

**LEYENDA:**  
 Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

**LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**  
 ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**  
 RIESGO DE INCENDIOS

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**  
 CARBURO DEL CINCA, S.A.

**AUTOR DEL PLANO:**

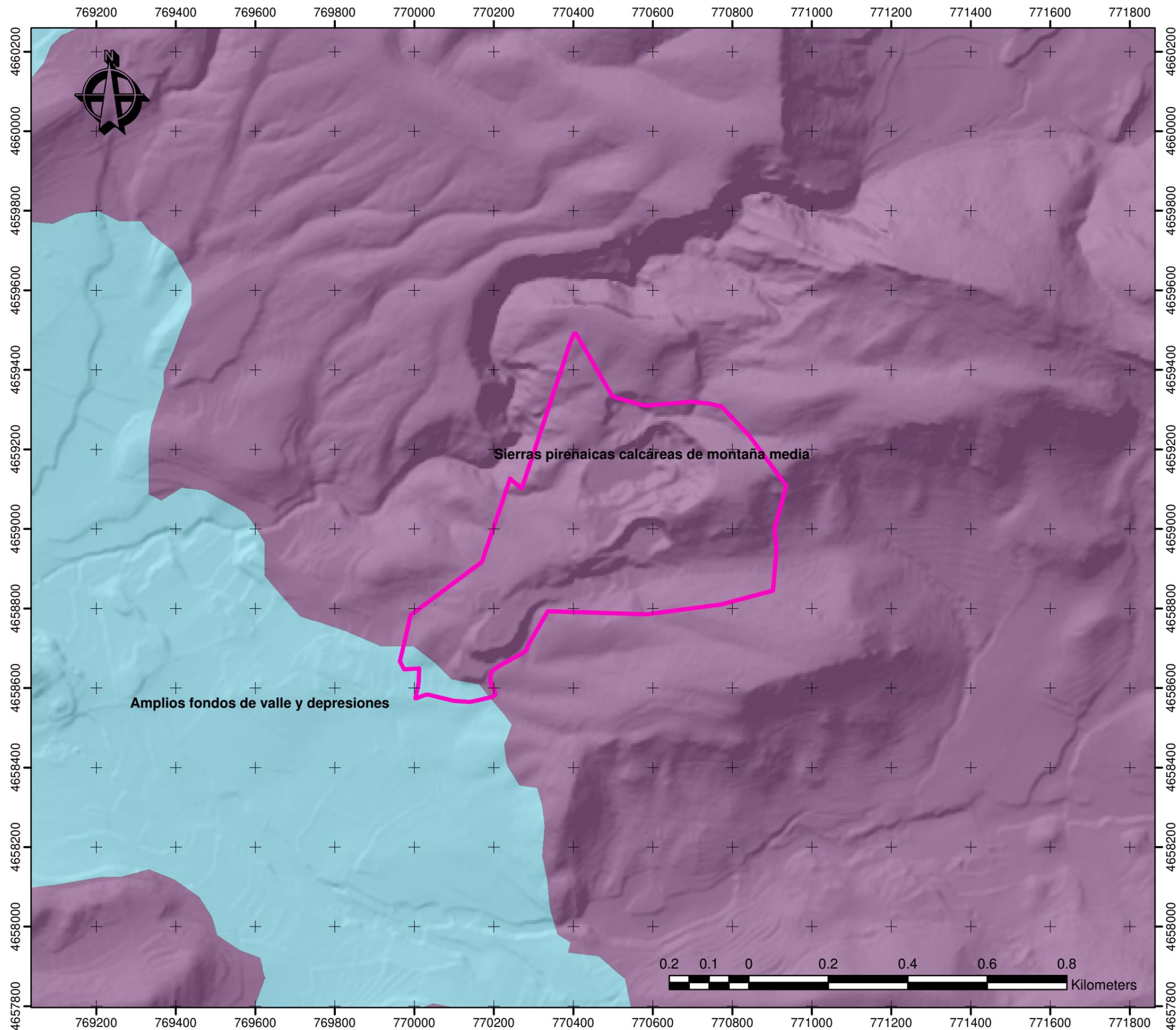
 

D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022	PLANO Nº
ESCALA: 1:10,000	<b>MAPA 18</b>

