rozamiento interno para cada uno de los niveles que conforman el talud y $\tan \alpha$ la tangente de la relación $H:V$ predefinida para la cual se pretende calcular el FS .

En el caso de que se trate de taludes parcialmente sumergidos, las expresiones siguen siendo válidas, pero teniendo en cuenta que la variación de W es la suma del peso total, el de la parte sumergida y el de la no sumergida. La presión intersticial u , será entonces no la total, sino el exceso sobre la hidrostática en el punto considerado.

Por lo tanto, en el programa, se tomarán como dos suelos diferentes, la zona sumergida y la no sumergida, introduciendo para cada uno de ellos la cohesión efectiva (c'),



ángulo de rozamiento efectivo (ϕ') y peso específico efectivo, para cada una de las zonas. En la aplicación, se introducirá la presión intersticial (u) con un parámetro llamado grado de saturación que cuando vale 1 indica que la presión intersticial es igual al peso específico del agua multiplicada por la altura.

En general, la estabilidad de un talud parcialmente sumergido, se puede realizar considerando como fuerza adicional el empuje del agua sobre el paramento del talud. No obstante, suele ser más cómodo, aplicar el principio de Arquímedes a la parte sumergida, con lo cual basta considerar el peso sumergido de la parte situada bajo el nivel exterior del agua y, en la parte de la superficie de deslizamiento situada por debajo de dicho nivel, suponer que actúa una presión intersticial igual a la diferencia de altura con dicho nivel. De esta forma, no hay que considerar el empuje exterior del agua. Esta regla, en un talud en el que no hay gradiente hidráulico, conduce a considerar por debajo del nivel del agua el peso sumergido y presiones intersticiales nulas.

b. Parámetros geotécnicos.

Se hace necesario determinar parámetros geotécnicos de los macizos rocosos a partir de los criterios de rotura de Hoek-Brown para poder realizar análisis numéricos que permitan ejecutar cálculos de estabilidad o análisis de tensiones.

Estos valores junto con los índices de calidad del macizo rocoso, se han introducido en el programa de cálculo Rocklab, del que se han obtenido el resto de parámetros geotécnicos necesarios en los cálculos como cohesión y ángulo de rozamiento.

Cohesión	Ángulo de Rozamiento
0,02 MPa	28

Estos valores son los considerados para la mineralización de celestina, son embargo los valores de cohesión y ángulo de rozamiento son mucho mayores para el yeso de tipo alabastro existente en el yacimiento por lo que, aunque no se han realizado cálculos de estabilidad por este método para el mismo, sus condiciones de estabilidad son mucho más altas.

c. Estabilidad en medio isótropo.

De carácter general, entendemos todo el macizo rocoso como un medio homogéneo e isótropo, sin direcciones preferentes de fracturación destacables, por lo que nos apoyaremos en hipótesis de cálculo utilizadas para suelos, ya que son éstas las que más



se adecuan a la situación real del sector objeto de estudio. Por lo que se ha realizado un cálculo, considerando la estabilidad de todo el frente de explotación y si todo el material del frente fuera sólo celestina, sin tener en cuenta la propia morfología del yacimiento donde existen grandes masas de yeso alabastrino masivo, con densidades más bajas y cohesiones más altas.

Se ha partido de tres hipótesis de trabajo considerando que el sistema de explotación es el de taludes forzados con extracción mediante Pala Retroexcavadora con alturas no superiores a 7m. Esta altura es la que condiciona la estabilidad del talud. Se han considerado tres tipos de taludes con las siguientes características:

- Talud Vertical.

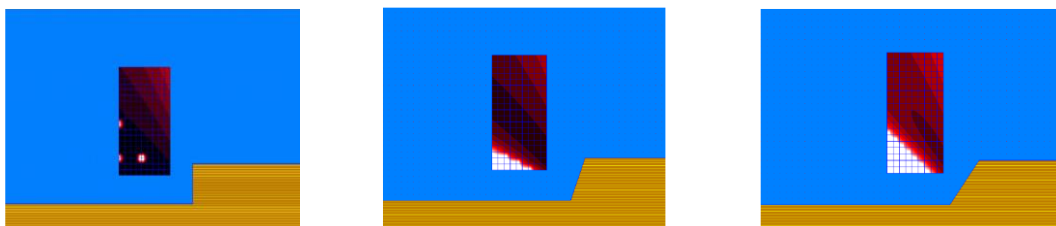
Gráfico 1 de la Tabla VII: Talud Vertical, Factor de seguridad < 1 .- Inestable

- Talud 1H: 3V.

Gráfico 2 de la Tabla VII: Talud 1H: 3V, Factor de Seguridad = 1.1.- Equilibrio Crítico

- Talud 2H: 3V.

Gráfico 3 de la Tabla VII: Talud 2H:3V, Factor de Seguridad = 1,4.- Estable



Nº DE CENTRO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	MOMENTO VOL-CADOR	MOMENTO ESTABILIZADOR	PESO (KN)
165	1,458	2.313,92	3.373,52	392,18

Tabla VII: Valores de estabilidad para la celestina

En todos los casos en los que se ha aplicado esta metodología para taludes verticales con 7m de altura los resultados arrojan condiciones de inestabilidad patentes. Cuando se toma un talud 1H:2V los equilibrios siempre salen críticos con factores de seguridad en torno a 1,1.

Sin embargo en el caso de taludes 2H:3V el Factor de Seguridad siempre es superior a 1,4 lo que da una estabilidad más que suficiente.

Estos valores de estabilidad se han calculado exclusivamente para la celestina.



d. Métodos de cálculo en medios anisótropos.

Las inestabilidades pueden producirse cuando la superficie del terreno presenta una inclinación suficiente como para que las tensiones provoquen un plano de debilidad, a través del cual, se produzca movimiento. Si a lo largo de una superficie potencial de deslizamiento, los esfuerzos tangenciales debidos al propio peso o a cualquier otra causa como puede ser el agua de infiltración, el peso de una estructura o la propia acción de un terremoto, superan la resistencia al corte del terreno, se produce deslizamiento de una parte del mismo.

Entraremos ahora a valorar uno a uno los distintos tipos de inestabilidades que puede presentar los taludes ayudándonos de la representación estereográfica de Schmidt; estas inestabilidades variarán en función del tipo de movimiento que puede originar este desequilibrio, por ello establecemos las distintas inestabilidades que pueden presentarse, así como los factores que condicionan el desequilibrio, los terremotos, el agua, o la propia acción del hombre.

– Rotura planar:

Se llama rotura planar a aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posible y se produce cuando existe una fractura dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud.

Para que se produzca este tipo de deslizamiento es necesario que se den una serie de condiciones cinemáticas:

- Los rumbos o trazas horizontales del plano del talud y del plano de deslizamiento deben ser paralelos o casi paralelos, formando entre sí un ángulo máximo de 20°.
- Los límites laterales de la masa deslizante han de producir una resistencia al deslizamiento despreciable.
- El ángulo de inclinación máximo o buzamiento del plano deslizante debe ser menor al ángulo de inclinación máximo del talud, por lo que dicha discontinuidad debe aflorar en el frente del mismo.

Dado que en la explotación de referencia no existen este tipo de estructuras no se producirán deslizamientos debidos a roturas planares.

– Rotura en cuña:

Se llama rotura por cuña a aquella producida a través de dos discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud, con la línea de intersección de ambas aflorando



en la superficie del mismo y buzando en sentido desfavorable. Este tipo de rotura se origina preferentemente en macizos rocosos en los que se da la disposición adecuada, en orientación y buzamiento de las diaclasas.

Para que surja este tipo de inestabilidad se deben cumplir una serie de condicionantes estructurales:

- La orientación de la línea de intersección debe aproximarse a la dirección de buzamiento de la cara del talud.
- El ángulo de inclinación de la línea de intersección, cuya dirección es la dirección de deslizamiento, debe estar orientada hacia el talud y presentar menor ángulo que la de la cara del talud.
- El ángulo de inclinación de la línea de inclinación debe ser mayor que el ángulo de fricción de la discontinuidad.

Al igual que con la rotura planar no se producirán deslizamientos debidos a cuñas al no existir planos de rotura de importancia.

4.10. Conclusiones del Estudio de Estabilidad de Taludes.

Todo lo anteriormente expuesto se refleja a continuación de forma extractada:

- 1) El macizo rocoso que conforma la explotación de la Concesión SANTA LUCÍA debe ser considerado como Muy Fracturado con numerosos bloques angulares unidos entre sí, formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades debido al relleno kárstico. Las superficies de discontinuidad presentes en el macizo, se definen como buenas, muy rugosas, sin meteorizaciones significativas. Por todo esto se obtienen módulos de deformación dinámicos Medios (Según GSI).
- 2) En los frentes de explotación estudiados no se ha detectado la presencia de agua o humedad.
- 3) No existen direcciones preferentes de fracturación en el macizo rocoso, salvo de manera muy poco patente la estratificación general y una fracturación directa con un componente muy pequeño en salto en dirección.
 - Las roturas planares con carácter generalizado, pueden desestimarse dado que los frentes se orientan de forma favorable respecto a la estratificación y a la fracturación directa.
 - Las roturas en cuña no existirán y ~~ser~~ pueden ser desestimadas, siempre que no se generen taludes de dirección de buzamiento cercanos a N45°,



ya que los Factores de seguridad que se obtendrían estarían próximos al equilibrio crítico y se generaría cuñas de deslizamiento.

- En cuanto a las roturas circulares generalizadas para el frente de explotación, los cálculos realizados establecen un Factor de seguridad de 1,458, lo cual se entiende suficiente como para desestimar este tipo de desequilibrios para los frentes en los que solo aparece celestina.
- En los frentes donde el yeso es mayoritario los parámetros de cohesión suben, mientras que la densidad baja por lo que el macizo resulta más estable y permite taludes más elevados y con más pendiente. De manera general los taludes en yeso son estables hasta 10m con pendientes 1H:3V.
- La presencia de materiales arcillosos, como cambio lateral de facies de la mineralización sólo se observan en las partes más septentrionales del yacimiento por lo que las inestabilidades a las que puedan dar lugar se eliminarán por la propia carga del macizo.

Por todo esto, se puede concluir que la explotación está constituida por una única unidad geotécnica y los riesgos geotécnicos de desequilibrio, están asociados principalmente al chineo. Por lo que se recomienda:

- Sanear y refinar los taludes, quedando limpios de bloques sueltos o semisuelos, para disminuir en lo posible el chineo.
- Aunque los taludes son estables y las bermas suficientes en cuanto a su anchura en los bancos donde la potencia del mineral sea superior a los 7m se recomienda explotar de norte a sur para evitar que la sobrecarga que se produce sobre el talud por la maquinaria de extracción y transporte genere inestabilidades que puedan producir deslizamientos al norte debido a la estratificación, que es la discontinuidad más patente.
- Los taludes finales donde sólo queda yeso se consideran estables a los efectos geotécnicos pudiendo ser sus pendientes de 1H:3V y su altura de 10m; sólo requerirán de restauración al final de la explotación.
- En las posibles bolsas de mineral que se encuentran más al sur y más altas en cota se recomienda la explotación de parte del macizo de yesos para evitar chineos sobre los bancos situados inmediatamente al norte.

-



4.11. Desarrollo de los trabajos.

a. Obras civiles.

Para dar cumplimiento a la legislación vigente en el tema que nos ocupa y como obras civiles, se cuenta con las dependencias que la entidad “SOLVAY MINERALES, S.A.” posee en sus instalaciones de Tratamiento.

Estas instalaciones, que cumplen con las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deberán aplicarse en las obras del Real Decreto 1389/1997 de 5 de septiembre, son las siguientes:

*Dependencias del personal.

Construida como local de aseo y descanso del personal, cuenta con varios compartimentos, destinados a comedor, servicios higiénicos (ducha e inodoro) y oficina, donde se instala un botiquín de primeros auxilios.

La superficie ocupada es de unos 250 m². Estas dependencias, son una edificación de dos alturas, donde en la planta inferior se encuentran localizadas las dependencias arriba descritas más el laboratorio, en la parte superior están las oficinas generales de la Empresa.

*Nave taller de trabajo.

En la que se instala el taller de reparación de la maquinaria de la explotación. Estas instalaciones cuentan con una nave específica como taller de unos 200 m² y otra como almacén de repuestos de 100 m²., ocupando una superficie de unos 1.000 m²., dichas naves están construidas mediante estructura metálica y cerramiento de chapa lacada.

*Valla de cerramiento.

Para delimitar el perímetro de la explotación e impedir el paso o la caída de personas o animales al interior de la misma, toda de 2,50 metros de altura.

b. Mano de obra.

Para garantizar el correcto desarrollo de los trabajos a lo largo de la vida de la explotación, se deberá contar con el siguiente personal:

- 1 Administrativo.
- 10 Oficiales de 1ª. (Palistas, Conductores de Camión, Mecánicos).
- 12 Peones
- 1 Encargado General.



- 1 Director Facultativo.

En cumplimiento del artículo 117 del RGN.SM., tanto los palistas como los conductores de camión estarán en posesión del permiso de conducción clase B-2 así como de un certificado de aptitud.

c. Residuos generados.

- **Material de rechazo:** Se relacionará más adelante
- **Residuos tóxicos:**

Atendiendo a la definición de la Ley de 14 de mayo de 1986 20/26 de Residuos Tóxicos y Peligrosos da sobre los mismos, los materiales que pueden considerarse como sustancias o materias tóxicos y peligrosos derivados de las actuaciones del proyecto son las siguientes:

- Los aceites usados, así como las mezclas en que intervengan éstos.
- Emisiones, principalmente gases, como consecuencia de la combustión de los motores de la maquinaria.

Para la gestión de los materiales se recurrirá, llegado el momento, a las compañías autorizadas especializadas en su tratamiento.

En cuanto a las emisiones de gases, éstos serán vertidos a la atmósfera, sin que supongan una contaminación importante.

- **Aceites y grasas. “lubricantes”:**

Se entiende como "Lubricante", los aceites para cárter, grasas, aceites para filtros de aire, aceite para limpieza, y aceites para transmisión y mecanismos hidráulicos.

Así mismo, se entenderá que todos los cambios se harán, como máximo en períodos de 500 horas de trabajo, salvo para los aceites de la transmisión que se renovarán cada 2.000 horas como mínimo.

Estos residuos, una vez desechados, serán almacenados de acuerdo con la vigente Ley 10/1.998 de 21 de abril de Residuos, y un Gestor Autorizado los recogerá para transportarlos hasta los diferentes puntos de vertido autorizados.

- **Residuos sólidos. “Basuras”:**

Se consideran en este apartado los residuos generados por los propios trabajadores de la cantera.

Se estima que se generen unos 15 kg diarios de basuras, los cuales serán vertidos en los contenedores que a tal efecto dispone el Ayuntamiento.

- **Emisiones.**



○ **Vibraciones:**

Las características de la explotación hacen que las mayores vibraciones se produzcan durante las labores de arranque y tratamiento del material.

No obstante, las vibraciones generadas durante estas operaciones no son importantes y serán absorbidas por el propio terreno.

○ **Ruidos:**

En una explotación de estas características, la emisión de ruidos procederá principalmente de las siguientes operaciones:

- Funcionamiento de la planta de tratamiento de áridos como fuentes fijas.
- Funcionamiento de los equipos de arranque, carga y transporte como fuentes móviles e intermitentes.

No obstante, en cantera, que es lo que nos ocupa, los niveles sonoros serán frecuentemente inferiores a 80 dB(A), con lo que quedaría excluido de la evaluación y medición según el decreto 1316/1989 de 27 de octubre de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la expansión del ruido.

Se estiman unos niveles de ruido inferiores a los 80 dB (A), con máximos a pie de obra de 95 dB (A) y de unos 65 dB (A) a unos 100 metros de la explotación en las condiciones ambientales más desfavorables.

Se prevé que los mayores niveles sonoros serán producidos por los camiones a su paso por las carreteras vecinas, si bien serán puntuales y de ámbito reducido y no mayores que los que puedan provocar los propios vecinos en sus quehaceres diarios.

Asimismo, en ningún caso se expondrá a los trabajadores a niveles sonoros continuos superiores a 90 dB(A) o intermitentes superiores a 110 dB(A).

***Medidas correctoras.**

Revisión y control periódico de los silenciadores de los motores de las máquinas. Sometimiento de la maquinaria a un mantenimiento adecuado. Disminución de la velocidad de la maquinaria.

○ **Polvo:**

*** Lucha contra el polvo.**

Se dará cumplimiento a lo preceptuado en la ITC 07.1.04 publicada con fecha 30 de enero de 1.991 en el BOE nº 260, que regula las condiciones ambientales y lucha contra el polvo en las industrias extractivas a cielo abierto, instalaciones de tratamiento, procesado, manipulación y almacenamiento de minerales, áridos y rocas industriales.



*** Medidas correctoras.**

En cumplimiento al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, ITC 07.1.04, Trabajos a Cielo Abierto, Lucha Contra el Polvo, una vez que se inicie la explotación, se deberá presentar anualmente un Plan de Labores en el que se incluya un estudio en que se detallen los niveles de polvo medidos así como los medios utilizados en estas mediciones.

Las medidas correctoras van encaminadas a conseguir que el nivel de emisión de partículas sólidas a la atmósfera no deba superar los 150 mg/Nm³.

*** Fuentes emisoras de polvo.**

En una explotación de estas características, la emisión de polvo viene marcada por las siguientes actividades.

- A. Operaciones de carga, transporte, descarga y transferencia del material.
- B. Movimiento de las máquinas.
- C. Planta de trituración, clasificación y lavado del material.
- D. Acción del viento sobre superficies cubiertas exteriormente por partículas finas.

La cantidad de polvo generado en cada una de las actividades de la cantera, que se estima es la siguiente:

A. Labores de arranque y carga.-

Generación estimada de polvo.- 25 gr/Tm/removida

Producción diaria.- 343,99 m³ = 619,18 Tm

*** Medidas correctoras.**

Para evitar la formación de polvo en el tajo de trabajo, se procederá al riego de la zona al dar comienzo la jornada de trabajo manteniéndose durante dicha jornada el terreno con la humedad suficiente para que, no interfiriendo las labores, se mantengan los niveles mínimos de emisión a la atmósfera.

B. Transporte interior.-

Pistas y plaza de cantera - Generación estimada de polvo.- 160 gr/km recorrido Longitud pistas transitables.- 8 Km.

*** Medidas correctoras.-**

Con objeto de limitar en la medida que sea posible la emisión de partículas de polvo al paso de los camiones durante el transporte interior, se procederá al vertido de agua en las pistas mediante camiones cuba con sistema de riego.



Se limpiarán periódicamente las pistas con objeto de limitar la acumulación de las partículas más finas.

○ **Olores:**

Tiene su origen en la emisión del SO₂ procedente de la combustión de los motores de las máquinas.

Dado el número de máquinas que trabajarán en la explotación y las condiciones de trabajo de éstas, no se considera importante este factor.

○ **Luz:**

Dado que se trabajará de día, la contaminación luminosa no supone un factor a tener en cuenta.

d. Recursos consumidos.

v. Agua:

Las necesidades a satisfacer son las siguientes:

- ✓ Riego de las pistas interiores.
- ✓ Riego del frente de trabajo.
- ✓ Consumo del personal.
- ✓ Instalaciones de tratamiento.

a. Riego de las pistas.

Diariamente, y antes del inicio de la jornada de trabajo se procederá al riego de las pistas de la cantera con objeto de limitar la emisión de partículas de polvo a la atmósfera.

Teniendo en cuenta la longitud de las pistas, la anchura, y el tipo de material de las mismas, se estima que para mantenerlas en un estado aceptable de trabajo, será necesaria una cantidad de agua de 30 l/m.

Considerando:

Longitud de las pistas.....8.000 metros.

El volumen de agua necesario en una jornada de trabajo será:

8.000 m x 30 l/m = 240.000 l/día.

Considerando:

Días de trabajo anuales.....240

Coefficiente de corrección.....0,75 (días lluviosos al año)

El consumo anual vendrá dado por: 240 m³/día x 240 días/año x 0,75 = 43.200 m³/año.



b. Riego del frente de explotación Riego explotación.

Se prevé que será necesario el riego de la zona de extracción debido al bajo grado de humedad natural que presenta el material, por lo que se destinará a este concepto una cantidad de agua que estará en torno a los 20 m³/día.

$$20 \text{ m}^3/\text{día} \times 240 \text{ días} = 4.800 \text{ m}^3/\text{año}.$$

c. Servicios higiénicos (ducha, lavabo, inodoro).

Considerando:

nº de operarios.....16

Consumo por operario/día.....150 litros

Días de trabajo anuales.....240

*El consumo de agua anual por este concepto será: 240 Días x 16
x 0,150 m³/día = 576 m³/año.*

d. Origen del agua.

El agua tanto para el consumo humano como para las instalaciones proviene de un sondeo propiedad de la entidad. El agua necesaria en el proceso de la planta de tratamiento como para el riego de pistas es reciclada y recirculada al circuito suponiendo aproximadamente el 90 % del consumo. El agua para consumo humano es analizada anualmente.

vi. Combustible:

El combustible utilizado será el gasoil, en un volumen necesario para atender las necesidades de las máquinas.

5. DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR EN LA EXPLOTACIÓN.-

5.1. Maquinaria empleada para el arranque del material.

a. Desbroce.

Consistirá en la retirada y acopio (para su posterior empleo en labores de restauración) de la capa de suelo existente sobre el paquete a explotar. Estos materiales no han sido cuantificados de forma independiente, se consideran parte del 15% de estériles. Esta operación se realizará con la misma maquinaria que se emplea para el arranque, cuantificándose el coste de los mismos como labores generales de extracción (estériles).



Se utilizará un tractor de cadenas Caterpillar D7R para la restitución del terreno y especialmente en el movimiento de la tierra vegetal, además de ser utilizado en las fases iniciales del desmonte con los materiales muy alterados. **(Fotos 13 y 14)**



Foto 13: Tractor de cadenas D7R



Foto 14: Detalle del tractor de cadenas D7R

b. Características técnicas del tractor de cadenas D7R

La potencia, capacidad de respuesta y control de los Tractores de Cadenas D7R de la Serie 2 proporcionan mayor producción a un menor costo por yarda.

El motor 3176C resistente y de fácil servicio, se caracteriza por tener sistema de combustible de inyección directa y de control electrónico que proporción a una mejor eficiencia de combustible y menores niveles de emisiones.

El sistema AMOCS usa un exclusivo sistema de enfriamiento de dos pasadas y mayor área de superficie de enfriamiento para proporcionar eficiencia de enfriamiento significativamente mayor que la de los sistemas convencionales.

El control electrónico de la transmisión Caterpillar junto con el control electrónico del motor permiten que el tren de impulsión trabaje de manera más inteligente.



Gracias al diseño de rueda matriz elevada, los mandos finales están ubicados sobre el área de trabajo, aislándolos de los impactos provocados por el terreno. Las diferentes configuraciones del tren de rodaje permiten ajustar la máquina a la aplicación.

Caterpillar ofrece opciones tecnológicas como Product Link y el Sistema Control Láser de Rasante AccuGrade que proporcionan mayor precisión y exactitud, menores costos y mayor rentabilidad.

Los componentes principales tienen un diseño modular que permite una excelente facilidad de servicio y un rápido intercambio de componentes en el campo.

c. Arranque directo.

Para el arranque directo del material se contará con la siguiente maquinaria:

- Excavadora de cadenas LIEBHERR 954 (**Foto 15**)



Foto 15: Excavadora de cadenas LIEBHERR 954

También se utilizará el tractor de cadenas en el arranque y empuje del material más superficial hasta el borde del banco. A veces se emplea el ripper o escarificador, arrancando y extrayendo los bloques de los yesos.

d. Características técnicas de la excavadora de cadenas LIEBHERR 954.

Gracias a su robusta concepción, la excavadora sobre cadenas R 954 C está perfectamente preparada para proporcionar el máximo rendimiento en condiciones de trabajo extremas en cualquier zona climática. La construcción de acero optimizada



permite que la máquina pueda hacer frente a las cargas más pesadas y ofrecer la máxima fuerza de excavación.

Peso operativo	49.550 - 54.300 kg
Potencia del motor (ISO 9249)	240 kW / 326 CV
Nivel de emisión	IIIA
Capacidad de la cu- chara retro	1,65 - 3,30 m³

Peso operativo	49.550 - 54.300 kg
Potencia del motor (ISO 9249)	240 kW / 326 CV
Potencia del motor (SAE J1349)	240 kW / 322 CV
Nivel de emisión	IIIA
Capacidad de la cuchara retro	1,65 - 3,30 m³
Capacidad de cuchara	2,50 - 3,10 m³

5.2. Maquinaria empleada para la carga y el transporte del material.

Se realiza transporte interno, dentro de toda el área de la mina, desde los frentes de explotación hacia la planta de tratamiento; y posteriormente desde ésta hasta la balsa de estériles y hacia las zonas de restauración.

El transporte exterior hacia el mercado se realiza con una empresa subcontratada que traslada el mineral hacia el puerto de Motril.

a. Carga y transporte.

El material arrancado será cargado sobre camión con la retroexcavadora de cadenas Liebherr 954.

Para el transporte del material arrancado se contará con seis camiones de 4 ejes contratados por la entidad, con capacidad para 20 T; (se trata de volquetes centauros MAN rígidos de 4 ejes) (**Foto 16**) que serán los encargados de transportar el material hasta la planta de tratamiento así como de transportar el material no aprovechable hasta los puntos de vertederos situados dentro de la propia explotación, a fin de poder utilizarlo como relleno en aquellas zonas de la misma que así lo requieran.

Por tanto, la carga y manipulación del material, en el frente de arranque será mediante retroexcavadora de cadenas y en la planta de tratamiento, se realizará mediante pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380 (**Foto 17**).



Foto 16: Volquete rígido de 4 ejes

b. Características técnicas de la pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380.

Cucharas (capacidades según ISO 7546)		m ³	3,1	3,4
	Densidad específica	tm/m ³	1,75	1,6
	Peso de la cuchara sin dientes	kg	1560	1600
	Carga estática de vuelco (en recto)	kg	14125	14110
	Carga estática de vuelco (en ángulo de 40°)	kg	12290	12270
	Fuerza hidráulica de arranque	kN	155	148
	Capacidad de elevación hidráulica sobre el suelo	kN	179	177
	Peso en orden de trabajo	kg	17670	17710
a	Alcance a 45°	mm	1112	1150
b	Altura de descarga a 45°	mm	3010	2915
c	Altura de elevación bulón pivotante cuchara	mm	4077	4077
d	Altura al borde superior de la cuchara	mm	5492	5591
e	Profundidad de excavación	mm	44	44
f	Altura de la cuchara en desplazamiento	mm	425	425
A	Longitud total	mm	7845	7900
B	Distancia entre ejes	mm	3200	3200
C	Anchura de la cuchara	mm	2916	2916
D	Anchura sobre los neumáticos	mm	2770	2770
E	Anchura de vía	mm	2160	2160
F	Luz sobre el suelo	mm	440	440
H	Altura total	mm	3380	3380

Estos valores se refieren a una máquina con neumáticos 23.5 R 25 XHA.



EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



Tipo de cuchara	Capacidades en m³		El volumen real excederá normalmente al de la clasificación ISO/SAE. La tabla muestra tipos de cuchara óptimos, dependiendo del material a manejar.		
Cuchara pesada	3,1				
Cuchara	3,1				
Cuch. mat. granel	3,4/3,5				
Cuch. mat. ligero	4,5				
Densidad	en (t/m³)	0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0			

Material	Llenado cuchara %	Densidad t/m³
Tierra	100-115	1,5-1,6
Arcilla	110-120	1,5-1,7
Arena	100-110	1,4-1,8
Grava	85-110	1,5-2,0
Roca	75-100	1,6-2,0

	No económico		Recomendado		Utilización total
--	--------------	--	-------------	--	-------------------



Foto 17: Pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380

c. Tiempos de carga, transporte y descarga del material.

Se tiene una producción anual de unas 100.000 toneladas de concentrado, a partir de un bruto anual de 424.000 toneladas.

Los días de trabajo al año de la planta de tratamiento son 221 durante 24 horas. Consideramos efectivos 200 días, a los que hay que deducirle otros 50 días aproximadamente para trabajos de administración, aperturas de nuevos accesos de explotación, limpieza de frentes, etc...: total 150 días al año.

Por tanto, vamos a partir de una extracción anual de 150 días (que es el tiempo que necesita la planta) con jornadas de 8 horas (tiempo de trabajo de la extracción):

$$- 424.000 \text{ t bruto/año entre } 150 \text{ días/año} = 2.826 \text{ t bruto/día}$$

$$- 2.826 \text{ t } \frac{\text{bruto}}{\text{día}} \text{ entre } 8 \text{ horas de extracción diaria} = 353,33 \text{ t brutas/hora}$$

La pala de la retroexcavadora tiene una capacidad para 1,2 m³, equivalente a 2,4 t, ya que la densidad media del material que estamos trabajando es de 2 t/m³. La operación de carga es de 3 a 5 minutos, por lo que vamos a suponer un tiempo medio de carga de 4 minutos.

Un volquete tipo dumper de 20 toneladas de capacidad se llena, por tanto con:



- $20 \text{ t} / 2,4 \text{ t de cada palada} = 8,33 \text{ paladas}$

El tiempo de llenado de un camión es:

Según las medidas de tiempos tomadas, el ciclo de carga del camión es de 28 s. en cada palada.

- $\frac{240 \text{ s}}{8,33 \text{ paladas}} = 28,8 \text{ s en cada pala}$

El tiempo de carga de un camión es de 240 segundos.

En conclusión, el tiempo de transporte de 20 toneladas desde los taludes de extracción hasta la planta de tratamiento es el siguiente:

Tiempo de carga: 4 minutos por camión

Tiempo de descarga: 3 minutos por camión

Tiempo de transporte neto: $4 \text{ km} \times 20 \text{ km/h} = 12 \text{ minutos}$

TIEMPO TOTAL $\cong$ 20 MINUTOS para transportar 20 toneladas

Por tanto, un camión transporta en una hora 60 toneladas; y en 8 horas 480 toneladas.

Si dividimos las 2.826 toneladas diarias que necesita la planta entre las 480 toneladas que le suministra cada camión diariamente, obtenemos:

- $2.826 \text{ t} / 480 \text{ t de cada camión} = 5,88 \text{ camiones}$

Si hacemos el cálculo por horas, dividimos 353,33 t/h que necesita la planta entre 60 toneladas que suministra cada camión a la hora, también obtenemos:

- $353,33 \text{ t} / 60 \text{ t de cada camión} = 5,88 \text{ camiones}$

Lo que nos da la necesidad de trabajar con 6 camiones

d. Mantenimiento y adecuación.

Para el mantenimiento de pistas, de terraplenes y en los vertederos, se emplean compactadores para así tener unas condiciones óptimas de la base de rodadura de las pistas, reducir el volumen ocupado y mejorar la estabilidad final de las escombreras.

El uso de talleres móviles y de servicios para la maquinaria pesada y de talleres fijos para las máquinas más sencillas y móviles son de gran utilidad.

6. DISEÑO DE LA PLANTA DE CONCENTRACIÓN MINERAL.-

6.1. Tratamiento del todo-uno extraído en cantera.

El tratamiento empleado en la concentración de mineral está dividido en dos procesos, una primera etapa de desenlodado, trituración, clasificación y preconcentrado a través



de medios densos, y una segunda etapa de molienda y concentrado por flotación para obtener un mineral final (92 - 94% SrSO_4), destinado a la venta.

Una vez en la Planta de Tratamiento, el mineral extraído se transporta entre las sucesivas etapas por medio de Cintas Transportadoras, así como de bombas de sólidos en los medios densos.

El “todo uno” acopiado en el punto de homogeneización, como mineral bruto, procedente de diferentes áreas de explotación con distintas leyes, es mezclado con una pala cargadora Komatsu 380 (**Fotos 18 y 19**), y transportado hasta la tolva. El caudal de entrada a la planta diariamente es de 2.826 Tm.



Foto 18: Punto de homogeneización del “todo uno”

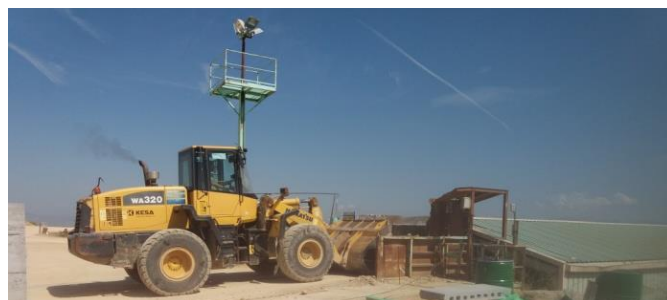


Foto 19: Tolva en el punto de homogeneización



Foto 20: Parrilla separadora de los bloques 300 x 300 mm



Sobre la tolva hay dispuesta una parrilla que impide el paso a los bloques mayores de 300 x 300 (mm) (D80 de alimentación en función de la apertura de la boca de la machacadora). (**Fotos 20 y 21**).



Foto 21: Detalle de la Parrilla Inicial

6.2. Trituración, lavado y clasificación.

El pasante de la parrilla (cribado) con tamaños inferiores a 300 mm es precibado (**Foto 22**) antes de pasar a la machacadora de mandíbulas (**Foto 23**), en el proceso de trituración primaria, separando los tamaños menores de 100 mm (d80 tamaño de salida de la machacadora) que se envían al desenlodado.



Foto 22: Precibador



Foto 23: Machacadora de mandíbulas

Tras su paso por la machacadora, tanto el material con tamaño inferior a 100 mm junto con el pasante del precibador es conducido a una criba vibrante (**Foto 24**), que realiza un corte granulométrico a 25 mm. Los tamaños mayores (25 – 100 mm) son conducidos a un trómel desenlodador para eliminar los finos generados por las margas presentes en el todo uno (**Fotos 25 y 26**). El trómel, que realiza un corte granulométrico



a 25 mm, está dividido en dos partes, una inicial en seco y una segunda etapa donde se realiza un lavado con el fin de deshacer los bloques apelmazados. Los tamaños mayores de 25 mm se envían a una trituración secundaria mediante un Molino de cilindros (**Foto 27**). De ahí pasan a la criba de clasificación en circuito cerrado para controlar que su tamaño no supere los 25 mm.



Foto 24: Criba de Clasificación



Fotos 25 y 26: Trómel desenlodador

Todos los materiales con tamaño inferior a 25 mm, procedente del pasante de la criba de clasificación, los menores de 25 mm del trómel y el material saliente de molino de cilindros, constituyen el total del mineral bruto que continúa el proceso, enviándose a un “Vibro agotador” (**Foto 28**) que realiza además un corte granulométrico con un tamiz de 2 mm: los menores de 2 mm los cuales son enviados al “Tratamiento de finos”, y los comprendidos entre 2 y 25 mm, que son preconcentrados por “Medios densos”.

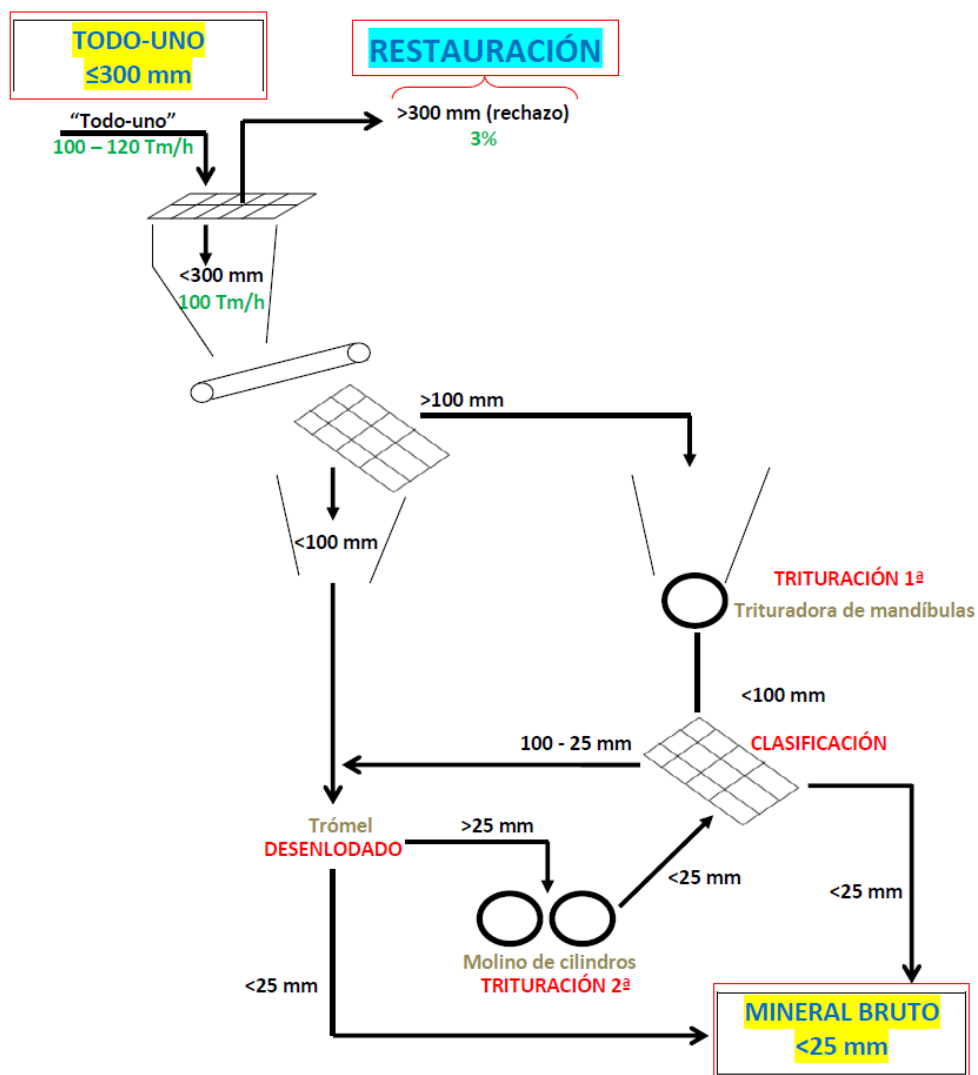


Foto 27: Molino de cilindros



Foto 28: Vibro agotador

ANÁLISIS DE FLUJO EN LA TRITURACIÓN, LAVADO Y CLASIFICACIÓN





6.3. Tratamiento de finos.

Los tamaños menores a 2 mm (Pulpa) procedentes del vibro agotador pasan a un proceso de espesado, mediante un ciclón (**Foto 29**).

En este proceso obtenemos dos productos:

- El **Under** (hundido) del ciclón que comprende los tamaños entre 2 mm y 100 μ ., el cual se envía a otro vibro agotador para extraer el agua que quede, pasando a una cinta transportadora que lo envía al acopio de mineral preconcentrado (**Foto 30**).



Foto 29: Ciclón espesador



Foto 30: Cinta de acopio de preconcentrado

- El **Over** (flotado) del ciclón comprende los tamaños menores de 100 μ , que son bombeados a un proceso de deslamado mediante una torreta de ciclones, donde los tamaños menores de 10 μ (el Over de la torreta) (**Foto 31**) son eliminados del proceso enviándose a áreas de secado para su posterior transporte a Restauración.