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**

Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

 **LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**

**DOMINIOS DE PAISAJE**

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**

**CARBURO DEL CINCA, S.A.**

**AUTOR DEL PLANO:**



D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022

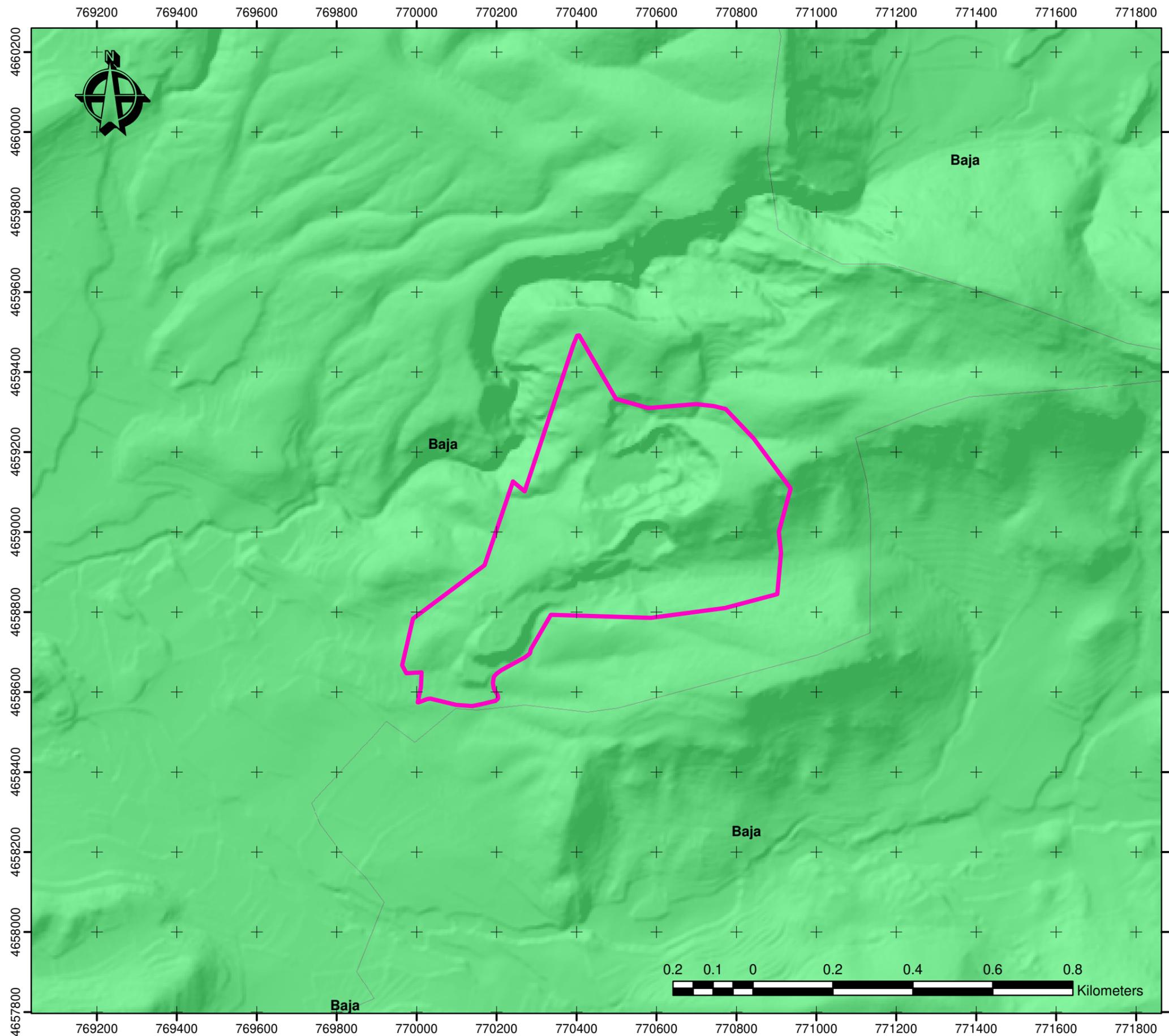
PLANO Nº

ESCALA: 1:10,000

**MAPA 19**

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**

Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

 **LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**

**PAISAJE APTITUD**

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**

**CARBURO DEL CINCA, S.A.**

**AUTOR DEL PLANO:**



D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022

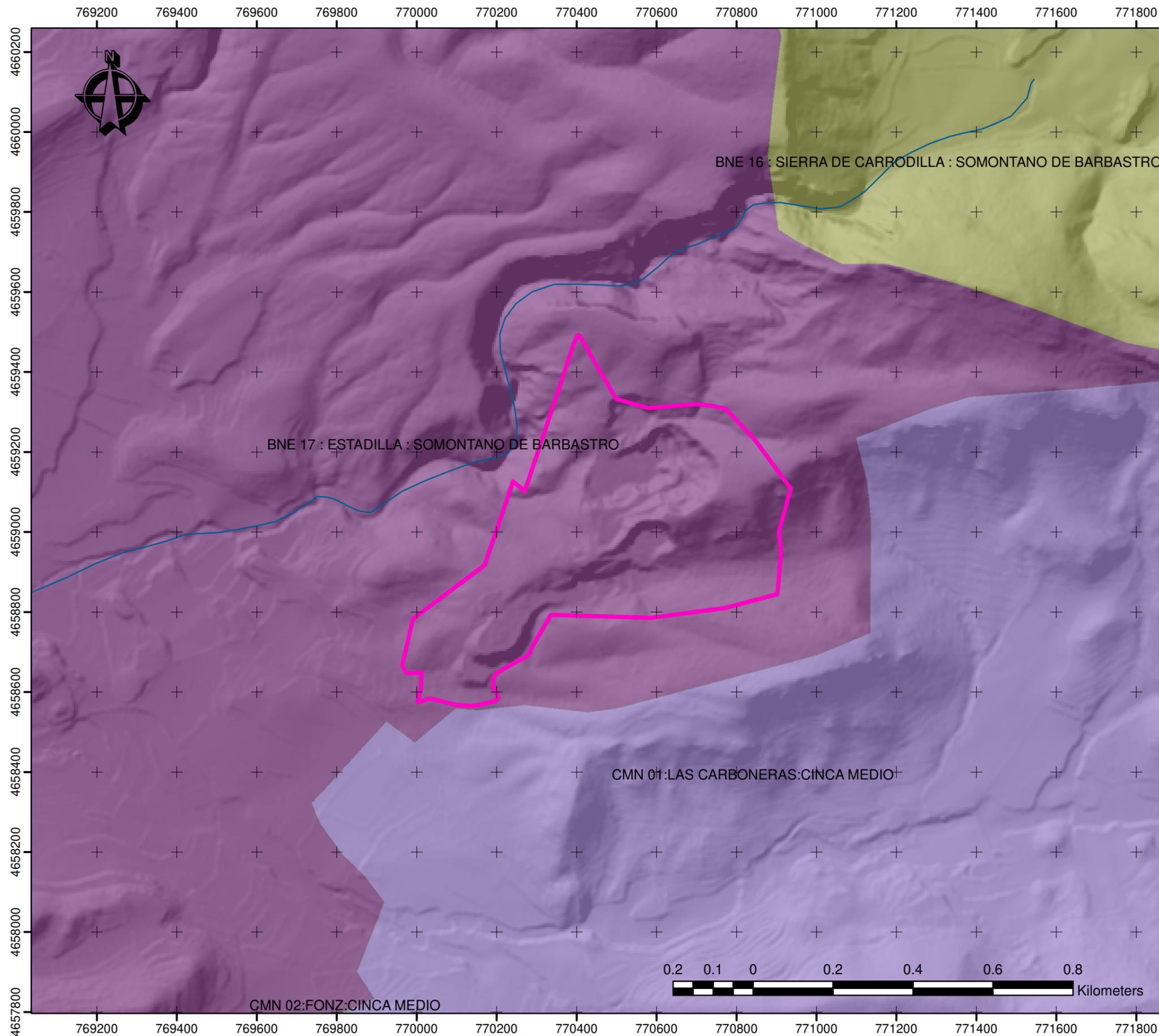
PLANO Nº

ESCALA: 1:10,000

**MAPA 20**

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**

Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

 **LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**

**PAISAJE CALIDAD**

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**

**CARBURO DEL CINCA, S.A.**

**AUTOR DEL PLANO:**



D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022

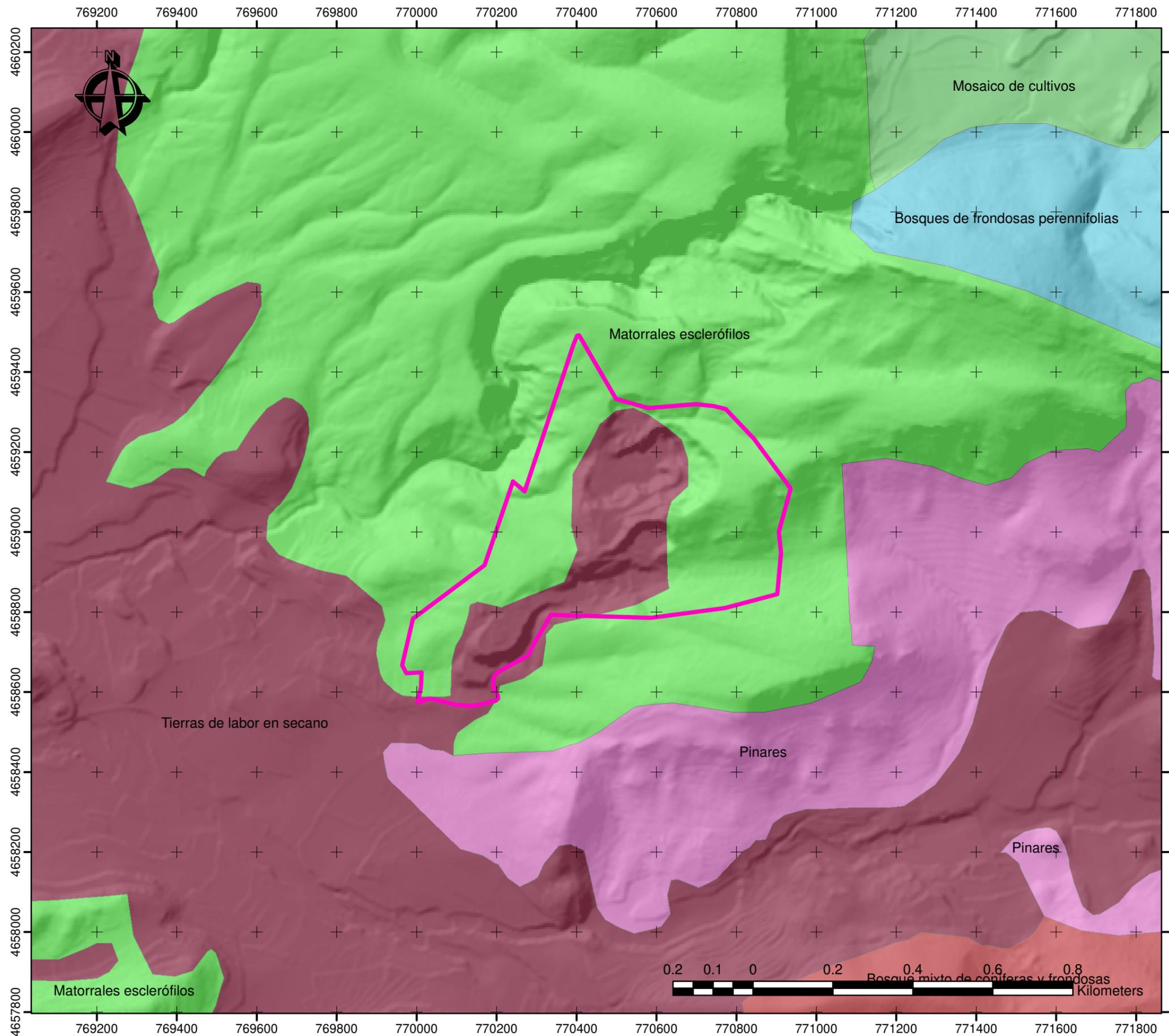
PLANO Nº

ESCALA: 1:10,000

**MAPA 21**

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**

Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

 **LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**

**PAISAJE FRAGILIDAD**

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**

**CARBURO DEL CINCA, S.A.**

**AUTOR DEL PLANO:**



D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022

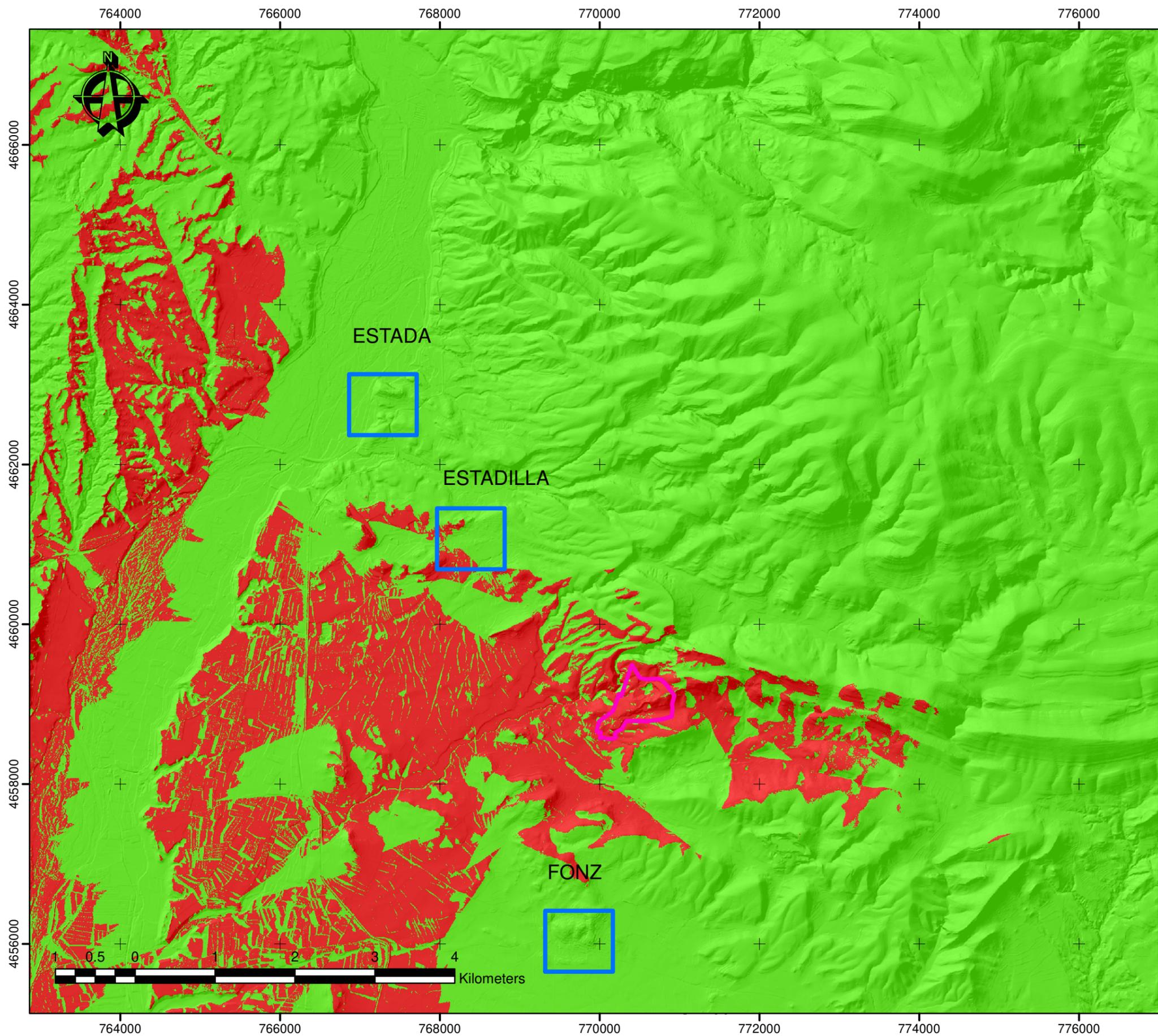
PLANO Nº

ESCALA: 1:10,000

**MAPA 22**

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**

Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

— POBLACIONES  
 — LIMITES

**Value**

NO VISIBLE  
 VISIBLE

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**

CUENCAS VISUALES

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**

CARBURO DEL CINCA, S.A.

**AUTOR DEL PLANO:**

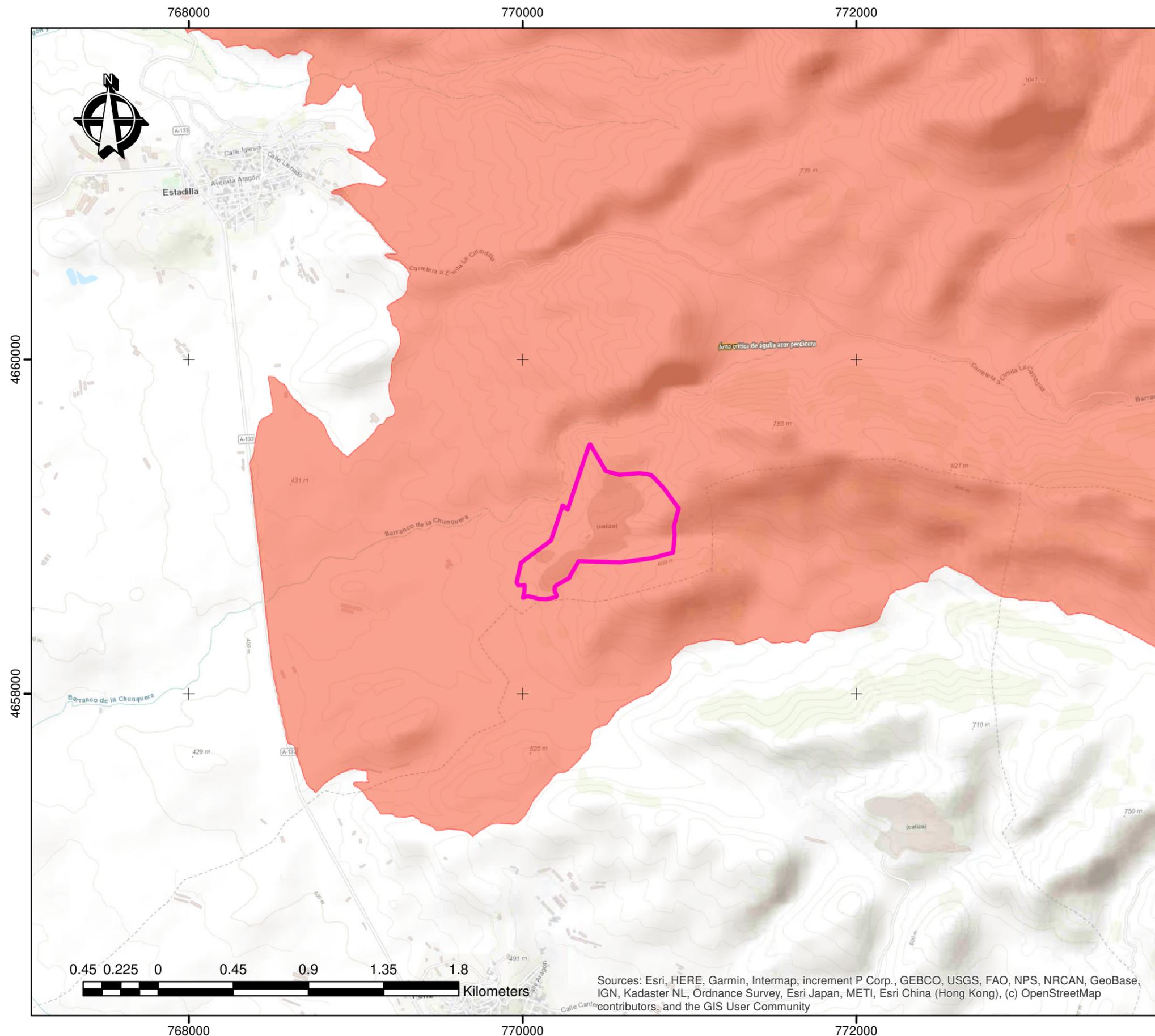
 

D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022	PLANO Nº
ESCALA: 1:50,000	<b>MAPA 23</b>

FUENTE: SHP IDEARAGON + shp propio

TAMAÑO: **A3**



**LEYENDA:**  
 Coordinate System: ETRS 1989 ETRS-TM30  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: ETRS 1989  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -3.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

 **LIMITES**

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**  
  
 ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION  
 SEGUN EL R.D. 975/2009,  
 DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO  
 PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A)  
 "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25  
 UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).

**DENOMINACIÓN DEL PLANO:**  
**AREAS CRÍTICAS  
 ESPECIES AMENAZADAS**

**PROMOTOR Y SOLICITANTE:**  
  
**CARBURO DEL CINCA, S.A.**

**AUTOR DEL PLANO:**  
  
   
  
 D. Alfonso Martínez Andrés.  
 Dr. Ingeniero de Minas.  
 Colegiado nº NE-062-A.

FECHA: NOV 2022	<b>PLANO Nº</b>
ESCALA: 1:24,000	<b>MAPA 24</b>

FUENTE: WMS IGME + shp propio  
 TAMAÑO: **A3**

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION</b>	 <b>NRRD</b>
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

## 29 ANEXOS.

ANEXO Nº 1: EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

ANEXO Nº 2: ACREDITACIÓN DEL TITULAR. DOCUMENTACION JUSTIFICATIVA

ANEXO Nº 3: PERÍMETRO DE ESTUDIO Y AUTORIZACIÓN.

ANEXO Nº 4: GEOLOGÍA.

ANEXO Nº 5: GEOTÉCNICO. ESTABILIDAD DE TALUDES.

ANEXO Nº 6: HIDROGEOLOGIA.

ANEXO Nº 7: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE DRENAJE.

ANEXO Nº 8: EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN. CUBICACION RESERVAS.

ANEXO Nº 9: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS MÁXIMA SEGURIDAD DEL PERSONAL E INSTALACIONES.

ANEXO Nº 10: PREVENCIÓN Y CONTROL EL RUIDO Y POLVO.

ANEXO Nº 11: ESTUDIO GEOTECNICO.

ANEXO Nº 12: RELACION EQUIPOS.

ANEXO Nº 13: REPORTAJE FOTOGRAFICO.

ANEXO Nº 14: PLAN DE GESTION DE RESIDUOS MINEROS.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# ANEXO N° 1:

## EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 EQUIPO TÉCNICO.

Al amparo del REAL DECRETO 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus IITTCss, la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y el Real Decreto 2857/1978 de 25 de agosto, que la desarrolla, por inclusión y exclusión de las competencias, se enumera el EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN del documento al que acompaña el presente anexo:

<p>CONSULTORA:</p> <p><b>NATURAL RESOURCES RESEARCH AND DEVELOPMENT, S.L.U.</b></p> 
<p>PROFESIONAL 1</p> <p><b>D. Alfonso Martínez Andrés.</b> Dr. Ingeniero de Minas. Colegiado nº NE-062-A.</p>
<p>PROFESIONAL 2</p> <p><b>Dña. Leticia Ortiz Bedia</b> Col. 19.616 ARN Colegio Profesional Biólogos Aragón</p>
<p>PROFESIONAL 3</p> <p><b>D. Javier Espina Sal de Rellán</b> Ingeniero de Minas Colegiado NO-3317</p>
<p>PROFESIONAL 4</p> <p><b>D. José Rodolfo Anula</b> Ingeniero Técnico de Minas Colegiado nº 753 del COITM de Linares.</p>

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# ANEXO N° 2:

## ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

Se hace llamamiento al artículo 28 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, modificado por la Ley Orgánica de Protección de Datos (DF12), en sus apartados 2 y 3, dado que la Administración ya dispone de datos al efecto del presente anexo.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

## **ANEXO N° 3:**

### **PERÍMETRO DE AUTORIZACION Y EXPLOTACIÓN.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 PERÍMETRO AUTORIZACION.

El perímetro de la autorización de aprovechamiento se encuentra definido por 44 vértices que limitan el derecho minero en coordenadas (huso 30, sistema geodésico de referencia ETRS89):

<b>COORDENADAS UTM ETRS89, VERTICES PERIMETRO CANTERA "LA ALGARETA"</b>					
<b>VERTICE Nº</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>VERTICE Nº</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	770241	4659126	23	770213	4658655
2	770270	4659102	24	770200	4658646
3	770392	4659468	25	770193	4658638
4	770402	4659491	26	770191	4658622
5	770407	4659491	27	770193	4658608
6	770499	4659333	28	770203	4658593
7	770579	4659310	29	770204	4658586
8	770699	4659320	30	770204	4658583
9	770745	4659315	31	770198	4658578
10	770773	4659307	32	770160	4658569
11	770843	4659234	33	770139	4658565
12	770936	4659109	34	770099	4658568
13	770906	4659000	35	770034	4658584
14	770911	4658948	36	770026	4658582
15	770902	4658845	37	770005	4658574
16	770772	4658810	38	770003	4658574
17	770586	4658786	39	770011	4658612
18	770336	4658793	40	770012	4658649
19	770286	4658707	41	769974	4658647
20	770284	4658698	42	769964	4658667
21	770282	4658695	43	769991	4658783
22	770270	4658686	44	770170	4658917
<b>TOTAL SUPERFICIE AUTORIZACION (m2)</b>					<b>421.802</b>

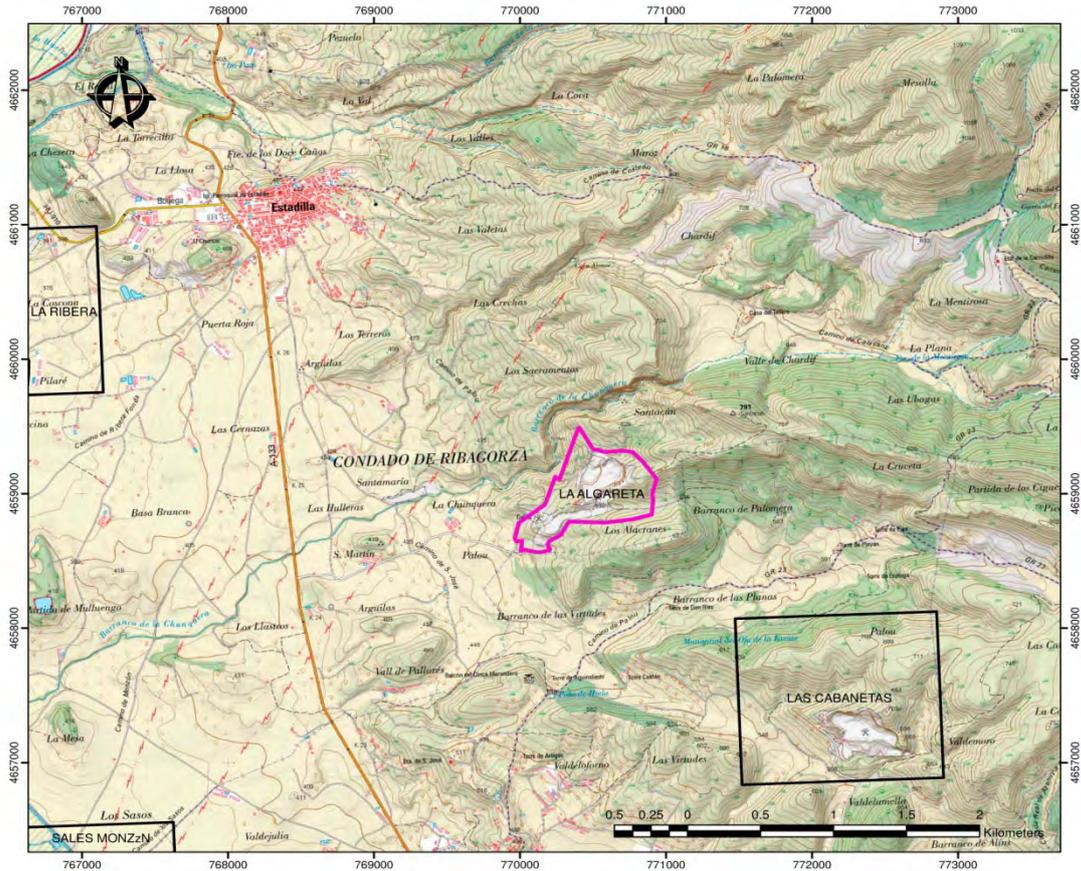
Perímetro de 44 vértices.

ÁREA: 421.802 m<sup>2</sup> = 42,18 ha

PERÍMETRO: 3198 m.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

La situación del perímetro de autorización, se puede visualizar en la siguiente imagen (línea magenta):



Corresponde al **ÁREA PERIMETRAL OPERACIONAL DEL RECURSO**.

Las áreas operacionales de explotación se han dividido en una **FASE DE EXPLOTACION** que coincidiría con la relación de coordenadas anterior.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 2 RESUMEN DE PERÍMETROS.

### ÁREA PERIMETRAL DE LA AUTORIZACIÓN.

Perímetro de 44 vértices de solicitud de autorización de la sección A) LA ALGARETA.

AREA AUTORIZACIÓN SECCION A): 42,18 ha

PERIMETRO: 3198 m

Para la restauración no incluyen los viales, caminos y rampas, dado que se han de conservar. Se detallan esas superficies en los planos. La superficie a restaurar quedaría en 251.074 m<sup>2</sup>.

### RESUMEN DE SUPERFICIES.

**AUTORIZACIÓN:** 42,18 ha / **SE RESTAURAN** 25,11ha (el resto se conservan como accesos).

**SUPERFICIE DE RESTAURACIÓN FASE DE EXPLOTACION:** 25,11 ha

*(las posibles diferencias de decimales se deben a los redondeos)*

## 3 OTROS DATOS.

COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30.

CENTRO DEL APROVECHAMIENTO: X = 770241 / Y = 4659126 / Z = 555

COTA MÁXIMA 535 msnm

COTA MÍNIMA 645 msnm

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

# ANEXO N° 4:

## GEOLOGÍA.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 ESTUDIO GEOLÓGICO.

HOJA IGME N° 0288 FONZ.

La Hoja y Memoria usadas (Fonz-288), han sido realizadas por la Unión Temporal de Empresas: Compañía General de Sondeos (CGS) , Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA) y Empresa Nacional Adaro, S.A. (ENADIMSA) en el año 1994, bajo normas, dirección y supervisión del Instituto Geológico y Minero de España, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Mapa geológico

- J. García Senz: cartografía de la mitad oriental (IGME)
- A. Teixell: cartografía de la mitad occidental (IGME)

Memoria

- J. García Senz (IGME)
- A. Teixell (IGME)

Geomorfología

- J.I. Ramírez Merino (CGS)

Geotectónica

- J.J. Navarro Juli (CGS)

Hidrogeología

- R. Rodríguez Santisteban (CGS)

Petrología

- R.Mª. Castaño
- J. García Senz (IGME)

Minería

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

– F. Leyva Cabello (ENADIMSA)

– J. García Sansegundo (IGME)

Micropaleontología

– J. Ramírez del Pozo (CGS)

Dirección y supervisión

– A. Barnolas Cortinas (IGME)

Edición

– G. Romero Canencia (IGME)

– L.F. Miguel Cabrero (IGME)

## 1.1 GEOLOGÍA GENERAL.

La Hoja de Fonz se encuentra en las estribaciones meridionales de la cadena Pirenaica, en la provincia de Huesca. En su parte occidental está caracterizada por terrenos de poca altitud, surcados de norte a sur por el cauce del río Cinca. Su parte central y oriental está constituida por relieves esencialmente calcáreos de mayor entidad (Sierras Marginales del Pirineo), por los que discurre el río Ésera. Dicho río confluye con el Cinca en las proximidades de la localidad de Olvena, en la parte central de la Hoja, y en su parte septentrional está confinado en el Embalse de Barasona.

Desde el punto de vista geológico, la Hoja de Fonz incluye parte del frente meridional pirenaico, representado por las referidas Sierras Marginales, y el borde norte de la cuenca de antepaís del Ebro. Las Sierras marginales ocupan la parte central y suroriental de la Hoja, estando integradas por rocas mesozoicas y terciarias afectadas por una intensa tectónica de cabalgamientos y pliegues. Al norte de la Sierras se encuentra una zona relativamente deprimida y poco deformada ocupada por rocas terrígenas terciarias integrantes de la cuenca de Graus.

Los materiales de la cuenca del Ebro son asimismo esencialmente terrígenos, y de origen continental. Aunque su deformación suele ser escasa, frecuentemente muestran relaciones sintectónicas con algunas de las principales estructuras. Afloran principalmente en el borde meridional de la Hoja, aunque los más recientes de ellos ocupan de forma extensiva la parte occidental de la Hoja, cubriendo discordantemente a las Sierras Marginales. Entre estos materiales se observan afloramientos diapíricos de materiales triásicos.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

En toda la Hoja el relieve es moderadamente accidentado. Las cotas máximas se sitúan por encima de 1.000 m en las Sierras Marginales (sierra de Carrodilla), registrándose desniveles de hasta 700 m con respecto al valle del Cinca. La red fluvial se halla encajada a excepción del curso del Cinca, que discurre en un amplio valle caracterizado por extensos depósitos cuaternarios. En el resto de la Hoja las acumulaciones cuaternarias son de menor importancia relativa, y corresponden principalmente a acumulaciones de ladera y de fondo de valle.

Las referencias más antiguas a la geología del área abarcada por la Hoja de Fonç son de carácter muy general, y pueden encontrarse en los trabajos de MALLADA (1878), DALLONI (1910) y SELZER (1934).

La estructura de las Sierras Marginales y de la Cuenca del Ebro en la región ha sido tratada por REYNOLDS (1987), MARTÍNEZ PEÑA y POCOVÍ (1988) y MARTÍNEZ PEÑA (1991), que presentan mapas esquemáticos locales y diversos cortes transversales. Finalmente, SENZ y ZAMORANO (1992) presentan un corte compensado transversal de las estructuras del borde norte de la Cuenca del Ebro y de las Sierras Marginales, en el que se integran las relaciones tectónica-sedimentación con las diversas unidades estratigráficas terciarias. De estos trabajos se dará referencia en los capítulos temáticos correspondientes.

En la presente cartografía, los sedimentos mesozoicos y del eoceno marino afloran ampliamente en las sierras de la Carrodilla y Urbiego. Encima se sitúa discordante una delgada cobertera de Oligo-Mioceno ocupando extensas zonas con menor relieve estructural. Las potentes series continentales del Eoceno superior-Oligoceno del margen norte de la cuenca del Ebro afloran en una pequeña área triangular del límite suroriental de la Hoja cabalgadas por las Sierras. Los sedimentos cuaternarios recubren principalmente el valle del río Cinca.

El Jurásico inferior se encuentra solo en las escamas más meridionales de la Sierra de Carrodilla, con una serie incompleta. En el resto de afloramientos, el Senoniense se halla directamente sobre el Keuper. Los sondeos profundos situados en la esquina NE de la Hoja (LANAJA, 1987), revelan que bajo la cobertera de sedimentos oligo-miocenos, el Cretácico superior y el Liásico presentan series más potentes y completas que las que afloran al sur, pudiendo existir muy reducidos el Jurásico medio y el Cretácico inferior.