Foto 31: Over del Ciclón deslamador

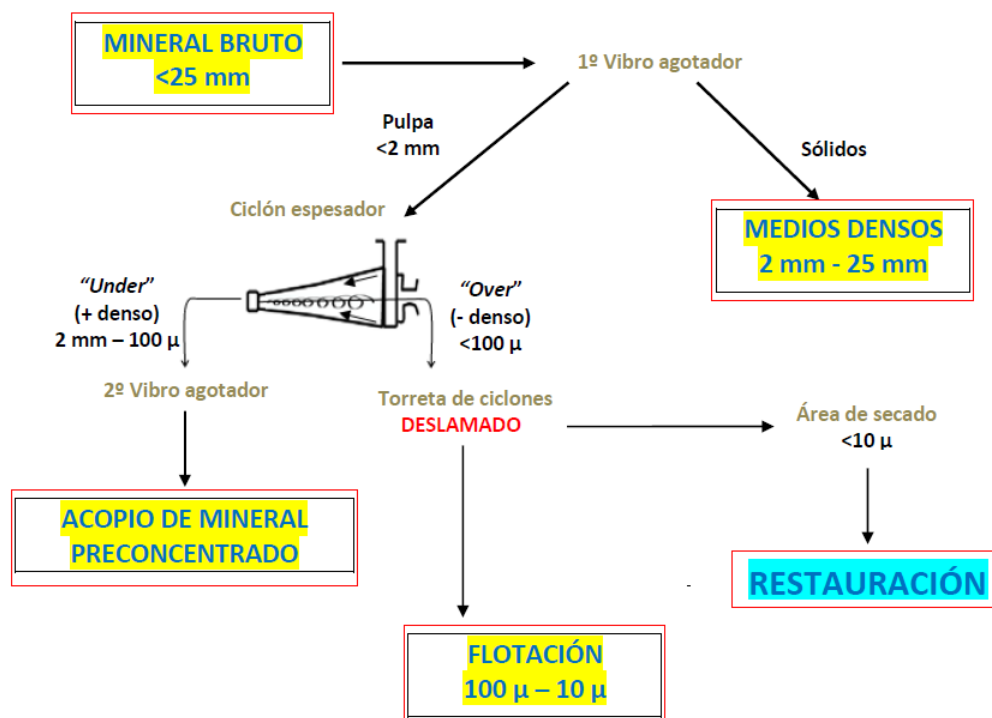


Los tamaños comprendidos entre 100 μ y 10 μ (el Under de la torreta) pasan a un tanque espesador (**Fotos 32 y 33**) desde donde son bombeados a Flotación.



Fotos 32 y 33: Tanque espesador

ANÁLISIS DE FLUJO EN EL TRATAMIENTO DE FINOS



6.4. Medios densos.

El vibro agotador separa los tamaños comprendidos entre 2 mm y 25 mm, descritos en el apartado 6.2, que son enviados al proceso por Medios Densos, cuyo principal objetivo es separar el yeso y la calcita (estériles), obteniendo un preconcentrado del mineral de celestina.

Los tamaños 2 – 25 mm se envían a una tolva pulmón desde donde es dosificado al medio denso. En el circuito se intercala un separador magnético para eliminar



fragmentos metálicos evitando que entren en el proceso. A la salida de la tolva se dispone una criba vibrante (**Foto 34**), que realiza un corte granulométrico a 15 mm (tamaño óptimo M.D.). Los retenidos (15 - 25 mm) son conducidos a una trituración (terciaria) en un molino de cilindros.

Al tener estos minerales diferentes pesos específicos (yeso: 2,31, calcita: 2,7, celestina: 4 gr/cm³, respectivamente) es posible conseguir esta separación por este método gravimétrico. Para realizar esta separación se utiliza el método de diferenciación por medio denso, ayudándonos de un medio de mayor densidad que el agua. El medio denso utilizado es una mezcla de agua y magnetita.



Foto 34: Vibro clasificador

La magnetita es un mineral de hierro constituido por óxido ferroso-diférrico. Su fórmula química es $Fe_2 + Fe_3 + 2O_4$, con densidad: 5,175 g/cm³, color: negro grisáceo, negro hierro, raya negra, sistema cristalino isométrico, clase hexaoctaédrica e índice de refracción de 1,242. La magnetita dosificada en agua constituye un medio con una densidad relativa de 3,5 gr/cm³, El suministro a la Planta se realiza en sacos (big-bags) de 2.000 kg (**Foto 35**).



Foto 35: Almacén de los bib-bags de la magnetita

Este medio (magnetita + agua) se mezcla con el mineral y es bombeado a un ciclón de medios densos (**Foto 36**) donde se produce la separación, mediante la fuerza centrífuga producida que genera dos torbellinos, uno descendente (Under flow) que arrastra los



pesados (celestina), **(Foto 37)** y el yeso y la calcita (estériles) que son separados en un torbellino ascendente interior que sale por la parte superior del equipo (over flow) **(Foto 38)**. La magnetita es recuperada mediante tambores magnéticos para su nueva utilización en el proceso, previa separación en cribas que retienen a los hundidos y los flotados y dejan pasar a la magnetita de menor tamaño.



Foto 36: Ciclón de medios densos

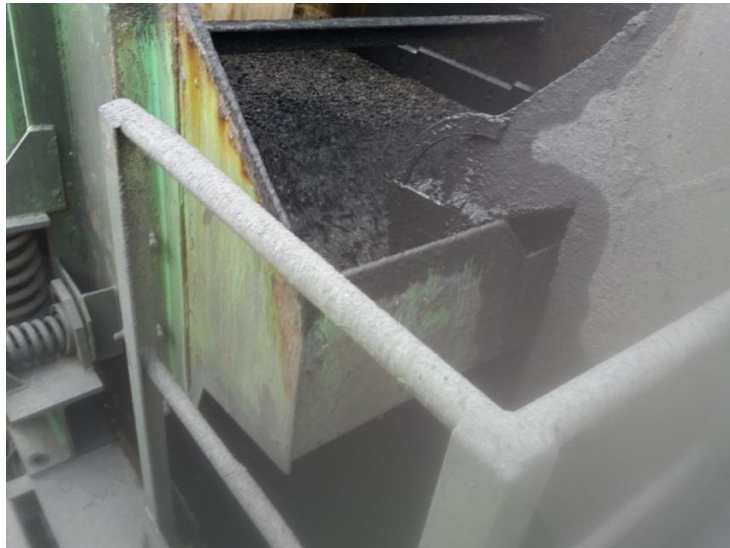


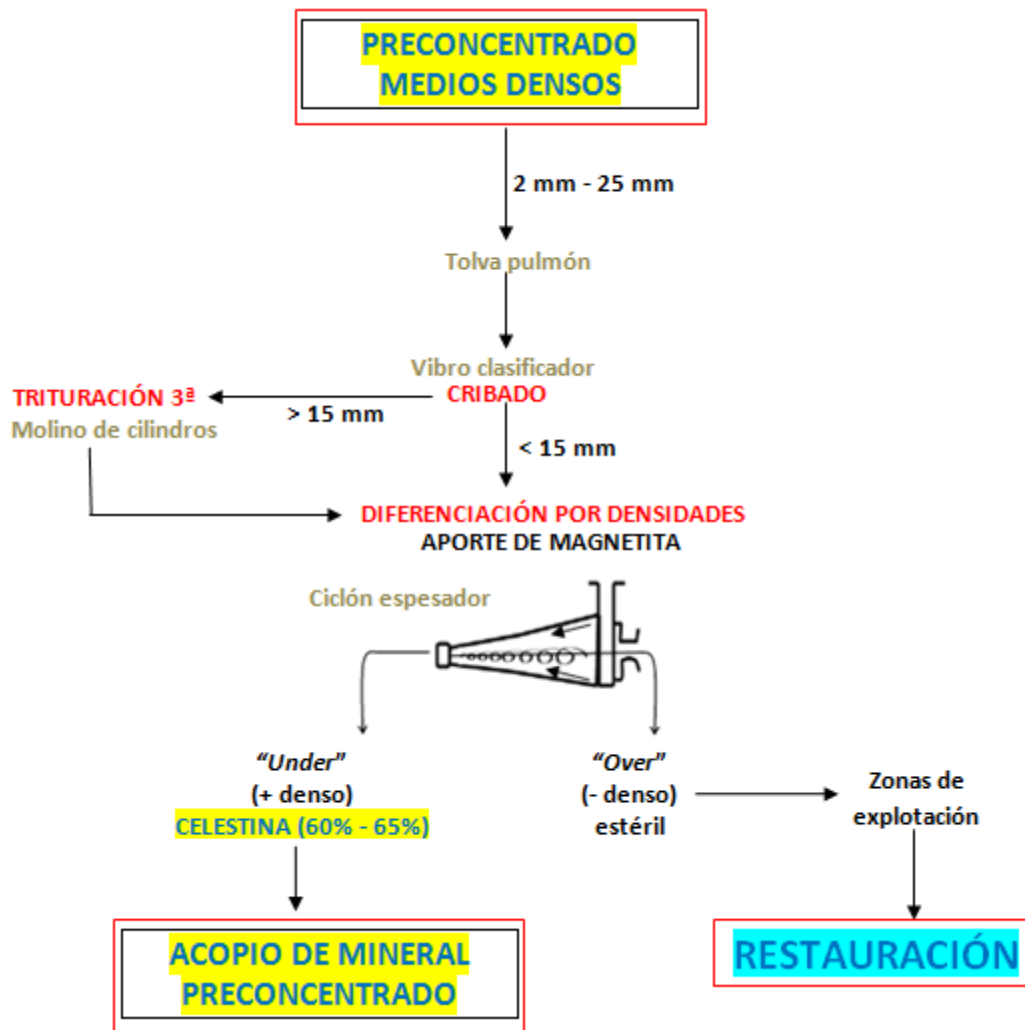
Foto 37: Salida de la celestina por el "Under" del ciclón



Foto 38: Salida del yeso y la calcita por el "Over" del ciclón



ANÁLISIS DE FLUJO EN LOS MEDIOS DENSOS



El mineral preconcentrado (Under: $\approx 60\%-65\%$ de celestina) es enviado a través de cinta transportadora al acopio junto con el mineral obtenido en el tratamiento de finos (Apartado 6.3) (**Foto 30**).

El estéril (Over: calcita y yeso) es acopiado y, posteriormente tras su agotado, es cargado y transportado a las zonas de explotación para su posterior restauración.

6.5. Moliendas.

Desde el **ACOPIO PRECONCENTRADO**, con tamaños menores de 15 mm, tanto el procedente de los Medios densos como el procedente de la separación de finos se envían hacia la Flotación. La flotación requiere tamaños finos por lo que tras una clasificación en un trómel, que realiza un corte granulométrico a 3mm, son sometidos a una molienda y una remolienda, en dos molinos de bolas diferentes (**Foto 39**).



Foto 39: Molino de bolas

Este trómel separa granos de dos tipos de tamaño:

- Tamaños de grano entre 3 mm y 15 mm, que son reducidos en una Molienda primaria en un molino de bolas, cuyo tamaño de bola tiene un diámetro de 90 mm **(Foto 40)**.



Foto 40: Bolas de diámetro de 90 mm

- Tamaños de grano menor de 3 mm que son reducidos en una Molienda secundaria en un molino de bolas, cuyo tamaño de bola tiene un diámetro de 40 mm **(Foto 41)**.



Foto 41: Bolas de diámetro de 40 mm

La flotación requiere tamaños inferiores a 100 micras, por lo que se establece un circuito cerrado en el cual la pulpa que sale de molienda se pasa por un nido de ciclones (Foto 42) que nos garanticen el corte granulométrico requerido, de tal forma que el Over flow va a flotación y el Under flow regresa a molienda secundaria.



Foto 42: Ciclones de clasificación

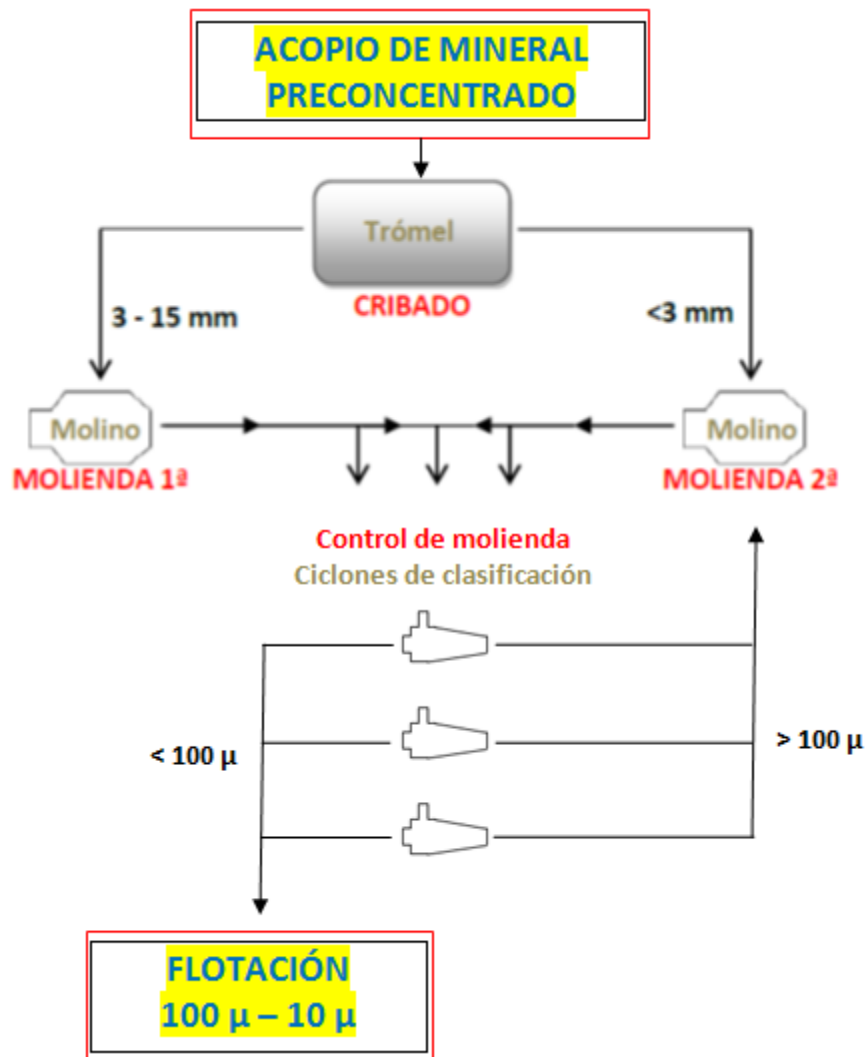
Finalmente todos los tamaños menores de 100 μ pasan a la Línea de flotación.



Foto 43: Salida del mineral con tamaño inferior a 100 μ



ANÁLISIS DE FLUJO EN LA MOLIENDA



6.6. Línea de flotación.

El objetivo en este proceso es obtener una celestina con ley de mercado a partir del preconcentrado de medio denso, eliminando la fracción de yeso y calcita de la mena de celestina.

La flotación es un proceso fisicoquímico que consta de tres fases; sólido-líquido-gas que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.

Los principios básicos en que se fundamenta el proceso de la flotación son los siguientes:

- La hidrofobicidad del mineral que permite la adherencia de las partículas sólidas a las burbujas de aire.



- La formación de una espuma estable sobre la superficie del agua que permite mantener las partículas sobre la superficie.

Para establecer estos principios se requiere la adición de reactivos químicos al sistema. Estos reactivos de flotación son: los colectores, espumantes, depresores, activadores y modificadores, cuyas acciones principales son las de inducir y/o inhibir hidrofobicidad de las partículas y darle estabilidad a la espuma formada.

Las partículas minerales hidrofóbicas tienen la capacidad de adherirse a la burbuja, mientras que las hidrofílicas, como la ganga, no se adhieren. La superficie hidrofóbica presenta afinidad por la fase gaseosa y repele la fase líquida, mientras que la superficie hidrofílica tiene afinidad por la fase líquida.

La separación de las partículas de yeso, calcita y celestina a través de este proceso se produce gracias a la diferencia en las propiedades físicoquímicas de la superficie de cada una de ellas. La utilización de modificadores de superficie mejora la selectividad del proceso. Estos modificadores permiten convertir selectivamente en hidrofóbica la celestina a separar, de tal forma que ante la presencia de un medio constituido por agua y aire (burbujas) la celestina rechace el agua y se adhiera a las burbujas de aire que ascienden hacia la superficie del líquido.

Se requiere por un lado que las partículas adheridas a las burbujas de aire tengan una densidad global inferior a la del medio de separación y por otro, que la burbuja tenga la resistencia suficiente para llegar a la superficie sin romperse.

Cuando la burbuja llega a la superficie es necesario que se forme una espuma que mantenga retenida a las partículas, porque de lo contrario las burbujas se romperían y las partículas flotadas de celestina viajarían de nuevo hacia el fondo de la celda de separación.

Por otra parte, las partículas hidrofílicas, constituidas por el yeso y la calcita, no son captadas por las burbujas y se hunden (**Figura 7**).

El proceso de flotación se lleva a cabo en celdas que poseen mecanismos de agitación y dispositivos de inclusión de aire a la pulpa.

La agitación favorece la separación y suspensión de las partículas, y la inclusión de aire promueve la formación de burbujas.

La modificación selectiva de las partículas a separar se obtiene mediante el suministro de los aditivos antes indicados, mientras que la estabilidad de las burbujas de aire se logra mediante la adición de espumantes.

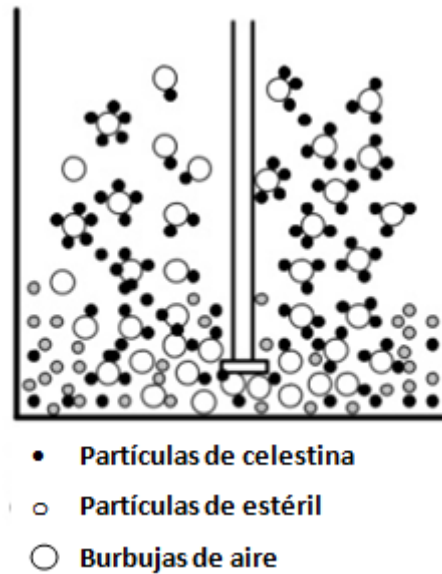


Figura 7: Formación de burbujas en el proceso de flotación

La selectividad en la modificación superficial de las partículas a separar se obtiene mediante la adición de modificadores del pH, lo que favorece que algunos colectores se adhieran fácilmente a las especies más hidrofóbicas.

Se requiere de la selección de un colector que tenga la capacidad de modificar superficialmente tan solo las partículas de las especies de interés. Si existen partículas de especies superficialmente afines, que no permiten una selectividad adecuada del colector (como es el caso de la separación de las especies sulfurosas, como la celestina), se deben utilizar depresores que interactúen selectivamente sobre esas especies de tal forma que cuando la partícula que contiene el depresor en su superficie entre en contacto con el colector, éste no interactúe con ella.

La actividad de la superficie de una partícula respecto a los reactivos de flotación en el agua, depende de las fuerzas que actúan en su superficie. Las fuerzas de tensión generan un ángulo “ σ ” entre la superficie de la partícula y la superficie de la burbuja (**Figura 8**), de tal forma que:

$$f_{s/a} = f_{s/w} + f_{w/a} * \cos \sigma \quad (16)$$

De donde:

$f_{s/a}$ Es la energía superficial entre las fases sólido – aire

$f_{s/w}$ Es la energía superficial entre las fases sólido – agua

$f_{w/a}$ Es la energía superficial entre las fases agua – aire

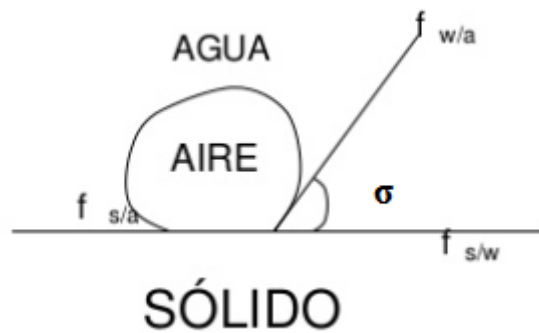


Figura 8: Ángulo σ entre la superficie de la partícula y la superficie de la burbuja

Mientras mayor sea el ángulo de contacto “ σ ” mayor será el trabajo de adhesión entre la partícula y la burbuja, con lo que la flotabilidad del sistema aumenta con el ángulo de contacto.

Un mineral con un ángulo de contacto grande tiene un comportamiento aerofílico (mayor afinidad con el aire que con el agua). A pesar de que la mayor parte de los minerales son aerofílicos, es necesario agregar un colector para mejorar su hidrofobicidad (haciéndolo aún más aerofílicos), para que el proceso de separación sea más efectivo.

En un proceso en el que se produzcan muchas burbujas pequeñas se obtendrá una mayor recuperación, que si se producen burbujas más grandes y en menor cantidad, ya que la recuperación depende del área superficial de las burbujas disponibles para que las partículas se adhieran a ellas.

Los reactivos modificadores utilizados en la flotación de la celestina son:

- Carbonato sódico (CO_3Na_2): consigue precipitar el yeso. (tiene efecto colector y/o es cambiador de pH), la flotación de la celestina es más efectiva en un baño básico.
- Sulfatadores [(SO_4Na_2) y (SO_4Mg)]: que son desecantes debido a sus propiedades higroscópicas de absorber la humedad, modificando el ángulo de contacto entre partículas. (Igualmente son colectores y/o modificadores)

Para mejorar la hidrofobicidad de una partícula se acostumbra a adicionar surfactantes conocidos como colectores, que recubren las partículas atrayendo moléculas o iones sobre la superficie del mineral haciéndola hidrófuga (no se moja) facilitando el contacto con la burbuja de aire que la transportará a la superficie (float).



Estos aditivos o colectores se les suministran a la pulpa, (**Foto 44**) en diferentes porcentajes que se van controlando para ayudar a la separación de las pequeñas partículas constituidas por restos de yeso y de calcita que se hunden en la celda (sink).



Foto 44: Suministro de aditivos a la pulpa



Foto 45: Batería de dos grupos bicelda

Por tanto a la Línea de flotación, desde el Control de Molienda, llegan partículas de tamaño inferior a 100 μ . Todas ellas, junto con los aditivos, pasan al proceso de flotación que consta de tres etapas: deslamado, apure y lavado, que se realizarán en circuito en 160 celdas.

El deslamado presenta tres fases, y en cada una de ellas hay una secuencia de varias celdas. La unidad mínima consiste en una bicelda con un motor. Hay baterías que constan de 2 grupos bicelda (4 celdas) (**Foto 45**), de 4 grupos bicelda (8 celdas), o bien, de paquetes de 5 biceldas (10 celdas).

- La flotación comienza con una *primera fase o Desbaste que consta de 40 celdas circulares*, (**Foto 46**) donde se producen burbujas grandes.



- En una *segunda fase o Deslamado que consta de 60 celdas circulares (Foto 47)* se mejora la separación y aumenta la ley del mineral progresivamente. Las burbujas van disminuyendo de tamaño y aumentando su cantidad.
- En la *tercera fase o Refino que consta de 60 celdas circulares (Foto 48)* se llega a alcanzar una ley de 90% al 93%.



Foto 46: Primera fase o Desbaste que consta de 40 celdas circulares



Foto 47: Segunda fase o Deslamado que consta de 60 celdas circulares



Foto 48: Tercera fase o Refino que consta de 60 celdas circulares

Al término de todo este proceso, pasan a las balsas de concentrado de flotación los tamaños de partículas de celestina comprendidos entre 100 μ y 10 μ , y se envían a las



balsas de estériles las partículas con tamaño inferior a $10\ \mu$. Los depósitos de estas balsas, una vez que se han secado, se trasladan a vertederos de inertes, no se utilizan para Restauración.

En las balsas de flotación la pulpa formada por celestina, con una ley del 90% al 93%, es removida con unos agitadores que rompen las espumas (**Foto 49**), y finalmente en la etapa de filtración, se termina de extraer toda el agua (**Foto 50**) y se obtiene como resultado el producto final del proceso: **CONCENTRADO DE CELESTINA** (**Foto 51**).



Foto 49: Pulpa de celestina, (ley del 90% al 93%), removida con unos agitadores



Foto 50: Extracción del agua de la celestina



Foto 51: Obtención del mineral de celestina

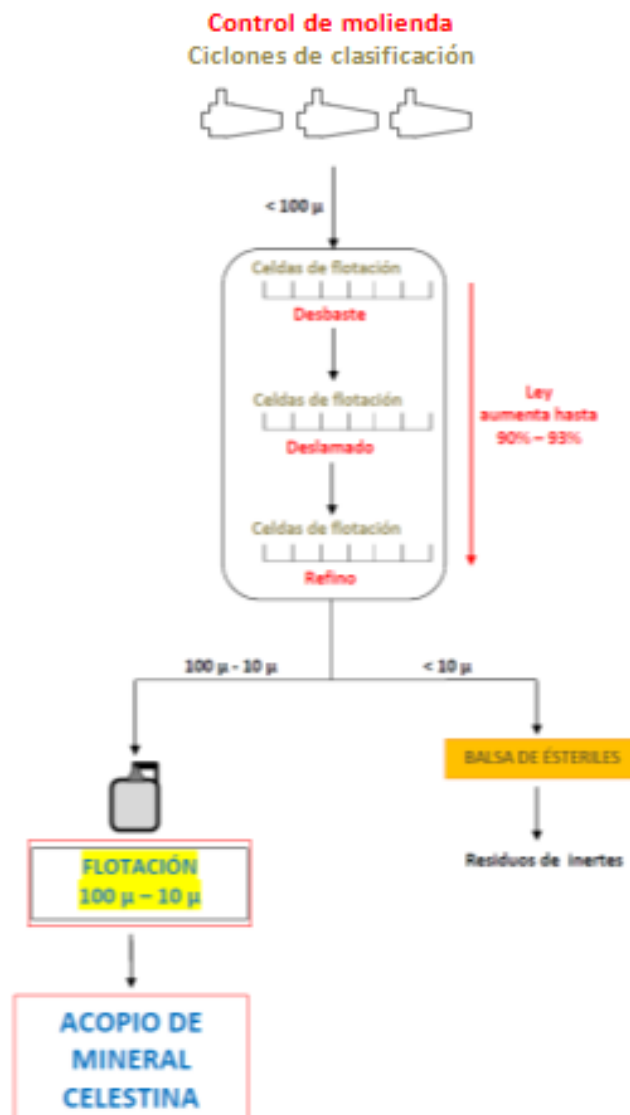


Este concentrado se transporta con una cinta transportadora hacia el lugar de los **ACOPIOS DEL MINERAL (Foto 52)**, que más tarde se trasladará mediante camiones hacia el puerto de Motril.



Foto 52: Zona de acopio del mineral

ANÁLISIS DE FLUJO EN LA LÍNEA DE FLOTACIÓN





7. DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR EN LA PLANTA DE CONCENTRACIÓN MINERAL.-

7.1. Primera etapa de desenlodado, trituración, clasificación y preconcentrado a través de medios densos.

A. Características de la tolva de recepción:

- Volumen: 30 m³.
- Parrilla de acero de 300 x 300 mm de luz de paso.
- Alimentación: 120 t/h.
- Densidad aparente: 1,8 kg/l. kg/mc³
- Volumen: 67 m³.

B. Características del Precribador:

Está colocado directamente debajo de la tolva de alimentación. Está dotado de bandejas de cribado construidas de barrotes de acero dispuestos longitudinalmente y con una separación que va aumentando progresivamente hasta llegar a la separación determinada. Pueden ir colocadas en uno o varios pisos, siendo el primero de ellos no cribante, sobre el que presiona la descarga de la tolva. Tiene capacidad para 120 t/h, aproximadamente.

- Tonelaje recibido: 120 t/m²/h.
- Factor de rechazo para un 40%: 1,1.
- Factor de la eficacia de cribado para un 95% de eficiencia: 0,75.
- Factor de la semidimensión (Δ): 1,12.
- Factor de humedad del todo-uno: 0,5.
- Factor para productos de formas muy irregulares: 0,7.
- Factor sobre la primera bandeja: 1.
- Factor cribas inclinadas: 1.

MODELO	PVC-300	VFG-6010
Dimensiones anchoxlargo, m	1,25 x 2,55	1,50 x 3,00
Superficie, m ²	3,20	4,50
Número de bandejas	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Producción, tn/h	300	800
Peso, Kg	4.600	8.400
Motor, CV	15	20



C. Características de las cintas o bandas transportadoras 500 3EP125-3015:

Se han seleccionado bandas normales de accionamiento sencillo, sin tambor de inversión para disminuir el número de cambios de flexión y así prolongar la vida de la banda.

Son de armazón textil (poliéster-nylon) compuesta de 3 capas de tejido superpuestas.

Los bastidores de las cintas transportadoras son los que soportan, por medio de rodillos abarquillados en artesa, el ramal superior y, por medio de los rodillos de retorno, el ramal inferior. Tiene un dispositivo de alimentación y otro de descarga.

Valores medios o estándar:

- Distancia entre rodillos superiores e inferiores: 1,2 y 2,4 m, respectivamente.
- Peso de los recubrimientos por cada milímetro de espesor: 1,2 kp/m².
- Accionamiento motriz en cabeza.
- Capacidad total: 80 t/h.
- Longitud: 16 m.
- Pendiente $\alpha = 4^{\circ}$.
- Carga: regular.
- Velocidad prefijada: 1,29 m/s.
- Forma: artesa 30°.
- Granulometría: 0 – 80 mm.
- Ancho de banda: 600 mm.
- Espesor del recubrimiento superior de goma: 30 décimas de milímetro.
- Espesor del recubrimiento inferior de goma: 15 décimas de milímetro.
- Peso de la carcasa: 4 kp/m²

Amplitud de Cinta (mm)	Longitud de Transmisión(m)/Potencia (kW)			Velocidad transportadora (m/s)	Capacidad (t/h)
400	≤12/2.2	12-20/2.2-4	20-25/3.0-7.5	1.25-2.0	30-60
500	≤12/3	12-20/3-5.5	20-30/5.5-7.5	1.25-2.0	40-80
650	≤12/4	12-20/4-5.5	20-30/5.5-11	1.25-2.0	80-120
800	≤10/4	10-15/4-5.5	15-30/5.5-15	1.25-2.0	120-200
1000	≤10/5.5	10-20/5.5-11	20-40/11-22	1.25-2.0	200-320
1200	≤10/7.5	10-20/7.5-15	20-40/15-30	1.25-2.0	290-480



D. Características de la machacadora de mandíbulas:

Machacadoras de Mandíbulas.				
MODELO	MSN635	MSN855	MSN1070	MSN1210
Tamaño de la boca de la machacadora, mm	600 x 350	800 x 550	1.000 x 700	1.200 x 1.000
Peso Neto, Kg	5.300	13.000	23.000	40.000
Motor, CV	40	75	125	180
Velocidad, rpm	325	300	260	230
Apertura de descarga, mm	Toneladas métricas por hora			
8	-	-	-	-
15	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	25-27	-	-	-
50	28-35	-	-	-
60	35-42	50-65	-	-
80	40-50	68-90	-	-
100	-	75-105	100-125	-
125	-	95-125	120-150	200-325
150	-	120-150	140-175	250-380
175	-	-	158-200	290-435
200	-	-	180-240	315-475
225	-	-	-	350-550
240	-	-	-	400-590

E. Características de la criba de clasificación:

Modelo	Tamaño de Rampa de Alimentación (mm)	Máximo Tamaño de Alimentación (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia del Motor (kW)	Peso (kg)	Dimensión Total (mm)
GZD750×2500	750×2500	300	50-80	3	1590	2580×1100×1400
GZD850×3000	850×3000	400	80-120	7.5	3895	3110×1800×1600
GZD960×3800	960×3800	500	120-210	11	4210	3850×1950×1630
GZD1100×4200	1100×4200	650	180-400	15	4850	4400×2050×1660
GZD1100×4900	1100×4900	650	220-460	15	5500	5200×2050×1700
GZD1300×4900	1300×4900	800	300-550	22	6680	5200×2350×1750
GZD1500×6000	1500×6000	950	500-850	30	9970	6160×2918×2292

F. Características del trómel desenlodador:

- Longitud del cilindro: 8.000 mm.
- Diámetro: 1.700 mm.
- Construido en chapa de acero de 15 mm, con 9 raíles de goma, quedando un espacio de 500 mm entre raíl y raíl, lo que da mejor lavado y mayor duración al cilindro.
- Con paletas de avance y paletas de descarga atornilladas para su fácil recambio.
- Tolva de entrada construida con chapa de acero y engomada, toda ella, con goma de espesor 13 mm.
- Cestillas de salida para quitar la arena y toda el agua sucia, construidas en UPN de 80, con tamices de goma.
- Telas de goma de la marca METSO-MINERALS.



- Una tolva de salida y recogida para dos cestillas de salida, una para la arena y otra para todo el resto, ambas en goma.
- Protección de los mecanismos siguiendo normas de “CE”.
- Bancada soporte de trómel construida en HEB de 180 con 10 ruedas de apoyo, 2 guías accionadas mediante 2 motorreductores TANDEM de doble eje de salida, y motor a 1.500 r.p.m de 25 CV cada uno, con acoplamiento elástico para mejor montaje y desmontaje. Los reductores pueden admitir hasta 40 CV.
- El cilindro está engomado con goma de 20 mm de espesor.
- Tornillería bricomatada 8.8.
- Ruedas de apoyo: 245-70-19.5. Presión: 7 kg/cm²

G. Características del molino de cilindros:

Modelo	Máximo Tamaño de Alimentación (mm)	Gama Ajustable de Salida (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia del Motor (kW)	Peso (t)	Dimensión Total (mm)
PYB600	65	12-25	20-40	30	5	2234×1370×1675
PYD600	35	3-13	12-23	30	5.5	2234×1370×1675
PYB900	115	15-50	50-90	55	11.2	2692×1640×2350
PYZ900	60	5-20	20-65	55	11.2	2692×1640×2350
PYD900	45	3-13	15-50	55	11.3	2692×1640×2350
PYB1200	145	20-50	110-168	110	24.7	2790×1878×2844
PYZ1200	100	8-25	42-135	110	25	2790×1878×2844
PYD1200	50	3-15	18-105	110	25.6	2790×1878×2844
PYB1750	215	25-60	280-480	160	50.3	3910×2894×3809
PYZ1750	185	10-30	115-320	160	50.3	3910×2894×3809
PYD1750	85	5-15	75-230	160	50.4	3910×2894×3809
PYB2200	300	30-60	490-800	260/280	80	4622×3302×4470
PYZ2200	230	10-30	200-580	260/280	80	4622×3302×4470
PYD2200	100	5-15	120-340	260/280	81.4	4622×3302×4470

H. Características del vibro agotador:

Está formado por un chasis compacto, a base de chapa plegada, perfiles estructurales y bancada soporte de vibradores. La colocación de hasta seis tamices en cascada, con inclinación progresiva y luces referidas a la proyección horizontal, permiten seleccionar las diferentes franjas granulométricas (separaciones granulométricas de hasta seis tamaños diferentes, en recorridos muy cortos). La máquina se excita mediante dos moto-vibradores que producen un movimiento lineal armónico, lo que permite una clasificación granulométrica de gran calidad. La aceleración que imprime el sistema vibrante junto con la inclinación de los tamices, evita la formación de capa en los mismos, mejorando por un lado, la calidad del cribado y evitando desgastes prematuros; presentando así mismo, un mejor comportamiento con materiales húmedos. El sistema de suspensión se realiza mediante resortes



trabajando a compresión, estudiados para conseguir un aislamiento de la vibración sobre la estructura portante, de orden del 95%.

Las principales características de esta máquina son las siguientes:

- Sistema de varios tamices en cascada para separaciones granulométricas de hasta seis tamaños diferentes.
- Cortes de separación desde 100 micras hasta 100 mm.
- Sistema de cierre contra polvo
- Fabricación en anchos de 500, 1000, 1500, 2000 y 3000 mm con un número de tamices de inclinación progresiva que pueden ir desde un solo piso hasta seis.
- Superficie de cribado desde 1 m² hasta 20 m².

7.2. Segunda etapa de molienda y concentrado por flotación para obtener un mineral final destinado a la venta.

A. Características del ciclón espesador:

Alimentación

153 m³/h. de pulpa

22,35% de sólidos

38 Tm/h. mineral

132 m³/h. de agua

Granulometría 0 – 2 mm

Under-flow

23 m³/h. de pulpa

6,5% de sólidos

21,85 Tm/h. mineral

11 m³/h. de agua

Granulometría 100 μ – 2 mm

Over-flow

127,75 m³/h. de pulpa

11,77% de sólidos

16,15 Tm/h. mineral

121 m³/h. de agua

Granulometría 0 – 100 μ

B. Características de los ciclones de la torreta:



Alimentación

143 m³/h. de pulpa

15,6% de sólidos

24 Tm/h. mineral

130 m³/h. de agua

Granulometría 0 – 100 μ

Under-flow

16,63 m³/h. de pulpa

66,01% de sólidos

15,54 Tm/h. mineral

8 m³/h. de agua

Granulometría 10 μ – 100 μ

Over-flow

126,7 m³/h. de pulpa

6,48% de sólidos

8,46 Tm/h. mineral

122 m³/h. de agua

Granulometría 0 – 10μ

C. Características de la tolva pulmón con el separador magnético:

Alimentación

273,44 m³/h. de pulpa

$\delta = 1,5 \text{ kg/l}$ de pulpa

54,185 m³/h. concentrado magnetita

$\delta = 2,65 \text{ kg/l}$ de magnetita

5 m³/h. de agua limpia

Under-flow

57,55 m³/h. de pulpa

$\delta = 1,28 \text{ kg/l}$ de pulpa

Over-flow

110 m³/h. de pulpa

$\delta = 1,005 \text{ kg/l}$ de pulpa

Separador magnético



57,55 m³/h. de pulpa

$\delta = 1,28 \text{ kg/l}$ de pulpa

54,185 m³/h. concentrado magnetita

$\delta = 2,65 \text{ kg/l}$ de magnetita

54,375 m³/h. de agua sucia

D. Características de los molinos de bolas:

- Alta tasa de trituración.
- Gran capacidad.
- Fácil operación, estable y confiable efectividad.
- Amplia aplicación.

Modelo	Rodillo de Molienda			Anillo de Molienda		Tamaño de Alimentación (mm)	Tamaño de Salida (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia del Motor (kW)	Dimensión Total (mm)
	Número (pcs)	Díámetro (mm)	Altura (mm)	Díámetro Externo (mm)	Altura (mm)					
3R1410	3	140	100	495	100	<8	0.613-0.044	0.15-1.2	14.1	3340×2200×3200
3R2115	3	210	150	726	150	<15	0.613-0.044	0.28-1.8	28.2	4480×3100×3970
3R2615	3	260	150	865	150	<15	0.613-0.044	0.35-2.8	35.7	5000×4100×4850
3R2715	3	270	150	884	150	<15	0.613-0.044	0.40-3.4	42.7	5050×4150×4900
3R3015	3	300	150	965	150	<15	0.613-0.044	0.45-3.7	55	5200×4200×4950
4R3016	4	300	160	990	160	<20	0.613-0.044	0.6-4.5	55	5250×5000×5500
4R3216	4	320	160	1073	160	<25	0.613-0.044	1.0-5.2	72.5	7700×7200×8800
5R4119	5	410	190	1400	190	<30	0.613-0.044	2.0-9.0	157.5	7900×8800×9650

E. Características de las celdas de flotación:

La máquina de flotación RCS es el diseño más reciente que utiliza el concepto de estanque circular y combina los beneficios de celdas circulares con las características únicas del mecanismo de Metso para crear las condiciones ideales para maximizar el rendimiento de flotación para las tareas de desbastado, limpieza y depuración.

Metso ofrece una gama completa de volúmenes de celda necesarios para modernas plantas de procesamiento de minerales con tamaños de celda que varían entre 0,8 a 200 m³.

1. Mecanismo de flotación:

El mecanismo de impulsión DVMR (Deep Vane) de aspa profunda protegido bajo patente, consiste en una disposición única de aspas verticales con cantos inferiores perfilados y un montaje de dispersión de aire.

El diseño del mecanismo produce un fuerte bombeo radial de lodo hacia la pared



de la celda y retorna fuertes flujos a su vez en el lado inferior del impulsor para minimizar el enarenamiento. En forma adicional, es el único mecanismo que proporciona una recirculación de lodos hacia la parte superior del impulsor. Las aspas del difusor vertical estimulan estos patrones de flujo radial y eliminan completamente la rotación de lodos en el estanque.

2. Aumento del rendimiento de flotación:

- Un máximo contacto partícula-burbuja en el interior del mecanismo y el estanque de flotación.
- Suspensión eficaz de sólidos durante la operación y resuspensión después de paralización.
- Dispersión y distribución efectiva del aire a través de todo el volumen de la celda.

3. Reducción de costos operativos:

- Mecanismo diseñado para minimizar las zonas locales de alta velocidad al interior del impulsor y del difusor para extender su tiempo de desgaste.
- Los impulsores y difusores se proporcionan en elastómeros de alta resistencia al desgaste o en poliuretano moldeado.
- El perfil del impulsor está diseñado para minimizar la potencia absorbida.

La recuperación máxima de flotación y rendimiento ha sido lograda a través de una cuidadosa atención al diseño del estanque:

- Una zona inferior muy activa para lograr óptima suspensión de sólidos y su transporte, diseñada para maximizar y crear múltiples contactos partícula-burbuja para la recuperación de la gama completa de tamaños de partículas presentes.
- Una zona superior con turbulencia reducida para evitar la separación partícula-burbuja en los tamaños mayores.
- Una superficie de celda estable para minimizar el rearrastre de partículas.

I. Características del diseño del estanque

- Concepto de estanque circular con bajos niveles de ingreso y salida de lodos para reducir la posibilidad de que se produzca un cortocircuito de éstos.



- Diseño de estanque modular para simplificar su construcción, transporte e instalación en el lugar de funcionamiento.
- Sobreestructura de la celda diseñada para sustentar en forma rígida el mecanismo de flotación y la transmisión, al mismo tiempo para sustentar tanto la plataforma del mantenimiento del sistema de transmisión como la pasarela que se extiende a lo largo de las celdas en el estanque de flotación. En cuanto a la aplicación de reglas ambientales, la parte superior se puede cerrar completamente para disminuir la salida de partículas ultrafinas hacia la atmósfera del concentrador.
- Solamente se necesita protección contra el desgaste en el área central de la base del estanque, no se necesita protección en la pared del estanque.



Figura 9: Celda de flotación RCS (Sistemas de Celda de Reactor)

II. Cajas de alimentación y descarga

- Las cajas de alimentación, intermedia y de descarga son estándar. Se han destinado válvulas de dardo para control de flujo aguas abajo a nivel de piso de la celda.

III. Manejo de la espuma

Cada uno de los estanques está provisto de bateas con paletas de flujo transversal para lograr una mínima distancia de transporte de espuma y posterior retiro de ésta.

- Ambas bateas se descargan hacia un lado de la celda para simplificar el manejo de la espuma.



- Se pueden instalar fácilmente placas de empuje para reducir los tiempos de permanencia de la espuma y aumentar la recuperación de partículas gruesas y depuración.

IV. Control de nivel

El nivel de control de la pulpa se realiza en forma convencional a través de válvulas de dardo operadas en forma neumática tipo flotante o por medio de sensor de niveles a pedido del cliente.

V. Facilidad de mantenimiento

- El mecanismo está completamente suspendido por la sobreestructura de la celda y puede retirarse con una unidad completa en el momento de realizar un mantenimiento de rutina.
- Las piezas de desgaste se pueden reemplazar dentro de la máquina de flotación sin necesidad de retirar el mecanismo.

VI. Control del aire

- El aire de flotación es provisto por un compresor separado.
- La tasa de aireación se controla de forma manual o automática.

VII. Sistemas de impulsión probados

- La transmisión de correa en V es estándar hasta un volumen de celda de 70 m^3 y está disponible hasta 130 m^3 .

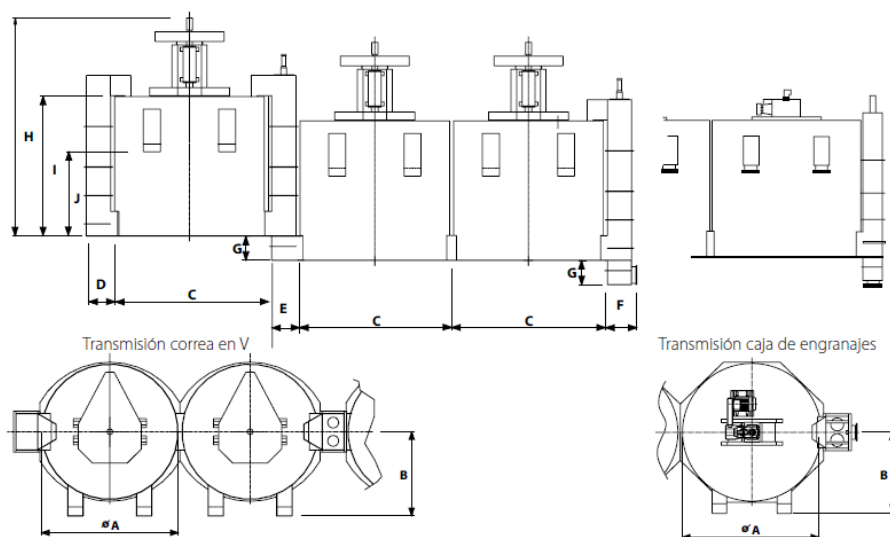


Figura 10: Esquema de la transmisión correa en “V”



Dimensiones de celda transmisión correa en V

		ØA*	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RCS	0,8	1100	770	1180	140	250	375	190	1790	1240	490
RCS	3	1700	1050	1800	285	300	425	250	2790	1810	1010
RCS	5	2000	1230	2100	425	450	575	250	3020	2080	1295
RCS	10	2600	1550	2700	425	450	575	350	3610	2450	1465
RCS	15	3000	1820	3100	550	600	700	400	3990	2840	1755
RCS	20	3250	2050	3350	550	600	700	450	4610	3060	1765
RCS	30	3700	2300	3800	650	700	800	600	5375	3440	2070
RCS	40	4100	2360	4250	650	700	850	700	5780	3850	2370
RCS	50	4500	2615	4650	675	750	875	750	6100	4190	2495
RCS	70	5000	2950	5150	900	1000	1100	800	6690	4615	2830
RCS	100	5600	3300	5800	950	1100	1150	900	7510	5210	3355
RCS	130	6100	3600	6300	1150	1300	1400	1000	8250	5650	3515
RCS	160	6500	3850	6700	1150	1300	1400	1100	8925	6125	3995
RCS	200	7000	4100	7200	1350	1500	1400	1200	9375	6575	4300

- La transmisión de la caja de engranajes con rodamientos de eje de rendimiento extendido y la construcción de pozo seco es estándar para volúmenes de celda sobre los 70 m³. Pequeñas cajas de cambios también están disponibles.

Dimensiones de celda transmisión caja de engranajes

		ØA*	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RCS	100	5600	3300	5800	950	1100	1150	900	6510	5210	3355
RCS	130	6100	3600	6300	1150	1300	1400	1000	6875	5650	3515
RCS	160	6500	3850	6700	1150	1300	1400	1100	7495	6125	3995
RCS	200	7000	4100	7200	1350	1500	1400	1200	8050	6575	4300

*Todas las dimensiones en mm

A= Diámetro de estanque

Especificaciones

		Volumen de celda ⁽¹⁾		Motor conectado ⁽²⁾		Requisitos de aire ⁽²⁾			
		m ³	ft ³	kW	hp	m ³ /min	kPag	Acfm	psig
RCS	0,8	0,8	28	5,5	7,5	1	11	35	1,6
RCS	3	3	105	11	15	2	17	70	2,5
RCS	5	5	175	15	20	3	19	110	2,8
RCS	10	10	355	22	30	4	22	140	3,2
RCS	15	15	530	30	40	6	25	210	3,6
RCS	20	20	705	37	50	7	27	250	3,9
RCS	30	30	1060	45	60	9	31	320	4,5
RCS	40	40	1410	55	75	10	34	350	4,9
RCS	50	50	1765	75	100	12	38	420	5,5
RCS	70	70	2470	90	125	15	41	530	5,9
RCS	100	100	3530	110	150	19	47	670	6,8
RCS	130	130	4590	132	200	23	51	810	7,4
RCS	160	160	5650	160	200	25	55	880	8,0
RCS	200	200	7060	200	250	30	59	1060	8,6

(1) Volumen efectivo (2) Por celda, lodo 1.35 S.G.



8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.-

El objetivo de la Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto de Explotación de la parte oriental de la Concesión de Explotación “SANTA LUCÍA”, consiste en idear las necesarias medidas correctoras para disminuir dicho impacto. Se realiza un resumen de las actuaciones y las modificaciones pertinentes, en cuanto a las superficies afectadas y parámetros considerados.

8.1. Identificación y valoración de impactos.

Aun realizándose con especial dedicación unas labores intensas de vigilancia y mantenimiento del medio en cualquier explotación minera, las actuaciones que en ella se producen conllevan una serie de alteraciones físicas que han de ser identificadas, con el fin de poder tomar las medidas oportunas en contra de sus desarrollos individuales y globales.

Los impactos se clasifican en:

- Muy Bajos (8 - 43)
- Bajos (44 -148)
- Medios (149 - 415)
- Altos (416 - 559)
- Muy Altos (559 – 602).

Clima.-

La construcción de algunos tipos de infraestructuras puede tener efectos sobre el clima de la zona en donde se construyan. Estas alteraciones pueden ser de dos tipos:

- cambios microclimáticos en los alrededores de la zona debido a la distinta refractancia del mineral bruto respecto a la superficie original y a la destrucción de la vegetación.
- modificaciones mesoclimáticas generadas por la creación de pasillos entre valles y el efecto barrera de ciertas infraestructuras, que inducen modificaciones en el régimen local de los vientos.

También hay que indicar, que los cambios microclimáticos y, en especial, los mesoclimáticos pueden ocasionar efectos secundarios sobre los ecosistemas.

Entrando en el caso particular de este proyecto, se puede eliminar en principio cualquier tipo de modificación mesoclimática, puesto que actividad a realizar no representa ninguna modificación importante en el régimen local de vientos.



Respecto a posibles cambios microclimáticos en los alrededores como consecuencia de la diferente refractancia del mineral bruto respecto a la superficie original y a la destrucción de la vegetación, se puede eliminar tal posibilidad, dado el tipo de proyecto que es, no se va a afectar ninguna masa arbórea. Por su parte, el mineral y el que se utilizará para la restauración tiene unas características físicas muy semejantes al tipo de terreno presente en el lugar, por lo que su grado de refractancia debe ser muy similar.

De esta manera es de prever, que al no haber cambios micro y mesoclimáticos de importancia, no habrá efectos secundarios sobre el ecosistema, ni sobre otras áreas adyacentes.

De todo esto se puede concluir que el impacto de la explotación sobre el clima del área de estudio tendrá un efecto nulo.

Atmósfera.-

Los receptores básicos de la contaminación atmosférica son el hombre, los animales y la vegetación. Así, puede promover la existencia de ecosistemas más o menos adversos, lo que se traduce, en alteraciones del equilibrio poblacional y trófico. Esto indica que, en condiciones de contaminación atmosférica, si existe perturbación de la vegetación, aparecen cambios en la fauna que soporta.

Básicamente los efectos de esta explotación sobre la atmósfera se producen por la emisión de partículas sólidas y polvo, provocada por los vientos a medio plazo cuando parte del material se vaya secando, del tráfico de maquinaria pesada y, en menor grado, de la construcción y mantenimiento de las pistas de acceso.

En virtud del Anexo I del Reglamento de la Calidad del Aire se ha de considerar a esta actividad extractiva como potencialmente contaminadora de la atmósfera, ya que la emisión de polvo se incluye como contaminante en dicha relación:

- * Anhídrido sulfuroso y otros compuestos de azufre,
- * Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno,
- * Monóxido de carbono,
- * Sustancias orgánicas y, en particular, hidrocarburos, con exclusión del metano,
- * Metales pesados, y compuestos de metales pesados,
- * Polvo, amianto (partículas en suspensión y fibras), fibras de vidrio y fibras minerales,
- * Cloro y compuestos de cloro,
- * Flúor y compuestos de flúor.



El núcleo de población más cercano es Escúzar. Los frentes de explotación más cercanos se encontrarán a más de 200m de las últimas viviendas de la localidad.

Si además se considera el viento como principal agente de transporte de las partículas en suspensión, puede considerarse aún menor el impacto. Como ya se ha explicado en el capítulo dedicado a la climatología, la dirección predominante del viento es S-N. Teniendo en cuenta que Escúzar se sitúa al oeste de la concesión se puede desestimar que le afecte estas emisiones de forma importante. Respecto a la posibilidad de malos olores, estos no se producirán, teniendo en cuenta el tipo de actividad que se va a desarrollar.

El único proceso que puede producir efectos negativos sobre la atmósfera es la generación de polvo en suspensión debido a los arrastres producidos por el viento cuando parte del material se seque. No obstante, tras la restauración del espacio afectado este impacto desaparecerá.

Por ello, el impacto se puede calificar como efecto negativo, temporal, simple, directo, reversible, recuperable, periódico, discontinuo con un impacto compatible, de efecto mínimo y a corto plazo.

Otra fuente de polvo fugitivo es la que se produce con la circulación de los camiones a través de los caminos y rampas de alrededor de la explotación. El paso de los vehículos repercute en las emisiones de polvo, bien creando flujos de aire con capacidad para despegar del suelo las partículas de polvo, bien transportando pequeñas cantidades de barro que se adhieren a los neumáticos y que se van depositando a lo largo del trayecto con tal suerte que, tras su secado, se desintegran generando polvo.

No obstante, esta acción quedará minimizada al utilizar los carriles engravillados existentes que comunican la explotación con la planta y la baja frecuencia de uso de los mismos, y desaparecerá cuando se abandone el territorio.

El acceso a la futura zona de explotación se realiza a través de un camino existente al sur a más de 600m de la localidad de Escúzar y que queda encerrado por las alturas de los Cerro de la Cruz de la Atalaya, además de encontrarse asfaltado en su mayor parte.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad media-baja, con extensión puntual de acción inmediata y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible de manera inmediata al cesar la actividad.

Contaminación acústica.-

Al igual que en el caso de la calidad del aire, los impactos de las emisiones sonoras se producen sobre otros componentes del medio físico y social, aunque para prever estos



impactos sea necesario estimar los niveles sonoros que pueden producirse con motivo de la puesta en marcha de la explotación.

Las acciones más importantes en este caso, que pueden producir contaminación acústica son las propias labores de extracción. Es necesario hacer notar que influye en gran medida la densidad de población del área que va a ser afectada por la actividad, por lo que existirá un mayor impacto en aquellas áreas de mayor concentración de población que en las zonas de menor concentración de población.

Los focos de ruidos más significativos de las instalaciones son exclusivamente:

- **Motores de combustión de maquinaria móvil.**

En las revisiones periódicas de estos equipos se pondrá especial atención a fin de que el nivel máximo de ruido sea inferior al determinado en el Decreto 326/2003 Reglamento Contra la Contaminación Acústica de la Junta de Andalucía.

Teniendo en cuenta la escasa densidad de población de la zona y la lejanía de las instalaciones mineras a las poblaciones cercanas se puede estimar que el impacto se atemperará en gran medida. Incluso la propia topografía de la zona favorece la disminución del posible impacto sonoro, ya que el relieve alomado de la zona hace que el efecto se atenúe.

Por otro lado, para el transporte del mineral a la planta desde la explotación se realizará por medio de camiones y teniendo en cuenta la alternancia en las zonas de explotación no se aumentará el nivel sonoro.

Además de los resultados obtenidos en el Estudio Acústico realizado a tal efecto se pone de manifiesto que los trabajos de explotación propuestos por Solvay Minerales, S.A. en esta parte de la CDE Santa Lucía **NO SE SUPERARÁN** los niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones establecidos en la Tabla 3 del Anexo I del Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. Por tanto, no procede la ejecución de medidas correctoras.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión puntual de acción inmediata y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible de manera inmediata al cesar la actividad.

Geología y geomorfología.-

Las alteraciones que se pueden producir en estos componentes del ecosistema son fundamentalmente tres: Aumento de los riesgos de inestabilidad de las laderas, aumento de



la erosión y, por último, destrucción de yacimientos paleontológicos o de puntos de interés geológico.

El aumento del riesgo de desprendimientos o deslizamientos está motivado por la sobreexcavación del macizo rocoso al eliminar las masas inferiores en cota que sostienen el mineral. A tal efecto se ha realizado un Estudio de Estabilidad de Taludes donde se establecen los requerimientos mínimos de anchuras de bermas, altura de taludes y pendientes de los taludes para asegurar la estabilidad del macizo rocoso.

La adecuación de los taludes a las medidas de seguridad previstas evitará estos fenómenos y, consecuentemente, disminuirán las posibilidades de accidentes laborales y/o naturales.

La estabilidad de los taludes está garantizada por la propia estructura del macizo rocoso, puesto de manifiesto por el estudio geotécnico realizado sumado a que el nivel freático se encuentra muy por debajo de la cota más baja de explotación.

El aumento de la capacidad erosiva viene como producto de dos procesos diferentes:

1. Capacidad erosiva de las aguas en la vaguada en caso de lluvias torrenciales, debido a la facilidad que muestran las zonas llanas para el arrastre de partículas por circulación de aguas.

En este caso, se producirá un cambio en las líneas de la topografía, que podrá incrementar, aunque de forma poco importante, la acción erosiva de las aguas.

Por tanto, el impacto se puede estimar como efecto negativo, permanente, simple, directo, reversible, recuperable, irregular, continuo con un impacto compatible de efecto mínimo y a corto plazo.

2. La eliminación de la cubierta vegetal favorece el arrastre de partículas sólidas por las aguas de escorrentía, especialmente en el caso de lluvias torrenciales.

Teniendo en cuenta que la explotación se realiza sobre una zona con muy baja densidad de vegetación este proceso mantendrá el mismo vigor que actualmente, cuando se produce por causas naturales.

Por ello, el impacto se puede estimar como efecto negativo, permanente, simple, directo, reversible, recuperable, periódico, continuo con un impacto compatible de efecto mínimo y a corto plazo.

La cuantía del impacto que se puede generar sobre los puntos de interés y los yacimientos paleontológicos dependen en gran medida de su importancia, por ello es extremadamente necesario preservarlos y evitar cualquier tipo de impacto sobre ellos.



En la zona de ubicación propuesta no se va a producir la destrucción de ningún tipo de yacimiento geológico de interés, con la consiguiente pérdida que esta pudiera originar. Es decir el impacto es nulo.

La geomorfología del terreno se verá afectada y modificada por las labores de explotación. El principal efecto sobre la geomorfología lo constituye las variaciones puntuales de las pendientes consecuencia de las operaciones derivadas de la eliminación de la masa mineralizada. Las variaciones de las pendientes se localizan en todo el área de explotación. No obstante, este impacto se puede desestimar puesto que los huecos se regenerarán tras la restauración y los terrenos se integrarán en la geomorfología de la zona, creándose una forma alomada similar al relieve circundante.

Con respecto a la Geología la ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión parcial de acción inmediata y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible de manera inmediata al cesar la actividad, mientras que frente a la Geomorfología no existe afección de la ejecución del Proyecto a este Factor su impacto es nulo.

Hidrología superficial y subterránea.-

Las acciones del proyecto que ocasionan impactos en la hidrología superficial y subterránea son varias: La construcción de infraestructuras, desviación temporal o permanente de caudales, impermeabilización de superficies, erosión hídrica debido al movimiento de tierras, arrastre de las partículas y contaminantes provenientes de las emisiones atmosféricas, vertidos accidentales, etc. Todas ellas pueden producir cambios en la calidad de aguas, en los caudales, o en los flujos de circulación.

La parte Este de la Concesión de Explotación Santa Lucía que se pretende poner en explotación está limitada al Oeste por la Cañada de Santa Lucía y por el arroyo de la Fuente de la Taza al este. Estos cursos fluviales forman parte de la cuenca hidrográfica del arroyo del Salado.

Tanto el barranco de Santa Lucía como el arroyo de Fuente de la Taza son cursos de carácter efímero, que solo llevan agua de manera esporádica, después de aguaceros de cierta importancia, normalmente de tipo tormentoso. Ambos cauces fluviales nacen en la Sierra de Pera, discurriendo paralelos en dirección aproximada N-S, hasta que se fusionan en un solo cauce en las proximidades de la Malá donde desembocan en el Arroyo Salado.

La posibilidad de inundaciones derivadas de avenidas o de colmataciones debidas al alto índice de compacidad de las cuencas será el único factor a tener en cuenta en la valoración



del impacto sobre la explotación minera. No obstante las secciones de desagüe calculadas para ambos cauces no llegarían a los límites de la Explotación para el periodo de retorno considerado de 500 años.

La explotación minera no ocupa ningún cauce por lo que este riesgo pasará a ser de muy poca importancia.

El resto de cauces de la zona no sufrirán ningún tipo de afección, por lo que sobre ellos el impacto del proyecto es nulo.

Respecto a la escorrentía superficial que se produjera sobre el área de la explotación cuando llueve, se puede considerar que su tasa se mantendrá casi invariable. Por un lado, el material de la misma está compuesto por yesos y carbonatos de similar comportamiento hidrológico que los materiales del entorno, y por otro lado, la superficie de la explotación no es lo suficientemente grande como para inducir cambios sustanciales en los volúmenes de agua de escorrentía.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción inmediata y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible de manera inmediata al cesar la actividad.

Con respecto a la hidrología subterránea o hidrogeología, los impactos que puede tener la explotación minera son los siguientes: pérdida de calidad del agua subterránea; interrupción de flujo de aguas subterráneas; afección de acuíferos; afección a áreas de recarga de acuíferos.

Como se expuso anteriormente, la explotación minera se realizará sobre materiales parcialmente permeables de características acuíferas y conectadas con el acuífero salobre meridional.

La alteración del régimen de caudales subterráneos está motivada por la percolación de fluidos desde la estructura hasta los acuíferos. Teniendo en cuenta las características de la explotación y las medidas de seguridad establecidas en el Plan de Explotación no existirá peligro de comunicación con los acuíferos por lo que el impacto será muy bajo.

La posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas se debe al vertido de sustancias tóxicas procedentes de la maquinaria de explotación. No obstante, la maquinaria de explotación que se utiliza cumple la normativa referente a cambios de aceites y lubricantes. Siguiendo el Método de Castillo Martín, A. (1980), se puede determinar la vulnerabilidad del acuífero evaporítico ante una afección procedente de la zona de la explotación. Dicho método establece cuatro parámetros:



- **Afectabilidad:** Este concepto hace referencia al impacto, en relación con la superficie del acuífero potencialmente contaminable, es decir, la superficie del acuífero afectado aguas abajo del punto de vertido del contaminante. Teniendo en cuenta la situación de la explotación con el acuífero, en la escala nula (0), baja (1), media (2), alta (3), sería media (2).
- **Poder de autodepuración:** Sería tanto el poder de autodepuración, como el tiempo empleado por el contaminante en llegar a la franja saturada, siendo directamente proporcionales a la potencia del espesor no saturado del acuífero, y al contenido medio en minerales de la arcilla presentes. En este caso no existe una franja saturada en las rocas evaporíticas afectadas por la posible contaminación, por lo que teniendo la misma escala anterior, sería igualmente nulo.
- **Velocidad de propagación y dispersión del contaminante:** Este parámetro es proporcional al gradiente hidráulico, la transmisividad y la permeabilidad de los materiales acuíferos. En este caso se tendría un valor bajo (1).
- **Posibilidad de descontaminación:** La peligrosidad del vertido dependerá también de la posibilidad de una actuación descontaminante. Generalmente la acción descontaminante se hará mediante el bombeo del agente contaminante, o mediante la inyección de disolventes, complejantes, etc., por lo que dependerá de la permeabilidad horizontal y la velocidad de propagación. En este caso se tendría una posibilidad media. En este caso, la escala se invertiría, correspondiendo un 1.

Para una caracterización global de la peligrosidad al vertido o vulnerabilidad a la contaminación de las aguas en un punto, bastaría con atribuirle el valor cualitativo correspondiente a cada uno de los cuatro criterios de evaluación anteriormente expuestos.

De forma muy aproximada, y atendiendo a la valoración global de los criterios de evaluación comentados, puede caracterizarse la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas de un punto cualquiera de la superficie del acuífero de la forma siguiente: 0 a 1 nula; 2 a 3 baja; 4 a 6 media; 7 a 9 alta; 10 a 12 extremadamente alta.

De esta manera aplicando el método a la zona en cuestión, se obtiene:

$$V = \text{Afectabilidad} + \text{Autodepuración} + \text{Dispersión} + \text{Descontaminación} \quad (17)$$

$$V = 2 + 0 + 1 + 1 = 4$$

Es decir, tendría una vulnerabilidad de media a baja.



La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción a corto plazo y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible a corto plazo al cesar la actividad.

Edafología.-

Las afecciones sobre suelos se concretan, por un lado con relación a la destrucción directa o variación de las características edáficas por la construcción de la edificación y los movimientos de tierras y, por otro lado, respecto a la acumulación de una serie de contaminantes transmitidos por vía atmosférica o por vía hidrológica, a través de los arrastres de las aguas de escorrentía.

De ellos, el primer tipo de afección es el más importante y su magnitud está en función de las superficies destruidas y de la calidad edáfica de las superficies ocupadas.

Con respecto a la contaminación de suelos, los principales agentes son los metales pesados y los vertidos accidentales de aceites e hidrocarburos.

En la zona de explotación la ocupación de suelo se produce por la excavación a realizar y por la construcción de las pistas y taludes.

En este caso particular la importancia de la pérdida de la capa edáfica es alta, aunque es muy pobre.

La inducción de variaciones en las características edáficas de los suelos de los alrededores se puede deber a las operaciones de explotación que provocan la generación de elementos finos y polvo con su posterior puesta en suspensión y acumulación.

Serían efectos sinérgicos, aunque de escasas consecuencias ya que el material pulvígeno es de la misma naturaleza que el de la roca madre que genera los suelos, no produciéndose así variaciones en las características químicas de los mismos.

Respecto a la alteración en la distribución de los distintos horizontes que conforman el suelo en su proceso de retirada previa a la explotación del material, debe tenerse en cuenta la escasa potencia del mismo y su pobre calidad, por lo que no existen una serie de horizontes edáficos bien desarrollados. Por tanto se puede desestimar completamente este impacto.

A pesar de la pobreza de la capa edáfica, antes de la explotación del mineral, se procederá a su retirada y acumulación en zonas preparadas a tal efecto de aquellas áreas donde aún no se ha actuado, de forma que pueda volver a ser usada en la posterior restauración paisajística de la misma, o de la que se abandone.



El otro elemento a tener en cuenta, es la posible contaminación de suelos por escape de aceites minerales e hidrocarburos de los camiones y maquinaria usada en la mina. Aunque, obviamente los mismos se producirán, y la superficie afectada difícilmente podrá recuperarse, el escaso volumen en que se producirá, dado la poca maquinaria que utilizará la explotación minera, hace disminuir su importancia.

Además, este peligro desaparecerá, en el momento en que deje de funcionar la explotación minera, por lo que se debe de considerarlo como temporal.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción a corto plazo y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible a corto plazo al cesar la actividad.

Vegetación.-

Los impactos sobre la vegetación pueden ser directos, o indirectos a través de otros componentes del ecosistema, como atmósfera, aguas y suelos.

La explotación minera implica la desaparición de las comunidades vegetales del área que esta ocupe. La magnitud del impacto depende de las superficies ocupadas y del valor de las comunidades vegetales. Esta afección a la vegetación puede ocasionar la desaparición de especies endémicas muy localizadas.

El acúmulo de material pulvígeno procedente del funcionamiento de la explotación sobre la vegetación de los alrededores puede dificultar el desarrollo normal de sus necesidades vitales. El aumento de los niveles de inmisión puede ocasionar daños en la vegetación, tanto por presencia de necrosis (daños visibles) como clorosis y descensos en la productividad. Esto sería un efecto sinérgico.

Los cambios micro y mesoclimáticos pueden tener efectos a medio plazo sobre la vegetación, afectando en el segundo caso a áreas extensas.

La interceptación de los cursos fluviales y acuíferos superficiales puede también acarrear consecuencias en la vegetación freatófila, produciendo una pérdida de humedad en el substrato y afectando especialmente las praderas juncuales y formaciones análogas.

Finalmente, otros impactos secundarios pueden entenderse como un incremento del nivel del riesgo. Entre ellos destacan los incendios y los efectos del pisoteo. Ambos se producen por el aumento de frecuentación. Los ecosistemas mediterráneos son especialmente sensibles por su escasa cobertura vegetal y el prolongado periodo de sequía.

Con relación al proyecto minero de referencia, se ha de indicar que el principal impacto se producirá por la destrucción directa de la vegetación. El tipo de vegetación existente en la



zona, escasa y muy degradada por la acción antrópica, está compuesta esencialmente por pastizales y tomillares desarrollados sobre celestina con escasos elementos gipsícolas, y en menor medida en la parte norte y al este por cultivos de almendros de escaso porte.

Los niveles de inmisión tampoco deben alcanzar niveles preocupantes, con lo que se elimina otro impacto posible.

Tampoco se va a afectar a ningún tipo de vegetación freatófila, puesto que no se afecta a cauces.

Por último, respecto a los riesgos de incendios y de pisoteo de las comunidades vegetales de la zona, se puede estimar que su incremento será despreciable, además de poco importante teniendo en cuenta la vegetación existente en la zona.

A pesar de todo, se debe de tener en cuenta que tras el abandono de la explotación y la restauración de la misma, ésta superficie volverá a ser conquistada por la vegetación, como ya se puede observar en áreas limítrofes ya restauradas.

Será necesario en el proyecto de Restauración establecer la regeneración de los hábitats más vulnerables, especialmente los espatales donde aparezcan elementos gipsícolas.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción a corto plazo y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible a medio plazo al cesar la actividad.

Fauna.-

La fauna puede verse afectada por varios motivos, destacando el efecto de corte que se produce en sus movimientos; los cambios de hábitat por modificaciones en otros sistemas como pueden ser suelos, agua y vegetación; la erradicación o pérdida de zonas de reproducción y/o alimentación; el incremento de la frecuentación, que produce molestias en zonas de reproducción; y, el aumento de la caza y/o furtivismo.

El efecto de corte se produce debido a la movilidad de la fauna, ya que muchas especies utilizan diferentes zonas del territorio para efectuar sus ciclos vitales, bien diarios, bien estacionales.

Otra forma de afección es por destrucción o cambio de hábitat, bien sea directamente por la construcción, bien indirectamente a través de la vegetación, suelos y agua. Las especies faunísticas muestran una selección de hábitat característico, por lo que la modificación de éste supone la desaparición de ciertas especies o una disminución de sus poblaciones. Se debe tener muy en cuenta cuando se trata de poblaciones aisladas o de interés científico.



Los enclaves de reproducción, comederos, puntos de reposo durante las migraciones, pueden ser abandonadas o deteriorarse.

Finalmente, el aumento de accesibilidad genera un aumento de la frecuentación humana por los alrededores y normalmente un incremento de la presión cinegética, ya sea legal o ilegal, con las consecuencias que sobre las poblaciones de determinadas especies puede tener esta actividad.

En este caso concreto, la escasez de población faunística que vive en la zona atempera bastante el impacto que pudiera causar el proyecto.

La alteración de los hábitats vegetales, puede obligar a desplazamientos de las especies animales, debido al mayor vacío faunístico, especialmente para los reptiles, o a concentración de especies o individuos, motivados por la explotación.

Dado el poco espacio que ocupa la explotación, se debe eliminar de principio el peligro de corte de los movimientos de la fauna, así como el peligro del cambio del hábitat por modificaciones en otros sistemas, como suelo, agua y vegetación.

En la zona de influencia de la mina tampoco se han detectado enclaves de reproducción, comederos o puntos de reposo durante las migraciones, con lo que también se elimina el peligro de impacto sobre estos elementos.

Por último, dado que no se va a aumentar la comunicabilidad de la zona con el pueblo de Escúzar u otros cercanos, se puede desestimar que se vaya a aumentar la frecuentación humana de la zona.

Después de ejecutarse la restauración paisajística del lugar, este impacto desaparecerá y la fauna recuperará su espacio natural.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción inmediata y temporal. No presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible de manera inmediata al cesar la actividad.

Paisaje.-

La explotación minera puede suponer un impacto paisajístico elevado puesto que su diseño puede introducir líneas discordantes con las formas onduladas del terreno; además, se produce un contraste cromático con el entorno ya sea por la presencia de zonas desnudas de vegetación o por el color del propio mineral.

El alcance de las alteraciones está relacionado con la capacidad de absorción del paisaje, que depende de diversos factores biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, etc.) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, etc.).



También se ha de tener en cuenta el número de observadores, existiendo un mayor impacto a mayor número de espectadores.

La apertura de una mina provoca variaciones en el paisaje mediante la inclusión de elementos novedosos extraños al mismo (plaza de explotación, taludes, planta de tratamiento, naves y pistas).

En este caso concreto, el paisaje actual se encuentra fuertemente antropizado, con alturas alomadas, sin fuertes pendientes, y con la típica serie de vegetación de estadios degradados. Por ello, se puede considerar que la zona donde se continuará la explotación existente tiene suficiente capacidad para absorber los cambios que se produzcan en él.

La gran distancia a la que se encontrarían los principales puntos de observación con suficiente número de observadores (carretera comarcal C-340), atempera el impacto visual. A la vez, a favor jugaría la propia topografía del lugar que lo ocultaría en todas las direcciones, salvo hacia el sur en donde la densidad de población es aún menor, casi nula. Sin embargo la corta distancia a la localidad de Escúzar hace que la incidencia visual sea muy elevada, especialmente para los habitantes de pueblo. Sin embargo la cercanía al oeste de la misma explotación y la explotación inmediata de las zonas más próximas con su restauración minimizarán el impacto.

Por último, se debe reiterar que en esta continuación de la explotación minera no va a necesitar construir nuevas plantas de tratamiento, naves o pistas. Además, los materiales usados para la restauración serán cromáticamente iguales a los materiales preexistentes, por lo que pasará desapercibida. Incluso, considerando que se restaurará el lugar mediante la plantación de almendros, se puede considerar que el proyecto tendrá un efecto final positivo sobre el valor estético del lugar después de las medidas correctoras.

La ejecución del Proyecto tendrá un efecto negativo, de intensidad baja, con extensión muy local de acción a corto plazo y temporal. Presenta la posibilidad de incorporar medidas correctoras y es reversible a medio plazo al cesar la actividad.

Población.-

La realización de un proyecto concreto puede originar una alteración en el medio socioeconómico. Las principales alteraciones que tienen lugar sobre la población son las siguientes:

Alteraciones sobre la estructura demográfica: Básicamente se produciría por fenómenos migratorios, tanto por llegada de mano de obra desde otros puntos geográficos, como por la emigración desde el pueblo.



En este caso, difícilmente se producirá algún tipo de movimiento migratorio, ya que la explotación minera planteada no requerirá ningún tipo de aporte ajeno de mano de obra.

En este sentido se puede clasificar el impacto como un impacto nulo.

Distribución espacial de la población: Puede inducirse un cambio en la residencia de una población, formándose nuevos núcleos, incrementarse o disminuir la importancia de otro, etc.

Por la misma razón anterior, en principio, no deberá originar ningún cambio en la actual distribución espacial de la población, dada su situación respecto las poblaciones cercanas.

Por ello se puede calificar el impacto nuevamente como nulo.

Alteraciones en la población activa: El inicio de una actividad económica puede suponer la creación o destrucción de un conjunto de empleos, lo cual puede alterar la distribución por sectores de la población activa y la tasa de desempleo.

Al tratarse de la continuación de la explotación minera no se crearán ni se destruirán puestos de trabajo. Por ello se puede considerar el impacto como nulo.

Alteraciones sobre la salud: Pueden ser originadas por el incremento en los niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos o por el incremento de ruidos, o por la creación de situaciones antihigiénicas.

La actividad minera propuesta no va a suponer en ningún caso el incremento de forma peligrosa de la contaminación atmosférica o sonora, dado la distancia de la misma a los núcleos de población más cercanos, su discontinuidad en el tiempo, el cual no representa ningún riesgo ni para los trabajadores de la explotación ni para la población en general.

Por ello el impacto sería nulo.

Recursos culturales.-

Las construcciones de algunas infraestructuras pueden suponer un riesgo para el patrimonio histórico y cultural de una sociedad.

La ejecución del Proyecto no afectará al Patrimonio puesto de manifiesto en el entorno del proyecto. Sin embargo la puesta en valor de lo hallado y su conservación generará un impacto de carácter positivo a largo plazo y permanente en el medio.

Economía.-

Al igual que en el medio social, en la economía de una región puede producirse un impacto por la construcción de algún tipo de infraestructura o por el inicio de alguna actividad.



Respecto al sector primario, la puesta en marcha de una mina puede originar la pérdida de tierras, así como alteraciones en la actividad agropecuaria y forestal de la zona.

En este sentido, la superficie ocupada por la explotación minera no supondrá pérdida alguna de superficie explotada, ni alteración en la explotación de tierras adyacentes en la actividad agropecuaria y forestal.

La ejecución del proyecto generará un impacto positivo de baja intensidad y carácter inmediato con una duración indeterminada en el tiempo de carácter permanente.

8.2. Valoración global.

La valoración de los impactos se ha realizado de manera cuantitativa utilizando una matriz de impactos de doble entrada similar a la de Leopold pero modificada por Gómez Orea 1.988 y especialmente aplicada a proyectos mineros y siempre sobre la base de la Legislación Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

La Valoración Global del Proyecto SANTA LUCÍA antes de las Medidas Correctoras es de -69, lo que implica un Impacto Negativo de baja intensidad. La **Tabla XIV** muestra la valoración global desglosada de cada uno de los factores considerados.

IMPACTO GLOBAL	
Clima	0
Atmósfera	-15
Contaminación Acústica	-10
Geología	-14
Geomorfología	0
Hidrología	-8
Hidrogeología	-12
Edafología	-11
Vegetación	-9
Fauna	-8
Paisaje	-8
Población	0
Recursos Culturales	12
Economía	14
Impacto Global	-69

Tabla XIV: Valoración global desglosada antes de aplicar las medidas correctoras

8.3. Propuesta de medidas correctoras.

Clima.-

Como ya se ha explicado anteriormente, el proyecto no ocasionará impacto alguno sobre el clima, por lo que no es necesario tomar medida correctora alguna sobre el tema.

Atmósfera.-



Sobre este elemento ambiental, si se va a producir impacto. De esta manera se recomiendan tomar las siguientes medidas correctoras:

Se regarán los accesos a la zona de trabajo, sobre todo en época estival, a fin de reducir al máximo el levantamiento de polvo. El criterio decisorio para proceder a las tareas de riego será la observación "a visu" de las cantidades de polvo acumuladas en la vegetación aledaña a la explotación en un radio de 50 metros.