## 1.2 GEOLOGÍA LOCAL.

En la situación del aprovechamiento, afloran los siguientes materiales:

### **Calizas micríticas con carófitas (7). Facies Garumn. ¿Campaniense?-Maastrichtiense.**

Presentan grandes variaciones de espesor debido al cierre de la cuenca hacia el sur, pero principalmente debido a que su parte alta pasa lateralmente a las lutitas de la unidad (8). En la serie de Sestarres sobre la que daremos la descripción, se han medido 59 m. Más al norte, GARRIDO-MEGÍAS (1973) cita 68 m en la serie "Juseu". Falta parcial o totalmente en la escama más septentrional de calizas situada 1 km al

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

este de Purroy de la Solana, donde un "grainstone" esparítico con miliólidos y lacazinas posiblemente correlacionable con el tramo "b" de la unidad (6), se halla cubierto por lutitas rojas con delgados niveles de calizas limosas litográficas. El sustrato de calizas marinas puede estar pues profundamente truncado. A nivel de afloramiento se observa en el contacto una superficie irregular tapizada por 8 cm de clastos angulosos de calizas limosas y nódulos de sílex. Los clastos se hallan también hasta medio metro bajo el contacto rellenando perforaciones en la caliza marina.

En el resto de áreas de la Unidad comienza siempre por micritas y dismicritas bien estratificadas en bancos decimétricos, con superficies planoparalelas a menudo estilolíticas y laminación milimétrica en algunos niveles asociada a concentración de fauna. Es común la presencia de pequeños nódulos de sílex bastante subesféricos, talos de carófitas, gasterópodos rellenos de esparita y ostrácodos. Se ha observado una capa aislada con miliólidos, *Scandonea samnitica*, *Stensiónia surrentina* y *Ophthalmidium* a 28 metros sobre el muro de la Unidad. Progresivamente se incrementa en la serie la proporción de intraclastos debido a la brechificación de la matriz por bioturbación y fisuras rellenas de esparita, así como la proporción de fragmentos de gasterópodos. En la parte alta, las calizas se agrupan en paquetes de 7-10 m de espesor con desarrollo de rizocrecciones a techo, sobre los que se sitúan niveles métricos de lutitas grises y blancas similares a los de la base de la unidad (8) suprayacentes.

Estas litofacies se asocian a un ambiente lacustre carbonático, que progresivamente se va confinando hasta subambientes palustres de llanura aluvial. El nivel marino litoral de miliólidos marca un delgado intervalo transgresivo en la evolución general regresiva de la Facies Garumniense.

Puede correlacionarse con el "Tramo calcáreo inferior" de POCOVÍ (1978). Se le atribuye una edad ¿Campaniense?-Maastrichtiense por comparación con la serie de Castillonroy, donde ULLASTRE y MASRIERA (1983) encuentran la asociación de carófitas *Septorella brachycera* y *Septorella ultima*.

#### **Lutitas versicolores, areniscas en paleocanales y carniolas (8). Facies Garumn. Maastrichtiense.**

La base se ha situado a techo de los últimos paquetes cartografiados de calizas. En la serie de Sestarres se ha medido un espesor de 82 m de lutitas versicolores predominantemente rojizas, con abundantes rizocrecciones, que pueden intercalar en su parte inferior delgadas capas de calizas lacustres y paleocanales arenosos. Estas capas de calizas contienen una asociación Maastrichtiense de caráceas: *Ablyochara concava mucronata*, *Peckichara caperata*, *Peckisphaera clavata*, *Pseudo-harrisichara isonae*, *Platychara* sp. y gasterópodos: *Lychnus*. Los paleocanales se hallan agrupados en niveles de hasta 8 m, de espesor, pero individualmente son de pequeñas dimensiones. El espesor máximo observado es de 2,5 m en el núcleo, adelgazándose lateralmente en escasos metros. Están rellenos por arena gruesa a muy gruesa y gravas de cuarzo mal cementadas. Presentan abundantes barras con estratificación cruzada tangencial de alto ángulo y en menor proporción asintótica, en sets de hasta 30 cm de espesor. Debe reseñarse que estas areniscas se encuentran también en las escamas más meridionales de la Sierra de la Carrodilla (Gabasa, ermita de Vilet), permitiendo una buena correlación.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Los cuerpos arenosos corresponden a paleocanales fluviales y las lutitas a depósitos de llanura de inundación, con pequeñas zonas palustres donde se sedimentaron las calizas.

Corresponde al "Tramo margoso inferior" de POCOVI (1978), correlacionable con la "arenisca de reptiles" ULLASTRE y MASRIERA (1983) de edad Rognaciense (Maastrichtiense terminal).

#### **Calizas con microcodium (11). Facies Garumn. Paleoceno.**

Están en contacto brusco sobre las lutitas de la unidad anterior. Forman una o varias barras calizas que resaltan claramente en el relieve. Se inicia por unos 48 m de micritas con color gris o beige, a veces con textura grumosa y brechificación. Contienen talos de caráceas y microcodium que en determinados niveles puede afectar casi todo el volumen de caliza. Es común la presencia de costras ferruginosas dispersas, más desarrolladas en el último metro del tramo, donde ya aparecen miliólidos coexistiendo con las carófitas y el microcodium.

Sigue un segundo tramo entre 10 y 19 m de espesor, que se inicia por una capa decimétrica de "grainstones" de oolitos y miliólidos muy continua en toda la Sierra de la Carrodilla. El microcodium se alinea en fracturas que cortan las láminas de ooides. Encima se sitúan micritas de color beige con caráceas, microcodium y niveles con concentración de peletoides y miliólidos, con Glomalveolina primaeva, ophthalmidium, Rotalia, Discorbis y ostrácodos. Localmente se observan a techo nódulos y costras ferruginosas, formando un suelo endurecido poco desarrollado.

Se interpretan como facies condensadas lacustres/palustres, que hacia el techo se interdigitan con facies marinas de plataforma restringida formando secuencias somerizantes. La presencia de Glomalveolina primaeva permite asignar al segundo tramo una edad Thanetiense. Equivale al "Tramo calcáreo superior" de POCOVI (1978).

#### **Calizas bioclásticas con alveolinas (12). Ilerdiense inferior y medio.**

Concordante con la unidad anterior y en contacto brusco, se sitúa una serie relativamente monótona de "packstones-grainstones" de bioclastos bien clasificados, con estratificación frecuentemente ondulada o nodulosa y a veces cruzada formando grandes barras. El espesor máximo (unos 374 m) se localiza en el sinclinal de Buñero, pero varía según su eje. Más al sur, en el barranco del Congustro se han medido 186 m. Se ha observado una ciclicidad basada principalmente en las asociaciones de foraminíferos bentónicos), que refleja cambios desde ambiente de plataforma restringida a plataforma abierta, con las siguientes facies: 1) Calizas bioclásticas con numerosas alveolinas, orbitolítidos, miliólidos. Corresponden a un ambiente de plataforma protegida y son las facies que alcanzan más espesor y desarrollo. 2) "Grainstones" formados casi exclusivamente por algas, Lithoporella melobesioides y Corallina, con alveolinas raras o inexistentes. Corresponden a ambientes de plataforma protegida. Se observan ciclos

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

que comienzan por estas facies y progresivamente pasan a calizas con alveolinas. 3) Calizas con corales, muchas algas rojas incrustantes y en menor medida alveolinas y miliólidos. También abundan los gasterópodos y ostreidos. Tienen poco espesor y son facies arrecifales asociadas a niveles condensados. 4) Calizas con escasas alveolinas, numerosos nummulites, discocyclinas y assilinas. Corresponden a un ambiente de plataforma abierta. En general en toda la sucesión se encuentran algas dasycladáceas, briozoos y fragmentos de equinodermos, aunque estos últimos alcanzan mayor proporción en las facies con nummulites. Los fósiles pueden estar micritizados en distintos grados. La Unidad se ha dividido en tres tramos.

a) La base se sitúa en la aparición brusca de calizas con alveolinas y es el tramo con mayor ciclicidad de facies. Contienen Alveolina dolioformis, A. cucumiformis, A. varians, Opertorbitolites gracilis, Nummulites praecursor, y en el techo Alveolina ellipsoidalis y Assilina arenensis. Se identifican las biozonas de alveolínidos de A. cucumiformis y A. ellipsoidalis, y la biozona de Assilina arenensis, del llerdiense inferior.

b) La base está bien definida en el margen norte de la sierra de la Carrodilla por la aparición brusca de un potente tramo de calizas bioclásticas muy arenosas y glauconíticas de coloraciones ocre. Los granos son de cuarzo y rocas metamórficas. Este intervalo se ha correlacionado de forma aproximada con la base de un paquete muy continuo de calizas con nummulites, donde se detecta una entrada de arena de cuarzo. Encima se sitúa un potente intervalo de calizas con predominio de facies con alveolinas, que termina en un suelo endurecido ferruginoso muy ubicuo asociado a calizas con corales, algas rodofíceas incrustantes y concentraciones de ostreas y moluscos. Contiene Alveolina aragonensis, A. decipiens, A. ilerdensis, A. Corbárica, A. Rotundata, Opertorbitolites gracilis, Nummulites cf. exilis, N. cf. globulus nanus, N. cf. ataticus, Assilina sp., pertenecientes a la biozona de Alveolina corbárica del llerdiense medio. Estos datos apuntan a una equivalencia del citado tramo de calizas arenosas glauconíticas con la unidad de “areniscas de la Baronía” en la Vall d’Ager.

c) Entre el suelo endurecido descrito y las areniscas basales de la Unidad (13) se sitúan paquetes de calizas bioclásticas y calizas limosas, con alveolinas, grandes gasterópodos y ostreas. Su espesor es muy variable y localmente pueden llegar a desaparecer. Contiene Alveolina ilerdensis, A. rotundata, A. aragonensis, A. decipiens, A. triestina, A. aff. canavarii, Nummulites exilis, Opertorbitolites latimarginalis, pertenecientes a las biozonas de Alveolina corbárica y Nummulites exilis del llerdiense medio.

### 1.3 CONCLUSIONES.

Las cotas de explotación van desde la 535 a la 645 por lo que aprovecharán casi toda la tipología de calizas expuestas.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# **ANEXO Nº 5:**

## **GEOTÉCNICO.**

### **ESTABILIDAD DE TALUDES.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO.

### 1.1 Introducción.

Desde la idea de independizar escenarios, debido a las distintas tipologías que pudiera haber, se ha realizado en estudio de conocimiento del medio, con el uso de PIX4D en 3D, para verificar las situaciones, que con anterioridad se han visado en visita de campo, por lo que ya estaban reconocidos.

Las cotas de explotación oscilan entre los 535 y 645 msnm de altitud.

Método de explotación a cielo abierto a media ladera, por bancos ascendentes de hasta 20 m de altura y ángulo de cara 1H-3V, con laboreo mediante arranque por voladura, con un total de 6 bancos.

De alguna manera, el perfil de la explotación viene definido por un frente con unos parámetros concretos, y por lo tanto, con estudiar un el caso más extremo, se dispone de la representación del comportamiento que conllevará el resto.

Para todos los frentes, se estudia el comportamiento de:

#### GEOMETRÍA DEL FRENTE MÁXIMO FORMADO POR BANCOS.

Examinadas las curvas, y dimensiones de taludes, se plantea un perfil tipo más desfavorable, para realizar la estabilidad del talud actual y su restauración, y que por lo tanto justificaría el total de zonas.

Las operaciones equivalen al arranque por voladura, carga, transporte, expedición, y restauración.

El estudio geotécnico ha de considerar la capacidad portante del lugar a través del estudio del subsuelo. Tanto el diseño final como el avance han de soportar su propia estructura, para lo cual se necesitan conocer tres parámetros resistentes básicos: cohesión, ángulo de rozamiento interno y peso específico aparente (saturado y seco) de los materiales del subsuelo, así como las discontinuidades estructurales que puedan desencadenar en un fenómeno de rotura.

### 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del presente estudio geotécnico, pretende justificar la estabilidad de los taludes proyectados, en los trabajos del aprovechamiento, determinando en primer lugar el dimensionamiento de los más desfavorables. De esta forma, realizado el análisis de estabilidad, el valor del factor de seguridad para dichos taludes demostraría, con un amplio margen, que son estables, y podremos asegurar que los de menores dimensiones (menor altura) en iguales condiciones que los analizados, lo serán sin lugar a duda. En cualquier caso, el estudio indicará la situación.

El procedimiento para evaluar la estabilidad de los taludes consta de las siguientes etapas:

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- Dimensionamiento del talud o taludes tipo.
- Definición y caracterización geotécnica de los materiales del talud o taludes.
- Identificación del tipo o tipos de rotura que con mayor probabilidad se pueden presentar.
- Determinación del factor o coeficiente de seguridad para los taludes tipo.

### 1.3 MÉTODO.

El conjunto de programas independientes GEO5 está diseñado para resolver problemas geotécnicos, por métodos analíticos tradicionales y por el método de elementos finitos (MEF).

GEO5 contiene diferentes programas para análisis de estabilidad de taludes en suelos y rocas, represas, nuevas construcciones de terraplenes y la verificación de estabilidad global de muros de contención.