Se procurará que durante la obra toda la maquinaria, de excavación y transporte, cuente con los obligados elementos correctores de la emisión de gases a la atmósfera; asimismo, se controlará el mantenimiento técnico de los motores.

Mantener la velocidad máxima permitida dentro del área de actuación en un nivel no superior a 30 km/h, de forma que no se gaste mucho combustible, y por ende no se emita a la atmósfera.

Contaminación acústica.-

Aunque después de la realización del Estudio de Previsión de Impacto Acústico realizado a tal efecto, **NO SE SUPERARÁN** los niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones establecidos en la Tabla 3 del Anexo I del Decreto 326/2003, de 25 de noviembre a continuación se exponen las medidas que se recomienda acometer, todas ellas complementarias a las tomadas frente a la atmósfera:

1. No realizar trabajos fuera de los horarios laborables habituales, ni en días festivos.
2. Limitación de la velocidad de conducción en la explotación y en el acceso a la explotación a 30 km/h.
3. Se procurará que toda la maquinaria, de excavación y transporte, cuente con sus correspondientes silenciadores homologados y en perfecto uso.
4. Revisiones periódicas técnicas, tanto de la maquinaria de transporte como de la de extracción y de tratamiento de material, encaminadas al afianzamiento de piezas sueltas que fomenten la producción de ruidos.
5. Allanado y mantenimiento en buenas condiciones del carril de acceso a la zona de trabajo, medida que además evita sufrimientos excesivos y posteriores averías en la maquinaria de transporte.
6. Controlar que la maquinaria usada cumple el límite de emisiones ruidosas, marcada por el Reglamento de Calidad del Aire.

Geología y geomorfología.-



Las medidas correctoras a realizar son las siguientes:

1. El proyecto técnico de explotación deberá establecer las pendientes de los taludes y las cargas admisibles máximas del terreno en previsión de posibles deslizamientos o colapsos gravitatorios.
2. Inmediata revegetación tras la restauración para disminuir la tasa de erosión de las pendientes y crear una vegetación arbustiva similar a la de los alrededores.

Hidrología superficial y subterránea.-

La explotación minera no ocupa ningún cauce por lo que este riesgo pasará a ser de muy poca importancia. El resto de cauces de la zona no sufrirán ningún tipo de afección, por lo que sobre ellos el impacto del proyecto es nulo. Sobre la Hidrología subterránea este es el principal componente del medio ambiente afectado por la mina, dado que se realiza sobre la zona de recarga del acuífero salobre.

Las medidas a tomar en cuenta son:

1. Tener el máximo de cuidado en que no se produzcan vertidos accidentales de aceites minerales u otros compuestos contaminantes.
2. No realizar trabajos por debajo del nivel freático.

Edafología.-

Las medidas a desarrollar son las siguientes:

1. Se procederá a la retirada de la tierra vegetal de las zonas a ocupar por las obras de explotación y a su posterior acopio en montículos menores de metro y medio de altura, en forma de cordón lateral a la plaza de cantera. Se procederá al mantenimiento de las características edáficas que conserve sometiéndola a cuidados periódicos consistentes básicamente en la siembra de leguminosas y aportes de estiércol, con el fin de evitar la alteración del ciclo normal de los compuestos nitrogenados y la pérdida de microorganismos.
2. No afectar durante los movimientos de tierra a más superficie edáfica de la estrictamente necesaria.
3. Las tareas de restauración paisajística de la explotación aprovecharán la capa edáfica primitiva. Siembra inmediata en el sustrato edáfico reutilizado, a fin de evitar posibles lavados por agua de lluvia.
4. Los cambios de aceites y lubricantes de los materiales se realizarán en talleres adecuados para ello, y nunca en el lugar de la obra.



Vegetación.-

Las medidas correctoras propuestas son las siguientes:

1. Afección mínima a la vegetación de la zona, y en especial a los cultivos de los terrenos próximos y los hábitats de interés prioritario desarrollados sobre yesos.
2. Preparación de un banco de semillas en la zona de acopios del suelo retirado que será supervisado por equipo de la Universidad de Granada que seguirá el proceso de revegetación de manera periódica. Esta zona servirá asimismo como base para suministrar las especies autóctonas del matorral gipsícola que se usarán en la revegetación de los huecos de la explotación y de la escombrera.
3. Inmediata plantación de vegetación arbustiva tras la restauración morfológica del terreno.
4. Riegos periódicos para evitar la afección pulvígena a la vegetación.

Fauna.-

Las medidas a tomar son las siguientes:

1. Controlar que no se produzcan accidentes sobre los animales del entorno.
2. Evitar restos y residuos que puedan ser contaminantes y provoquen la mortandad en la fauna de la zona.

Paisaje.-

Las medidas a tomar son las siguientes:

1. La restauración paisajística de la explotación es la principal medida correctora de este componente medioambiental. En esta restauración se deberá cuidar que las formas orográficas resultantes sean similares a las anteriores a la explotación minera.
2. Inmediata plantación de los almendros y vegetación arbustiva en la superficie restaurada empezando por la zona más próxima a la localidad de Escúzar.

Población.-

Las medidas correctoras serían:

1. Contratar de manera prioritaria a trabajadores del pueblo.
2. Se obligará a los camiones a circular por los carriles de acceso a la explotación a velocidades inferiores a 30 Km/h, hecho que incide en una menor producción de polvo y ruidos.



3. Mantenimiento de un buen estado de higiene del área de trabajo.
4. Toda el área de trabajo ha de ceñirse a las normas vigentes de seguridad minera y de higiene y seguridad laboral.
5. Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la explotación.

Recursos culturales.-

Como en ningún caso van a ser dañados, no se estima necesario tomar ninguna medida correctora al respecto.

Se señalará de manera clara el yacimiento arqueológico detectado y no se realizarán sobre él labores algunas de explotación.

Economía.-

Las obras deberán ser contratadas a empresas del término municipal donde se van a realizar o a empresas que ya estén trabajando en esta comarca, en la medida de lo posible.

8.4. Valoración global tras las Medidas Correctoras.

Aplicando el mismo método usado en las matrices individuales para la valoración del impacto para cada factor considerado, la Valoración Global después de aplicar las Medidas Correctoras es de -15 en el intervalo de – 602 y 602.

La **Tabla XV** muestra la valoración global desglosada de cada uno de los factores considerados después de la aplicación de las Medidas Correctoras.

IMPACTO GLOBAL	
Clima	0
Atmósfera	-8
Contaminación Acústica	0
Geología	-8
Geomorfología	0
Hidrología	0
Hidrogeología	-8
Edafología	-9
Vegetación	-8
Fauna	-8
Paisaje	8
Población	0
Recursos Culturales	12
Economía	14
Impacto Global	-15

Tabla XV: Valoración global desglosada después de aplicar las medidas correctoras



8.5. Programa de vigilancia ambiental.

El Programa de Vigilancia Ambiental asociado a cualquier proyecto que incida sobre el medio ha de conformar un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras, correctoras o compensatorias contenidas en el estudio de impacto ambiental.

Es necesario tener en cuenta que las explotaciones mineras a cielo abierto son estructuras sólidas con márgenes de seguridad altos por lo que es necesario mantener inspecciones periódicas sobre las mismas para poder subsanar a tiempo los problemas que se planteen.

Objetivos de control.-

Los objetivos básicos que ha de cumplir el Programa de Vigilancia Ambiental serán:

- Asegurar la adecuada aplicación de las medidas correctoras y protectoras establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental.
- Determinar la eficacia de esas medidas de protección ambiental.
- Adoptar nuevas medidas correctoras ante la ineficacia de las diseñadas en el Estudio de Impacto Ambiental o ante la aparición de afecciones al medio ambiente no previstas.

Metodología.-

La implantación y puesta en funcionamiento del Programa de Vigilancia Ambiental, requiere una planificación sistemática y detallada de la metodología que deberá seguirse con objeto de garantizar el correcto desarrollo del proceso de ejecución de dicho programa, y se concreta en las siguientes etapas:

- **Desarrollo del sistema.** Deberá establecer los objetivos y la metodología a seguir. Este proceso supone la definición del Plan de Vigilancia propiamente dicho, y es objeto de este apartado del Estudio de Impacto Ambiental.
- **Implantación y ejecución.** Esta fase se concreta, básicamente, en un examen que conlleva análisis, comprobaciones y confirmaciones prácticas y procedimientos que conducen a una verificación. Presenta contenidos distintos en las fases explotación y restauración, debido a las diferentes labores que se realizarán en esas fases, componentes del medio afectado, características de los impactos ambientales posibles y personal implicado.



- **Interpretación.** Consiste el procesado y análisis de los resultados obtenidos una vez finalizada la recogida de datos. Esta información se reflejará en informes periódicos normalizados que serán puestos a disposición de las Administraciones competentes.
- **Retroalimentación del proceso de control.** Los resultados pueden servir para modificar los objetivos iniciales, de forma que según sean las conclusiones desprendidas de la evaluación, el desarrollo del sistema de control se modifica permitiendo cambios en él según las tendencias observadas, tanto en los impactos producidos como en las medidas preventivas o correctoras.

Necesidades de datos para los objetivos de control.-

Los datos que se han de tomar para controlar la explotación son los siguientes:

- Aparición de zonas muertas de vegetación por exceso de polvo.
- Observación de fauna sensible en el área del proyecto.
- Escorrentías hacia los barrancos inferiores por roturas de las bermas de control.
- Deslizamientos en los frentes de explotación.
- El buen funcionamiento de los drenajes de la plaza de cantera y frentes de explotación, así como en los acopios.
- Las pendientes y cunetas de los accesos.

En cuanto a las propias operaciones del funcionamiento de la explotación se habrán de tomar las siguientes medidas de control:

- Volúmenes extraídos de material a lo largo del tiempo.
- Pendientes de los bancos de extracción.
- Volúmenes vertidos.
- Altura de los bancos.
- Datos climatológicos, en especial de vientos del sector de la explotación.

En cuanto a las operaciones de restauración se habrán de tomar las siguientes medidas de control:

- Correcto mantenimiento de los acopios de tierra vegetal.
- Seguimiento por parte de personal de la Universidad de Granada del Banco de semillas autóctonas.
- Pendientes finales siguiendo el proyecto de restauración.



- Control de la preparación del terreno para la revegetación y seguimiento de la restauración.
- Control de las escorrentías en las zonas restauradas.

Contenido del plan de vigilancia ambiental.-

La implantación y ejecución de las medidas correctoras corresponderá a la dirección facultativa de la explotación minera, que contará en su caso con la asistencia de personal técnico cualificado. El programa de vigilancia ambiental comprende cuatro aspectos básicos que se desarrollan a continuación.

1. **Conocimiento de la situación preoperacional del medio**, que se ha abordado en el Estudio de Impacto Ambiental.
2. **Seguimiento de las medidas correctoras**. El control afectará a aquellas medidas correctoras y protectoras que se han establecido con un carácter momentáneo y puntual y que se pondrán en práctica durante la ejecución de los trabajos de explotación.

Los resultados de este programa permitirán adoptar las medidas necesarias para lograr el efectivo cumplimiento de aquellas medidas correctoras que no se estén llevando a cabo conforme a lo establecido en el estudio de impacto ambiental.

En cada momento, la valoración de la información que aporte el seguimiento de las medidas correctoras, y por tanto del nivel de cumplimiento de las mismas, se realizará, para los distintos sistemas del medio ambiente implicados, mediante los siguientes indicadores:

Medidas previstas (Nº y descripción).

Medidas necesarias (Nº y descripción).

Medidas ejecutadas (Nº y descripción).

Medidas no ejecutadas (Nº y descripción).

Nivel de afección: (% Medidas necesarias/ Medidas previstas).

Nivel de cumplimiento (% Medidas necesarias/medidas ejecutadas).

3. **Seguimiento de las actividades y afecciones bajo control**. Se verificará que las actividades se desarrollan de la forma más adecuada según se indica en las medidas correctoras. El control anual de los efectos que ocasionará la explotación proyectada sobre el medio se llevará a cabo mediante el registro de las variables e indicadores que, siguiendo el esquema empleado en la descripción de las medidas correctoras, se relacionan a continuación:



Atmósfera. Registro cada tres años (la vida de la explotación es de diecinueve años) de los valores de inmisión para partículas sedimentables.

Aguas. Control de afecciones a la red hidrográfica menor. Control abastecimiento de agua.

Suelo. Cuantificación de la superficie ocupada por las diferentes actividades. Cuantificación de suelo retirado y control de suelo acopiado.

Vegetación. Cuantificación de la superficie vegetal desmantelada.

Fauna. Verificación de posible afección a hábitats fauna terrestre.

Paisaje. Control de la introducción elementos ajenos. Seguimiento de la evolución del paisaje mediante la elaboración de reportajes fotográficos periódicos.

Gestión de residuos. Se establecerá un registro documental de los diferentes tipos de residuos que se generen durante las labores de explotación y restauración. Este registro incluirá, al menos, las cantidades producidas, su destino final y, en el caso de los residuos peligrosos, identificación del gestor autorizado.

Labores de restauración. Se efectuará un seguimiento y cuantificación de los trabajos de restitución topográfica, acondicionamiento de superficies y restauración vegetal y paisajística. Se controlarán las superficies perfiladas y el éxito de las siembras y plantaciones llevadas a cabo.

Otras incidencias.

Datos e información sobre programas ya existentes.-

La existencia de un programa específico de la propia Consejería de Economía e Innovación sobre la problemática, existencia y control de las explotaciones mineras, hace que se lleven a cabo los sistemas y medios para reducir dicha problemática.

- Seguimiento del plan de restauración por parte de personal técnico del Departamento de Minas.
- Seguimiento de la evolución de los cauces previsiblemente afectados, si los hubiera por parte del personal de la Agencia Andaluza del Agua y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Seguimiento por parte del personal técnico y científico de la Universidad de Granada de la revegetación natural.

Análisis de viabilidad.-



Sobre la vegetación, medio hídrico, paisaje y características de estabilidad serán llevados a cabo mediante la observación por el Director Facultativo de la explotación y el encargado de la misma con una periodicidad establecida por el pliego de condiciones de mantenimiento establecidas en el proyecto constructivo. El presupuesto de estas actividades no se contempla ya que queda dentro de los trabajos de la Dirección Facultativa y del Plan de Seguridad de la propia empresa.

Propuesta para la realización de informes periódicos.-

La existencia de un Proyecto de Explotación de una explotación como la presente lleva implícito un documento sobre el proyecto de restauración donde se refleja el programa de inversiones con las labores proyectadas, dará la oportunidad para que tanto el Departamento de Minas como la Consejería de Medio Ambiente., puedan seguir en períodos relativamente cortos (un año) el cumplimiento del Proyecto de Restauración Medioambiental elaborado en un principio.

No obstante a lo anteriormente indicado los resultados que aportarán las variables e indicadores relacionados en los apartados anteriores serán procesados y analizados para la elaboración de otros informes, cuyo contenido y frecuencia se señalan a continuación:

- Informes previos. Antes del inicio de los trabajos de explotación “C.D.E. Santa Lucía” se confeccionará un informe que recogerá la siguiente información:
 - o Situación administrativa de las diferentes autorizaciones que requiere el proyecto.
 - o Identificación de la empresa contratada para la gestión de residuos peligrosos.
 - o Aspectos más importantes del Plan de Labores.
- Informe final. Este informe se elaborará al finalizar de la explotación para corroborar que se han tomado en cuenta las indicaciones de las medidas protectoras y preventivas así como que la restauración se ha venido llevando a cabo simultáneamente además de indicar el estado actual de la explotación y el control que de los residuos generados se ha llevado a cabo durante la explotación. Se comprobará asimismo, el desmantelamiento de cualquier elemento provisional y la limpieza de cualquier resto material o residual que pudiera haber. Los resultados de la aplicación de las medidas se deberán haber ido incorporando en el apartado correspondiente del Plan Anual de Labores.



Incluirán una valoración de la eficacia, estado y evolución de las medidas correctoras propuestas y copia de las determinaciones analíticas que en su caso se lleven a cabo.

- Informes especiales. Los informes especiales se redactarán cuando se presenten circunstancias o sucesos excepcionales que conlleven un deterioro ambiental o situaciones de riesgo.

9. PLAN DE RESTAURACIÓN.-

9.1. Definición de los parámetros de la explotación.

a. Accesos y pistas interiores.

El acceso a la explotación se realizará desde la planta de tratamiento de Solvay situada al oeste de Escúzar por el camino de Ventas de Huelma. Antes de llegar a la localidad de Escúzar Knauf y Solvay han construido una pista que partiendo de este camino se dirige al sur bordeando la Cruz de la Atalaya y el propio pueblo hasta el Barranco de Cantarranas. De esta forma se elimina el paso de vehículos pesados por el pueblo y los impactos sonoros ya que las elevaciones de la Cruz de la Atalaya individualizan el acceso.

Los accesos a bancos se irán conformando según necesidades y con los mismos criterios que el acceso general. No obstante las características serán las siguientes:

- Las pendientes longitudinales medias de las pistas no deberán sobrepasar el 10 por 100, con máximos puntuales del 15 por 100.
- En los accesos a los tajos u otros casos especiales se podrá superar este límite siempre que un vehículo, en las condiciones reales más desfavorables, pueda arrancar y remontarlos a plena carga, pero en ningún caso la pendiente sobrepasará el 20 por 100. Los vehículos o máquinas que circulen por estos tramos deberán adoptar medidas específicas de seguridad.

b. Plataformas de trabajo.

Durante el desarrollo de la explotación se generarán plataformas de trabajo cada dos futuras bermas de talud resultante. Su anchura y fondo permitirán una eficaz maniobrabilidad en las operaciones de carga al dumper del todo-uno, además de



disponer de suficiente superficie para los acopios provisionales de todo-uno y su selección.

c. Altura y taludes de bancos y bermas.

La configuración de los frentes de explotación de la cantera se realizará en forma descendente mediante la formación de bancos ataluzados. El diseño de los bancos en explotaciones a cielo abierto, en cuanto a anchura y altura de los mismos, depende fundamentalmente de dos factores, por un lado el tipo de maquinaria que ha de trabajar en ellos y por otro el sistema de arranque que se emplee.

En el caso del sector C de la CDE Santa Lucía, dado que los bancos se irán abandonando a medida que se avance en la explotación, la anchura de estos será de cinco metros, con objeto de suavizar la pendiente general de la explotación. Así mismo, la altura o distancia vertical entre bermas de dos bancos consecutivos no será superior a siete metros.

Se formarán bermas horizontales que separen entre si los taludes de dos bancos consecutivos. La conformación de estas bermas se hará en concordancia con la orografía final que se pretende restaurar. La anchura horizontal de cada berma será de la mitad de la altura del banco (5 metros), y no inferior a la necesaria para permitir la fácil maniobrabilidad de la maquinaria.

d. Rechazo de estériles.

Al tratarse de un afloramiento sin recubrimientos, donde no se hace necesario los desmontes, los únicos estériles de la explotación, corresponden al porcentaje de yesos intercalados entre los paquetes de celestina que se cifran en un 15% del total de las reservas explotables. Además de los estériles que se producirán en la planta de flotación.

La cuantificación de estos materiales es la siguiente:

• Reservas todo uno en volumen:	4.240.000 m ³
• Rechazo en cantera 15% en volumen:	636.000 m ³
• Rechazo en Preconcentrado 32% en volumen:	1.153.280 m ³
• Rechazo en Flotación 55% en volumen:	1.347.896 m ³
○ Balsa Estériles 60%:	808.737 m ³
○ Restauración 40%:	539.158 m ³



Por lo tanto el volumen total de material estéril o de rechazo disponible para la restauración (sin esponjamiento) será:

$$\text{Volumen rechazos} = \text{Cantera} + \text{Preconcentrado} + \text{Flotación} \quad (18)$$

$$\text{Vol.res} = 636.000 \text{ m}^3 + 1.153.280 \text{ m}^3 + 539.158 \text{ m}^3 = 2.328.438 \text{ m}^3$$

9.2. Medidas necesarias para evitar o reducir las emisiones.

Corresponde a las medidas adoptadas en el diseño de las labores de extracción así como las aplicadas durante la realización de las labores encaminadas a disminuir las afecciones ambientales.

a. Vibraciones y ruido.

Las características de la explotación hacen que las mayores vibraciones se produzcan durante las labores de arranque y tratamiento del material.

No obstante, las vibraciones generadas durante estas operaciones no son importantes y serán absorbidas por al propio terreno.

En la explotación diseñada la emisión de ruidos procederá del funcionamiento de los equipos de arranque, carga y transporte como fuentes móviles e intermitentes.

Se prevé que los mayores niveles sonoros serán producidos por los camiones a su paso por las carreteras vecinas, si bien serán puntuales y de ámbito reducido y no mayores que los que puedan provocar los propios vecinos en sus quehaceres diarios.

Los resultados del estudio acústico realizado establecen que los niveles de ruido emitidos al exterior por las labores de explotación proyectadas no superan en su valores de L_{Aeq} durante los periodos de predicción (horario diurno) los niveles máximos admisibles en L_{A10} en cuanto a la emisión de ruidos establecidos en la Tabla 2 del Anexo III del Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra contaminación acústica en Andalucía.

Los niveles de ruido que se alcanzarán en las fachadas de las edificaciones más próximas a la explotación serán inferiores a 55 dB A en horario diurno por lo que no superan los límites establecidos en la Tabla 3 del Anexo III relativa a niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones, del Decreto 326/2003.



Como conclusión de este informe las labores de explotación diseñadas no superan los límites máximos permitidos en cuanto a la emisión de ruido aéreo para zonas industriales (según la distribución zonal de los márgenes de la carretera) establecidos en el Decreto 326/2003 de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra contaminación acústica en Andalucía, no siendo necesaria la inclusión de medidas correctoras adicionales.

En las revisiones periódicas de estos equipos se pondrá especial atención a fin de que el nivel máximo de ruido sea inferior al determinado en el Decreto 326/2003 Reglamento Contra la Contaminación Acústica de la Junta de Andalucía.

b. Emisión de polvo.

Los focos de emisión de polvo más significativos son:

- a) Operaciones de carga, transporte, descarga y transferencia del material.
- b) Movimiento de las máquinas.
- c) Acción del viento sobre superficies cubiertas exteriormente por partículas finas.

En cumplimiento al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, ITC 07.1.04, Trabajos a Cielo Abierto, Lucha Contra el Polvo, una vez que se inicie la explotación, se deberá presentar anualmente un Plan de Labores en el que se incluya un estudio en que se detallen los niveles de polvo medidos así como los medios utilizados en estas mediciones.

Las medidas correctoras van encaminadas a conseguir que el nivel de emisión de partículas sólidas a la atmósfera no deba superar los 150 mg/Nm³.

La cantidad de polvo generado en cada una de las actividades de la cantera, se establece de la siguiente forma:

- Labores de arranque y carga. Generación estimada de polvo: 25 g/Tm removida.
Producción diaria: 343,99 m³ = 619,18 Tm.

Para evitar la formación de polvo en el tajo de trabajo, se procederá al riego de la zona al dar comienzo la jornada de trabajo manteniéndose durante dicha jornada el terreno con la humedad suficiente para que, no interfiriendo las labores, se mantengan los niveles mínimos de emisión a la atmósfera.



- Transporte interior. Pistas y plaza de cantera. Generación estimada de polvo: 160 g/km recorrido. Longitud pistas transitables: 8 Km.

Con objeto de limitar en la medida que sea posible la emisión de partículas de polvo al paso de los camiones durante el transporte interior, se procederá al vertido de agua en las pistas mediante camiones cuba con sistema de riego.

Se limpiarán periódicamente las pistas con objeto de limitar la acumulación de las partículas más finas.

c. Vertidos líquidos.

Las necesidades de la explotación de agua son las siguientes:

- Riego de las pistas interiores.

Diariamente, y antes del inicio de la jornada de trabajo se procederá al riego de las pistas de la cantera con objeto de limitar la emisión de partículas de polvo a la atmósfera.

Teniendo en cuenta la longitud de las pistas, la anchura, y el tipo de material de las mismas, se estima que para mantenerlas en un estado aceptable de trabajo, será necesaria una cantidad de agua de 30 l/m.

Teniendo en cuenta una longitud de pistas de 8.000 m el volumen de agua necesario en una jornada de trabajo será:

$$8.000 \text{ m} \times 30 \text{ l/m} = 240.000 \text{ l/día.}$$

Si se consideran 240 días de trabajo al año y un coeficiente de corrección de días lluviosos de 0,75 el consumo anual será de:

$$240 \text{ m}^3/\text{día} \times 240 \text{ días/año} \times 0,75 = 43.200 \text{ m}^3/\text{año.}$$

Riego del frente de trabajo.

Se prevé que será necesario el riego de la zona de extracción debido al bajo grado de humedad natural que presenta el material, por lo que se destinará a este concepto una cantidad de agua que estará en torno a los 20 m³/día.

$$20 \text{ m}^3/\text{día} \times 240 \text{ días} = 4.800 \text{ m}^3/\text{año.}$$

- Consumo del personal.



Se han considerado para este cálculo 16 operarios con un consumo de

$150 \frac{l}{día}$ y 240 *jornadas de trabajo* el *gasto se establece en* $576 \frac{m^3}{año}$.

Los consumos del personal se realizan en las instalaciones de Solvay.

El agua tanto para el consumo humano como para las instalaciones proviene de un sondeo propiedad de la entidad. El agua necesaria en el proceso de la planta de tratamiento como para el riego de pistas es reciclada y recirculada al circuito suponiendo aproximadamente el 90 % del consumo. El agua para consumo humano es analizada periódicamente.

d. Vertidos sólidos.

La ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, no es de aplicación a los residuos resultantes de la extracción de recursos minerales, los regulados en la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

En la actividad proyectada se han considerado:

Los residuos, asimilables a residuos sólidos urbanos, generados por el personal durante su estancia en la explotación que transportarán diariamente a las instalaciones de Solvay donde se ponen a disposición del Municipio.

Los aceites usados generados en las labores de mantenimiento de la maquinaria, incluyendo los recipientes y envases vacíos que hubieran contenido dichos residuos, tienen la consideración de residuos peligrosos, por lo que, conforme a lo establecido en la Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la Gestión de Aceites Usados, se pondrán a disposición de gestor autorizado. Para ello el titular ya está inscrito como pequeño productor de residuos peligrosos de la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, y dar cumplimiento a las medidas administrativas que le son de aplicación.

e. Medidas contra incendios.

En relación con el R.D. 2267/2004, que aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales, y dado que las materias primas a consumir, como el producto elaborado, son incombustibles, incluyendo sus almacenamientos, la carga de fuego ponderada obtenida aplicando lo previsto en esta norma da un nivel de riesgo bajo, unido a la configuración que presenta la del establecimiento, no hace



necesario condiciones especiales de protección.

Se instalarán extintores móviles de espuma seca de capacidad y eficacia acorde a los elementos a proteger a razón de uno por cada máquina móvil.

9.3. Medidas previstas para la rehabilitación del espacio natural afectado por la explotación.

Una vez definido el medio físico donde se encuentra el paraje de la Fuente del Cristo y las Aguillillas, y el sistema de explotación adoptado, se trata de diseñar el conjunto de obras que una vez realizadas contribuyan a que las zonas afectadas por la actividad minera se integren dentro del medio donde se encuentran.

El plan de restauración va encaminado a restituir las zonas afectadas por la actividad minera realizada.

El diseño de las labores de restauración está integrado por el conjunto de trabajos a realizar desde la cota base hasta la parte más elevada afectada.

De esta manera el conjunto de labores a realizar se distribuyen en los capítulos siguientes:

- Remodelación de taludes.
- Movimiento de tierras.
- Transporte de las mismas a las zonas previstas.
- Revegetación.

Además es necesario llevar un calendario de seguimiento y control durante la ejecución de las obras y después de las mismas para asegurar el éxito del programa de restauración previsto.

a. Justificación del proyecto de rehabilitación. Objetivos.

Como se ha descrito la actividad extractiva produce unas alteraciones y efectos sobre el medio. Fundamentalmente afecta al suelo y a la ecología (vegetación), aspectos estéticos (material geológico y paisaje) y contaminación (polvo y ruidos). Debido a esta disminución de calidad ambiental, es necesaria la confección del presente Proyecto de Restauración; que tendrá como principales objetivos los siguientes:

- Que durante la fase de explotación, las afecciones que se produzcan al medio sean las mínimas necesarias, únicamente las emanantes de la propia extracción



del recurso, con diseño de la explotación y empleo de los medios disponibles que generen los menores impactos.

- Que la superficie afectada será rehabilitada e integrada en el medio natural, tanto en la fase de explotación, como al cese de la actividad extractiva.

b. Remodelado de terrenos: acondicionamientos de huecos de explotación.

Se han considerado tres fases de explotación correspondientes a las tres zonas de trabajo donde se han cuantificado los recursos. En la **Tabla XVI** se establece la duración de cada una de las fases de explotación definidas.

ÁREA C	SUBÁREA	VOLUMEN (m ³)	DENSIDAD MEDIA	CANTIDADES (Tm) 50%	AÑOS EXPLOTACIÓN
	C.1	1.297.442	2	2.594.884	6,12
	C.1	1.523.481	2	3.046.962	7,19
	C.1	1.419.077	2	2.838.154	6,69
TOTAL		4.240.000	2	8.480.000	20,00

Tabla XVI: Duración de las fases de explotación

Por lo tanto se establecen tres fases de restauración asociadas a cada una de las fases de explotación.

El proceso de restauración es un proceso continuo y a partir del final de los primeros años de explotación ya se realizarán labores de restauración consistentes en el relleno de los huecos de la explotación con los estériles generados en la planta de flotación.

Sólo en la fase final de cada una de las fases de explotación, se procederá a la ejecución de labores de adecuación del hueco de explotación. Estas labores consistirán en completar el relleno de los huecos de la explotación, finalización de la adecuación topográfica y el extendido de la tierra vegetal y de la mejora.

Con anterioridad al acondicionamiento de superficies para la restauración se procederá a la retirada de la maquinaria, a la demolición de la obra civil o la retirada de acopios que pudieran existir sobre ella.

La maquinaria a utilizar en la restauración final será una pala cargadora sobre ruedas KOMATSU 380 y un buldócer tipo CAT D-3



c. Procesos de revegetación.

- Objetivos de la revegetación.

Entre las diferentes medidas que se pueden poner en marcha para controlar los procesos erosivos destacan los métodos biológicos, consistentes en la implantación de una cubierta vegetal protectora, adaptada en cada caso al entorno ambiental. Ésta cubierta contribuye a estabilizar las partículas del suelo en forma de agregados; éstos forman una red de poros en el sustrato que facilitan la absorción del agua, y otros poros más pequeños que facilitan la retención del agua necesaria para el mantenimiento de la cubierta vegetal, así como de determinados microorganismos e invertebrados.

La vegetación que suele emplearse en una fase inicial de cualquier proceso revegetativo está compuesta por gramíneas y/o leguminosas, debido a su rápido crecimiento y a la capacidad de retención de suelo que presentan. De todas formas, resulta conveniente implantar desde el inicio especies de mayor porte para que aprovechen las condiciones creadas por las anteriores contribuyendo a darle estabilidad al sistema.

Con la revegetación prevista se pretenden obtener los siguientes beneficios:

- Mejorar la calidad del entorno ambiental.
- Reducir el aporte de sedimentos.
- Recrear ecosistemas naturales.

Como resumen, indicar que con la revegetación del área se pretende procurar una mayor cobertura vegetal, contribuir a afirmar los materiales sueltos y mejorar la calidad paisajística. La restauración vegetal tendrá especial consideración en recuperar y ampliar los matorrales gipsícolas (plantas con preferencia por los suelos o rocas yesosos o yesíferos) presentes en el entorno.

- Labores de preparación de la superficie.

Una vez determinado el inicio de la restauración y tras retirada de maquinaria, instalaciones o acopios si existieran se procederá al reperfilado y nivelación adecuada de superficies que se realizará con buldózer o tractor agrícola con traílla. Esta unidad se cuantifica en m³; en la fase final ya se ha determinado la cuantía de estas labores, y en el resto de fases se cuantificará la superficie total de la fase por 0,5 m de espesor.

Estas superficies serán niveladas con pendiente adecuada, descendente hacia el norte en forma general y en detalle hacia los lugares indicados en los planos, de tal manera que se facilite la evacuación de las aguas. En los lugares determinados para la evacuación



de la escorrentía se realizarán pocetas de decantación y resguardos contra la erosión. El coste de ejecución de las cunetas y las pocetas de decantación, dado su reducido volumen y la no necesidad de obras especiales, se consideran incluidas en las operaciones anteriores de reperfilado.

- **Extendido de tierra vegetal abonados y enmiendas.**

En total de las fases de restauración la cantidad de material edáfico a emplear corresponde a 2.328.438 m³.

El material edáfico está constituido por:

- Finos procedentes de la explotación: se estiman en el 70% del total y no necesitan ser acopiados, puesto que pueden proceder de los generados en el momento de su utilización o en el periodo inmediatamente anterior.
- Tierra vegetal, se estima en el 30%: tendrán que permanecer acopiados, en el periodo entre el desbroce de la superficie de la que proceden y su utilización.

Las condiciones de acopio de tierras vegetales para su posterior reutilización y que condicionen las características de sus acopios son:

- Que la altura de los acopios no sea superior a 1,5m.
- Que se les puedan realizar labores de mantenimiento, desbroces y luchas contra la erosión.
- Que no se produzca apelmazamiento por el tránsito de maquinaria sobre los acopios.

Con la maquinaria que se dispondrá en la explotación (retroexcavadoras de más de 5 m de brazo), podrían disponerse los acopios en caballones de sección trapezoidal de 10 m en la base superior, 7 m de coronación y 1,5 metros de altura. La sección equivalente sería de 12,75 m². En cada lado de los caballones se dispondrán calles de 4 m de ancho (sin rellenar), por tanto el ancho de influencia de cada cordón sería de 14 m y la relación entre m³ de acopio y m² de superficie será de $12,75/14 = 0,9$.

Los acopios de estos materiales generados en el área C1 se realizarán en la parte más septentrional de la zona de explotación. Se ha diseñado un área de 4.500 m². Esta zona nunca será afectada por la explotación y se encuentra al norte del acceso a la explotación de esta zona. A partir del año 7 se utilizarán en la restauración vegetal de la zona C1.



Los acopios de tierra vegetal generados en el área C2 se colocarán al norte y al oeste de las zonas de explotación, comenzando por los generados en la zona C2-1 que se acopiarán al oeste y siguiendo con los generados en la zona C2-2 situados al oeste y norte y los de la zona C2-3 al norte.

Se ha previsto una superficie de 12.600 m². Esta zona nunca será afectada por la explotación y se encuentra al norte y este de los accesos a esta zona de explotación. A partir del año 14 se utilizarán en la restauración vegetal de la zona C2.

Los acopios de tierra vegetal generados en el área C3 se colocarán al norte del acceso general a esta zona de explotación situada al oeste de la misma. Se ha previsto una extensión de alrededor de 10.000m². Se comenzará a acopiar en el oeste para continuar en el norte.

En las superficies conseguidas con lo descrito en el apartado anterior se realizará el acondicionamiento de terreno para la generación del sustrato. Las superficies serán sometidas a un gradeo o escariado (según compactación) con tractor agrícola de cadenas. Dado que la mayor parte de los materiales de base están conformados por rellenos (finos procedentes de la planta de tratamiento), los mismos pueden pasar a formar parte del sustrato edáfico, estimándose que con el escariado o grado de la operación anterior, quedarán dispuestos a formar parte del suelo al menos unos 35 cm de espesor. Seguidamente se procederá a una enmienda con aporte de 50 Tm/Ha de Compost de RSU y 200 Kg/Ha de abono mineral (18-24-18). Tras el abonado se extenderán otros 15 cm del suelo acopiado con lo cual éste incorporará semillas de vegetación autóctona que será un complemento en posterior siembra. Una última etapa de gradeo o fresado con tractor agrícola dejará el sustrato preparado para su revegetación.

Las mediciones de cada una de las operaciones se recogen en el presupuesto.

Todas las operaciones anteriores deben realizarse con sumo cuidado, evitando el tránsito repetitivo de maquinaria que produzca la compactación del terreno preparado. A este fin se han previsto unos caminos para el tránsito de maquinaria en labores de ejecución y mantenimiento de la restauración.

- Selección de especies para la revegetación.

Las especies seleccionadas para la revegetación poseen las siguientes características:

- Son autóctonas, es decir, son elementos que explotan de forma equilibrada los



recursos que le ofrece el medio de esta región.

- Presentan adaptaciones específicas que les hacen especialmente resistentes y, por tanto, capaces de soportar las condiciones impuestas por el medio (pluviometría, temperaturas, escasez de suelo, etc.).
- Poseen carácter diferencial, es decir, son los elementos más relevantes de las formaciones naturales presentes en el espacio y, por tanto, con ellos se consigue la integración y restauración paisajística.

d. Presiembras, siembras y plantaciones.

Como complemento de la enmienda y con la finalidad de que produzca un rápido tapizado de la superficie, a modo de presiembra, con empleo de tractor agrícola de cadenas, el primer año se procederá a sembrar una mezcla de cereales y semillas de pastizales; la carga por hectárea se hace por kilogramo a razón de 70 Kg de semillas de cebada por hectárea, mezclada con un kilogramo de semillas de pastizales. Puesto que la cebada va a conseguir la mayor cobertura, estas especies son para incrementar la biodiversidad y favorecer la fijación del suelo el primero y segundo año, momento en el que la cebada ya no germinará con tanta fuerza (al no ser sembrada).

En el segundo año sin proceder a la siega del cereal del año anterior se pasará a las labores de siembra propiamente dichas, incorporando con ello al sustrato la materia orgánica generada por la siembra del cereal.

La revegetación se realizará fundamentalmente de forma natural, ya que la capa de tierra que se aportará proviene de zonas próximas, de modo que esta tierra contiene gran cantidad de semillas de la vegetación autóctona.

La preparación del banco de semillas autóctonas en la zona de acopios del suelo retirado será supervisada por equipo de la Universidad de Granada que seguirá el proceso de revegetación de manera periódica. Esta zona servirá asimismo como base para suministrar las especies autóctonas del matorral gipsícola que se usarán en la revegetación de los huecos de la explotación.

Este banco de semillas estará situado al sur del Área 2 y al este del Área de Instalaciones donde la superficie es llana y las labores de explotación no le afectarán. Esta zona se encuentra descrita en el Proyecto de Restauración de la CDE Carbonero 2 y servirá para ambas concesiones.

Las condiciones físicas de este acondicionamiento se han expuesto en el proyecto



correspondiente y cumplen con los requisitos establecidos para su desarrollo.

Además, de plantaciones cercanas de especies herbáceas y arbustivas se recolectarán semillas obtenidas mediante siega de las partes superiores de las plantas y se esparcirán sobre las superficies a revegetar. Para la recolección de estas semillas será necesario la autorización y asesoramiento de agentes medioambientales, siguiendo además los siguientes criterios:

- No perjudicar a la población vegetal en su medio.
- Las semillas deben de estar sanas y libres de patógenos.
- La recolección se realizará sobre distintos individuos para poder conservar y mejorar la variabilidad genética.
- El grado de madurez de las semillas debe ser el adecuado.

La muestra se limpiará una vez recogida para controlar el volumen conseguido.

También se podrá sembrar a voleo una mezcla de semillas procedentes de vivero: hordeum, avena, lavándula (*Lavandula arborescens*), tomillo (*Thymus vulgaris*), esparto (*Stipa tenacissima*), artemisa (*Artemisia campestris*), romero (*Rosmarinus officinalis*). Se estima necesario completar la implantación de esparto, tomillo y romero (más representativos en estado preoperacional) con plantones procedentes de vivero.

De forma general, las semillas serán esparcidas a voleo de forma manual y enterradas con un gradeo superficial (a fin de no deteriorar la estabilización conseguida con la presiembra) utilizando tractor agrícola de cadenas. Las cantidades de semilla de cada especie se realizará de forma aleatoria, siendo el peso total previsto de 150Kg/Ha.

Por último se procederá a la apertura de hoyos y plantaciones de especies arbóreas y arbustivas.

Para facilitar el arraigo y primer desarrollo, se preparará el suelo restituído, aumentando así la profundidad útil del perfil al disgregar capas profundas mediante acción mecánica. Además se aumentará la capacidad de retención de agua en el perfil y la velocidad de infiltración, que minimizará la escorrentía superficial y por tanto la erosión hídrica. También se desarrolla un sistema radical más extenso, compensando la baja fertilidad y la sequía estacional.

Esta preparación de terreno, se realizará de forma que la distribución de las plantas sea al tresbolillo. El ahoyado será manual, la preparación será puntual, se ejecutará



manualmente con azada, pico, zapapico, pala, etc. y la profundidad cuando sea posible alcanzará mínimo entre 20 y 40 cm.

El hoyo se complementará con la elaboración de una plataforma horizontal o con contrapendiente y canalones colectores laterales en ángulo que parten de los vértices superiores y que tienen la misión de recoger el agua de escorrentía, aumentando la superficie de impluvio. El resultado se denomina banqueta con microcuenca. Las banquetas, formarán una estructura de emparrillado. La finalidad es que el volumen de escorrentía superficial, originado por un aguacero, sea recogido por las mismas.

En la superficie a ocupar por la explotación apenas existe presencia de especies arbóreas y arbustivas. De observaciones de otras zonas naturales próximas se han adoptado las siguientes especies y densidades:

Retama (<i>Retama sphaerocarpa</i>):	150 pies/Ha
Esparto (<i>Stipa tenacissima</i>):	300 pies/Ha
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).	300 pies/Ha
Tomillo (<i>Thymus sp.</i>):	300 pies/Ha

Estos datos son válidos para las Áreas de Explotación C1 y C2. Por el contrario el Área de Explotación C3 está ocupada en la actualidad por cultivos de almendro. El titular de la finca desea que después de la explotación la finca vuelva a tener el mismo cultivo por lo que se replantará de almendros.

Las actuaciones de preparación del suelo y enmiendas serán las mismas pero en toda la zona se plantarán almendros a razón de 235 árboles por hectárea a los que se mejorará el suelo con un abonado de estiércol.

Todas las operaciones de siembra y plantación se realizarán en los meses de otoño y primavera, aprovechando el periodo de lluvia estacional. No obstante estos periodos serán consensuados con personal técnico y científico de asesoramiento, que también indicarán y revisarán los sistemas para plantación (Modo de apertura de hoyo, colocación de cepellones, necesidad de aporte de suelo o abonado, revisión de cepellones tras el riego de puesta, etc.).

Además, y como complemento de la restauración, se colocarán en la parte más baja de la zona ya acondicionada topográficamente y revegetada, un conjunto de colmenas para que su existencia favorezca la polinización de las especies que crezcan y de alguna manera favorecer el éxito de la revegetación.



e. Calendario de la restauración vegetal.

Durante la primera fase de restauración, desde el año 1 al 6 de la explotación, se realizarán todas las labores de experimentación para la introducción de especies gipsícolas. De esta manera en las siguientes fases de restauración sólo se llevará el control de la revegetación.

Los dos primeros años de la explotación se dedicarán a la recolección de las semillas de la flora gipsícola del entorno, especialmente de los taludes anejos a la explotación, que son, según se desprende de la cartografía realizada los que albergan este tipo de flora.

En los taludes colindantes a la explotación se han determinado comunidades vegetales de matorrales subarborescentes compuestas por espartales con elementos gipsícolas y romerales espartales, así mismo con elementos gipsícolas. Dado el tipo de sustrato a generar con los escombros de las explotaciones parece que la repoblación con elementos de estas dos comunidades pueden ser las más idóneas para la regeneración de la vegetación subarborescente en los taludes que se generen con la restauración.

Durante el quinto año se tendrán ya preparadas las pendientes finales de la parte más meridional del Área de Explotación C1 junto al material que se utilizará en la restauración topográfica.

Con estos dos elementos se podrá comenzar la experimentación con las semillas recogidas en el terreno final con la pendiente final.

En el año seis de la primera fase ya se tendrá la experiencia de dos años de revegetación.

Durante el año siete se podrán revegetar todas las pendientes que se han generado en la primera fase de la restauración.

La restauración del Área C2 será similar a la del Área C1 y se procederá de la misma forma.

En resumen durante la primera fase de restauración el protocolo a seguir es el siguiente:

- Seguimiento de las poblaciones de las especies gipsícolas determinando su época de floración y fructificación.
- Recolección de semillas en cada una de las poblaciones elegidas.
- Extracción, limpieza y conservación de las semillas recolectadas.



- Siembra en parcelas y reproducción de individuos, de cada una de las especies, para ser utilizados en la restauración.
- Delimitación de las zonas de restauración.
- Estudio de las zonas de restauración y determinación de la metodología a seguir para cada una de los taxones seleccionados.
- Seguimiento del cultivo y desarrollo en vivero de las especies a utilizar.
- Preparación del terreno en las zonas de restauración.
- Realización de plantaciones y siembras en los lugares preparados para tal fin.
- Seguimientos posteriores a las plantaciones.

– **Riegos.**

Se considera el riego como uno de los aspectos más significativos tanto para asegurar el arraigo de la vegetación como para que no se produzca su pérdida por la anulación del riego.

La elección de especies se ha realizado tomando aquellas que no requieran riegos adicionales por las condiciones edafoclimáticas de la zona en la que se realizará la revegetación. Solamente necesitan las plantas la realización de alcorques, en la fase de preparación del terreno, y el riego a pie de ellas durante los periodos de arraigo y de riego deficitario.

Los riegos, se darán en caso de ser necesarios según condiciones particulares del clima durante el año de plantación y el año siguiente para conseguir mayor desarrollo en las primeras edades y asegurar un bajo porcentaje de pérdidas de marras. Se realizará pie a pie en función de las labores de preparación del terreno (banquetas con microcuencas). Estos riegos quedarán justificados cuando se produzca un largo periodo seco o una acusada irregularidad.

Se prevé un riego de establecimiento y posibles riegos de mantenimiento que ayuden a las plantas a superar el estrés hídrico hasta llegar a la época de lluvias. La dosis puede variar, pero en general para las especies seleccionadas, serán suficientes riegos de 15-30 litros por planta durante los meses secos de julio y agosto.

El Plan de Riegos se establece de la siguiente forma:

- Noviembre-enero: 1 riego de puesta de 15 – 20 litros/planta.
- Julio: 1 riego de 25 – 30 litros/planta.



- Agosto: 1 riego de 15 – 20 litros/planta

Todos los riegos se harán con manguera desde cuba remolcada, que transitaría por los caminos dispuestos a tal fin; para el riego en algunas de las terrazas-bermas la cuba deberá disponer de bomba.

– **Mantenimiento y reposición.**

Como labores de mantenimiento se prevén:

- Mantenimiento anual de suelo acopiado, consistente en eliminación de vegetación, tapado de grietas, control de las medidas de evitación de la erosión, etc. Será realizado de forma manual por personal con empleo de herramientas manuales.
- Mantenimiento de vegetación y limpieza de alcorques, consistente en siegas, podas, binas y escardas. Será realizado de forma manual por personal con empleo de herramientas manuales. Se consideran necesarias la ejecución de dos limpiezas de cada una de las plantaciones de las fases de restauración.
- Reposición de marras, por la alta densidad de plantación inicial y con los riegos previstos se considera que no será necesario la reposición de marras.

– **Seguimiento de la revegetación.**

Las distintas superficies, serán remodeladas y revegetadas dentro de cada fase de restauración, coexistiendo con las labores extractivas situadas siempre en zonas donde no se produzcan interferencias. Con ello, la atención al mantenimiento del drenaje y revegetación será continuo a lo largo de la vida de la explotación, así como posterior a ella, hasta el abandono de la explotación minera.

Igualmente el personal técnico de la empresa con el asesoramiento necesario, confeccionará un Plan de Seguimiento para asegurar el éxito de la restauración, cuyas labores más importantes serán ensayos de revegetación con flora gipsícola, riegos de mantenimiento, limpieza de drenajes, abonados adicionales, cierre, vigilancia de los viveros, etc. que se integrará en el Plan de Seguimiento realizado.

El grado de recuperación paisajística depende de varios factores que será necesario controlar durante seguimiento:



- Evolución de los diferentes ensayos de revegetación con especies gipsícolas en los taludes generados y su crecimiento.
- Eficiencia de los drenajes y estructuras de drenaje.
- Evolución de los procesos erosivos.
- El calendario de restauración se establece en tres fases de una duración de seis años cada una se propone la realización de un informe periódico al final de cada una de las fases de restauración; se propone además realizar un informe cada tres años para evaluar los procesos de restauración.

f. Plantas móviles de beneficio.

En la explotación no se instalara ningún tipo de planta móvil de beneficio, por tanto no será necesaria la realización de ninguna medida para la rehabilitación del espacio que pudieran afectar.

g. Otras actuaciones de Rehabilitación.

– Tratamiento de pistas y accesos.

Las medidas para la rehabilitación del espacio que afectan las pistas y accesos, serán similares al descrito para el total de las superficies a restaurar.

– Rellenos superficiales.

El material a utilizar en los rellenos de los huecos de explotación procede de los estériles de la propia explotación. El volumen de estériles que se generarán durante la explotación en cada una de las áreas se cuantifica según se indica en la **Tabla XVII**.

Los estériles de explotación y del proceso de flotación son de 3.026.970 m³ esponjados, y estos estériles serán utilizados para el relleno de los huecos de la explotación a fin de adecuar sus pendientes y facilitar un substrato idóneo para la revegetación.

Según se recoge en el RD 975/2009 Artículo 3. Punto 7, letra g “Los huecos de explotación rellenos con residuos mineros tras el aprovechamiento del mineral con fines de rehabilitación o de construcción no tienen la consideración de instalaciones de residuos mineros si bien están sujetos a lo dispuesto en el Artículo 13”. En cumplimiento de lo establecido en este artículo, punto 1 del referido Real Decreto se adoptaran las siguientes medidas:



- Elección de emplazamiento. Como ya se ha indicado el total de rellenos se desarrolla sobre la superficie afectada por las labores de explotación. En concordancia con el artículo 20 la elección del emplazamiento parece el adecuado, habiendo quedado descritos, situación, topografía, descripción del medio, afecciones medio ambientales, etc., en la parte correspondiente del EIA realizado.
- Los materiales a extraer corresponden a carbonatos con celestina, margas y yesos, sin que en ellas exista ningún tipo de recubrimiento, mineral estéril o gangas, distinto del escaso suelo sobre ellas. Por tanto se puede afirmar que se trata de materiales químicamente estables, que no se verán afectados por su puesta al descubierto ni por acciones atmosféricas/meteorológicas. Físicamente los materiales utilizados para rellenos corresponderán generalmente a materiales granulares de distintas dimensiones. Por tanto no producirán lixiviados ni contaminación de las aguas o el suelo, no siendo necesarias medidas correctoras en este aspecto. Por otro lado la geometría de los rellenos (rellenos de huecos cerrados por roca sin excavar sobre terrenos naturales de baja pendiente) no necesitan ningún tipo de construcción complementaria, garantizan la estabilidad de los mismos y no se verán afectados por efectos sísmicos.
- Explotación y control (artículos 30, 31, 32, 33, 34 y 35). Por la misma argumentación del párrafo anterior se entiende que los referidos artículos no le son de aplicación (ni los residuos son peligrosos, ni contiene sustancias peligrosas, ni un fallo originaría accidente grave). Los rellenos se desarrollan en el interior de la superficie de autorización de Concesión Derivada, por tanto durante el desarrollo de la explotación, dispondrán de la preceptiva dirección facultativa para la explotación, y se les realizará los seguimientos e inspecciones como a cualquier tipo de labor incluida en la explotación. Los rellenos quedan incluidos en el conjunto de la explotación y por tanto en el anteproyecto de cierre. Como mantenimiento o control sólo son necesarias las medidas de protección hidrológica y control de erosión que se recogen en otros apartados.



– **Medidas protectoras contra la erosión y de corrección hidrológica.**

Durante el desarrollo de la explotación se construirán cunetas de evacuación de pluviales. En los lugares determinados para la evacuación de la escorrentía, se construirán pocetas de decantación de sedimentos y obras de defensa de la erosión.

La ubicación de estas obras se recoge en los planos de restauración, y su dimensionamiento quedó justificado en el epígrafe correspondiente.

	Área C1	Estériles Restauración	Área C2	Estériles Restauración	Área C3	Estériles Restauración
Todo Uno Cantera	1.297.442 m ³		1.523.481 m ³		1.419.077 m ³	
Factor de Aprovechamiento (85%)	1.102.826 m ³	194.616 m ³	1.294.959 m ³	228.522 m ³	1.206.216 m ³	212.861 m ³
Factor de aprovechamiento Proceso de Preconcentrado (68%)	749.922 m ³	352.904 m ³	880.572 m ³	414.387 m ³	820.227 m ³	385.989 m ³
Factor de aprovechamiento Proceso de Flotación (45%)	337.465 m ³		396.257 m ³		369.102 m ³	
Estériles de Flotación (55%)	412.457 m ³		484.315 m ³		451.125 m ³	
Balsa de Estériles (60%)	247.474 m ³	164.983 m ³	290.589 m ³	193.726 m ³	270.675 m ³	180.450 m ³
Total Estériles para Restauración		712. 503 m ³		836.635 m ³		779.300 m ³
Coefficiente de Esponjamiento 1,3		926. 254 m ³		1.087.626 m ³		1.013.090 m ³

Tabla XVII: Volumen de estériles a regenerar

– **Medidas de protección paisajística.**

Según se ha recogido en el epígrafe correspondiente del EIA, dado el emplazamiento alejado, sin flujo potencial de observadores y la mediana envergadura del proyecto, no son necesarias la adopción de medidas de protección paisajística, salvo las de revegetación para minimizar el efecto cromático.

9.4. Anteproyecto de abandono definitivo de labores.

El abandono de los frentes de explotación se irá realizando de forma gradual, según vayan llegando a su desarrollo final previsto y no sea necesaria otra superficie para realización de operaciones auxiliares. Las fases de las zonas a abandonar coinciden con las fases establecidas para el proyecto de restauración y se recogen en el plano n° 3 del presente anejo.

En la última fase de abandono se incluirán los últimos frentes de arranque y los accesos.



No se prevé el abandono de ninguna balsa de lodos, ya que no se produce tratamiento por vía húmeda en el área de la explotación.

No formarán parte de las operaciones de abandono la adecuación de superficies y operaciones posteriores como revegetación, etc., ya que éstas se incluyen en el proyecto de restauración.

– **Objetivos.**

El objetivo de este anteproyecto abandono de explotación es establecer las fases y medidas adecuadas para un abandono gradual cuidadoso y planificado del área de operación.

Esta labor se desarrolla mediante la aplicación sistemática de las acciones que en el desarrollo de los siguientes puntos se describen, con el fin de lograr un equilibrio entre las superficies finales de explotación y las medidas necesarias para que dichas zonas sean seguras tras su abandono.

El objetivo será el de retornar las áreas afectadas al uso actual de las zonas colindantes en unas condiciones aceptables de seguridad.

Las medidas generales de abandono se van a centrar en los siguientes aspectos:

– **Limpieza de la zona.**

Se procederá a la limpieza de toda la zona afectada de elementos como basuras, acopios de sacos y chatarra acumulada en la zona a abandonar. Dichos residuos irán a vertederos autorizados gestionados por organismos autorizados para su gestión.

– **Inspección de taludes y plataformas de trabajo.**

Se procederá a la comprobación de que su morfología coincide con el diseño final proyectado, en particular se observará que los taludes resultantes son coincidentes o de características más favorables a los establecidos en el estudio geotécnico, que se recoge en el proyecto de explotación.

En la inspección de superficies se puede considerar dos tipos:

A). Explanadas y bermas. En general se observará que sus pendientes longitudinales y transversales sean coincidentes con lo diseñado en el proyecto de restauración. Se comprobará la ejecución de los elementos de drenaje (cunetas, pocetas de decantación, caballones de guarda, etc.).



B). Taludes finales de explotación y relleno. Se eliminarán zonas inestables y poco seguras, roturando y reperfilando su línea para evitar desprendimientos a lo largo del tiempo.

– **Accesos que permanecerán cerrados.**

De forma general, todos los accesos a la explotación serán cortados para evitar la entrada accidental a la explotación, quedando prohibida la entrada a la cantera a cualquier persona y maquinaria.

El modo de realizar el corte a los accesos será mediante la colocación de cordones de material adecuado en toda la anchura del acceso, de forma que impida el paso de vehículos y personas. Dichos cortes quedarán señalizados, mediante carteles indicadores de prohibido el paso y riesgos que corren si se accede a la zona.

– **Accesos a conservar.**

Para el mantenimiento de las labores de restauración se prevé la conservación de parte del acceso general de la explotación (en toda su longitud con reducción de anchura), según se recoge en los correspondientes planos del proyecto de restauración. Este acceso se señalará convenientemente, indicando la exclusividad de su uso y las medidas de seguridad.

– **Señalización y/o cercado de la explotación.**

En los accesos que se han mencionado en el apartado anterior se realizará la señalización del corte de los mismos como se ha descrito. A fin de completar esta señalización se colocarán carteles indicadores del riesgo situados de forma estratégica.

En los carteles se deberá de advertir la prohibición de acceder a la cantera y la existencia de peligro en la misma; otros deberán de indicar: “prohibido el paso zona en restauración”.

– **Maquinaria.**

Toda la maquinaria, tanto la fija una vez desmontada, como la móvil, podrán ser trasladadas para su empleo en otras explotaciones.

– **Instalaciones.**

No existirán instalaciones auxiliares por lo que no será necesaria ninguna acción especial.



– **Edificaciones y construcciones.**

No existirán edificaciones ni construcciones por lo que no será necesaria ninguna acción especial.

– **Riesgos de incendio y/o explosión.**

Con el abandono total, la explotación no presentará riesgos de incendios o explosiones.

Durante los abandonos parciales coincidentes en el tiempo con labores de explotación, los equipos de protección contra incendios permanecerán en perfecto estado de uso y se les realizará las oportunas revisiones y mantenimiento.

– **Vigilancia y control.**

La empresa explotadora se encargará de revisar periódicamente el cierre de accesos, la señalización, las superficies y taludes abandonados, etc., a fin de mantener la seguridad en las zonas abandonadas.

– **Programa de actuaciones.**

En el abandono parcial, la empresa explotadora dispondrá de un programa de seguimiento y control de las medidas de seguridad descritas en este anteproyecto.

Una vez concluida la fase extractiva y tomada la decisión del abandono definitivo de las labores, la empresa explotadora presentará (ante la Autoridad Minera) un proyecto de abandono definitivo de labores en el que se justifiquen las medidas a adoptar para garantizar la seguridad de personas y bienes.

Se someterá a la Autoridad Minera para su aprobación, si procede, y quedarán suficientemente descritas las operaciones que constituyen el objeto del mismo y que éste cumplimente el apartado nº 5 del Artículo 13 del RD 975/2009 de 12 de junio, sobre Gestión de los Residuos de las Industrias Extractivas y de Protección y Rehabilitación del Espacio Afectado por Actividades Mineras.

10. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.-

En atención de lo establecido en el Real Decreto 975/2009 de 12 de junio, sobre Gestión de los Residuos de las Industrias Extractivas y de protección y Rehabilitación del Espacio Afectado por Actividades mineras y la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental se realiza este Plan de Gestión de Residuos.



Los residuos que generará la explotación “Santa Lucía” se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- Residuos Mineros.
- Residuos asimilables a RSU.
- Aguas Residuales.
- Residuos Peligrosos.

10.1. Plan de gestión de residuos mineros.

a. Cuantificación de los residuos mineros.

Al tratarse de un afloramiento sin recubrimientos, donde no se hacen necesarios grandes desmontes, los únicos estériles de la explotación, corresponden al porcentaje de yesos intercalados entre los paquetes de celestina que se han cifrado en un 15% del total del paquete explotable.

En el proceso de flotación los estériles que se generan están integrados por arcillas, yesos y carbonatos y tienen igualmente carácter de residuo minero.

El volumen total de material de rechazo disponible para la restauración será de **2.328.438 m³ esponjado**.

El tratamiento que se realiza genera lodos que se depositarán en la Balsa construida y autorizada.

Se ha desarrollado una explotación por transferencia, donde en los primeros años los estériles son depositados en los alrededores de la Planta de Tratamiento. A partir del segundo año hasta el año 6 los estériles van depositándose sobre los huecos ya explotados del Área C1. El proceso en el Área C2 es similar, los estériles de los dos primeros años son depositados en los alrededores de la Planta de Tratamiento. A partir del segundo año hasta el año 6 los estériles van depositándose sobre los huecos ya explotados del Área C2. Del mismo modo se procederá en el Área C3.

b. Caracterización de residuos mineros.

En concordancia con el Real Decreto 975/2009 de 12 de junio, sobre Gestión de los Residuos de las Industrias Extractivas y de protección y Rehabilitación del Espacio Afectado por Actividades Mineras los residuos de esta explotación se caracterizan de la siguiente forma:



- Los materiales a extraer, que serán carbonatos ricos en celestina, yesos y margas, son materiales químicamente estables, que no se verán afectados por su puesta al descubierto ni por acciones atmosféricas ni meteorológicas por lo que la explotación no generará ningún tipo de residuo estéril que no pueda ser utilizado en la adecuación de la explotación o en su restauración. Físicamente los materiales utilizados para los rellenos se corresponden con materiales granulares de diferentes tamaños.
- La Clasificación de los residuos según la Directiva 2000/532/CE, con especial atención a sus características peligrosas sería 01 Residuos de extracción de minerales y en particular 01 02 Residuos de extracción de minerales no metálicos.
- El material extraído se somete a un proceso de preconcentración por medios densos y posterior flotación diferencial. Los residuos generados están libres de los productos químicos ya que todos son biodegradables, y los lodos depositados en una balsa autorizada a tal efecto.
- El vertido se realizará por basculamiento.
- El transporte de estos materiales será con camión/dumper y pala cargadora.

Los materiales que se generarán en la explotación pueden considerarse como Residuo Minero Inerte según lo establecido en punto 1 del ANEXO I.b (R.D 975/2009) “*Se entenderá por residuo minero inerte aquel que no experimente ninguna transformación física, química o biológica significativa. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto, de forma que puedan provocar la contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana. La lixivialidad total, el contenido de contaminantes en ellos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y, en particular, no deberán suponer riesgo para la calidad de las aguas superficiales ni subterráneas*”.

c. Generación y procesos a que se someten los residuos.

Los carbonatos ricos en celestina, yesos y margas extraídos hasta su transformación en residuos (estériles) no son sometidos a ningún proceso químico, solamente se someten a transformaciones físicas (tamaño) por medios mecánicos. Físicamente los materiales que



se utilizarán en los rellenos se corresponden con fracciones medias de yesos, carbonatos y arcillas.

d. Interacciones de los residuos con el medio ambiente y la salud humana.

Se trata de materiales químicamente estables, que no se verán afectados por su puesta al descubierto ni por acciones atmosféricas/meteorológicas. Por tanto no originan interacciones medio ambientales o para la salud Humana.

e. Procedimientos de control y seguimiento de los residuos.

Ya que los residuos que se generen están caracterizados como inertes no será necesario establecer procedimientos para el control y seguimiento de los mismos.

10.2. Plan de gestión de los residuos asimilables a R.S.U.

a. Caracterización de residuos asimilables a RSU.

Los residuos asimilables a residuos sólidos urbanos serán los generados por el personal durante su estancia en la explotación. Se producirán en las instalaciones de Higiene y Bienestar que se encuentran construidas en la Planta de Tratamiento que la Sociedad posee al oeste de Escúzar. Los residuos asimilables a urbanos comprenden residuos de envases, oficinas, comedores, etc.

b. Cantidad de residuos asimilables a RSU.

El personal que trabajará en la explotación de manera permanente se establece en 8 personas. La jornada de trabajo se establece en ocho horas diarias durante cinco días a la semana y durante 46 semanas al año. Por otra parte la tasa de generación de residuos tipo RSU para el año 2.010 en Andalucía se establece en 5,13 Kg/Hab/día.

Teniendo en cuenta una tasa de producción de residuos asimilables a RSU del 30% de la media por habitante y los días de trabajo en la explotación minera antes reseñados la cantidad total de residuos asimilables a RSU al año en la explotación “Santa Lucía” será de **2,83 Tm.**

c. Gestión de residuos asimilables a RSU.

Se almacenarán y gestionarán de acuerdo con lo establecido en la Ley 10/98, de 21 de abril, Básica de Residuos y la Ley 11/97 de 24 de abril, de envases y residuos de envases y la normativa que las desarrollan.



La gestión de los residuos sólidos urbanos comprende las fases de selección en origen, recogida, transporte y tratamiento. Es una gestión de competencia municipal y se ejerce de forma directa o indirecta por un gestor autorizado, por lo que los contratistas deberán concertar la forma y lugares de presentación de los residuos con los gestores autorizados.

Los residuos asimilados a RSU generados se colocan en un punto limpio, entendiendo como tal, una zona fija de almacenamiento temporal de residuos asimilables a RSU, consistente en un conjunto de contenedores. La ubicación de esta zona está en las instalaciones de la Planta de Tratamiento.

Un gestor autorizado es el encargado de retirarlos en tiempo y forma.

10.3. Plan de gestión de aguas residuales.

Se producirán en los locales de Higiene y Bienestar. Para su gestión se ha instalado una fosa séptica en la Planta de Solvay con capacidad máxima de tratamiento de 3.200 l/día, punta máxima de 500 l/h y población máxima 20 habitantes equivalentes prefabricada en PRFV/Espesor mínimo 8 mm.

La depuradora diseñada al efecto está sobredimensionada siendo el volumen total anual a depurar inferior a 0,02 l/s de caudal anual equivalente.

10.4. Plan de gestión de residuos peligrosos.

Se entiende como residuo peligroso, a los materiales sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos o sus envases, que, como resultado de un proceso de producción, utilización o transformación, se destine al abandono. La condición de peligroso viene determinada por la legislación vigente en la materia. Tienen asimismo la condición de residuos peligrosos los envases y recipientes que han contenido estas sustancias.

a. Caracterización de residuos peligrosos.

En la actividad proyectada se han considerado:

Los aceites usados generados en las labores de mantenimiento de la maquinaria, incluyendo los recipientes y envases vacíos que hubieran contenido dichos residuos, tienen la consideración de residuos peligrosos, por lo que, conforme a lo establecido en la Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la Gestión de Aceites Usados, se pondrán a disposición de gestor autorizado. Para ello el titular está inscrito como



pequeño productor de residuos peligrosos de la Delegación Territorial de la Consejería de Medio Ambiente, y dar cumplimiento a las medidas administrativas que le son de aplicación.

También tienen la consideración de Residuos Peligrosos los escasos aportes procedentes de vertidos accidentales de hidrocarburos y aceites procedentes de la maquinaria de la explotación.

Los Códigos LER de los Residuos Peligrosos generados son:

- Aceites Hidráulicos y Líquidos de freno LER 13.01.
- Aceites de motor, transmisión mecánica y lubricantes. LER 13.02.
- Envases de papel y cartón, plásticos, madera, metálicos y mixtos LER 15.01.
- Absorbentes, materiales de filtración y trapos contaminados LER 15.02.02.
- Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas LER 17.05.03.

b. Cantidades generadas de residuos peligrosos.

La maquinaria móvil existente en la explotación será de dos palas mecánicas y seis camiones. El consumo de combustibles de esta maquinaria se establece en 247.380 litros/año y la instalación para almacenamiento situada en la Planta de Tratamiento está compuesta por dos depósitos con una capacidad de 2.000 litros y 7.000 litros respectivamente. La maquinaria fija instalada en la Planta de Tratamiento, y su funcionamiento se realiza por medio de energía eléctrica suministrada por el C.T. existente.

La futura explotación empleará seis equipos móviles de tamaño medio, con un empleo medio de 1.500 horas/año.

El plan de mantenimiento normal para este tipo de máquinas es el siguiente:

- Cambio aceite motor: Cada 250 horas
- Cambio de filtros de aceite y gasoil: Cada 500 horas
- Cambio filtros de aire (No contaminado): Cada 1.000 horas.
- Cambios de aceites hidráulicos, aceites de lubricación de transmisiones, líquidos de refrigeración, etc.: Cada 4.000 horas.

En número de cambios al año de los equipos de la explotación serán:

- Cambio aceite motor: 6 cambios/año
- Cambio de filtros de aceite y gasoil: 3 cambios/año



- Cambio filtros de aire: 2 cambios/ año
- Cambios de aceites hidráulicos, aceites de lubricación de transmisiones, líquidos de refrigeración, etc.: 0,5 cambios/año. Al no llegar al número de horas necesarias se establece el cambio bianual.

Las cantidades medias de cada uno de los elementos para los equipos de la explotación son:

- Aceite motor: 50 litros
- Filtros de aceite y gasoil: 4 unidades
- Filtros de aire: 1 unidad
- Aceites hidráulicos, aceites de lubricación de transmisiones, líquidos de refrigeración, etc.: 600 litros.

Las cantidades anuales de cada uno de los elementos para cada equipo de la explotación son:

- Aceite motor: 300 litros
- Filtros de aceite y gasoil: 12 unidades
- Filtros de aire: 2 unidad
- Aceites hidráulicos, aceites de lubricación de transmisiones, líquidos de refrigeración, etc.: 300 litros.

El total de residuos peligrosos generados en el Plan de Mantenimiento de la maquinaria será de 4.800 litros de aceite y otros al año y 72 unidades de filtros contaminados por año.

Otros residuos peligrosos que se generarán son:

- Absorbentes y trapos contaminados se estima una cantidad de 25 Kg/año.
- Para los vertidos accidentales de hidrocarburos y aceites accidentales se establece una cantidad de 50 Kg/año.

c. Plan de gestión de residuos peligrosos.

La gestión de esta tipología de residuos se realizará por parte de un gestor autorizado. La entrega de residuos se realizará a un transportista autorizado, normalmente aportado por el gestor, que ha de poseer:



- Un certificado de formación profesional del conductor expedido por la Jefatura Provincial de Tráfico, que le habilita para transportar este tipo de mercancías.
- La autorización especial del vehículo para el transporte de estas mercancías, expedida por el Ministerio de Industria u órgano competente de la Comunidad Autónoma.

En lo referente a la gestión de residuos peligrosos generados en la explotación (aceites usados, filtros de aceite, combustibles degradados, líquidos hidráulicos, disolventes, trapos de limpieza contaminados, etc.) la normativa establece que se deberá:

- Disponer de una zona de almacenamiento para los residuos peligrosos identificada, impermeabilizada y protegida contra las inclemencias del tiempo (lluvia, calor, etc.).
- Separar adecuadamente y no mezclar los residuos peligrosos, evitando particularmente aquellas mezclas que supongan un aumento de su peligrosidad o dificulten su gestión.
- Envasar y etiquetar los recipientes que contengan residuos peligrosos de forma adecuada.
- Llevar un registro de los residuos peligrosos producidos o importados y destino de los mismos.
- Suministrar la información necesaria para su adecuado tratamiento y eliminación, a las empresas autorizadas para llevar a cabo la gestión de residuos.
- Informar inmediatamente a la autoridad competente en caso de desaparición, pérdida, o escape de residuos peligrosos.
- En caso de vertido accidental de este tipo de residuos, será obligación de la empresa contratista proceder a la retirada inmediata de los materiales vertidos y tierras contaminadas, a su almacenamiento y eliminación controlada de acuerdo con la naturaleza del vertido a través de gestor autorizado. Una vez retirada la fuente de contaminación, se establecerá un procedimiento para comprobar que la contaminación residual no resulta peligrosa para los usos que tiene el suelo en las proximidades de la zona afectada, diseñando las medidas correctoras que sean necesarias para reducir los niveles de contaminación a niveles admisibles.



La recolección de los residuos y su posterior transporte hasta el lugar de gestión se realiza mediante la maquinaria adecuada. En cualquier caso, se evitará el depósito incontrolado fuera del recinto establecido para tal fin.



II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.-

1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.-

En primer lugar, y a modo de introducción, daremos la definición de los siguientes vocablos y términos, que tendrán el significado que se les atribuye, excepto en el caso en el que el contenido exija otro.

PROPIETARIO: Por “Propietario”, se entiende la Empresa o Sociedad Minera.

REPRESENTANTE DEL PROPIETARIO: Por “Representante del Propietario”, se entiende la persona natural que el Propietario designe para conocer de forma directa la marcha de la obra, a fin de poder ejercer los derechos que se reserva en lo referente a las modificaciones que puedan incidir desfavorablemente en el plazo de ejecución o presupuesto de la obra.

CONTRATISTA: Por “Contratista” se entiende la persona natural o jurídica cuya posición haya sido aceptada por el Propietario. Comprenderá los representantes legales personales, sucesores y apoderados autorizados.

INGENIERO: Por “Ingeniero” se entiende a la persona natural o jurídica designada por el Propietario para actuar como Ingeniero Director Técnico de las Obras que son objeto de contrato.

Las Condiciones Generales se aplicarán a la ejecución de los servicios y obras. La alteración de estas condiciones sólo será válida si ha sido propuesta expresamente por escrito, (a estos efectos no son válidas las condiciones impresas), y está aceptada en la misma forma por la representación legal del propietario.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.-

La descripción de la obra que se hace en los siguientes apartados, tiene simplemente un carácter de simplificar y enumerar, estando destinado esencialmente a facilitar la interpretación de los planos.

A lo representado detalladamente en estos y en los demás documentos, así como las disposiciones que dicte el Ingeniero Director durante la ejecución de la obra, deberán ajustarse las obras comprendidas en este Proyecto.



3. REGULACIÓN DE LA EJECUCIÓN.-

El Propietario se reserva el derecho a supervisar en cualquier momento la actuación del Ingeniero Director, así como del Contratista, estando éstos obligados a facilitarle cuanta información requiera, si bien, la actuación del Propietario se encauzará siempre que sea posible a través del Ingeniero Director.

El Propietario se reserva el derecho de autorizar cualquier modificación o variación, que pueda retrasar las obras o incrementar el costo de las mismas con respecto al presupuesto de adjudicación. El Contratista no iniciará modificación alguna requerida por el Ingeniero Director mediante planos u órdenes escritas, sin la previa autorización del Propietario.

A todos los efectos, el representante del Propietario podrá delegar, total o parcialmente, sus atribuciones en otra persona natural poniéndolo por escrito en conocimiento del Ingeniero Director y del Contratista.

4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS EN TIEMPO Y COSTE ÓPTIMO.-

4.1. Comienzo de las obras.

El Contratista comenzará las obras en el terreno, dentro del plazo indicado en los documentos del contrato, a contar desde la fecha de adjudicación de las obras y procederá a hacerlo con la debida diligencia y sin demora, excepto en el caso de que tal demora sea explícitamente ordenada por el Ingeniero o aprobada por el mismo, a solicitud razonada del Contratista.

4.2. Ejecución.

Quedan incluidas en este contrato todas las tareas que el buen hacer aconseje realizar.

Serán por cuenta del Contratista todas aquellas reparaciones que no estando especificadas, sean habituales en toda intervención, en general, todas aquellas en que no sea necesario enviar a talleres.

El Contratista se compromete a mantener la zona afectada por las obras o servicios contratados lo más limpia posible. A la terminación de los mismos, la zona deberá quedar absolutamente limpia y despejada y en perfecto orden de marcha.



El Contratista emitirá, diariamente, un parte del estado en que se encuentran las obras o servicios contratados, debiendo figurar en el mismo los siguientes datos como mínimo:

- a) Avance de la obra y sus desviaciones con lo previsto.
- b) Anomalías encontradas.

No se conformarán las facturas que pueda emitir el Contratista, en tanto no se haya recibido el informe final completo de sus obras o servicios realizados.

4.3. Plazos de ejecución.

El Contratista ejecutará las obras de acuerdo con el programa de avances de trabajo o “Plan de Obras”. Sin perjuicio sobre lo estipulado de la terminación total o parcial de las obras, éstas se concluirán dentro de los plazos establecidos en la escritura del contrato, teniendo en cuenta eventualmente las prórrogas en virtud del párrafo siguiente del presente capítulo.

4.4. Prórroga del plazo de ejecución.

En el caso de que la cantidad de trabajo extraordinario o adicional de cualquier índole o circunstancias especiales de cualquier naturaleza, que pudieran presentarse, sean tales que hiciera justo conceder al Contratista una prórroga de plazo de ejecución del trabajo, el Ingeniero Director fijará, con aprobación del Propietario, el alcance de tal prórroga, el Ingeniero no está obligado a tener en cuenta ningún trabajo extraordinario o adicional, ni otras circunstancias especiales, a no ser que el Contratista haya entregado, dentro del plazo que comprende las 24 horas hábiles siguientes al momento de recibir la orden de modificación o al de producirse cualquier circunstancia especial, una notificación indicando su intención de modificar una ampliación del plazo, siempre que tenga un motivo razonable para ello. Si esta notificación no le fuese rechazada dentro del plazo que comprende 5 días laborables, desde la presentación de la solicitud, podrá dentro de los 20 días subsiguientes prestar a la consideración del Ingeniero una relación detallada y con las circunstancias de los hechos que motiva su presentación a la prórroga, a la que se considera con derecho. Las alegaciones del Contratista serán inapelables. El incumplimiento por parte del Contratista, de los plazos aquí establecidos, le incapacitará para formular cualquier tipo de reclamación.



4.5. Progreso de las obras.

Si el progreso de las obras o de cualquiera de sus fases fuera en algún momento, en opinión del Ingeniero, demasiado lento para asegurar la terminación de las obras dentro del plazo determinado con inclusión de la prórroga eventual concedida, éste lo notificará por escrito al Contratista, y éste dará seguidamente los pasos que juzgue necesarios para acelerar el progreso de las obras, siempre con la aprobación de la Dirección Técnica, con el fin de ajustarse al plazo de ejecución estipulado en el contrato.

Si alguno de los trabajos se hace en jornada extraordinaria, el Contratista deberá informar previamente a la dirección de la obra. Todo el trabajo que se haga fuera de la jornada normal de trabajo se realizará sin los ruidos ni molestias que sean razonables evitar.

5. MATERIALES Y SELECCIÓN DE LOS MISMOS.-

Todos los materiales y trabajos serán de las clases respectivas especificadas en el contrato y en conformidad con las instrucciones del Ingeniero Director y serán sometidos a los ensayos que se estipulen en el contrato o sean ordenados por la dirección técnica de la obra en laboratorios cualificados y/o sobre el terreno. El Contratista deberá someter toda la ayuda, instrumentos, maquinaria, mano de obra y materiales normalmente requeridos para examen, medición y ensayo de cualquier trabajo o de calidad, peso o cantidad de cualquier material utilizado así como de proveer muestras de los materiales antes de su incorporación a las obras, para los ensayos elegidos o requeridos.

Como MEDIOS en el contrato del proyecto que nos ocupa hacemos constar las siguientes condiciones:

- Con su propuesta presentará el Contratista un plan de organización de la maquinaria auxiliar que ofrece emplear en la ejecución de las obras o de servicios contratados y relación de la misma, con indicación del valor en euros de los distintos elementos instalados y en orden de marcha.
- Serán por cuenta del Contratista todos los gastos necesarios para la realización de las tareas, así como materiales fungibles y de limpieza.