En nuestro caso, se hace uso de la herramienta para el análisis de estabilidad de taludes (terraplenes, cortes de tierra, estructuras de contención ancladas, muros de suelo reforzado, etc.). La superficie de deslizamiento se considera circular (métodos Bishop, Fellenius / Peterson, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer) o poligonal (Métodos Sarma, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer).

#### **Análisis según la teoría de los estados límite / factor de seguridad.**

Los parámetros de verificación son ingresados donde la estructura puede ser verificada según el factor de seguridad o la teoría de los estados límite.

Parámetros de suelo (ángulo de fricción interna, cohesión) son en este caso reducidos utilizando los coeficientes de diseño introducidos.

El valor de utilización  $V_u$  es calculado y luego comparado con el valor de 100 %. El valor de utilización viene dado por:

$$V_u = \frac{M_a}{M_p} 100\% < 100\%$$

Donde:  $M_a$  - Momento de deslizamiento

$M_p$  - Momento de resistencia

The resisting moment  $M_p$  is determined considering the reduction with the help of overall stability of structure  $\gamma_s$ .

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

La verificación utilizando el factor de seguridad:

$$\frac{M_p}{M_a} > SF_s$$

Donde:  $M_a$  - Momento de deslizamiento

$M_p$  - Momento de resistencia

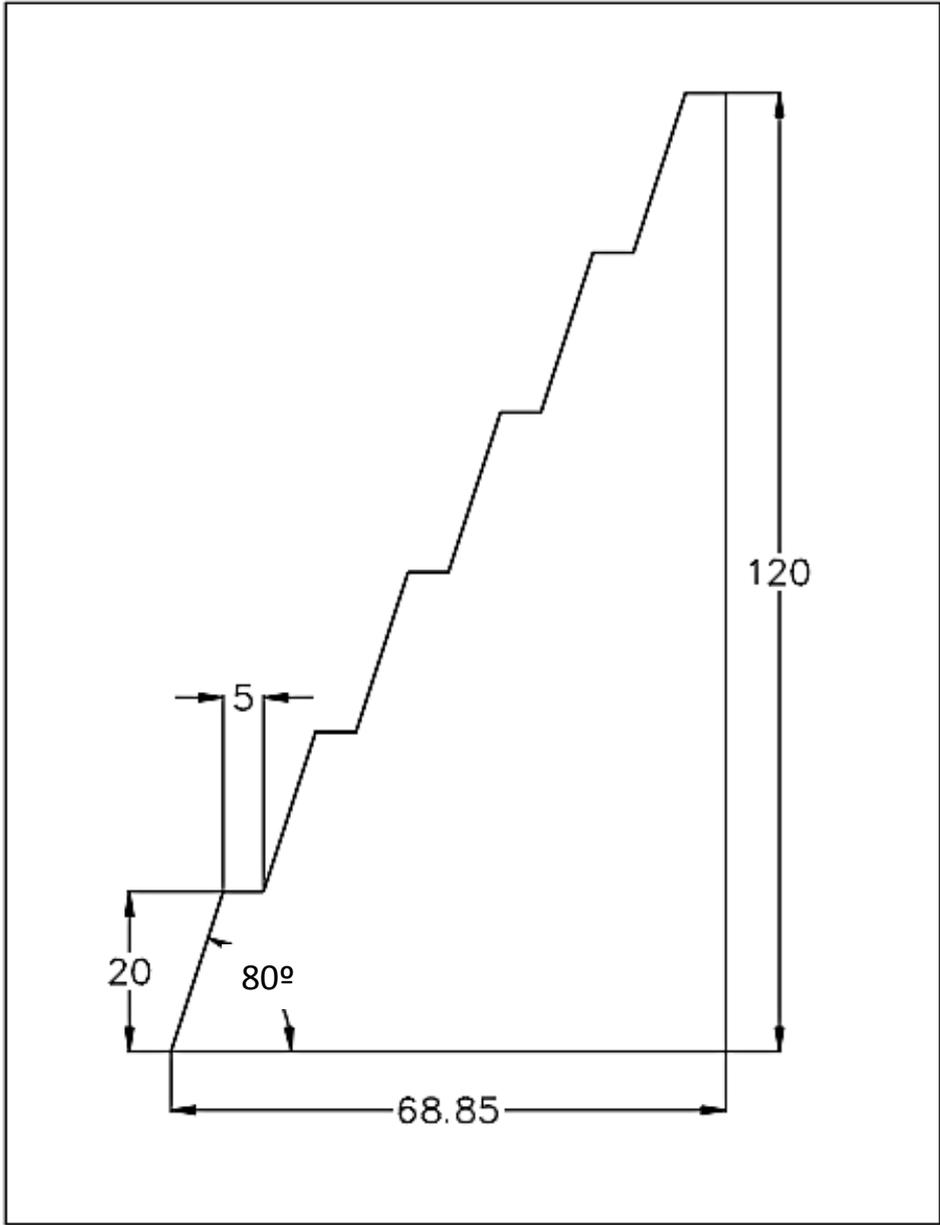
$SF_s$  - Factor de seguridad

Como se había indicado se ha determinado un perfil tipo, para el más desfavorable, por lo que el resto de estados estarán como mínimo contenidos en las mismas circunstancias de seguridad

#### 1.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.

La siguiente figura, define el talud tipo del frente.

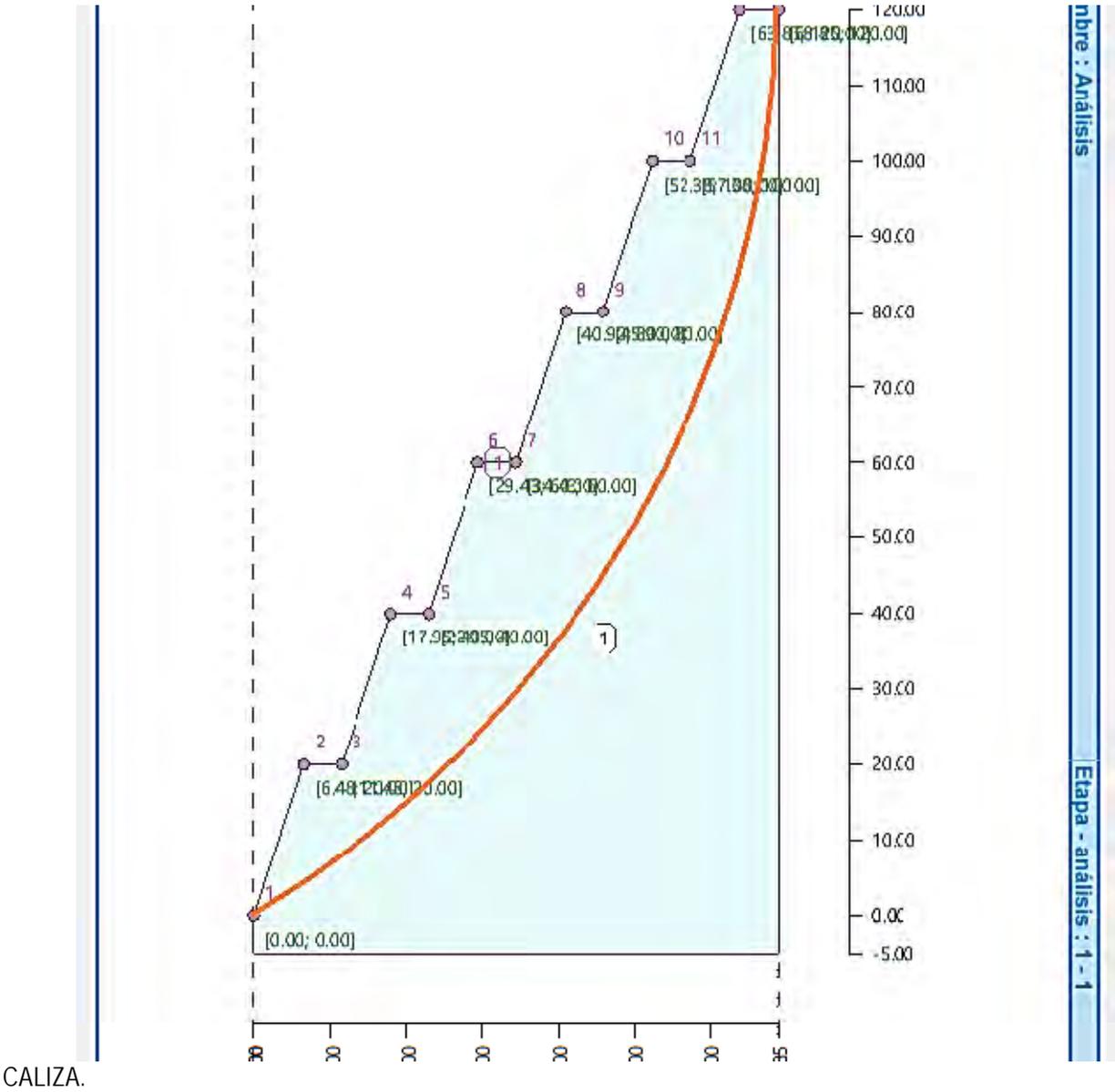
<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	



La línea negra define los taludes bermas de roca (caliza).

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	 <b>NRRD</b>
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION          SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE          APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN          A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25,          UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.



CALIZA.

Peso unitario :  $\gamma$  = 26.40 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna :  $\phi_{ef}$  = 55.00 °  
 Cohesión de suelo :  $c_{ef}$  = 200.0 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado :  $\gamma_{sat}$  = 27.00 kN/m<sup>3</sup>

SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO: circular en todo el frente.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1.6 Cálculo del factor de seguridad.

### Verificación de estabilidad de taludes (todos los métodos)

Bishop :	FS = 1.84 > 1.50	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.81 > 1.50	ACEPTABLE
Spencer :	FS = 1.90 > 1.50	ACEPTABLE
Janbu :	FS = 1.85 > 1.50	ACEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.98 > 1.50	ACEPTABLE

## 1.7 Conclusiones.

Una vez analizada la información del presente estudio de estabilidad preliminar, se pasan a detallar a continuación las siguientes consideraciones:

En el caso del conjunto total de los bancos, examinando el frente resultado de diseño más desfavorable, , con cálculos a partir de los datos que se conocen, determinando en este caso el ángulo del talud para conseguir los valores de F (1,5) aconsejables para la estabilidad de la estructura, teniendo en cuenta que se tratará de un frente formado por un máximo de 6 bancos de 20 metros de altura, bermas de 5 m, y 72° de ángulo, que se considerará normal, es decir, sin efectos de aguas freáticas y sin intervención sísmica.

Valor mínimo requerido de F es: **1,50**

Según se puede comprobar 1,81, el factor de seguridad supera ampliamente el mínimo de 1,5 (1,81 > 1,5 CUMPLE), para los valores característicos de los materiales.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# **ANEXO N° 6:**

## **HIDROGEOLOGIA.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO.

### 1.1 Objetivo del estudio preliminar.

Los métodos de investigación en Hidrogeología son, principalmente, los geológicos y geofísicos, climatológicos y de Hidrología de superficie, métodos hidrogeológicos en sentido estricto, físico-matemáticos e hidroquímicos.

Los métodos geológicos y geofísicos, se emplean para la definición de la extensión y geometría del acuífero (límites laterales, inferior y superior) y de sus características litológicas.

Un Estudio Hidrogeológico consiste en la aplicación de los métodos de investigación de la Hidrogeología a la prospección de las aguas subterráneas en un territorio concreto. El objeto de un Estudio Hidrogeológico es localizar los acuíferos, definir su extensión y características geológicas, sus parámetros hidráulicos, la dinámica del flujo subterráneo y la composición química del agua, e incluso, si el acervo de datos lo permite, elaborar un modelo matemático de comportamiento ante eventuales acciones exteriores.

Dado que, mediante el presente estudio hidrogeológico no se trata de estudiar planificación hidrológica, se estima la realización de un ESTUDIO BÁSICO LOCALIZADO, donde se van a usar estudios geológicos publicados unidos a trabajo de campo de ratificación, para PRIMERO definir el Marco hidrogeológico, con la presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos, tipología de los acuíferos en función de sus características litológicas, según el tipo de hueco y según la presión hidrostática, características piezométricas y flujo subterráneo, funcionamiento hidrogeológico, hidrogeología local, inventario de pozos, sondeo y manantiales en el entorno próximo, características estructurales y análisis de la fracturación en acuíferos por fracturación, permeabilidad usando valores tabulados, caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada con los datos de las columnas de sondeos próximos, situados en la misma unidad geológica o en su defecto en una estimación a partir de la cartografía existente, situación del nivel piezométrico local y su evolución temporal con los datos de los que se disponga.

Y SEGUNDO, poder así servir de base para, determinar ciertos aspectos relacionados con la presencia o no de nivel freático o piezométrico en el área de estudio, de manera justificada, las posibles fluctuaciones estacionales en caso de que existan, así como, permeabilidad de los materiales subyacentes, ubicación de puntos de control en función de la dirección de las líneas de flujo de fluidos en el subsuelo, la velocidad de avance del flujo en los materiales subyacentes (suelos y rocas) tanto en suelo saturados como no saturados, y medidas preventivas para evitar la contaminación de suelos y aguas en caso de roturas accidentales.

Dentro de los conceptos fundamentales de hidrogeología y la clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico, podemos definir el acuífero como aquella formación geológica

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

capaz de almacenar y transmitir agua susceptible de ser explotada en cantidades económicamente apreciables para atender diversas necesidades.