- Será por cuenta del Contratista toda la herramienta de mano que se precise.
- El Contratista suministrará y montará todos los andamios y estructuras auxiliares necesarias para realizar las tareas.
- El Contratista a su cargo, trasladará a la zona de actuación todos los repuestos, caballetes, útiles, etc., específicos de los equipos a intervenir.
- En general, serán por cuenta del Contratista todos aquellos materiales, herramientas, útiles, grasas, etc., que no permanezcan en la instalación una vez está en funcionamiento.
- Todo el material que el Propietario ceda le será reintegrado en perfecto estado de funcionamiento. En caso contrario, el Contratista abonará al Propietario el importe correspondiente.

6. SALUD LABORAL.-

El Contratista proporcionará todas las ayudas necesarias para la seguridad de la persona o personas que inspeccionen los trabajos, en cualquier lugar y condiciones de trabajo en que precisen realizarse.

1. El Contratista viene obligado a cumplir todas las disposiciones legales sobre este tema, siendo responsable de la puesta en práctica de las mismas, así como de las consecuencias que se derivasen de su incumplimiento tanto en lo que se refiere a él, como a los subcontratistas que, en su caso, pudiesen existir. Así mismo, el Contratista declara conocer y se obliga a cumplir las normas sobre seguridad prescritas por el Propietario, que quedan incorporadas al presente en su totalidad.
2. El Contratista se compromete a facilitar cuantos datos se estimen necesarios a petición del Propietario sobre los accidentes ocurridos, así como sobre las medidas que ha tomado para la instrucción de su personal y demás medios preventivos.
3. Serán de obligado cumplimiento las normas contenidas en:
 - Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971) por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
 - Real Decreto 843/2011 de 17 de junio por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los Servicios de Prevención.
 - Pliego del Estudio de Seguridad y Salud aprobado para estas obras, y aprobado por la Junta de Andalucía.
 - Normas propias de la empresa propietaria y demás disposiciones relativas a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, que puedan afectar al tipo de tareas que se realizan.
4. El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal que la naturaleza de la actividad exija, tanto de protección individual: cascos, cinturones, botas, guantes, etc., como colectivas: detectores de tensión, equipos de puesta a tierra, etc.
5. El Vigilante de Seguridad, en adelante Recurso Preventivo, será el representante del Contratista o persona en quien delegue, con autorización del Propietario, y en lo que se refiere a sus funciones, “el principal cometido de la persona designada como recurso preventivo será el de vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas en relación con los riesgos derivados de la situación que haya determinado su presencia, con el objeto de conseguir un adecuado control de dichos riesgos”. En concreto, en el caso de las obras de construcción, “la presencia del recurso preventivo tendrá como objeto vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el plan de seguridad y salud en el trabajo y comprobar la eficacia de éstas (disposición adicional 14ª, Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales). Su vigilancia se ajustará a las medidas incluidas en el mencionado plan de seguridad y salud relativas a los trabajos que han hecho necesaria su presencia. En cualquier caso, no hay que olvidar que el artículo



16.2.a de la Ley 31/1995 señala que “cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios, para detectar situaciones potencialmente peligrosas”. “A estos efectos, el empresario deberá controlar la actividad de sus trabajadores aún a pesar de que dicho control no implique la obligación de designar un recurso preventivo.” Por último “para poder desarrollar su actividad, la normativa determina que el recurso preventivo deberá permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que motivó su presencia (art. 22 bis.3, RSP).

6. Los deberes que el empresario debe tener con el Recurso Preventivo obligan a éste a facilitarle al recurso preventivo “la información comprendida en el correspondiente plan de seguridad y salud que contiene los medios y procedimientos de trabajo que deberán ser considerados en la ejecución de la actividad potencialmente peligrosa.” No obstante, con el fin de facilitar el trabajo del recurso preventivo, “el empresario debe garantizar que éste dispone de la información necesaria para desempeñar una vigilancia eficaz”. Por otra parte, “el contratista será el responsable de asegurar que los recursos preventivos son suficientes en número y disponen de los medios necesarios para desempeñar con eficiencia su tarea. Reglamentariamente queda establecido que cuando, “como resultado de la vigilancia, se observe un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas a las que se asigne la presencia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas.” El contratista ha de definir el procedimiento a seguir para que el recurso preventivo pueda cumplir con esta obligación. “Por otro lado, “si durante su vigilancia se observara una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las medidas preventivas, el recurso preventivo deberá poner tales circunstancias en conocimiento del empresario (contratista) que procederá, de manera inmediata, a la adopción de las medidas necesarias para corregir las deficiencias y a la modificación del plan de seguridad y salud en el trabajo en los términos previstos en el artículo 7.4 del RD 1627/1997.”
7. El Contratista deberá proteger materiales, medios auxiliares y la propia Obra contra toda pérdida y daño que pueda producirse por cualquier causa. Tales



pérdidas, si llegaran a producirse, serán a cargo del Contratista, sin derecho a indemnización, a excepción de los sufridos por la propia Obra, si el contratista ha tomado las medidas normales adecuadas para su protección. Si los daños son sufridos por materiales y otros elementos entregados al Contratista por el Propietario, el importe de tales pérdidas y daños serán deducidos al Contratista de las certificaciones mensuales. Especialmente deberá cumplir los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.

8. Deberán conservarse en perfecto estado de limpieza todos los espacios interiores y exteriores, evacuando los desperdicios y basuras, cuidando que predomine el mayor orden.
9. El Contratista deberá construir en las obras las instalaciones higiénicas sanitarias, para ser utilizadas por los obreros y empleados.
10. A la terminación de las obras el Contratista deberá retirar de las mismas todas sus instalaciones, herramientas, materiales, etc.
11. El Propietario establecerá un Plan de Seguridad que adjuntará a las condiciones Generales y en el que se recogerá detalladamente un programa de revisiones e inspecciones.
12. El Contratista acepta la inspección del Propietario, en cuanto a seguridad se refiere, y se obliga a corregir con carácter inmediato, los defectos que se encuentren.
13. El Propietario se reserva el derecho de repercutir contra el Contratista el cumplimiento de todas las obligaciones y responsabilidades en materia de Seguridad Social y de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
14. En el caso de reincidencia en el incumplimiento de medidas de seguridad, o en el caso de presentar situaciones de gran riesgo, el Propietario podrá rescindir el contrato, con derecho a exigir al contratista las indemnizaciones que procedan.
15. El Contratista dispondrá de cuantos botiquines de primeros auxilios sean necesarios en cada unidad de trabajo.

7. NECESIDAD PARA EJECUTAR EL PROYECTO.-

El Contratista tendrá en cuenta todas las condiciones propias del terreno. Antes de someter su proposición, el Contratista examinará e inspeccionará el terreno y sus



alrededores, enterándose en la medida que éste estime necesario, de las características y naturaleza del mismo, las condiciones físicas, meteorológicas y barométricas, las condiciones geológicas, los niveles freáticos y problemas de bombeo de agua que afecten a la construcción, necesidades de entibación de excavaciones, las servidumbres, la zona de vertido de residuos que para tal fin hayan sido aprobadas por la autoridad competente en el terreno, las necesidades de materiales y equipos para llevar a cabo las obras, las zonas de estacionamiento de equipos y materiales así como la recepción de los mismos, los medios de acceso al terreno, las disponibilidades de agua potable, combustibles, energía eléctrica, etc., y, en general, obtendrá por sí mismo toda la información necesaria en lo referente a los riesgos, contingencias y otras circunstancias que puedan influir en su proposición o afectar a la ejecución de las obras.

Cualquier defecto o negligencia en la observación de estos datos por parte del Contratista, no le revelará de la responsabilidad de haber estimado correctamente las dificultades que se presenten así como de las obligaciones y costos adicionales que se deriven de tales circunstancias. Toda la información que a este respecto pueda facilitar el Propietario, no forma parte del contrato y, aunque se considera razonablemente correcta, no se garantiza que ésta sea completa y exacta. Queda, por tanto, claramente establecido, que la utilización de tal información por el Contratista no le releva en ningún caso de la responsabilidad que se derive de su inexacto conocimiento del terreno y circunstancias del entorno, ni de las responsabilidades y gastos por soportes provisionales, roturas o reparaciones así como de las indemnizaciones de servidumbre afectadas por la obras.



8. SUMINISTRO Y APORTACIÓN DE EQUIPOS Y MANO DE OBRA.-

El Contratista proveerá y empleará en el terreno para la ejecución y conservación de las obras:

- a) Únicamente los técnicos que estén capacitados y tengan experiencia en sus respectivos oficios y los encargados y oficiales que estén capacitados para realizar la debida supervisión del trabajo correspondiente, tanto por sus conocimientos como por las exigencias legales.
- b) La mano de obra, especializada o no, necesaria para la adecuada y oportuna ejecución y conservación de las obras. El Ingeniero Director tendrá en derecho poner reparo y requerir del Contratista , que sea retirada inmediatamente cualquier persona empleada en la obra por el mencionado Contratista en relación con la ejecución y/o conservación de la obra, que en opinión del Ingeniero se comporte indebidamente, no sea competente o no cumpla con el debido cuidado y prevención para el cumplimiento de sus deberes o contra cuyo empleo, la dirección técnica tenga otras objeciones, no pudiendo volverse a emplear a tal persona en las obras, sin el permiso escrito del Ingeniero. La persona que de esta forma haya sido retirada de las obras será reemplazada lo antes posible por una persona competente.
- c) Salvo si se estipulara lo contrario, el Contratista suministrará y proveerá por su cuenta todo el equipo de construcción, obras provisionales, mano de obra (con inclusión de la supervisión de la misma), transporte hacia y desde el terreno seleccionado, con las obras y demás pertrechos de toda índole requeridos para la construcción, terminación y conservación de la obra.

9. OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES.-

Desde el momento en que se empiece a llevar a cabo la obra, el contratista asumirá la plena responsabilidad del cuidado de la misma, así como de todas las obras provisionales, y en caso que cualquier perjuicio que suceda con la obra u obras provisionales por cualquier causa (salvo y excepto los riesgos incluidos, tal y como se definen en el párrafo siguiente) los reparará y subsanará por su cuenta, de forma que al terminarse las obras éstas estén en estado óptimo, en condiciones y en conformidad con lo estipulado en el contrato así como con las instrucciones que a lo largo de la obra diera



el Ingeniero Director de la misma. En caso de ocurrir cualquiera de tales perjuicios a causa de alguno de los riesgos excluidos, el Contratista los reparará y subsanará en la medida que se requiera y cuando lo ordene la dirección técnica, siempre en conformidad con lo estipulado en el contrato y por cuenta del Propietario. El Contratista será también responsable de cualquier perjuicio en las obras ocasionado por él en el curso de los trabajos que lleve a cabo.

Son “Riesgos Excluidos” los siguientes: acto de guerra (esté declarada o no), invasión por enemigos extranjeros, rebelión, revolución, insurrección, golpes militares o de Estado, guerra civil, motines o disturbios (salvo entre los propios empleados del Contratista), o el uso y ocupación por el Propietario de cualquier parte de las obras respecto de las que haya extendido un Acta de Recepción o una causa debida únicamente a defecto del proyecto y que el Contratista a pesar de previsión y pericia no pueda prevenir (refiriéndose en el presente documento a todos aquellos colectivamente como “Riesgos Excluidos”).

El Contratista realizará todos los avisos y notificaciones, pagará todos los derechos dispuestos y cumplirá en todo con cualquier Ley, Decreto, Orden y otra legislación del Estado o cualquier Ordenanza o Reglamento de las autoridades provinciales, locales, municipales u otras debidamente constituidas, en relación con la ejecución de las obras y obras provisionales, resarcido al Propietario de todas las sanciones y responsabilidades por infracción de cualquiera de tales normas, siempre y cuando la infracciones o incumplimientos sean derivados de las decisiones tomadas por el Contratista o cualquiera de las personas que pertenecen al conjunto de sus trabajos.

El Contratista deberá cumplir plenamente y exigirá que todos los demás relacionados con la obra, cumplan con todas las Leyes, Decretos, Reglamentos, Ordenanzas y otras regulaciones gubernamentales que conciernan a la obra.

1. El Contratista se obliga a realizar los servicios que se contraten correctamente, de acuerdo con las especificaciones del Propietario y que el buen sentido y la experiencia le aconsejen.



2. El Contratista se obliga a mantener en todo momento en obra al personal necesario, debidamente capacitado, así como las herramientas y maquinaria precisas para la realización de los servicios, dentro de los plazos parciales y totales previstos.
3. El Contratista deberá presentar al Propietario, en cuanto le sean exigidos por éste, los documentos y comprobantes que justifiquen estar al corriente en el pago de la maquinaria, materiales y servicios utilizados en la ejecución de los mismos, así como cualquier otro documento justificativo de cumplimiento de sus obligaciones legales.
4. El Contratista se compromete a cumplir las disposiciones laborales durante la ejecución de los servicios, así como a acreditar ante el Propietario que el personal que mantiene, está integrado, debidamente contratado y al corriente de pago de los salarios correspondientes, así como con el cumplimiento de sus obligaciones en la materia de Seguridad Social, mediante la presentación de los documentos y demás que resulten procedentes. El incumplimiento de estos requisitos supondrá la retención de la factura.
5. El Contratista no podrá en ningún caso subcontratar, ceder o destajar, en todo o en parte, los servicios a cuya realización se le obligará por el contrato que suscriba, sin la conformidad expresa del Propietario. En cualquier caso, el Contratista se obliga a exigir al subcontratista los documentos establecidos en la legislación vigente y, en especial, los contenidos en el presente.
6. El Propietario podrá decidir la exclusión de un subcontratista por considerarlo incompetente, o no reunir las condiciones necesarias. Comunicada esta decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión del subcontrato.
7. En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los subcontratistas y el Propietario como consecuencia del desarrollo por aquellos de trabajos parciales para éste.

10. INDEMNIZACIONES.-

Si el Contratista no termina las obras dentro del plazo estipulado en el contrato, con inclusión de la prórroga eventual que fuera concedida en su caso, pagará con ello el importe o importes establecidos en la escritura del contrato como indemnización por



daños debidos al retraso y no como penalización, por cada día o fracción de día que transcurra a partir de la fecha estipulada, con inclusión si es el caso, del tiempo establecido como prórroga eventual, y la fecha de terminación de cada parte de las obras. La obligación del Contratista de indemnizar al Propietario por retraso, subsiste aún en caso en que por causas ajenas al objeto del contrato, se retratase la puesta en servicios de la instalación construida por el Contratista.

Él podrá, sin perjuicio de cualquier otro medio de reembolso, deducir la cantidad correspondiente de las que estando en su poder sean, o vayan a ser debidas al Contratista. El pago o la deducción de tales indemnizaciones no relevarán al Contratista de su obligación de terminar las obras, ni de cualquiera de sus demás obligaciones y responsabilidades que emanen del documento contractual.

Si el Propietario pudiese poner y hubiera puesto en servicio la instalación para el fin previsto, aunque no se hubiese terminado la totalidad de las obras contratadas, la indemnización por retraso, sería reducida para el periodo de retraso transcurrido después de la puesta en servicio en la proporción suficiente, correspondiente al valor de las instalaciones puestas en servicio.

El Contratista indemnizará y protegerá al Propietario de, y lo defenderá, cada una y todas las obligaciones, incluyendo multas, pérdidas, daños, lesiones, molestias o violación de la Ley, por las cuales el Contratista ha asumido la responsabilidad.

11. DIRECCIÓN DEL TRABAJO.-

El Ingeniero Director supervisará la construcción de las obras que realice el Contratista, para asegurar que el trabajo se desarrolle de acuerdo con los planos y especificaciones, y que la mano de obra, material y método de construcción, se ajusten al contrato. El Contratista acatará y cumplirá las instrucciones del Ingeniero, relativas al cumplimiento del Contrato.

El Ingeniero brindará interpretaciones de los planos y pliegos de condiciones, tanto a petición del Contratista, como por iniciativa propia, estando el Contratista obligado contractualmente por dichas interpretaciones a menos que las mismas estén en conflicto



con la buena práctica de la construcción o en discrepancia con la Ley, en cuyo caso, el Contratista referirá el asunto inmediatamente al Propietario, realizándolo por escrito.

El Contratista notificará por escrito al Ingeniero cualquier contratiempo o dificultad habida en la ejecución de las obras y no prevista y no prevista en los planos y/o pliego de condiciones. El Ingeniero lo pondrá en conocimiento del Propietario y resolverá con la mayor diligencia posible. La resolución del Ingeniero obligará legalmente al Contratista, en lo que a su ejecución se refiere, modificándose las condiciones económicas de acuerdo con lo establecido en los documentos del contrato.

12. CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES.-

El Contratista hará sus propios arreglos para la contratación de toda la mano de obra. Respecto a la contratación, empleo, transporte, salarios, alimentación, alojamiento y condiciones de trabajo de la mano de obra y de todos los demás asuntos relacionados con ella, el Contratista cumplirá, mientras esté en vigor el contrato, con todas las obligaciones que le impongan las Leyes, Decretos, Ordenanzas, u otras legislaciones del Estado o cualquiera de las Ordenanzas, Reglamentos o Disposiciones de las autoridades provinciales, locales, municipales u otras debidamente constituidas, que sean aplicables con inclusión de aquellas que se promulguen, se adopten o entren en vigor durante el plazo de duración del contrato.

El Contratista deberá solicitar autorización de las autoridades laborales de la provincia, para contratar personal extranjero, no cualificado y no procederá a su contratación, ni permitirán que lo contraten sin previa aprobación de la Delegación Provincial de Trabajo. El incumplimiento de las condiciones establecidas en este párrafo, será causa suficiente para la rescisión del contrato o alternatively, de una penalización de cuantía comprendida entre 1.000 y 6.000 euros, según la gravedad de la infracción cometida, todo ello con independencia de las sanciones gubernativas ha que se haya hecho acreedor.

13. SEGUROS.-

El Contratista es responsable de todos los daños y perjuicios que puedan producirse en las personas o bienes del propio Contratista, del Propietario o de otros terceros,



derivados de la realización de la actividad objeto del contrato, que fueran debidos a acciones de su personal y se obliga a presentar ante el Propietario, la póliza del Seguro de Responsabilidad Civil para daños a terceros.

El Contratista se obliga a mantener en vigor la póliza anterior, durante el tiempo que duren las tareas encomendadas por el Propietario y, por consiguiente, a encontrarse al corriente de pago de las primas del seguro de referencia.

El Contratista se compromete a mantener al Propietario libre de cualquier reclamación o responsabilidad derivada de daños en las cosas, así como de las lesiones o muerte de cualquier persona a su servicio o ajeno, con motivo y durante la ejecución de la obra. El Propietario, por su parte, asegurará a sus propios agentes.

En caso que el Propietario fuese obligado, por resolución o sentencia de cualquier naturaleza, a abonar alguna indemnización por estos conceptos, el Contratista quedará obligado al reintegro de la misma.

14. GARANTÍAS.-

A la terminación de las obras, se procederá a su reconocimiento y a la realización de los ensayos precisos para comprobar que cumple las condiciones técnicas exigidas. Se levantará un acta en la que se consignará el resultado de dicha inspección, así como los ensayos realizados. Si los resultados son satisfactorios, se recibirán provisionalmente las actividades terminadas.

Si la inspección descubriera algún defecto, se concederá al adjudicatario un plazo breve para corregirlo, después del cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento para llevar a efecto la recepción provisional. Si transcurrido el plazo señalado para la corrección del defecto éste no se hubiese subsanado, el Propietario arbitrará los mecanismos para su reparación, después de ponerlo en conocimiento del Contratista, siendo los gastos por cuenta de éste.

Todos los ensayos realizados para la recepción de las obras, serán por cuenta del Contratista. Además, éste garantizará que la obra terminada está exenta de defectos, tanto de material, como de ejecución. Esta garantía se mantendrá durante un año, contando a partir de la recepción provisional. Las obligaciones del Contratista en



relación con esta garantía se limitarán a la reparación de los defectos que aparezcan en la obra en funcionamiento normal. Y si hubiera de reparar partes esenciales de la obra, el plazo de un año, empezará a correr de nuevo íntegro a partir de la fecha de reparación.

Una vez transcurrido el plazo de garantía, será recibida definitivamente la obra y se devolverá al Contratista la fianza, con descuento del importe de las reparaciones y obras de conservación que haya sido necesario efectuar durante el plazo de garantía y que no hayan sido ejecutadas por el Contratista.

Si por demora en la realización de las tareas, por falta de calidad en las mismas, o cualquier otra causa, el Propietario se viera obligado, bien contratando a otra empresa o bien ella misma, a realizar cualquier trabajo que tuviese que hacer el Contratista, repercutirá a éste los cargos correspondientes.

15. FIANZAS.-

Antes de comenzar las tareas se podrá exigir al Contratista la constitución de una fianza, por el importe del 10% del presupuesto de la obra a los precios del contrato, siempre que éste sea superior a 6.000 euros. En caso de aumento de obra o revisión de precios, la fianza será incrementada por el mismo porcentaje del 10% de la ampliación del presupuesto.

En el caso de que en las Condiciones Particulares figurase una forma de pago que lleve implícita una retención por cada certificación o factura producida, fuere esta retención la que constituye la fianza en vez de la indicada en el apartado anterior, cuyo contenido queda anulado en este caso.

La fianza podrá constituirse en metálico, sin devengo de intereses, o por aval bancario que pueda hacerse efectivo al simple requerimiento del Propietario. Será retenida la fianza hasta la finalización de la garantía. La fianza servirá como garantía:

- Del cumplimiento de contrato, es decir, de la ejecución de la obra, de acuerdo con los pliegos de condiciones y planos, dentro del plazo establecido.



- Del cumplimiento por el contrato de las obligaciones con terceros, con la Seguridad Social y demás obligaciones de naturaleza salarial que se deriven de la ejecución de las obras.

16. PENALIZACIONES.-

El Propietario tendrá la facultad para retener las cantidades a buena cuenta que debe pagar por la ejecución de la actividad contratada e incluso para resolver por sí sola el contrato, si el Contratista no presenta los documentos exigidos, o de los presentados resultase que incumpliese las obligaciones, o no está al corriente de los pagos de la Seguridad Social, o si se encontrarse en situación de quiebra, suspensión de pagos, insolvencia o circunstancias económicas que no le permitan cumplir puntual y fielmente el contrato y llevar a buen término las actividades que se contraten. También será de aplicación este punto por una mala ejecución de la actividad, a juicio del Propietario.

En caso de retraso en la finalización de las obras o servicios por causas no imputables al Propietario, se establece una penalidad por día natural de demora de un 2% del importe total del contrato, hasta un máximo del 15% de dicho importe.

La justificación de un retraso en una determinada actividad o actividades no implicará, de manera automática, justificación de retraso en las fechas de terminación, para las que figuran precedidas por aquellas, de acuerdo con el programa desarrollado.

Por consiguiente el contrato procederá a revisar dicho programa manteniendo los objetivos previstos.

17. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO.-

El incumplimiento de las condiciones del contrato motivará su resolución con pérdida de la fianza. Así mismo, procederá la resolución con pérdida de la fianza, además de los casos previstos en el Pliego General para la Contratación de Obras Públicas, cuando al cumplirse el plazo total de ejecución faltara por realizar más del 20% del total de la obra.

En el caso de que procediese la rescisión, el Propietario recibirá la obra o servicio, en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el de levantamiento de un acta



notarial que refleje dicha situación, la maquinaria auxiliar y materiales que el Contratista tuviera en la instalación, sin que contra este acto pueda interponer el Contratista interdicto en ninguna otra acción judicial, a lo que renuncia expresamente.

El Propietario también podrá por terminado el contrato por su conveniencia y en tal caso abonará al Contratista la indemnización que se fije de común acuerdo, con los gastos e instalaciones no amortizadas, pero no se pagará cantidad alguna por los beneficios que el Contratista esperase obtener en la obra o servicio no realizado. Este mismo criterio se aplicará en los casos de reducción del volumen de obra previsto.

18. ACEPTACIÓN.-

El Contratista dará su aceptación expresa a las Condiciones Generales a la presentación de la oferta de ejecución de obras y servicios que se requieran, devolviéndolas firmadas por persona con capacidad suficiente a tal efecto.

19. LITIGIOS.-

Toda diferencia o conflicto que pueda presentarse en la interpretación o como consecuencia de las obligaciones que se derivan del contrato y que no puedan ser resueltos por mutuo acuerdo de las partes, estarán sometidos a arbitraje, conforme la Ley 36/88 de 5 de diciembre de 1.988.

Los árbitros serán tres, eligiendo cada contratante uno de ellos, y el tercero será designado de común acuerdo por las dos personas inicialmente nombradas. Si éstas no coincidiesen en su nombramiento, el arbitraje se someterá al laudo de un solo árbitro.

El laudo arbitral, que podrá condenar al pago de las costas a la parte acreedora de ello, será de obligado cumplimiento para las partes, aceptándose expresamente esta obligación.

Si alguna cuestión hubiera de ser sometida a los Tribunales, el Contratista renuncia a su propio fuero y se somete a la decisión de los Juzgados y Tribunales provinciales.



20. GASTOS E IMPUESTOS.-

Los gastos de impuestos serán por cuenta del Propietario, siempre que no se incluya en el precio, el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) que se devengue por la ejecución de la obra o su contratación, y los documentos a que ella dé lugar, incluso notariales, si se ocasionan con arreglo a las Condiciones Generales.

El Propietario podrá exigir la exhibición, para su verificación, de los comprobantes de los pagos citados y de los Seguros Sociales y demás documentos mencionados anteriormente pudiendo retener de las certificaciones, el importe aproximado de los impuestos o Seguros Sociales que no se le hubiese demostrado haber satisfecho.

Por último, en ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente.

21. REPRESENTACIÓN DE LAS CONTRATA EN LA OBRA.-

El Contratista tendrá al frente de la obra un representante capacitado con atribuciones para resolver sin demora, con la representación del Propietario, todos los problemas de naturaleza técnica, práctica o administrativa que puedan presentarse. El Propietario se reserva el derecho de recusar este representante en cualquier momento, obligándose al Contratista a sustituirla en plazo de siete días.

El representante del Contratista debe permanecer en la obra a lo largo de su desarrollo. Sólo podría ausentarse de ella durante un periodo de seis días mensuales de los cuales no serán más de tres consecutivos, con aviso previo al Propietario e indicación de qué personal de su organización desempeñará sus funciones durante tal ausencia. El incumplimiento de esta norma será motivo de recusación. Si por causas plenamente justificadas, a juicio del Propietario, tales como enfermedad, se producen ausencias inferiores a las citadas, podrá exigirse al Contratista la sustitución de su representante, durante un periodo que dure la ausencia, por otra persona de igual categoría técnica.

El Propietario tendrá derecho de exigir y el Contratista deberá cumplimentar, la sustitución de los empleados o trabajadores que, en opinión objetiva pero exclusiva del Propietario, no reúna las condiciones de competencia y habilidad en los trabajos que le corresponden, que quebrante la disciplina o que manifiesten inobservancia de las medidas de seguridad, sin que proceda, en ningún caso, reclamación alguna por parte del Contratista.



III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

1. CÁLCULO DE COSTES Y MAQUINARIA.-

1.1. Maquinaria de carga y transporte.

MAQUINARIA	TRACTOR	EXCAVADORA	PALA	VOLQUETE
Valor adquisitivo	200.000 €	180.000 €	175.100 €	108.500 €
Periodo de amortización	10 años	10 años	10 años	8 años
Valor residual	20%	20%	20%	20%
Intereses	7%	7%	7%	7%
Elementos de desgaste	3.000 / 2.000 h	3.000 / 2.000 h	3.000 / 2.000 h	3.000 / 2.000 h
Consumo Fc	0,2	0,2	0,2	0,4
Precio	1,10 €/litro	1,10 €/litro	1,10 €/litro	1,10 €/litro
Mantenimiento (Fm)	1,0	1,0	1,0	0,8

Tabla XVIII: Coste de maquinaria de carga y transporte

1.1.1. Retroexcavadora.

- Costes indirectos:

a) Amortización:

$$A_M = C \times r \times (1 + r)^n / (1 + r)^n - 1$$

(19)

C = Capital para formar

r = Interés en tanto por uno

n = Número de años

$$C = 180.000€ - 20\% = 144.000€$$

$$A_M = [144.000 \times 0,07 \times (1 + 0,07)^{10}] / [(1 + 0,07)^{10} - 1] = 20.502,36€$$

$$A_M = 20.502,36 € / 2.000 \text{ horas} = 10,25 €/hora$$

b) Seguros de maquinaria:

$$3\% \text{ del valor de adquisición: } 180.000 € \times 0,03 = 5.400 €$$

$$\text{Seguros} = 5.400 € / 2.000 h = 2,70 €/hora$$

$$\begin{aligned} \text{Coste total indirectos} &= \text{Amortización} + \text{Seguros} = 10,25 + 2,70 \\ &= 12,95 €/hora \end{aligned}$$

$$\text{COSTES INDIRECTOS DE POSESIÓN} = 12,95 €/h$$

- Costes directos de operación:

a) Materiales de desgaste (C_D):

$$C_D = \text{Costo del material} / \text{Horas de vida útil} = \frac{3.000 €}{2.000h} = 1,50 €/h$$



b) Combustibles (C_C):

$$C_C = 0,22 \times \text{Potencia (HP)} \times F_C \times \text{Precio combustible}$$

$$C_C = 0,22 \times 300 \times 0,2 \times 1,10 = 14,52 \text{ €/h}$$

c) Lubricantes-Filtros:

$$10\% \text{ del gasto en combustibles} = 14,52 \text{ €/h} \times 0,10 = 1,45 \text{ €/h}$$

d) Mantenimiento (C_M):

$$C_M = (\text{Precio de adquisición/horas de vida}) \times F_M$$

$$C_M = [180.000/(2.000 \times 10)] \times 1,0 = 9 \text{ €/h}$$

$$\text{Costes totales de operación} = 1,50 + 14,52 + 1,45 + 9 = 26,47 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN} = 26,47 \text{ €/h}$$

- Costes directos de mano de obra:

$$\text{Valor hora} = \{[\Delta \times 365 \times (\text{nº de pagas}/12)] / N\} \times (1 + \%S.S. + \%G.G.)$$

(20)

$$\Delta = \text{Mano de Obra Directa Día. Valor hora maquinista: 45 €/día}$$

$$\text{Nº de pagas} = \text{Nº de pagas al año más las pagas extras: 15 pagas}$$

$$N = \text{nº de horas trabajadas al año: 2.000 h}$$

$$S.S. = \text{Seguridad Social: 40\%}$$

$$G.G.: \text{Gastos Generales: 30\%}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor hora} &= [\{45 \times 365 \times (15/12)\} / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3) \\ &= 17,45 \text{ €/h} \end{aligned}$$

$$\text{COSTO DIRECTOS DE MANO DE OBRA} = 17,45 \text{ €/h}$$

$$\text{TOTAL RETROEXCAVADORA} = (12,95 + 26,47 + 17,45) = 56,87 \text{ €/h}$$

1.1.2. Pala cargadora.

- Costes indirectos:

a) Amortización:

$$C = 175.100\text{€} - 20\% = 140.080 \text{ €}$$

$$A_M = [140.080 \times 0,07 \times (1 + 0,07)^{10}] / [(1 + 0,07)^{10} - 1] = 19.945,23 \text{ €}$$

$$A_M = 19.945,23 \text{ €} / 2.000 \text{ horas} = 9,97 \text{ €/hora}$$

b) Seguros de maquinaria:

$$2\% \text{ del valor de adquisición: } 175.100 \text{ €} \times 0,02 = 3.502 \text{ €}$$

$$\text{Seguros} = 3.502 \text{ €} / 2.000 \text{ h} = 1,75 \text{ €/hora}$$



$$\begin{aligned}\text{Coste total indirectos} &= \text{Amortización} + \text{Seguros} = 9,97 + 1,75 \\ &= 11,72 \text{ €/hora}\end{aligned}$$

$$\text{COSTO INDIRECTOS DE POSESIÓN} = 11,72 \text{ €/h}$$

- Costes directos de operación:

a) Materiales de desgaste (C_D):

$$C_D = \text{Costo del material} / \text{Horas de vida útil} = 3.000\text{€} / 2.000\text{h} = 1,50 \text{ €/h}$$

b) Combustibles (C_C):

$$C_C = 0,22 \times \text{Potencia (HP)} \times F_C \times \text{Precio combustible}$$

$$CC = 0,22 \times 300 \times 0,2 \times 1,10 = 14,52 \text{ €/h}$$

c) Lubricantes-Filtros:

$$10\% \text{ del gasto en combustibles} = 14,52 \text{ €/h} \times 0,10 = 1,45 \text{ €/h}$$

d) Mantenimiento (C_M):

$$C_M = (\text{Precio de adquisición/horas de vida}) \times F_M$$

$$C_M = [175.100 / (2.000 \times 10)] \times 1,0 = 8,75 \text{ €/h}$$

$$\text{Costes totales de operación} = 1,50 + 14,52 + 1,45 + 8,75 = 26,22 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN} = 26,22 \text{ €/h}$$

- Costes directos de mano de obra:

$$\Delta = \text{Mano de Obra Directa Día. Valor hora maquinista: } 45 \text{ €/día}$$

$$\text{Valor hora} = [\{45 \times 365 \times (15/12)\} / 2.000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$

$$= 17,45 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTO DIRECTOS DE MANO DE OBRA} = 17,45 \text{ €/h}$$

$$\text{TOTAL PALA CARGADORA} = (11,72 + 26,22 + 17,45) = 55,39 \text{ €/h}$$

1.1.3. Tractor de cadenas.

- Costes indirectos:

c) Amortización:

$$C = 200.000\text{€} - 20\% = 160.000 \text{ €}$$

$$A_M = [160.000 \times 0,07 \times (1 + 0,07)^{10}] / [(1 + 0,07)^{10} - 1] = 22.780,30 \text{ €}$$

$$A_M = 22.780,30 \text{ €} / 2.000 \text{ horas} = 11,39 \text{ €/hora}$$

d) Seguros de maquinaria:

$$2\% \text{ del valor de adquisición: } 200.000 \text{ €} \times 0,02 = 4.000 \text{ €}$$

$$\text{Seguros} = 4.000 \text{ €} / 2.000\text{h} = 2,00 \text{ €/hora}$$



$$\begin{aligned}\text{Coste total indirectos} &= \text{Amortización} + \text{Seguros} = 11,39 + 2,00 \\ &= 13,39 \text{ €/hora}\end{aligned}$$

$$\text{COSTO INDIRECTOS DE POSESIÓN} = 13,39 \text{ €/h}$$

- Costes directos de operación:

e) Materiales de desgaste (C_D):

$$C_D = \text{Costo del material} / \text{Horas de vida útil} = 3.000\text{€} / 2.000\text{h} = 1,50 \text{ €/h}$$

f) Combustibles (C_C):

$$C_C = 0,22 \times \text{Potencia (HP)} \times F_C \times \text{Precio combustible}$$

$$CC = 0,22 \times 300 \times 0,2 \times 1,10 = 14,52 \text{ €/h}$$

g) Lubricantes-Filtros:

$$10\% \text{ del gasto en combustibles} = 14,52 \text{ €/h} \times 0,10 = 1,45 \text{ €/h}$$

h) Mantenimiento (C_M):

$$C_M = (\text{Precio de adquisición/horas de vida}) \times F_M$$

$$C_M = [200.000 / (2.000 \times 10)] \times 1,0 = 10,0 \text{ €/h}$$

$$\text{Costes totales de operación} = 1,50 + 14,52 + 1,45 + 10,00 = 27,47 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN} = 27,47 \text{ €/h}$$

- Costes directos de mano de obra:

$$\Delta = \text{Mano de Obra Directa Día. Valor hora maquinista: } 45 \text{ €/día}$$

$$\text{Valor hora} = [\{45 \times 365 \times (15/12)\} / 2.000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$

$$= 17,45 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTO DIRECTOS DE MANO DE OBRA} = 17,45 \text{ €/h}$$

$$\text{TOTAL TRACTOR DE CADENAS} = (13,39 + 27,47 + 17,45) = 58,31 \text{ €/h}$$

1.1.4. Dúmpster.

- Costes indirectos:

a) Amortización:

$$C = 108.500\text{€} - 20\% = 86.800 \text{ €}$$

$$A_M = [86.800 \times 0,07 \times (1 + 0,07)^8] / [(1 + 0,07)^8 - 1] = 14.539,97 \text{ €}$$

$$A_M = 14.539,97 \text{ €} / 2.000 \text{ horas} = 7,27 \text{ €/hora}$$

b) Seguros de maquinaria:

$$2\% \text{ del valor de adquisición: } 108.500 \text{ €} \times 0,02 = 2.170 \text{ €}$$

$$\text{Seguros} = 2.170 \text{ €} / 2.000\text{h} = 1,08 \text{ €/hora}$$



$$\begin{aligned}\text{Coste total indirectos} &= \text{Amortización} + \text{Seguros} = 7,27 + 1,08 \\ &= 8,35 \text{ €/hora}\end{aligned}$$

$$\text{COSTO INDIRECTOS DE POSESIÓN} = 8,35 \text{ €/h}$$

- Costes directos de operación:

a) Materiales de desgaste (C_D):

$$C_D = \text{Costo del material} / \text{Horas de vida útil} = 3.000\text{€} / 2.000\text{h} = 1,50 \text{ €/h}$$

b) Combustibles (C_C):

$$C_C = 0,22 \times \text{Potencia (HP)} \times Fc \times \text{Precio combustible}$$

$$C_C = 0,22 \times 350 \times 0,4 \times 1,10 = 33,88 \text{ €/h}$$

c) Lubricantes-Filtros:

$$10\% \text{ del gasto en combustibles} = 33,88 \text{ €/h} \times 0,10 = 3,38 \text{ €/h}$$

d) Mantenimiento (C_M):

$$C_M = (\text{Precio de adquisición/horas de vida}) \times F_M$$

$$C_M = [108.500 / (2.000 \times 12)] \times 0,8 = 3,61 \text{ €/h}$$

$$\text{Costes totales de operación} = 1,50 + 33,88 + 3,38 + 3,61 = 42,37 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN} = 42,37 \text{ €/h}$$

- Costes directos de mano de obra:

$$\Delta = \text{Mano de Obra Directa Día. Valor hora conductor: } 40 \text{ €/día}$$

$$\text{Valor hora} = [\{40 \times 365 \times (15/12)\} / 2.000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$

$$= 15,51 \text{ €/h}$$

$$\text{COSTO DIRECTOS DE MANO DE OBRA} = 15,51 \text{ €/h}$$

$$\text{TOTAL DÚMPER} = (8,35 + 42,37 + 15,51) = 66,23 \text{ €/h}$$

1.2. Cuadro general de costes de maquinaria de carga y transporte.

COSTES	CONCEPTOS	TRACTOR	EXCAVADORA	PALA	SEIS VOLQUETES
INDIRECTOS	AMORTIZACIÓN	11,39	10,25	9,97	7,27 x 6 = 43,62
	SEGUROS MÁQUINA	2,00	2,70	1,75	1,08 x 6 = 6,48
	TOTAL COSTES INDIRECTOS	13,39	12,95	11,72	50,10
DIRECTOS DE OPERACIÓN	MATERIAL DESGASTE	1,50	1,50	1,50	1,5 x 6 = 9,00
	COMBUSTIBLES	14,52	14,52	14,52	33,88 x 6 = 203,28
	LUBRICANTES FILTROS	1,45	1,45	1,45	3,38 x 6 = 20,28
	MANTENIMIENTO	10,00	9,00	8,75	3,61 x 6 = 21,66
	TOTAL COSTES OPERACIÓN	27,47	26,47	26,22	254,22
MANO DE OBRA	MAQUINISTA / CONDUCTOR	17,45	17,45	17,45	15,51 x 6 = 93,06
	TOTAL COSTES MANO OBRA	17,45	17,45	17,45	93,06
TOTAL COSTO HORA / MÁQUINA		58,31	56,87	55,39	397,38

Tabla XIX: Cuadro general de costes de maquinaria de carga y transporte



1.3. Maquinaria empleada en la planta de concentración del mineral.

Las instalaciones constan de los siguientes elementos:

- 1 precribador
- 1 machacadora de mandíbulas
- 2 molinos de cilindros
- 2 molinos de bolas
- 1 trómel desenlodador
- 5 cribas
- 10 ciclones
- 1 tanque espesador
- 2 separadores magnéticos
- 10 grupos de 5 biceldas
- 5 grupos de 4 biceldas
- 5 grupos de 2 biceldas
- 4 balsas de flotación
- 11 cintas transportadoras

Presupuestos parciales			
Designación	Medición	Precio unitario	Importe
Precribador	1	30.060,73	30.060,73
Machacadora de mandíbulas	1	135.000,00	135.000,00
Molino de cilindros	2	60.000,00	120.000,00
Molino de bolas	2	150.204,32	300.408,64
Trómel desenlodador	1	11.157,60	11.157,60
Cribas	5	3.005,06	15.025,30
Ciclones	10	10.000,00	100.000,00
Tanque espesador	1	20.000,00	20.000,00
Separador magnético	2	3.120,24	6.240,48
Grupo de 5 biceldas	10	1.598,76	15.987,60
Grupo de 4 biceldas	5	1.438,22	7.191,10
Grupo de 2 biceldas	5	1.387,20	6.936,00
Balsa de flotación	4	36.000,00	144.000,00
Cintas transportadoras	11	6.058,20	66.640,20
TOTALES			978.647,65

Tabla XX: Presupuestos parciales en planta de concentración del mineral



Amortización:

$$A_M = C \times r \times (1 + r)^n / (1 + r)^n - 1$$

(21)

C = Capital para formar

r = Interés en tanto por uno

n = Número de año

Capital = 978.647,65

Interés = 7%

Número de años = 26 años

$$A_M = [978.647,65 \times 0,07 \times (1 + 0,07)^{26} / (1 + 0,07)^{26} - 1]$$
$$= 82.755,40 \text{ €/año}$$

TOTAL ANUAL = 82.755,40 €/AÑO

TOTAL 20 AÑOS = 1.655.108,00 €

2. CÁLCULO DE MANO DE OBRA.-

- **Director facultativo (80 €/día):**

$$\text{Valor hora} = [(80 \times 365 \times (15/12)) / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$
$$= 31,02 \text{ €/h}$$

- **Encargado de la cantera (60 €/día):**

$$\text{Valor hora} = [(60 \times 365 \times (15/12)) / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$
$$= 23,26 \text{ €/h}$$

- **Administrativo (35 €/día):**

$$\text{Valor hora} = [(35 \times 365 \times (15/12)) / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$
$$= 13,57 \text{ €/h}$$

- **Conductor del tractor (45 €/día):**

$$\text{Valor hora} = [(45 \times 365 \times (15/12)) / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$
$$= 17,45 \text{ €/h}$$

- **Conductor de la retroexcavadora (45 €/día):**

$$\text{Valor hora} = [(45 \times 365 \times (15/12)) / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3)$$
$$= 17,45 \text{ €/h}$$

- **Conductor de la pala cargadora (45 €/día):**



$$\begin{aligned} \text{Valor hora} &= [\{45 \times 365 \times (15/12)\} / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3) \\ &= 17,45 \text{ €/h} \end{aligned}$$

- **Conductor del dumper (6 camiones) (40 €/día x 6 = 240 €/día):**

$$\begin{aligned} \text{Valor hora} &= [\{240 \times 365 \times (15/12)\} / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3) \\ &= 93,08 \text{ €/h} \end{aligned}$$

- **1ª Oficial (40 €/día):**

$$\begin{aligned} \text{Valor hora} &= [\{40 \times 365 \times (15/12)\} / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3) \\ &= 15,51 \text{ €/h} \end{aligned}$$

- **12 peones (30 €/día x 12 = 360):**

$$\begin{aligned} \text{Valor hora} &= [\{360 \times 365 \times (15/12)\} / 2000] \times (1 + 0,4 + 0,3) \\ &= 139,61 \text{ €/h} \end{aligned}$$

TOTAL ANUAL = 651.661,20 €/AÑO

TOTAL 20 AÑOS = 13.026.624,00 €

3. MEDICIONES.-

3.1. Mediciones de explotación.

ARRANQUE DE ROCA, CARGA Y TRANSPORTE				
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES			TOTAL VOLUMEN
	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	
m³ de roca mineral extraída	5.931	25	25,00	3.706.000
m³ de tierra vegetal extraída	5.931	25	0,80	120.000
m³ de arcillas margosas extraídas	5.931	25	2,80	414.000
m³ de material cargado y transportado a la Planta de Trituración (Esponjamiento 4%)	5.931	25	30,00	4.409.600
m³ de material para Restauración (Esponjamiento 1,3)	5.931	25	20,00	3.026.969

Tabla XXI: Arranque de roca, carga y transporte

ACONDICIONAMIENTO DE LA CANTERA			
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES		TOTAL SUPERFICIE
	LONGITUD	ANCHURA	
m² de adecuación de pistas interiores	8.000	25	200.000
m² de adecuación y asfaltado de accesos	250	5	1.250

Tabla XXII: Acondicionamiento de la cantera



3.2. Mediciones de restauración.

ACONDICIONAMIENTO TOPOGRÁFICO				
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES			TOTAL VOLUMEN
	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	
m³ de descabezamiento de frentes	5.931	25	16,00	2.328.438
m³ de compactado de estériles	5.931	25	16,00	2.328.438

Tabla XXIII: Acondicionamiento topográfico

APORTE Y ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO				
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES			TOTAL VOLUMEN
	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	
m³ de suelo	5.931	785	0,50	2.327.918
m³ de aporte edáfico	5.931	785	0,50	2.327.918

Tabla XXIV: Aporte y acondicionamiento del suelo

ARADO				
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES			TOTAL VOLUMEN
	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	
m³ de arado	5.931	785	0,50	2.327.918

Tabla XXV: Arado

SIEMBRA Y PLANTACIÓN				
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES			TOTAL
	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	
Unidades de apertura de huecos	3.821	785		3.000.000
Ha de siembra a voleo	47	10		470
kg de semillas de cebada (70 kg x Ha)				32.900
kg de semillas pastizales (1 kg x Ha)				470
kg de retama (150 kg x Ha)				70.500
kg de esparto (150 kg x Ha)				70.500
kg de romero (150 kg x Ha)				70.500
kg de tomillo (150 kg x Ha)				70.500
Unidades de almendros (235 x Ha)				111.625
kg de fertilizante				4.256.763
m³ de agua para riego	5.931	785	0,50	2.327.918
m³ de materia orgánica (15%)	5.931	785	0,50	3.491.877

Tabla XXVI: Siembra y plantación



3.3. Mediciones de seguridad y prevención.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI's)	
DESIGNACIÓN	UNIDADES
Casco de seguridad homologado (EN397)	30
Calzado de seguridad con puntera y plantillas metálicas (EN345–Clase I S3)	30
Guantes de protección frente a riesgos mecánicos (EN388)	30
Gafas de protección antiproyecciones (EN166)	30
Ropa de protección contra el mal tiempo (EN343)	30
Protección auditiva (EN 352)	30
Mascarilla filtrante de protección contra partículas (EN149 del tipo FFP-2)	30
Chaleco reflectante	30

Tabla XXVII: Equipos de protección individual

PROTECCIONES COLECTIVAS	
DESIGNACIÓN	UNIDADES
Señal normalizada de tráfico (Amarilla)	20
Señal normalizada e indicativa de riesgo (EN345–Clase I S3)	20
Extintor de polvo polivalente	20
Metros lineales de vallado de 1.9 m de alto	100

Tabla XXVIII: Protecciones colectivas

MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	
DESIGNACIÓN	UNIDADES
Botiquín completo en explotación	10
Reconocimiento médico obligatorio	25

Tabla XXIX: Medicina preventiva y primeros auxilios



4. PRECIOS UNITARIOS.-

4.1. Precios unitarios de explotación.

ARRANQUE DE ROCA, CARGA Y TRANSPORTE		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Roca mineral extraída	m ³	2,25
Tierra vegetal extraída	m ³	2,25
Arcillas margosas extraídas	m ³	2,25
Material cargado y transportado a la Planta de Trituración (Esponjamiento 4%)	m ³	2,25
Material para Restauración (Esponjamiento 1,3)	m ³	2,25

Tabla XXX: Precios unitarios de arranque de roca, carga y transporte

ACONDICIONAMIENTO DE LA CANTERA		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Adecuación de pistas interiores	m ²	1,79
Adecuación y asfaltado de accesos	m ²	2,68

Tabla XXXI: Precios unitarios de acondicionamiento de la cantera

4.2. Precios unitarios de restauración.

ACONDICIONAMIENTO TOPOGRÁFICO		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Descabezamiento de frentes	m ³	0,07
Compactado de estériles	m ³	0,05

Tabla XXXII: Precios unitarios de acondicionamiento topográfico



EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



APORTE Y ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Suelo	m ³	0,32
Aporte edáfico	m ³	1,76

Tabla XXXIII: Precios unitarios de aporte y acondicionamiento del suelo

ARADO		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Arado	m ²	0,03

Tabla XXXIV: Precios unitarios de arado

SIEMBRA Y PLANTACIÓN		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Apertura de huecos de 0,5 x 0,5 x 0,5	Ud	1,63
Siembra a voleo	Ha	27,14
Semillas de cebada	kg	6,76
Semillas pastizales	kg	6,76
Retama	kg	1,37
Esparto	kg	1,37
Romero	kg	1,37
Tomillo	kg	1,37
Almendros (235 x Ha)	Ud	2,70
Fertilizante NPK	kg	0,31
Agua para riego	m ³	0,39
Materia orgánica	m ³	5,17

Tabla XXXV: Precios unitarios de siembra y plantación



4.3. Precios unitarios de seguridad y prevención.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI's)		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Casco de seguridad homologado (EN397)	Ud	1,87
Calzado de seguridad con puntera y plantillas metálicas (EN345–Clase I S3)	Ud	20,80
Guantes de protección frente a riesgos mecánicos (EN388)	Ud	2,10
Gafas de protección antiproyecciones (EN166)	Ud	11,25
Ropa de protección contra el mal tiempo (EN343)	Ud	11,90
Protección auditiva (EN 352)	Ud	7,50
Mascarilla filtrante de protección contra partículas (EN149 del tipo FFP-2)	Ud	1,56
Chaleco reflectante	Ud	12,50

Tabla XXXVI: Precios unitarios de EPI's

PROTECCIONES COLECTIVAS		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Señal normalizada de tráfico (Amarilla)	Ud	20,00
Señal normalizada e indicativa de riesgo (EN345–Clase I S3)	Ud	1,80
Extintor de polvo polivalente	m	92,30
Metros lineales de vallado de 1.9 m de alto	Ud	16

Tabla XXXVII: Precios unitarios de protecciones colectivas

MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS		
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Botiquín completo en explotación	Ud	25,76
Reconocimiento médico obligatorio	Persona	100,00

Tabla XXXVIII: Precios unitarios de medicina preventiva y primeros auxilios



5. PRESUPUESTOS PARCIALES.-

5.1. Presupuesto parcial de explotación.

ARRANQUE DE ROCA, CARGA Y TRANSPORTE			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
m³ de roca mineral extraída	3.706.000	2,25	8.338.500,00
m³ de tierra vegetal extraída	120.000	2,25	270.000,00
m³ de arcillas margosas extraídas	414.000	2,25	931.500,00
m³ de material cargado y transportado a la Planta de Trituración (Esponjamiento 4%)	4.409.600	2,25	9.921.600,00
m³ de material para Restauración (Esponjamiento 1,3)	3.026.969	2,25	6.810.680,25
ACONDICIONAMIENTO DE LA CANTERA			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
m² de adecuación de pistas interiores	200.000	1,79	358.000,00
m² de adecuación y asfaltado de accesos	1.250	2,68	3.350,00
PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPLOTACIÓN			26.633.630,25

Tabla XXXIX: Presupuesto parcial de explotación

5.2. Presupuesto parcial de restauración.

ACONDICIONAMIENTO TOPOGRÁFICO			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
m³ de descabezamiento de frentes	2.328.438	0,07	162.990,66
m³ de compactado de estériles	2.328.438	0,05	116.421,90
APORTE Y ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
m³ de suelo	2.327.918	0,32	744.933,76
m³ de aporte edáfico	2.327.918	1,76	4.097.135,68
ARADO			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
m³ de arado	2.327.918	0,03	69.837,54
SIEMBRA Y PLANTACIÓN			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Unidades de apertura de huecos	3.000.000	1,63	4.890.000,00
Ha de siembra a voleo	470	27,14	12.755,80
kg de semillas de cebada	32.900	6,76	222.404,00
kg de semillas pastizales	470	6,76	3.177,20
kg de retama	70.500	1,37	96.585,00
kg de esparto	70.500	1,37	96.585,00
kg de romero	70.500	1,37	96.585,00
kg de tomillo	70.500	1,37	96.585,00
Ud de almendros	111.625	2,70	301.387,50
kg de fertilizante NPK	4.256.763	0,31	1.319.596,53
m³ de agua para riego	2.327.918	0,39	907.888,02
m³ de materia orgánica	3.491.877	5,17	18.053.004,09
PRESUPUESTO PARCIAL DE RESTAURACIÓN			31.287.872,68

Tabla XL: Presupuesto parcial de restauración



5.3. Presupuesto parcial de seguridad y prevención.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI's)			
DESIGNACIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Casco de seguridad homologado (EN397)	30	1,87	56,10
Calzado de seguridad con puntera y plantillas metálicas (EN345–Clase I S3)	30	20,80	624,00
Guantes de protección frente a riesgos mecánicos (EN388)	30	2,10	63,00
Gafas de protección antiproyecciones (EN166)	30	11,25	337,50
Ropa de protección contra el mal tiempo (EN343)	30	11,90	357,00
Protección auditiva (EN 352)	30	7,50	225,00
Mascarilla filtrante de protección contra partículas (EN149 del tipo FFP-2)	30	1,56	46,80
Chaleco reflectante	30	12,50	375,00
PROTECCIONES COLECTIVAS			
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Señal normalizada de tráfico (Amarilla)	20	20,00	400,00
Señal normalizada e indicativa de riesgo (EN345–Clase I S3)	20	1,80	36,00
Extintor de polvo polivalente	20	92,30	1.846,00
Metros lineales de vallado de 1.9 m de alto	100	16	1.600,00
MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS			
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Botiquín completo en explotación	10	25,76	257,60
Reconocimiento médico obligatorio	25	100,00	2.500,00
PRESUPUESTO PARCIAL DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN			8.724,00

Tabla L: Presupuesto parcial de seguridad y prevención

6. PRESUPUESTO TOTAL.-

A. PRESUPUESTO PARCIAL DE MAQUINARIA.....	1.6553.108,00
B. PRESUPUESTO PARCIAL DE MANO DE OBRA.....	13.026.624,00
C. PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPLOTACIÓN.....	26.633.630,25
D. PRESUPUESTO PARCIAL DE RESTAURACIÓN.....	31.287.872,68
E. PRESUPUESTO PARCIAL DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN.....	8.724,00
<u>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....</u>	<u>87.509.958,93</u>

6.1. Inversión.

Esta Concesión de Explotación no tiene inversión inicial, ya que únicamente está destinada a la extracción del mineral y carece de cualquier otra infraestructura añadida, además la adquisición de los terrenos por parte de la empresa con sus propietarios se hace mediante arrendamientos.



6.2. Reservas en Escúzar.

ÁREA C	SUBÁREA	SUPERFICIE	PROFUNDIDAD MEDIA	VOLUMEN (m ³)	DENSIDAD MEDIA	CANTIDADES (Tm) 50% SrSO ₄
	C.1	40.000	32,44	1.297.442	2	2.594.884
	C.2	70.000	21,76	1.523.481	2	3.046.962
	C.3	35.000	40,55	1.419.077	2	2.838.154
TOTAL		145.000	31,58	4.240.000	2	8.480.000

Tabla LI: Reservas en Escúzar

La producción diaria oscilará en torno a 1.413 m³ (2.826 t), equivalentes a 212.000 m³/año (multiplicando por 150 días de trabajo al año), y también equivalentes a 424.000 t, para tratar el volumen de reservas todo uno de 4.240.000 m³ (8.480.000 t) de la cantera, lo que implica una vida estimada de la cantera de veinte años (20 años).

Estos valores se han calculado por perfiles equidistantes 25 m, habiendo cuantificado la superficie de excavación en cada uno de ellos.

En consecuencia para un coeficiente de aprovechamiento del **85%** el total de materiales será de **3.604.000 m³ de mineral de celestina (7.208.000 t) con una ley del 95%.**

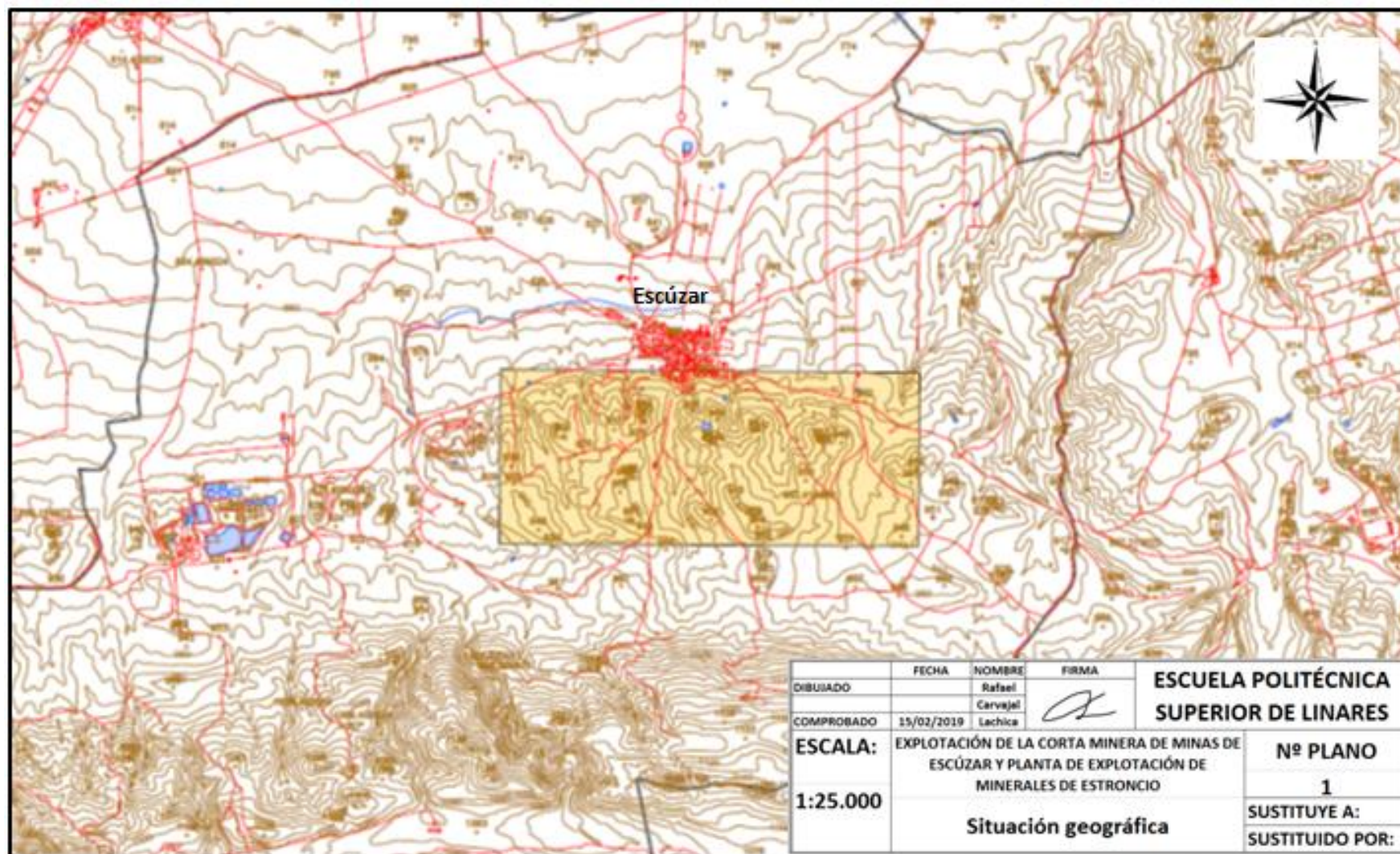
La venta de este producto, según las condiciones del mercado en el año 2015 estaba en 51 \$/ Tm, ó 45,04 € / Tm.