En función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

Acuifugo: No posee capacidad de circulación ni de retención de agua.

Acuicludo: Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.

Acuitardo: Contiene agua y la transmite muy lentamente.

Acuífero: Almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

Si admitimos que los acuíferos reciben agua de la precipitación (aunque puede recibirla por otras vías), se pueden definir tres zonas: zona de alimentación o recarga, zona de circulación y zona de descarga.

Tipos de acuíferos:

Según las características litológicas: detríticos, carbonatados.

Según el tipo de huecos: poroso, kárstico, fisurado.

Según la presión hidrostática: libres, confinados y semiconfinados.

Acuíferos libres: También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada. El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas.

Acuíferos confinados: También llamados cautivos, a presión o en carga. El agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. No existe zona no saturada.

Acuíferos semiconfinados: El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuitardos y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

Un mismo acuífero puede ser libre, confinado y semiconfinado según sectores.

Acuíferos colgados: Se producen ocasionalmente cuando, por efecto de una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida una porción de agua por un nivel inferior impermeable.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Se muestran imágenes a continuación.

**ACUIFEROS LIBRES**

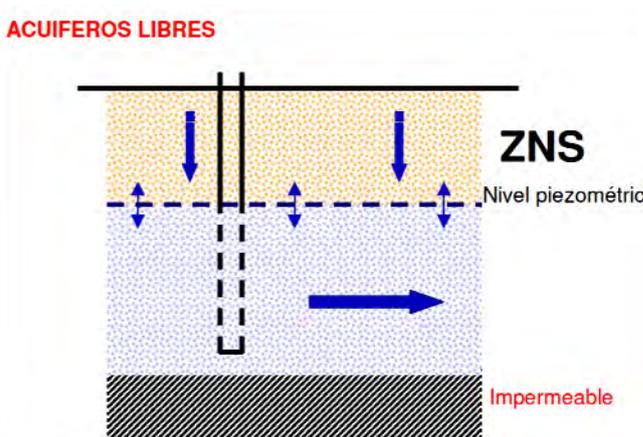


Figura: esquema acuífero libre.

**ACUIFEROS CONFINADOS**

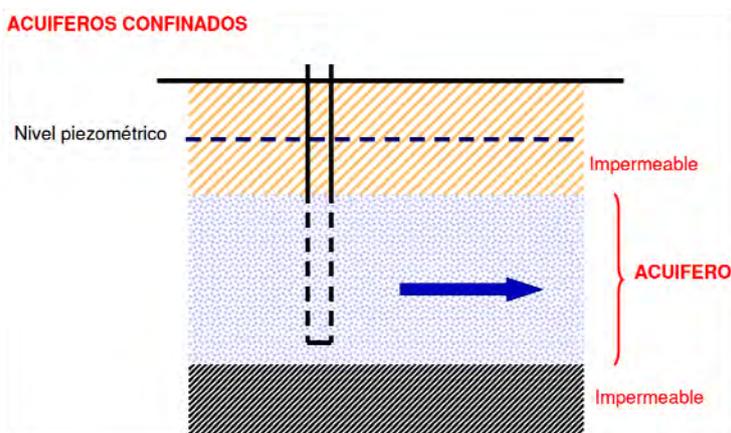


Figura: esquema acuífero confinado.

**ACUIFEROS SEMICONFINADOS**

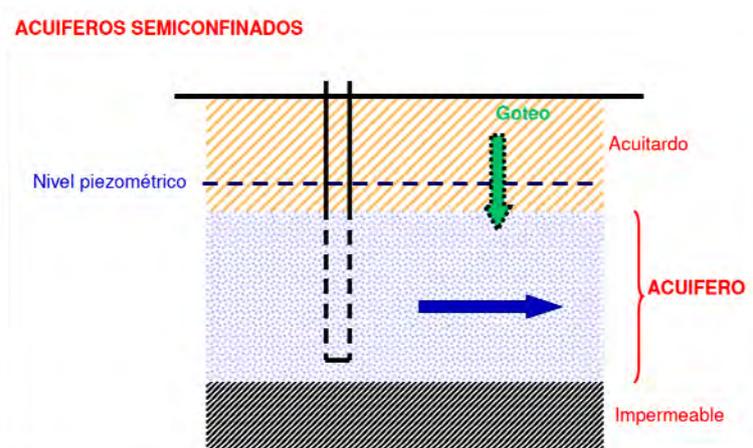


Figura: esquema acuífero semiconfinado.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Un acuífero es una estructura geológica que contiene agua y que es capaz de cederla en cantidades aprovechables mediante galerías, zanjas, pozos, sondeos o el uso directo de manantiales; y para que una estructura sea considerada como acuífero no es suficiente con que contenga agua, sino que además debe estar disponible para su uso. Se evita de esta manera considerar como acuíferos algunas formaciones, especialmente arcillosas, que a pesar de contener cantidades importantes de agua, ésta no puede ser extraída por los métodos tradicionales.

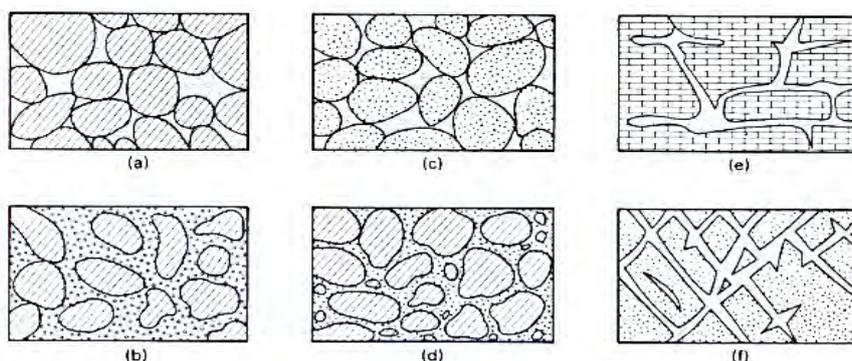
Los acuíferos detríticos están formados por materiales granulares, conglomerados, arenas, limos y arcillas, alternando horizontes impermeables o semi-impermeables, con otros permeables, dando lugar a acuíferos denominados multicapa que pueden contener aguas de diferentes calidades. Su capacidad de contener y transmitir agua es función del porcentaje de huecos disponibles entre sus partículas. Normalmente, la velocidad de circulación del agua es muy pequeña, inferior a la que tiene en los acuíferos carbonatados.

Cuando hablamos del movimiento del agua en la formación, nos posicionamos en los conceptos de permeabilidad y porosidad, tratándose de parámetros que definen las características hidráulicas de un acuífero; aunque en la práctica se utiliza el parámetro transmisividad; que es el producto de la permeabilidad del acuífero por su espesor saturado.

La transmisividad se define también como el caudal de agua que proporciona una sección de ancho unidad de frente acuífero sometida a un gradiente del 100%.

Veamos varias figuras para analizar y obtener datos de interés.

En la siguiente figura se define la relación textura porosidad según disposición de sedimentos.



- a) Sedimento bien clasificado con alta porosidad
- b) Sedimento mal clasificado con baja porosidad
- c) Sedimento bien clasificado de materiales a su vez porosos dando un conjunto de alta porosidad
- d) Sedimento bien clasificado con baja porosidad por relleno de los intersticios
- e) Roca porosa por disolución
- f) Roca porosa por fracturación

Fig. 2.3 Relación entre textura y porosidad (según Meinzer, 1923).

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Las siguientes figuras describen valores de permeabilidad y transmisividad según posibilidades del acuífero y clasificación del terreno.

**Valores de la permeabilidad (K)**  
(Adaptado de Villanueva e Iglesias, 1984)

K (m/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10^{-2} < K < 1$	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
$1 < K < 10$	Media	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10 < K < 100$	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
$100 < K$	Muy alta	Pozos de más de 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

**CUADRO 2-3**  
**Clasificación de terrenos por su transmisividad (m<sup>2</sup>/día)**  
(Adaptado de Custodio y Llamas, 1983)

T	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
<b>Calificación</b>	Impermeables	Poco permeable	Algo permeable	Permeable	Muy permeable
<b>Calificación del acuífero</b>	Sin acuífero	Acuífero muy pobre	Acuífero pobre	Acuífero de regular a bueno	Acuífero excelente
<b>Tipo de materiales</b>	Arcilla compacta. Pizarra. Granito.	Limo arenoso. Limo. Arcilla limosa.	Arena fina. Arena limosa. Caliza poco fracturada. Basaltos.	Arena limpia. Grava y arena. Arena fina. Caliza fracturada.	Grava limpia Dolomías, calizas muy fracturadas.

Primero, observamos que, los materiales presentan una formación de PERMEABILIDAD BAJA y estimamos una K alta ( $10^{-2}$ ), y un valor de 5 m<sup>2</sup>/día de transmisibilidad, que ayudan al almacenamiento de aguas, aunque podría verse comprometido por fisuraciones profundas, por lo que la captación debe tener un buen desarrollo.

Por otra parte, existen otras teorías que podrían situar la K en valores:

Valores Típicos	
Arcillas	$k < 10^{-9}$ cm/s
Sílices	$- 10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s
Arenas Arcillosas	$- k < 10^{-7}$ m/s
Arenas Finas	$- k < 10^{-5}$ m/s
Arenas Medias	$- k < 10^{-4}$ m/s
Arenas Gruesas	$- k < 10^{-3}$ m/s

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Por lo que K para la formación podría estimarse superior a esos valores.

Recordemos que,

Al hablar de porosidad, intuitivamente se piensa en los poros de un material detrítico, como unas arenas. Pero las rocas compactas también pueden contener cierta proporción de agua en su interior en sus fisuras. Normalmente, estas fisuras son fracturas producidas por esfuerzos tectónicos, pero pueden deberse a otras causas: enfriamiento (rocas volcánicas), planos de descompresión o discontinuidades sedimentarias, etc. Tras su formación, estas fisuras pueden ser ocluidas por los minerales arcillosos resultantes de la alteración, o por el contrario la disolución hace aumentar la abertura, a veces hasta formar amplios conductos (especialmente en calizas).

También se habla de porosidad primaria y secundaria. Se denomina porosidad primaria a la que resulta al originarse la formación geológica; porosidad secundaria será cualquier abertura que se produzca posteriormente.

Los poros de unas arenas son porosidad primaria. Las fracturas que se producen en una roca compacta debido a esfuerzos tectónicos son porosidad secundaria. En ocasiones se presentan los dos tipos en la misma formación geológica (porosidad dual): una arenisca presenta porosidad primaria entre los granos y porosidad secundaria a través de las fracturas u otros planos de discontinuidad de la roca.

La porosidad por fracturación está determinada por la historia tectónica de la zona y por la litología; es decir: cómo cada tipo de roca ha respondido a los esfuerzos. Como se indicaba más arriba, en este tipo de porosidad es determinante la posible disolución de la fractura o, por el contrario, la colmatación por minerales arcillosos o precipitación de otros minerales.

En nuestro caso, se ha determinado que se produce una primaria.

En general, se denomina zona saturada a la parte del subsuelo que se encuentra por debajo de la superficie freática, y en la que todos los poros o fisuras están llenos de agua. Por encima de la superficie freática hablamos de zona no saturada, aunque en ella pueden existir poros húmedos o incluso saturados (además de la franja capilar, por ejemplo, masas de agua que están descendiendo por gravedad procedentes de precipitaciones recientes).

Permeabilidad es un concepto común y no haría falta definirlo: la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso el agua. En Hidrogeología, la permeabilidad (o mejor: conductividad hidráulica, K) es un concepto más preciso. Es la constante de proporcionalidad lineal entre el caudal y el gradiente hidráulico.

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Veamos valores tabulados de porosidad:

**Valores estimados de la porosidad (%), según Sanders (1998)**

	total	eficaz
Arcillas	40 a 60	0 a 5
Limos	35 a 50	3 a 19
Arenas finas, arenas limosas	20 a 50	10 a 28
Arena gruesa o bien clasificada	21 a 50	22 a 35
Grava	25 a 40	13 a 26
Shale intacta	1 a 10	0,5 a 5
Shale fraturada/alterada	30 a 50	
Arenisca	5 a 35	0,5 a 10
Calizas, dolomías NO carstificadas	0,1 a 25	0,1 a 5
Calizas, dolomías carstificadas	5 a 50	5 a 40
Rocas ígneas y metamórficas sin tracturar	0,01 a 1	0,0005
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	1 a 10	0,00005 a 0,01

**Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día)**

	Domenico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders	
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 10 <sup>5</sup>	100 a 10 <sup>6</sup>	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1a 50			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena fina	0,02a 20				
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10 <sup>-4</sup> a 2	10 <sup>-4</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 1	0,001 a 0,1	10 <sup>-4</sup> a 1
	Arcilla	10 <sup>-6</sup> a 4*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-7</sup> a 10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>
Arcilla marina inalterada	10 <sup>-7</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>		10 <sup>-11</sup> a 10 <sup>-7</sup>			
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000	0,1 a 10 <sup>7</sup>	
	Calizas, dolomías	10 <sup>-4</sup> a 0,5	0,001 a 0,5	10 <sup>-4</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 1	
	Areniscas	3*10 <sup>-3</sup> a 0,5	10 <sup>-3</sup> a 1	10 <sup>-3</sup> a 1		
	Argilitas (siltstone)	10 <sup>-6</sup> a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 <sup>-8</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-8</sup> a 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>		10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>
	Pizarras sed.(Shale) fracturadas/alteradas		10 <sup>-4</sup> a 1			
Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>	
	Basalto fracturado/vesicular cuaternario		10 a 1000		0,1 a 10 <sup>6</sup>	
	Escorias basálticas		0,001 a 1000			
	Basalto permeable	0,03 s 2000		0,02 a 1000		
	Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>		10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>
	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,001 a 25	10 <sup>-5</sup> a 1	0,0005 a 20		10 <sup>-5</sup> a 1
	Granito alterado	0,3 a 5				
Gabro alterado	0,05 a 0,3					

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Resumen de valores:

PERMEABILIDAD DETRITICAS BAJA y estimamos una K BAJA ( $10^{-2}$ ), y un valor de 5 m<sup>2</sup>/día.