IV. PLANOS.

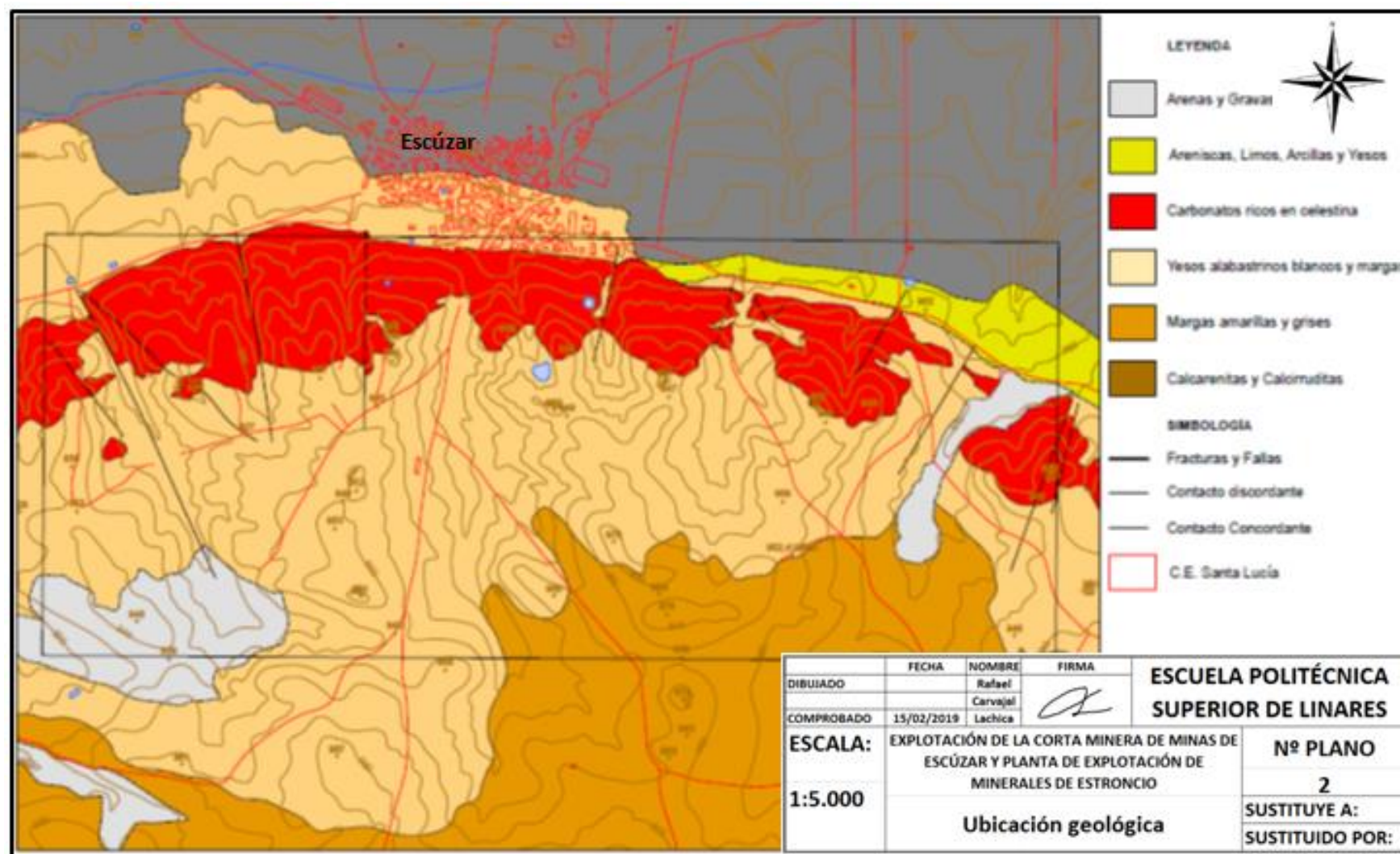


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



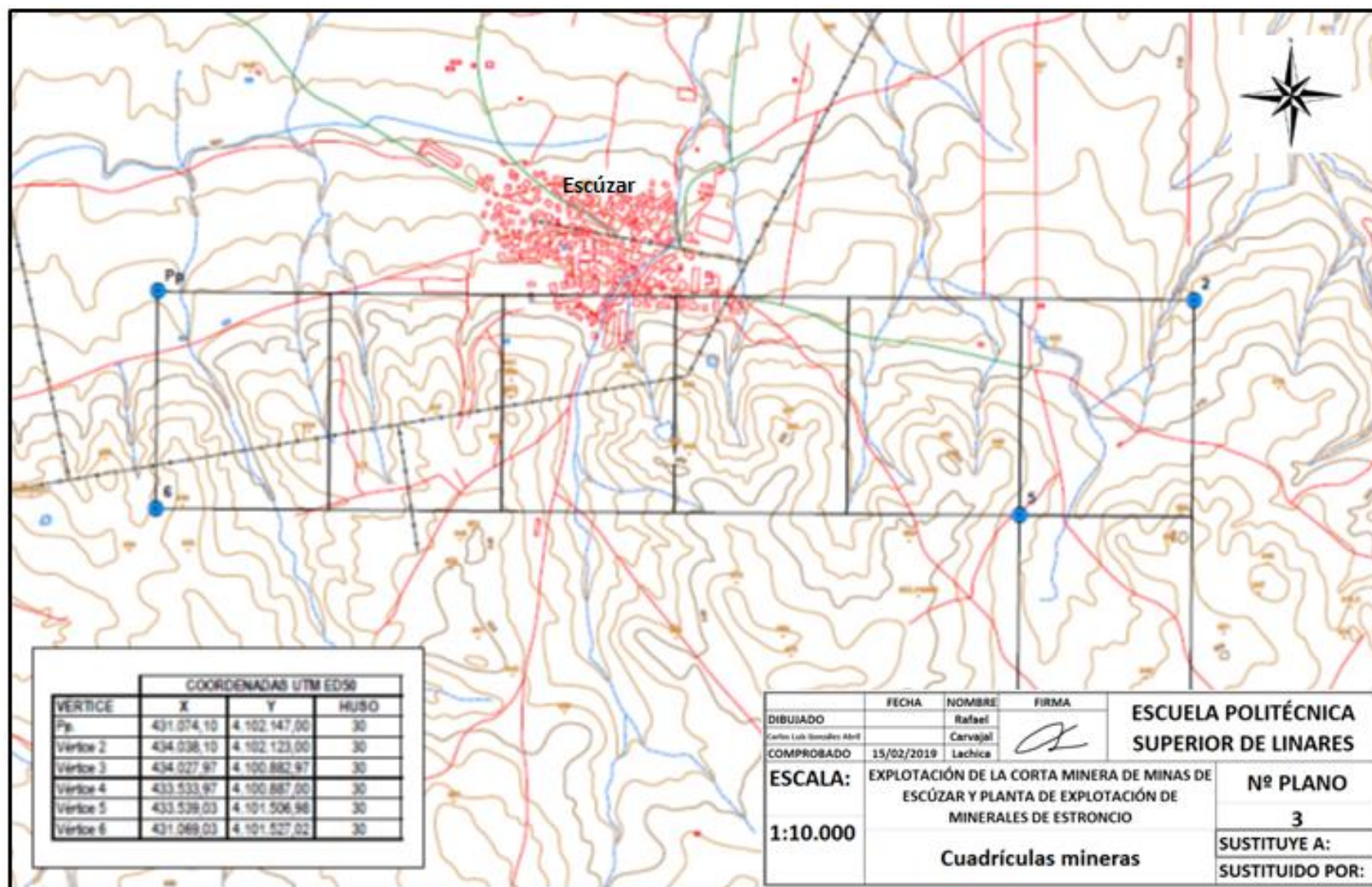


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



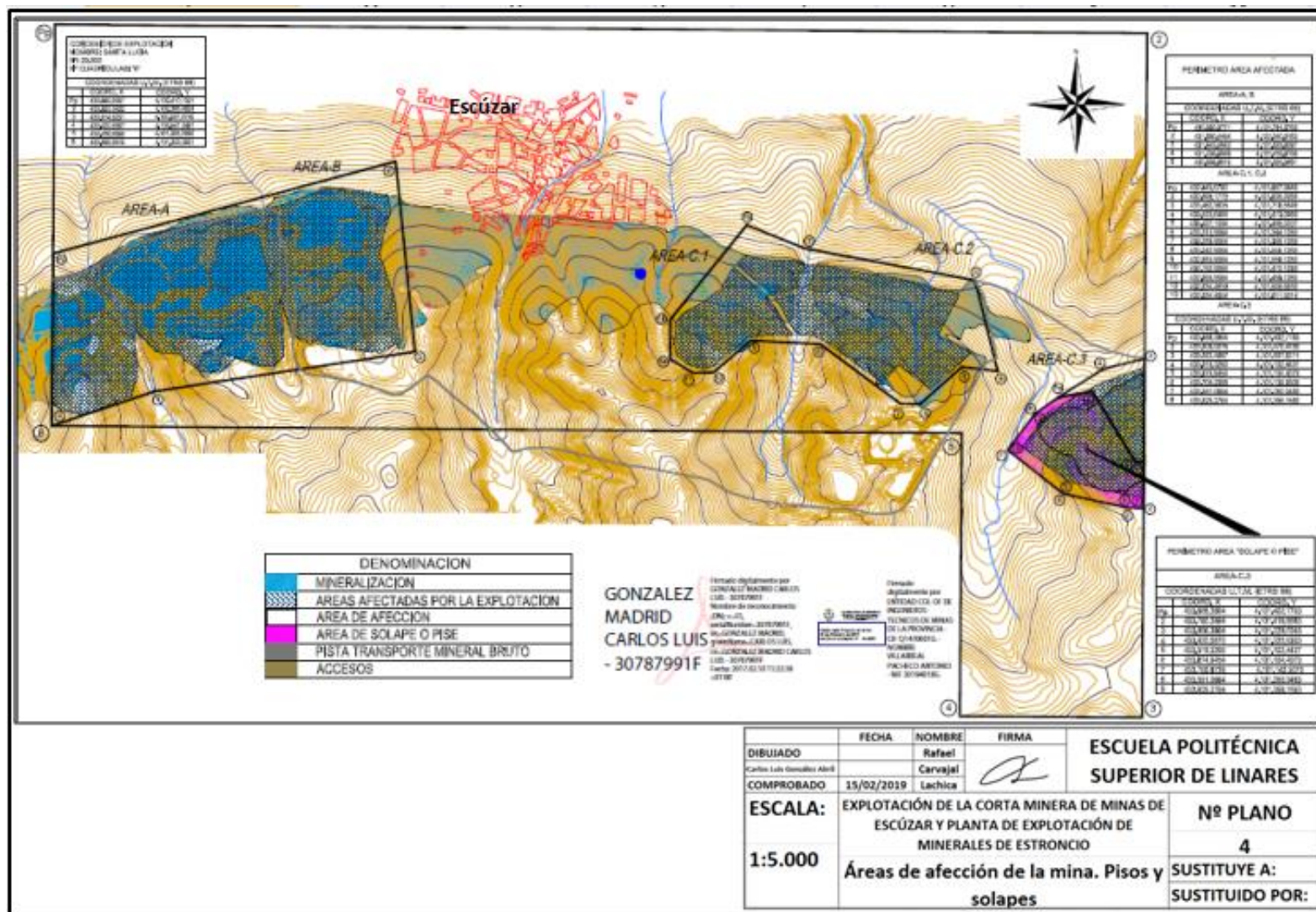


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



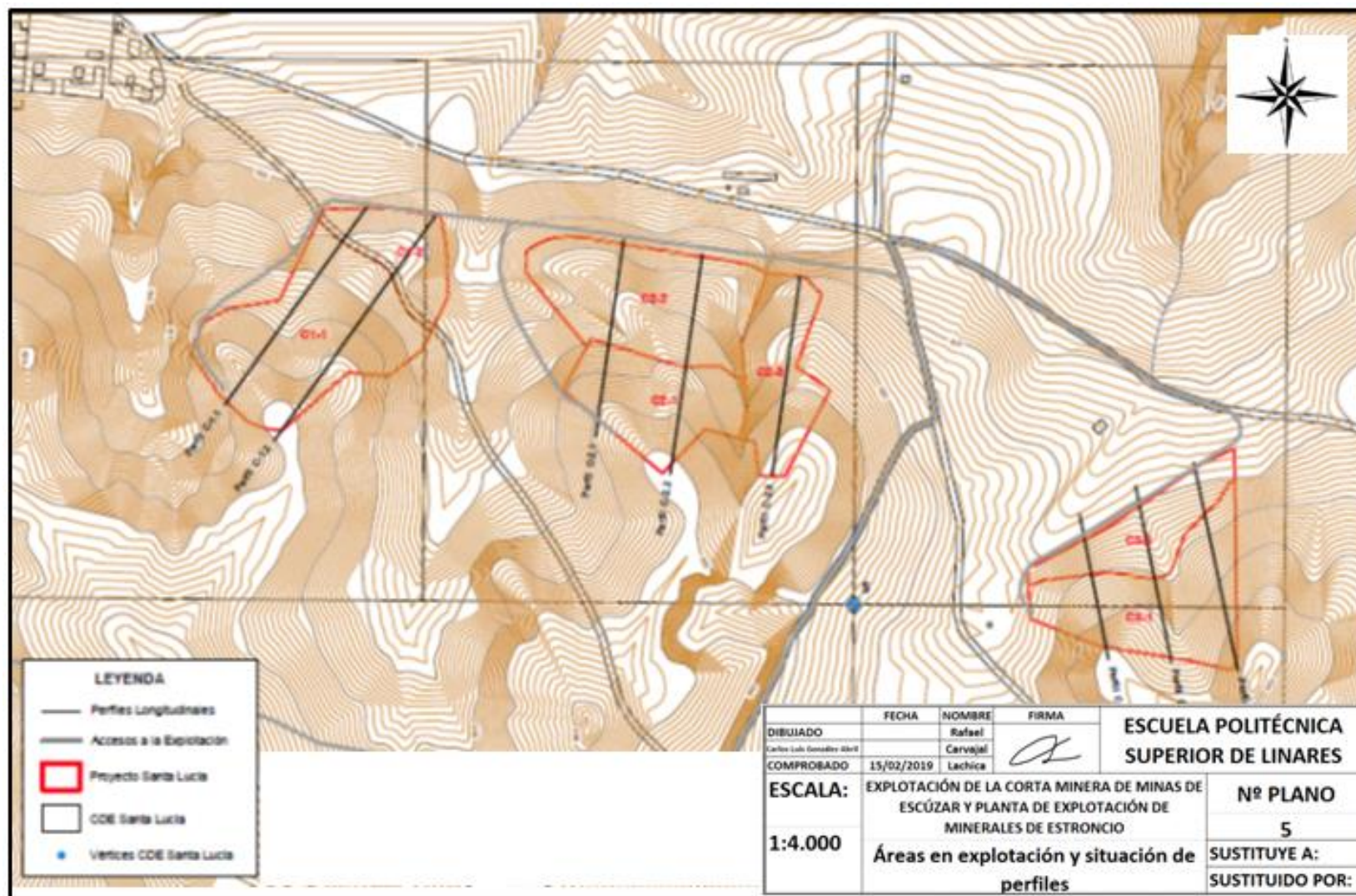


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO



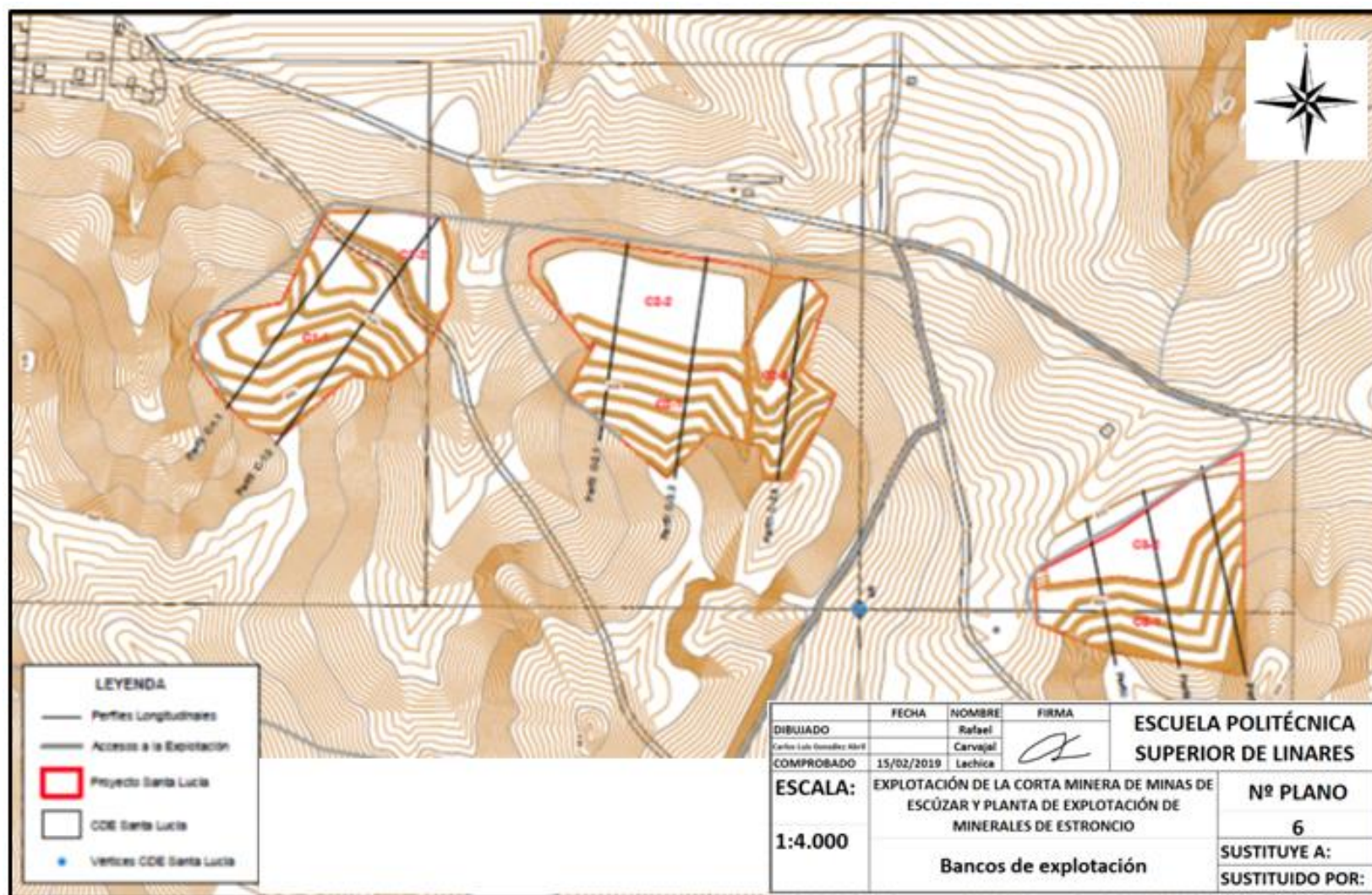


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



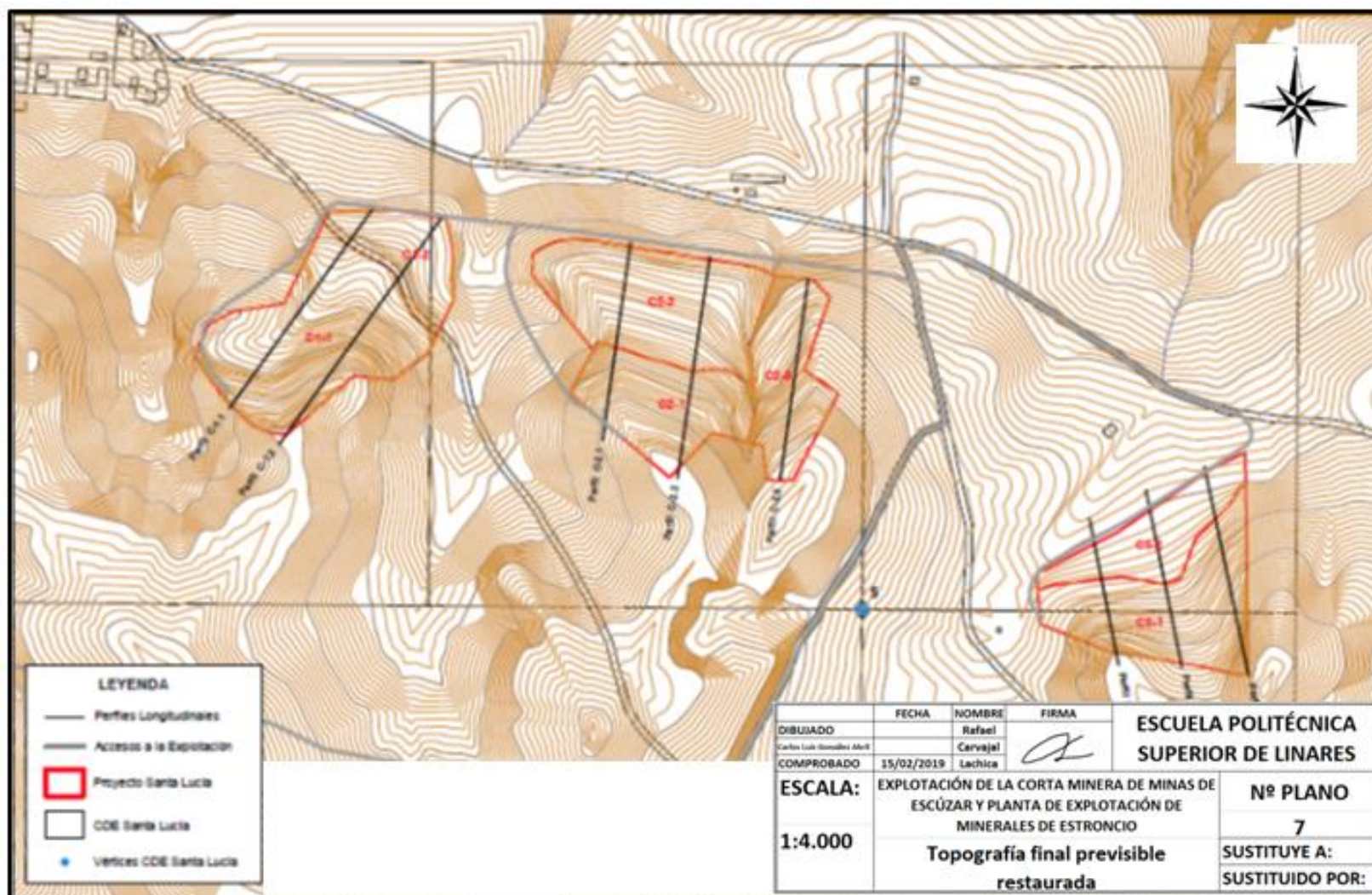


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



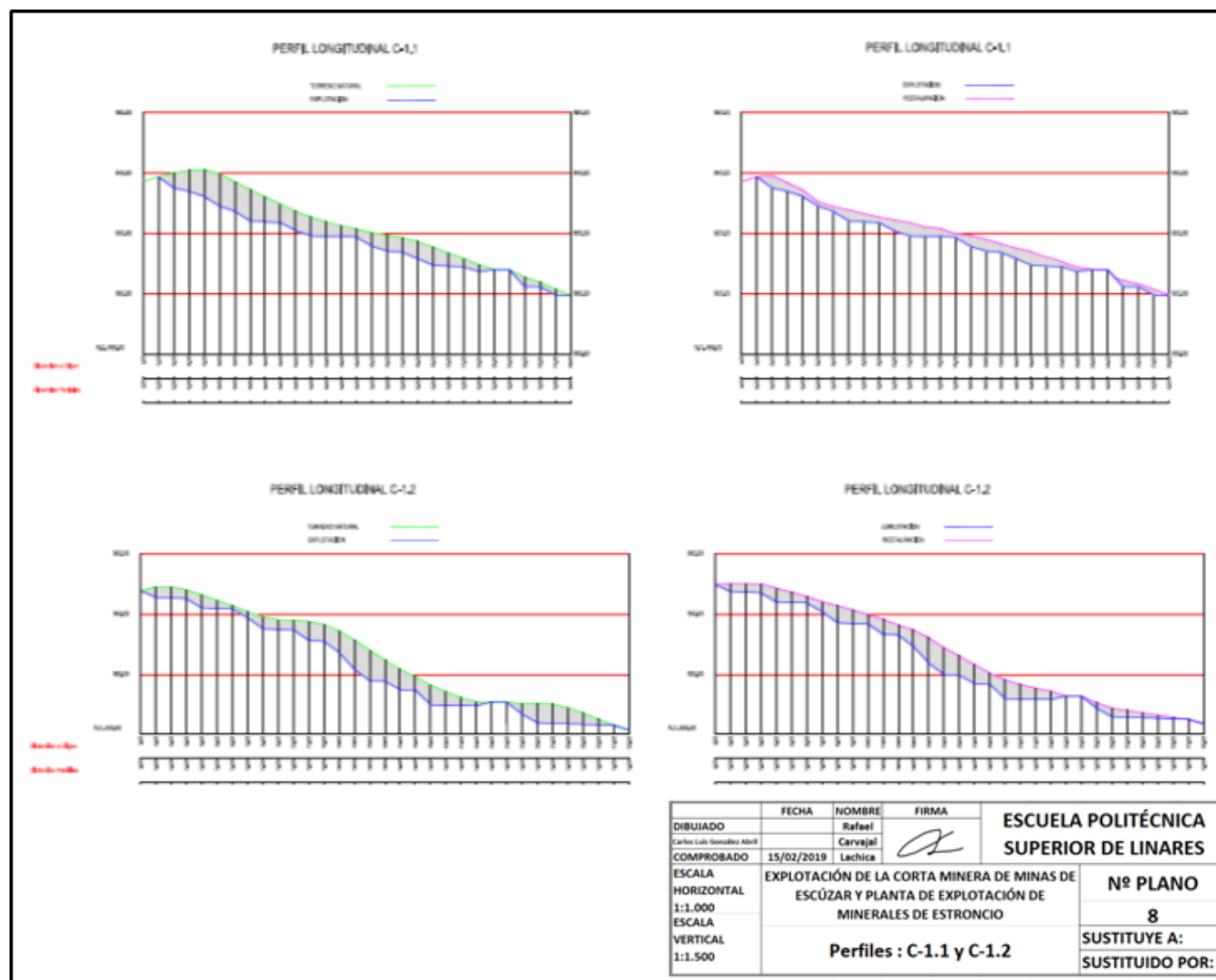


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO



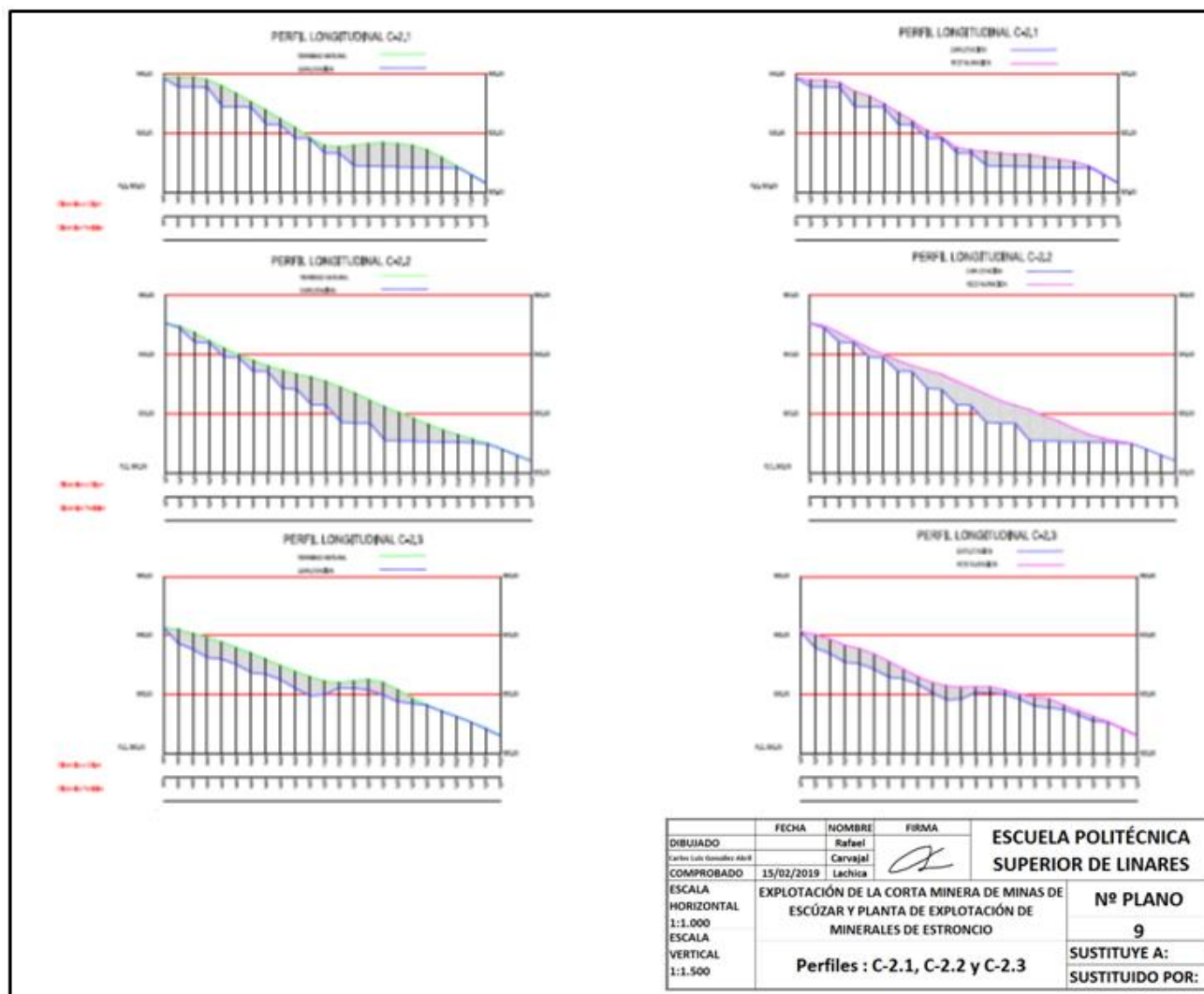


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO



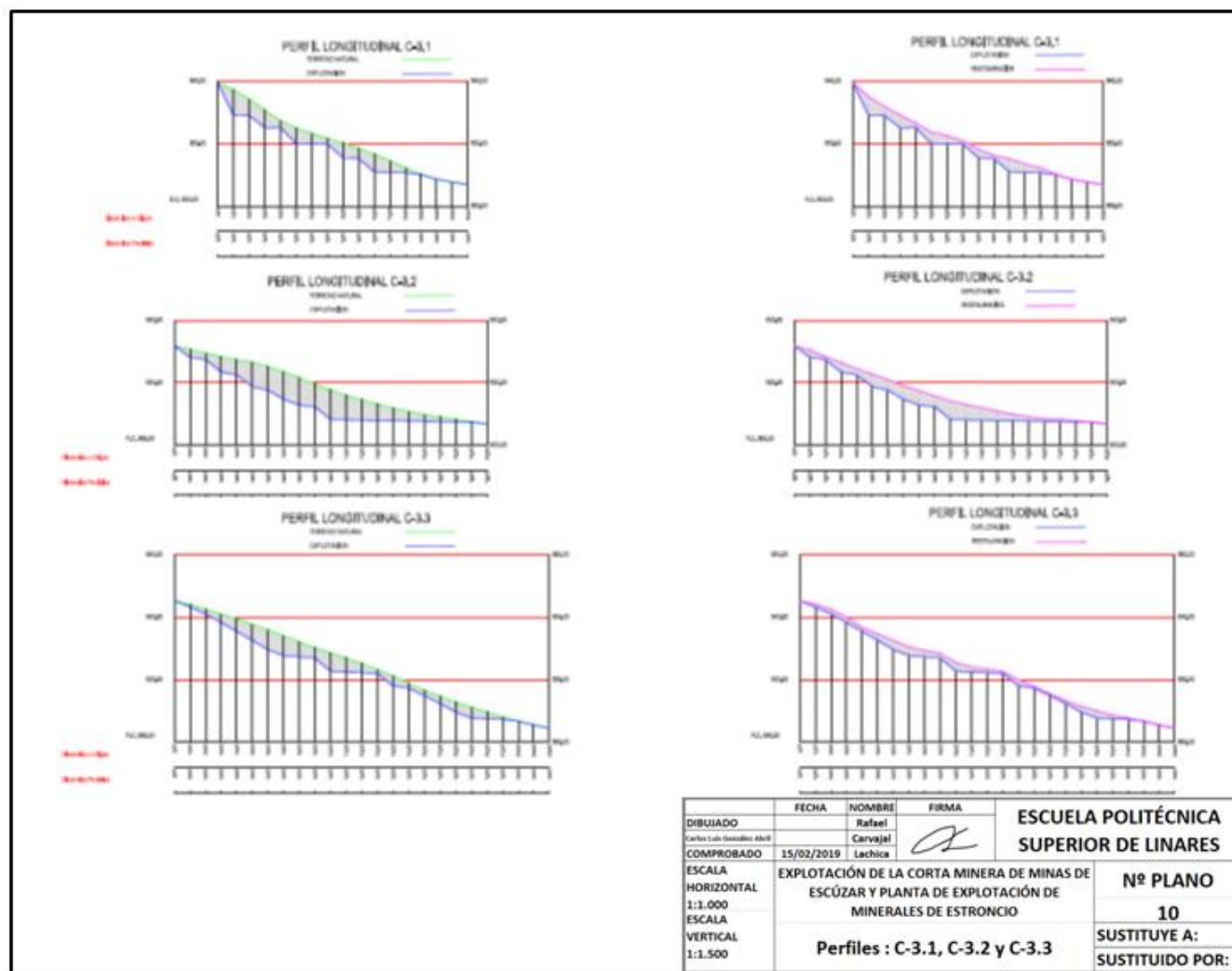


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO



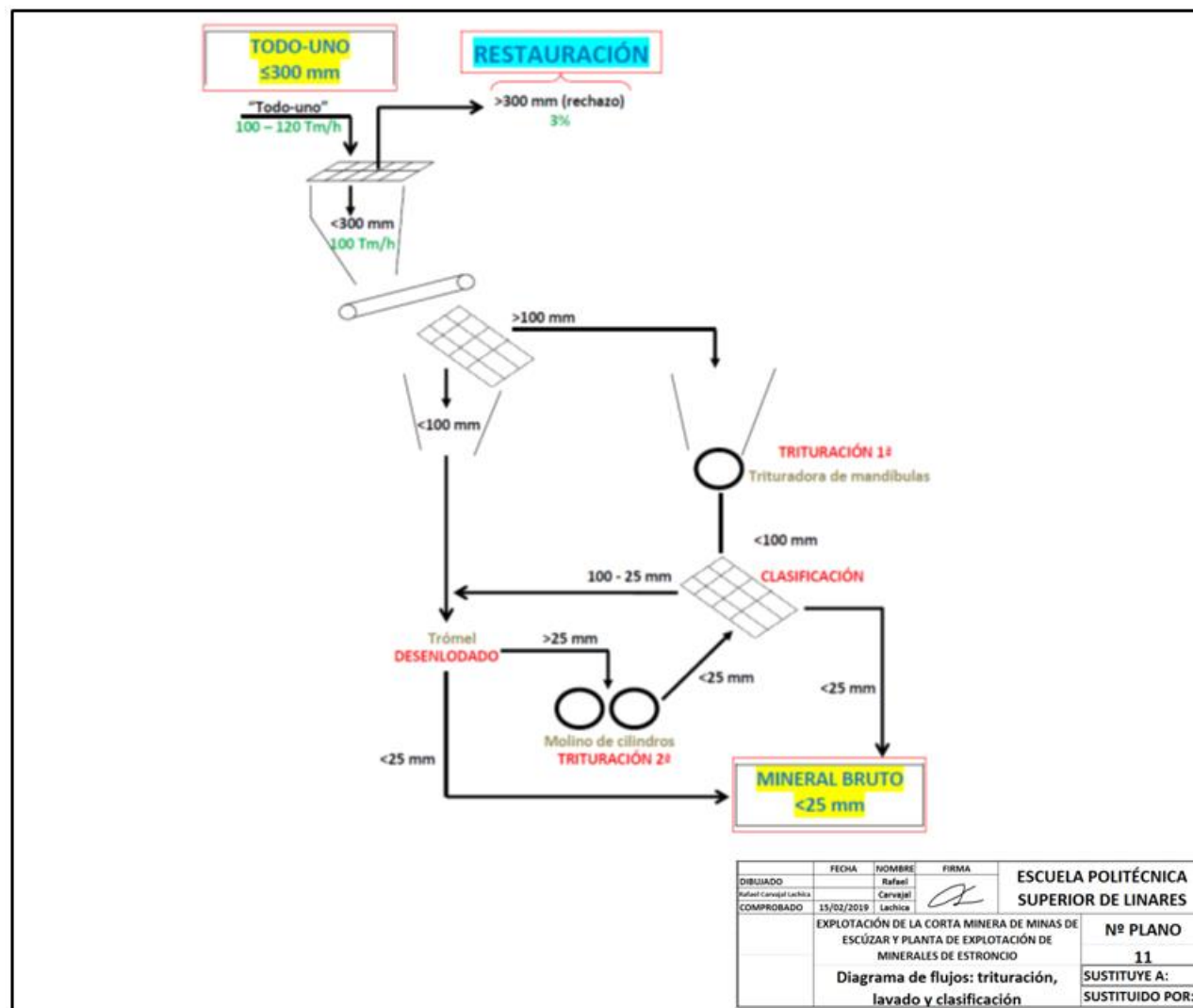


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO



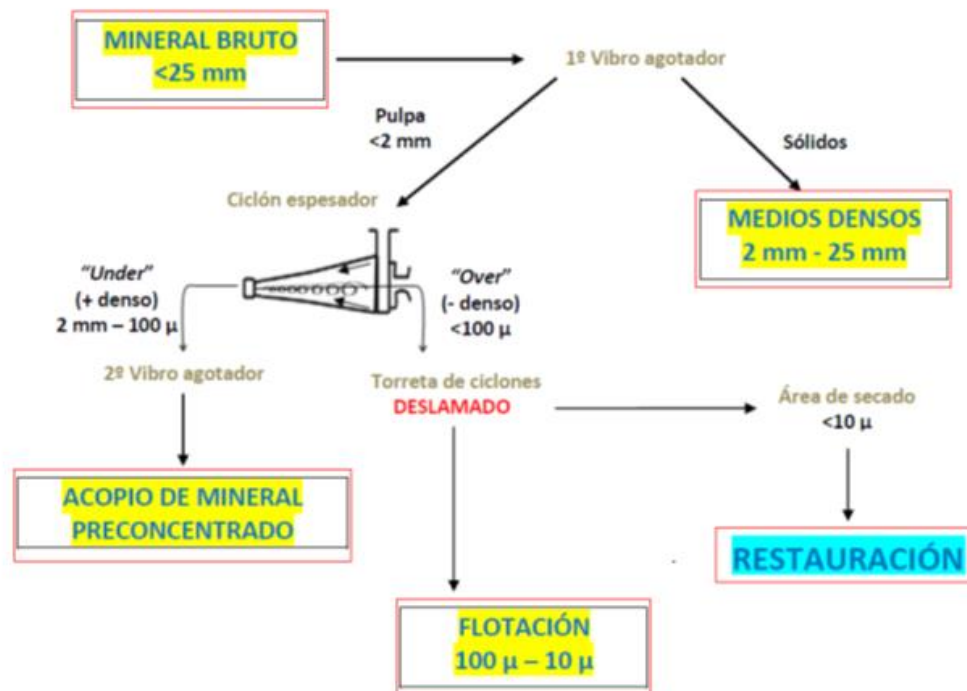


EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO





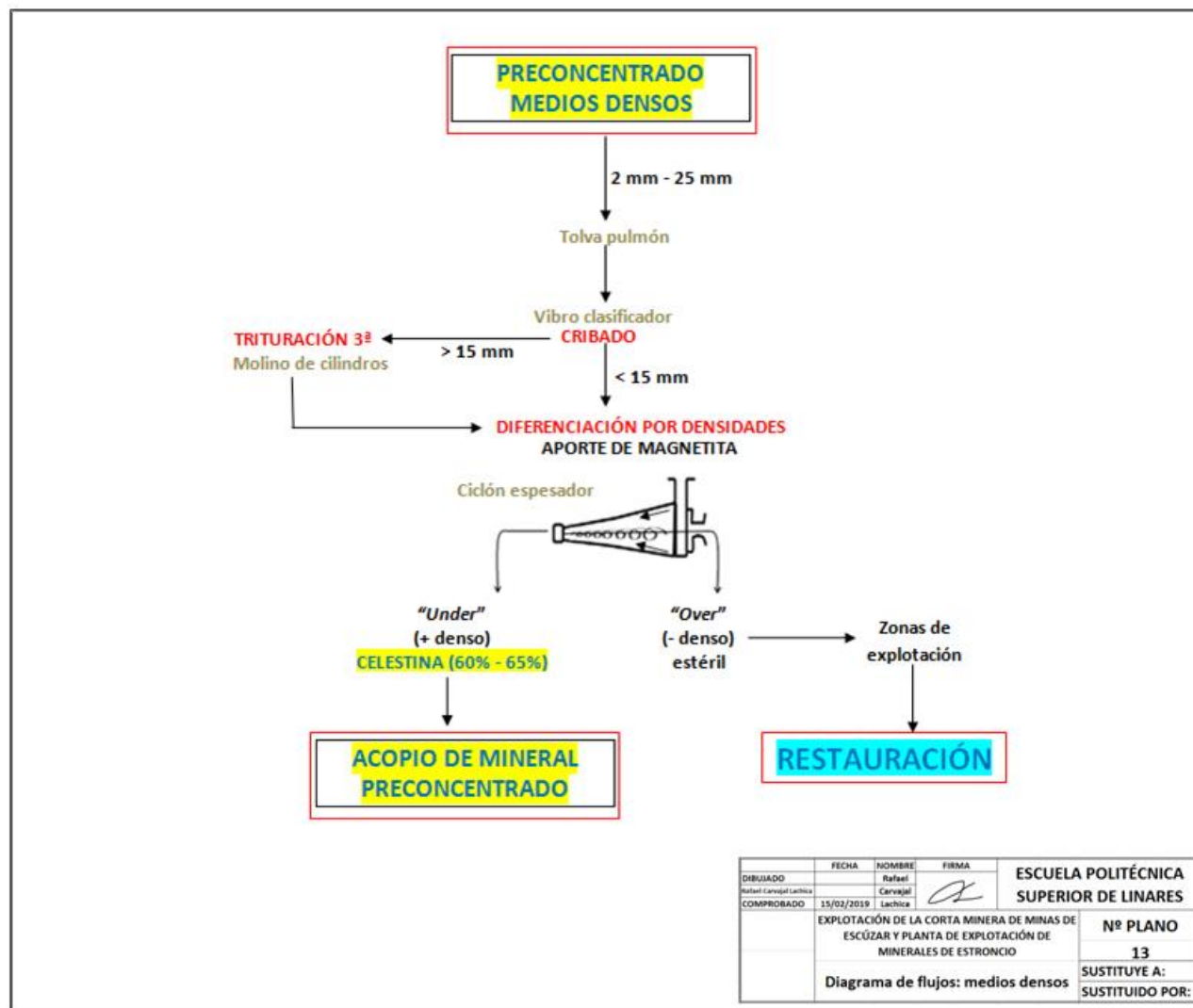
EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO

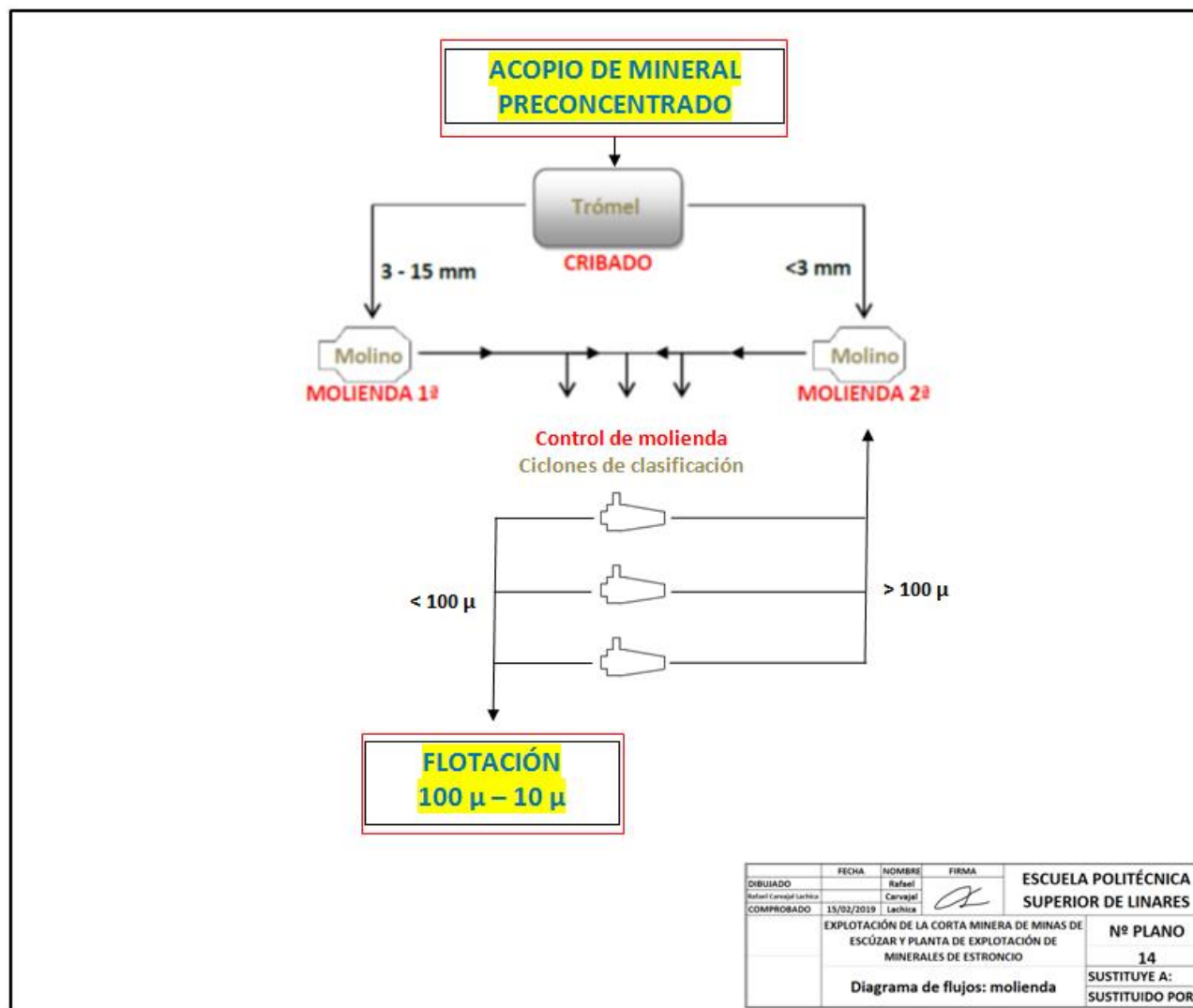


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES
DISEÑADO		Rafael		
COMPROBADO	15/02/2019	Lachica		
EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES DE ESTRONCIO				Nº PLANO 12
Diagrama de flujos: tratamiento de finos				SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:



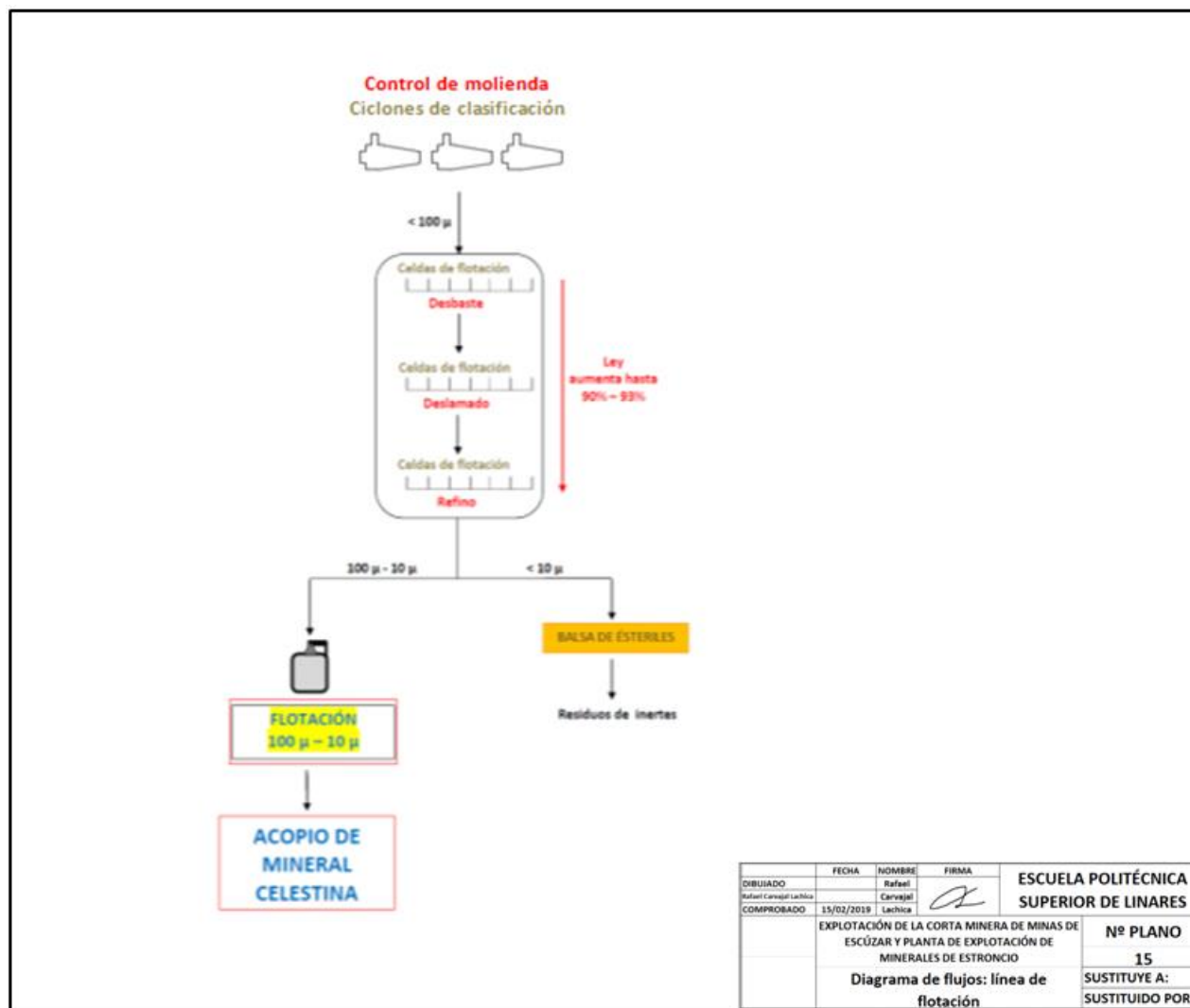
EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO







EXPLOTACIÓN DE LA CORTA MINERA DE MINAS DE
ESCÚZAR Y PLANTA DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES
DE ESTRONCIO





BIBLIOGRAFÍA

- Adair Crawford y William Cruickshank (1790).
- Blanco y González, (1992). *Libro Rojo de los Vertebrados de España*.
- Bouillin et al, 1986. Dominio de AlKaPeCa.
- Canteras Industriales S.L
- Castillo Martín, A. (1980). Vulnerabilidad de los acuíferos evaporíticos.
- Cohen, 2002. Canteras Industriales S.L
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir
- Convenio de Berna, relativo a la Conservación de la Vida Silvestre y del Medio Natural en Europa.
- Convenio de Bonn, sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres
- Crawford y Cruickshank (1790). Propiedades de la estroncianita.
- De Mets et al, 1990 y 1994. Aproximación entre la Península Ibérica y África
- Decreto 326/2003 Reglamento Contra la Contaminación Acústica de la Junta de Andalucía.
- Dirección General de Industria, Energía y Minas (2015). Autorización de la ampliación del recurso geológico yeso para su aprovechamiento y explotación en la Concesión de Explotación “SANTA LUCIA”.
- Directiva 2000/532/CE
- DUNN, (1974). Conceptos del Paisaje
- Escudero, A (2009). 1520 Vegetación gipsícola mediterránea.
- Estadística Minera de España
- Feixas, Jose Carlos. Geólogo. Presidente del I.C.O.G.A.
- Galindo-Zaldívar et al, 1993. Geometría de las deformaciones neógenas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Tesis Doctoral Univ. Granada. Monográfica Tierras del Sur, 249 p.
- González Madrid, Carlos Luis. Ingeniero Técnico de Minas
- Hippolyte Leplay y Augustin-Pierre Dubrunfaut y Carl Scheibler. Finales del XIX y principios del XX. Método de extracción de azúcar de la melaza de la remolacha.
- Hita and Martín-Vivaldi, (1996). Un plan sectorial de ordenación territorial.
- (https://de.wikipedia.org/wiki/Kali_Chemie).
- (<http://www.solvay.es/es/solvayin/locations/Escuzar.html>)
- <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/wms.cfc?method=searchWMS>
- IGME. Instituto Geológico y Minero de España.
- Javier García-Veigas, Laura Rosell, Dioni I. Cendón, Luis Gibert, José M. Martín, José Torres-Ruiz, Federico Ortí. Large celestine orebodies formed by early-diagenetic replacement of gypsified stromatolites (Upper Miocene, Montevives–Escúzar deposit, Granada Basin, Spain)
- Jefatura del Estado, 1973; 1980; Ministerio de Industria y Energía, 1982. Proyectos de explotación.
- Johnson, 1997.



- Ley de Minas, modificada por la de 5 de noviembre de 1980 (Jefatura del Estado, 1973; 1980)
- Ley de ordenación del territorio de la comunidad autónoma de Andalucía (Junta de Andalucía, 1994).
- Ley 31/1995, Ley 54/2003 y Real Decreto 604/2006. Recursos preventivos.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 7/2002 de Ordenación Urbanística de Andalucía.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental se realiza este Plan de Gestión de Residuos.
- Ley 10/98, de 21 de abril, Básica de Residuos.
- Ley 11/97 de 24 de abril, de envases y residuos de envases
- López Galindo. A.
- Marchán et al., 2008. El yacimiento se encuentra a unos 7 km de Montevives, y corresponde a rellenos de celestina mezclada con yesos en los huecos de karstificación formados en series calizas y calizo-margosas, de edad Tortoniense-Messiniense (Mioceno superior).
- Martín, J.M., Ortega-Huertas, M., 1986. Excursion to evaporites and associated strontium deposits of the Granada basin. In: Fenoll Hach-Ali, P. (Ed.), *Geochemistry of the Earth Surface and Processes of Mineral Formation. Excursion Guidebook*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, pp. 1–17.
- Martín, J.M., Ortega-Huertas, M., Torres-Ruiz, J., 1984. Genesis and evolution of strontium deposits of the Granada Basin (southeastern Spain): evidence of diagenetic replacement of stromatolite belt. *Sediment. Geol.* 39, 281–298.
- Millán García de Cáceres, C., Alhendín (Granada), en *Inventario Nacional de Sitios Arqueológicos*, Noticiario Arqueológico Hispánico, Madrid, 1954-55, p. 301.
- Ministerio de Fomento
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la Gestión de Aceites Usados.
- Ortofotografía Digital de Andalucía a escala 1/10.000
- Plan de ordenación del territorio de la aglomeración urbana de Granada (Junta de Andalucía, 1999)
- Plan sectorial de ordenación territorial. Ley del Suelo (Ministerio de Vivienda, 2008)
- [[Peter Van den Bossche](#) (1722) *Sròn an t-Sithein, Strontian*.
- QUÍMICA DEL ESTRONCIO, S.A.
- Rafael Arana Castillo (1973). *“Investigaciones Mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas. España)”*
- Red de Espacios Naturales de Andalucía (RENPA).
- Real Decreto sobre restauración de espacio natural afectado por actividades mineras (Ministerio de Industria y Energía, 1982).
- Real Decreto 1942/1993, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.



- RD 485/1997 "Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo".
- RD 975/2009 de 12 de junio, sobre Gestión de los Residuos de las Industrias Extractivas y de Protección y Rehabilitación del Espacio Afectado por Actividades Mineras.
- Real Decreto 171/2004 y R.D. 1627/1997. Plan de Seguridad y Salud en las Empresas.
- Reglamento CITES (3626/82/CE)
- Reglamento 3646/83/CE, que regula el comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
- Ríos & Salvador, (2009). "6220 Pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales".
- [Rob Lavinsky](#). (1790). *Estroncianita*
- Sir Humphry Davy (1778-1829). Electrolisis del Estroncio.
- Solvay Minerales
- Steinez (1979)
- Sanz de Galdeano, 2007. Galindo-Zaldívar J., Gil. A., Sanz de Galdeano C., Shanov S., Stanica D. 2007. Monitoring of active tectonic structures in Central Betic Cordillera (Southern Spain). *Acta Geodynamica Geomaterialia*, 4, 1 (145), 19-29.
- Sanz de Galdeano y Alfaro, 2004. Tectonic significance of the present relief of the Betic Cordillera. *Geomorphology*, 63, 178-190.
- Sociedad Mercantil Solvay minerales, S.A. (1985 – 2019...). Explotación y tratamiento de la Mina de Escúzar.
- USGS (Mineral Commodity Summaries, enero 2008). Producción mundial de estroncio.
- Villanova Rattazzi, Ignacio Aguilar. Geólogo y Director de la Concesión Minera de Explotación Santa Lucía.
- Weijermars et al., 1995.