% de porosidad: 0,1 a 25.

Conductividad: 0.01 – 1 metros/día

## 1.2 LOCALIZACIONES.

Los acuíferos regionales de más interés existentes en la hoja son los siguientes:

Se identifica orográficamente con las Sierras Exteriores Surpirenaicas entre los ríos Cinca y Noguera Ribagorzana, límites occidental y oriental respectivamente. El límite meridional se localiza en la traza del cabalgamiento inferior de las Sierras Marginales.

En la comarca de la Litera Alta se emplazan unos extensos afloramientos calcáreos del Mesozoico y Eoceno marino que, según una banda ONO-ESE que comunica el Cinca con el Noguera Ribagorzana, construyen los accidentes orográficos de mayor relieve: las sierras de Ubiergo, de Estada, la Carrodilla, las planicies entre Purroy de la Solana y Camporrels, y las sierras de Voltería y Sola que sirven de cerrada para los embalses de Sta. Ana y Canelles.

Inmediatamente hacia el S, se extiende otro dominio con unas características estructurales y litoestratigráficas distintas, constituido por potentes series de yesos, arcillas, areniscas y conglomerados de edad Eoceno superior, Oligoceno y Mioceno que constituye el borde N de la cuenca del Ebro.

En conjunto, se localizan materiales que abarcan desde el Triásico, Jurásico (con escasa representación y sólo en el límite oriental), Cretácico Superior, Terciario y Cuaternario.

Tradicionalmente, las sierras marginales se han considerado como el frente cabalgante meridional de la cordillera pirenaica. Están construidas por una serie de pequeñas unidades alóctonas que se han desplazado hacia el sur para superponerse sobre los materiales terrígenos de la cuenca del Ebro. En la zona comprendida entre el Cinca y el Noguera Ribagorzana, muestran una alineación NO-SE para conectar las sierras marginales aragonesas y catalanas, estas últimas más avanzadas hacia el S.

La estructura profunda de las sierras está definida por un conjunto de unidades que cabalgan al terciario continental de la cuenca del Ebro con un importante desplazamiento, de forma que éste subyace a los relieves mesozoicos en toda la extensión de las sierras marginales. Los cabalgamientos individuales convergen en un cabalgamiento basal poco inclinado que se superpone al autóctono relativo.

En la zona existen grandes acumulaciones de materiales salinos triásicos, posiblemente en relación con la migración de la sal hacia zonas marginales de la cuenca en donde la cobertera es más delgada, en un

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

modelo similar al propuesto por A. Serrano y W. Martínez en 1990 para el dominio Cántrabro-Navarro. Este modelo es coherente con la hipótesis propuesta por B. Martínez (1991) que relaciona los diapiros de La Puebla de Castro, Naval y Estada con rampas cabalgantes ocultas bajo las molasas terciarias.

B. Martínez (1991) identifica hasta 5 unidades frontales o láminas de cabalgamiento: Mediano, Naval, Pueyo de Barbastro, Sierras Marginales y San Esteban de Litera. Estas láminas están limitadas por un conjunto de cabalgamientos deducidos de datos de superficie, sondeos profundos y perfiles sísmicos. Su desplazamiento se ha realizado a merced del despegue basal sobre los materiales arcillosos triásicos que limitan las láminas por su base y frontalmente. Este hecho es de gran relevancia hidrogeológica pues las arcillas triásicas, poco permeables, constituyen rupturas hidráulicas entre las distintas láminas mesozoicas.

Lámina de mediano: Esta lámina queda al N de las sierras mesozoicas y está limitada con las de Naval y las Sierras Marginales por un cabalgamiento vergente al S no aflorante. Su traza atraviesa el diapiro de La Puebla de Castro y el embalse de Barasona continuándose hacia el ESE para incluir los afloramientos mesozoicos de Benabarre. Está fosilizada por los conglomerados de la formación Graus en disposición subtabular. Los afloramientos mesozoicos de Benabarre y su relación con los sondeos Benabarre 1 y 2 y con el Benabarre 3 junto al Ésera, sugiere la presencia de una culminación mesozoica enterrada bajo los conglomerados. En estos sondeos se detecta bajo el Cretácico una potente serie Jurásica que implica una notable profundización hacia el N del cabalgamiento basal.

Lámina de Naval: Esta unidad engloba la mitad occidental de los afloramientos mesozoicos de la zona, desde el Cinca hasta aproximadamente el paralelo que pasa por el pico de Cogulla. Su límite meridional está definido por la rampa de un cabalgamiento no aflorante que atraviesa los diapiros de Naval, Estada y conecta hacia el E con el cabalgamiento basal de la escama de Congustro. Hacia Oriente, queda individualizada de la lámina de las Sierras Marginales mediante una rampa oblicua representada en superficie por el sinclinal de Estopiñán.

En esta lámina, la traza norte de las sierras mesozoicas está caracterizada por el retrocabalgamiento de Juseu (de vergencia N), que superpone el Mesozoico de las sierras sobre los conglomerados de Graus, verticalizados en las proximidades del contacto. Sobre los mesozoicos de este contacto está anclada la presa de Barasona.

Hacia el E y O, el retrocabalgamiento está fosilizado por niveles más altos de la formación Graus.

Lámina de las Sierras Marginales: Construye la mitad oriental de las sierras mesozoicas en la zona de estudio. Muestra unas directrices NO-SE a ONO-ESE en el sector más próximo al Noguera Ribagorzana. Al N limita con el cabalgamiento frontal de la lámina de Mediano.

Hacia el O, su límite con las láminas de Naval y San Esteban de Litera está constituido por una rampa lateral de orientación NO-SE que, desde el pico Cogulla se prolonga hacia el SE englobando la escama de Zurita, hasta enlazar con el afloramiento Jurásico de Castillonroy.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

El sinclinal de Estopiñán se encuentra sobre esta rampa lateral. Toda la estructura se encuentra rodeada de margas y yesos del Keuper que se dispone tanto al NE como al SO cabalgando sobre materiales detríticos del Terciario y hacia el SE sobre las sierras marginales catalanas (ver corte 1). Está afectado en su interior por fallas normales y fracturas en dirección NO-SE, paralelas al eje. Una de estas fracturas situada en el flanco S pone en contacto en el Keuper con el sinclinal de San Quilez. Esta estructura muestra una dirección NO-SE. Su flanco meridional se halla fallado e invertido, verticalizando los conglomerados de Baells que se disponen en discordancia progresiva. Estos conglomerados fosilizan el cabalgamiento que superpone esta escama sobre la de Zurita.

La escama de Zurita, constituida por materiales del Trías, Cretácico y Eoceno marino muestra una serie monoclinial hacia el NE, cuya base está verticalizada o invertida. Su cabalgamiento basal pone en contacto el mesozoico de las sierras con los conglomerados y areniscas de la formación Peraltilla (ver figura 3).

En el sector del Noguera Ribagorzana la estructura consiste en un conjunto de escamas imbricadas con pliegues concéntricos, de manera que los anticlinales están asociados a rampas de bloque superior y los sinclinales a rellanos de bloque superior dispuestos parte sobre un rellano y parte sobre una rampa de bloque inferior.

Este estilo tectónico y el hecho de que el nivel de despegue de las escamas está constituido por las formaciones arcillosas triásicas, determinan una ruptura hidráulica entre los acuíferos mesozoicos que va a condicionar el funcionamiento hidrogeológico de esta zona.

Una de estas escamas, la de Peña Roja, muestra una geometría sinclinal que está fosilizada hacia el O por la formación Sariñena. Lateralmente, esta escama está en contacto con la que emerge en el anticlinal del Bolterol.

Lámina de San Esteban de Litera: Constituye la lámina más meridional y afecta a los materiales continentales del Eoceno superior y Oligoceno inferior (formación de los yesos de Barbastro y equivalentes laterales, formación Peraltilla y base de la formación Sariñena).

Constituye el autóctono relativo de las láminas que forman las sierras mesozoicas. B. Martínez interpreta a partir de datos sísmicos que la base de esta lámina se sitúa hacia la base de los yesos de Barbastro. La estructura más relevante de esta lámina es el anticlinal de Barbastro – Balaguer, de traza axial NO-SE.

Los niveles permeables identificados incluyen:

<b>N</b>	<b>Acuífero</b>	<b>Litología</b>
1	Muschelkalk	Dolomías
2	Cretácico superior	Calizas micríticas, calizas tableadas, y brechas
3	Eoceno inferior	Calizas margosas
4	Cuaternario	Terrazas y glacis, coluviones

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

El Muschelkalk aparece en forma de multitud de pequeños retazos sin continuidad lateral asociados a las zonas de afloramiento masivo de las facies evaporíticas triásicas.

El Jurásico y Cretácico inferior tienen una presencia meramente testimonial.

El más relevante, por su extensión de afloramiento, espesor y por sus cualidades hidráulicas es el Cretácico superior. A él se asocian las descargas más importantes de la zona.

El siguiente acuífero en importancia es el Eoceno inferior. Ambos están separados por las facies lutíticas del Garum, de baja permeabilidad. No obstante, a tenor de la escasa potencia de esta serie en relación a otras zonas del pirineo, la presencia de cuerpos carbonatados intercalados en la serie arcillosa y la marcada fracturación de esta zona, existe una conexión entre ambos merced a la percolación vertical a través del Garum.

Existen dos condicionamientos estructurales relacionados entre sí muy relevantes para entender el funcionamiento hidrogeológico en esta masa de agua. En primer lugar, el espesor mayor de la serie calcárea se da en el norte, donde el Cretácico superior muestra valores próximos a 300 m, y el Eoceno inferior registra espesores de hasta 470 m), y se adelgaza de forma notable hacia el S (en Zurita, el Eoceno tiene una potencia de unos 50 m), ocasionando una mayor complejidad y menor continuidad lateral de las escamas meridionales. Por otra parte, las escamas se desplazan con una geometría de rellano de bloque superior, de forma que su base está tapizada con los materiales de baja permeabilidad del nivel de despegue (keuper), lo que condiciona, en buena medida, la compartimentación del acuífero en sectores con zonas de recarga y descarga individualizadas.

Como ya se ha indicado existen dos niveles permeables claramente identificados: el Cretácico superior y el Eoceno inferior. Entre ambos, las facies más margosas del Garum no individualizan hidráulicamente ambos niveles incluso en las condiciones estructurales más favorables para ello, como en el sinclinal de Estopiñán.

Se puede concebir por tanto, como un acuífero multicapa, con un nivel permeable inferior (Cretácico) de tipo cárstico que presenta una importante componente de flujo difuso y un nivel permeable superior (Eoceno inferior) con un acentuado carácter cárstico de baja porosidad, marcados agotamientos y poca capacidad de regulación. Entre ambos existe un nivel acuitado (Garum) que permite la percolación vertical de recursos desde el nivel superior al inferior.

Las arcillas triásicas constituyen el zócalo poco permeable de toda la unidad, de forma que el Cretácico constituye el último receptor de los recursos del sistema de flujo subterráneo. Este efecto de zócalo también tiene su impronta en la calidad química de sus aguas, reflejada en un fondo geoquímico proporcionalmente elevado de cloruros y sulfatos y cuyo contenido se acentúa en los niveles más profundos del sistema.

Dentro de la unidad pueden identificarse varios sectores cuyos sistemas de flujo subterráneo están desconectados entre sí: (1) el sector del diapiro de Mediano; (2) la sierra de Carrodilla – Fagetas; (3) los

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

afloramientos de la culminación anticlinal del Cretácico entre Tolba y Aler; (4) el sinclinal de Estopiñán y la escama de San Quílez – Zurita; (5) las escamas del valle del Noguera Ribagorzana.

En nuestro caso, contamos con materiales del CRETÁCICO y Terciario, donde se ha definido que pudiera haber acuíferos multicapa. Los acuíferos principales en nuestro encuadre son los materiales carbonatados tanto mesozoicos como terciarios y cuyo sustrato es respectivamente el Keuper y las arcillas rojas del Garumn.

### 1.3 PUNTOS DE INTERÉS:

Desde la base de puntos de agua del IGME y de la CHE, se incorporan captaciones que sirvan para reflejar los niveles de acuífero en la zona. El más cercano a la posición con materiales de formación de las mismas características es el siguiente:

<b>Caudal Referencia L_s</b>	0
<b>Cota msnm</b>	550
<b>Cuenca Hidrografica</b>	EBRO
<b>ESRI_OID</b>	21
<b>Escala</b>	1: 50.000
<b>Expr1</b>	277531
<b>Expr2</b>	4655143
<b>Fecha obra</b>	01/02/1984
<b>Hoja</b>	3112
<b>Huso</b>	31
<b>Id</b>	3112-6-0003
<b>Metodo Perforacion</b>	Percusión
<b>Motobomba</b>	Motor eléctrico, bomba sumergida
<b>Municipio</b>	AZANUY-ALINS
<b>Naturaleza</b>	Sondeo
<b>Octante</b>	6
<b>Organismo</b>	I.T.G.E./I.G.M.E
<b>Perimetro</b>	No tiene perímetro de protección
<b>Profundidad m</b>	127
<b>Provincia</b>	Huesca
<b>Punto</b>	0003
<b>Sector</b>	T
<b>Sistema Acuífero</b>	Sinclinal de Tresp y calizas eocenas y cretácias de borde (68.03.00.00.00)
<b>Toponimia</b>	POZO ABASTECIMIENTO ALINS DEL MONTE
<b>URLDetalle</b>	<a href="http://info.igme.es/bdaguas/PointInfo.aspx?id=3112-6-0003">http://info.igme.es/bdaguas/PointInfo.aspx?id=3112-6-0003</a>
<b>Unidad Hidrogeologica</b>	Esera- Oliana
<b>Uso</b>	Abastecimiento a núcleos urbanos

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

No se tiene acceso al contenido de la Confederación. Aun así se ha determinado la existencia de un sondeo al SUROESTE, en el nivel de superficie de 430 msnm, por lo tanto el nivel está en cotas inferiores.

En cuando al punto anterior, se estima en 500 msnm la lámina de agua.

#### 1.4 NIVELES FREÁTICOS.

A la vista de los datos, se realiza tan solo se realiza discriminación y extrapolación del inventario del punto anterior. No se realiza ISO PLANO de NIVELES FREÁTICOS, dado que no existen captaciones en materiales similares suficientes para el proceso.

En nuestro caso, las cotas de explotación van desde la 535 a la 645, y acuífero estimado entre 400-500 msnm, nos hace pensar que existe una profundidad de más de 35 m hasta los niveles de acuífero en el peor de los casos.

#### 1.2 Conclusiones.

Una vez analizada la información del presente estudio preliminar, se puede estimar, que el nivel freático, se estiman en una horquilla de cotas entre 400-500 msnm.

Y dado que la explotación, se encuentra entre cotas cercanas a 535-645 msnm, se estima que los niveles freáticos, en el caso más desfavorable, podrían estar a 35-135 m de profundidad.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# **ANEXO 7:**

## **ESTUDIO HIDROLÓGICO.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 MÉTODOS.

Para el diseño de drenajes, es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros.

- 1º Mínima delimitación.
- 2º Cuenca de aportación.
- 3º Volumen de aportación.
- 4º Caudales de avenida.
- 5º Diseño de perfil de cuneta.
- 6º Estudio hidrológico. En su caso.

El estudio, trata de evaluar varias situaciones: en una primera fase, el volumen de agua de acumulación durante la vida de explotación, con las dimensiones efectivas de áreas de acumulación previa a evaporación gradual; y en una segunda fase, en el diseño de restauración, el caudal a desaguar clasificado, para identificar las dimensiones de las cunetas que encauzarían el agua de lluvia; justificando su conveniencia. Las intervenciones tienen el objetivo de prevenir y proteger el medio, así como preservar la seguridad del entorno.

## 2 CUENCA DE APORTACIÓN.

Como software de cálculo ARCMAP ESRI ARCGIS y HECRAS.

Se han estudiado las posibilidades de una posible micro-cuenca natural en el entorno, y en la finca, para verificación, mediante el empleo de ArcMAP, para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Desde la web descargas IGN modelo digital del terreno MTD2, se ha geoprocesado el archivo a un TIN, con el objetivo de generar las líneas de vertiente del entorno. Los datos del levantamiento DRON, han servido como fundamento para verificación de la veracidad de las anteriores, y encaje de diseño posterior (trazado de cunetas).

Siguiendo los pasos de cálculo se ha determinado la superficie de la cuenca de aportación de manera automática desde la elección de PUNTOS DE DESFOGUE una vez conocidas las líneas de vertiente STREAM con VALUE 20-10.

Establecidos los parámetros, obtenidos resultados de cuencas, y situado el desfogue en su lugar idóneo, se determinan las cuencas de aportación generales, que tras diseño de las nuevas líneas de vertiente por

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

previa intervención en el terreno, materializado por pequeños movimientos de tierra, podemos calcular las cuencas de aportación a tener en cuenta, en su caso.

Se ha calculado el volumen de agua esperado teniendo en cuenta la precipitación media anual.

Se realizan dos geoprocesamientos. El primero con el objetivo de conocer las líneas de vertientes del entorno, de forma que den datos de posibles problemáticas derivadas del agua de escorrentía de las zonas externas a la planta, así como de la cuenca de aportación de la misma. El segundo, tras uso del levantamiento topográfico, desvelará las coincidencias con las líneas generales y las verdaderas de la situación de las labores.

Con todos los datos, podemos diseñar soluciones para las escorrentías.

Para ambos escenarios, se ha seguido igual método; de manera que en el primero partimos de un DEM y del segundo de un levantamiento, que necesariamente debe ser procesado en un TIN, para producir todos los datos del estudio hasta su finalización. Los RASTER y TIN, son la base del estudio 3D.

Partiendo de esos datos, comenzamos el proceso para limar imperfecciones (huecos y sumideros) del ráster. Con esta herramienta (FILL) se rellenan las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevaciones, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo.

Seguimos con el proceso definiendo la dirección del flujo buscando el camino descendente de una celda a otra.

Se ha creado el raster de acumulación de flujo en cada celda. Se determina el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella.

El resultado apunta a una micro-cuenca, sin embargo debemos editar el pixelado para que podamos aumentar la capacidad de obtención de resultados que conlleven a partes del terreno que realizan aportación desde entidades más inapreciables en este momento, y según la cartografía de escala descargada. Especificaremos un umbral para la cantidad de píxeles adyacentes que constituyen una corriente, mediante un VALUE de 25-50. Es una condición bastante aceptable.

Para el procesamiento de las líneas de vertientes, se usa un algoritmo que utiliza la herramienta diseñada principalmente para la vectorización de redes de arroyos o cualquier otro ráster que represente una red lineal de ráster para la que se conoce la direccionalidad, y está optimizada para utilizar un ráster de dirección como ayuda en la vectorización de celdas que se intersecan y celdas adyacentes.

Demostrada la aportación de agua, debemos decidir un punto de desfogue interpolado con esas vertientes, evidentemente, dentro del PREDIO.

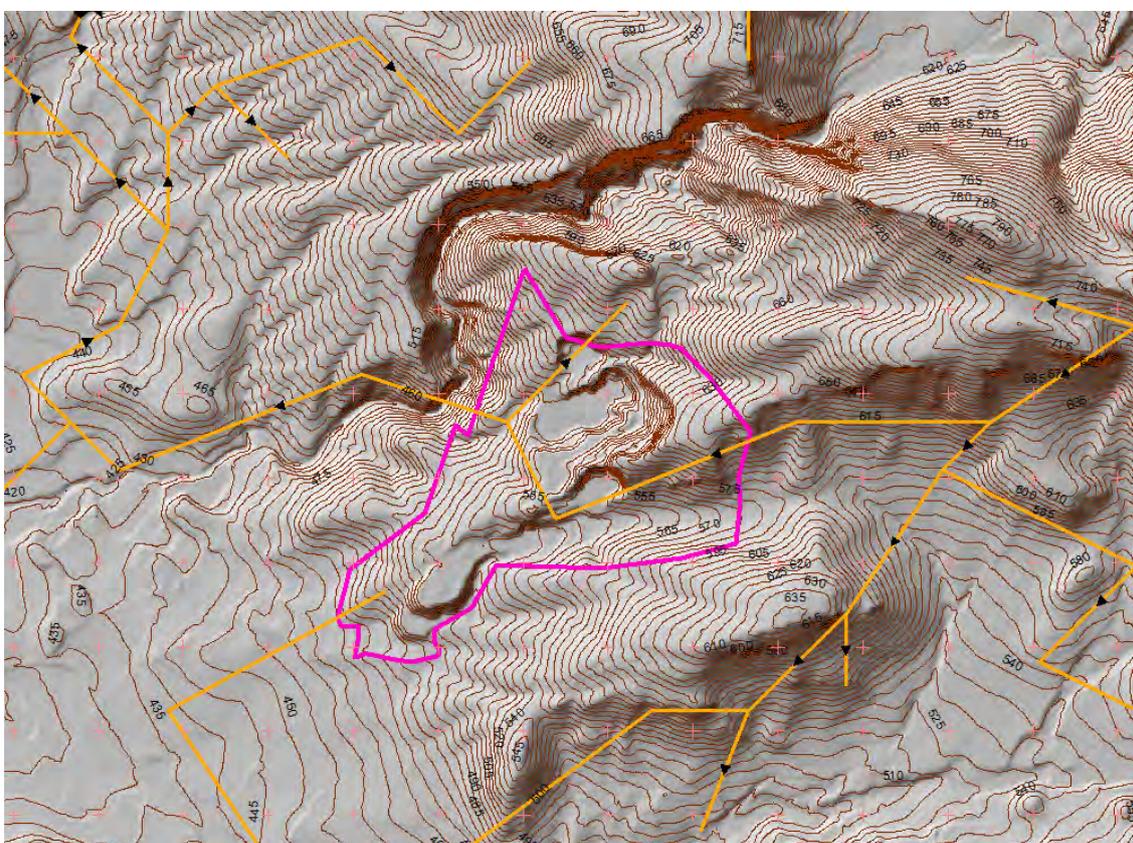
Hemos obtenido las líneas de escorrentía y direcciones de flujo de las mismas, que asociadas al entorno, son capaces ya de darnos datos de áreas que realizan la aportación a puntos concretos.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Podemos proceder a obtener la cuenca en el punto que interpola a las líneas de aportación definidas en el paso anterior, y en la ubicación de interés.

Desde las herramientas de conversión, y las de medición de áreas de Spatial Statistics Tools, obtenemos el área medible de la cuenca de aportación.

LÍNEAS DE VERTIENTE OBTENIDAS:



En las figuras anteriores, se pueden apreciar las líneas de vertiente donde se acumula el flujo de agua (en NARANJA); y la dirección del flujo EO.

### 3 ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Dado que, las líneas de vertiente se identifican claramente, las pendientes del terreno permiten su flujo, y los datos de diseño parecen coherentes, no se realiza el estudio hidrológico de avenidas, para justificar

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

visualmente la adecuación. Salvo dudas al respecto, no se considera motivado y alargaría el proceso de forma importante.

El tipo de flujo es mixto, y con una magnitud insignificante, ya que la líneas pasan por las zonas exteriores a la explotación, por lo que es fácil integrar la gestión del agua en los mismos parámetros que la sección A) sin variaciones.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

# ANEXO N° 8: EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN.

- 1 EVALUACIÓN DE RESERVAS.
- 2 ESTUDIO PLANEAMIENTO DE LA MAQUINARIA.
- 3 ESTUDIO PLANEAMIENTO DEL PERSONAL.
- 4 PROGRAMA DE EXPLOTACIÓN.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

## 1 EVALUACIÓN DE RESERVAS.

### 1.1. MÉTODO.

De acuerdo a la investigación desarrollada se ha podido determinar el diseño final para la explotación del recurso denominado "LA ALGARETA" en base a diversos estudios, lo que nos ha permitido trabajar, con un buen conocimiento de la explotación a diseñar.

A partir de estos datos básicos arrojados por la investigación geológica-minera y en base a la superficie seleccionada para el desarrollo de la actividad, estamos en condiciones de desarrollar la clasificación de recursos minerales según norma **UNE 22-850-85**, según se redacta en los párrafos siguientes.

#### 1. Objeto.

La norma tiene por objeto establecer un sistema y un léxico homogéneos para la clasificación de los recursos minerales, atendiendo simultáneamente a su grado de conocimiento geológico y a su explotabilidad.

#### 2. Campo de aplicaciones.

La norma es aplicable a todos los recursos minerales no renovables de cualquier tipo que sean.

#### 3. Definiciones.

**3.1. Recursos minerales.** Se aplica esta denominación a cualquier mineral o roca susceptible de aprovechamiento industrial, en su forma natural o debido a las sustancias que contiene y que pueden ser extraídas con la tecnología existente.

**3.2. Recursos minerales no renovables.** Son todos aquellos cuya extracción supone una disminución de la cantidad existente, que no puede ser compensada con nuevos aportes naturales del mismo recurso.

**3.2 Grado de conocimiento geológico.** Es el conjunto de datos disponibles sobre un determinado depósito mineral, en relación con sus características de génesis, morfología, dimensiones, propiedades físicas y elementos minerales aprovechables.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

**3.3. Materias contenidas.** Son las sustancias de interés industrial existentes en el recurso mineral evaluado. Pueden expresarse en unidades de peso o volumen y designarse por su fórmula química o su denominación industrial.

**3.4. Materias recuperables.** Es la parte de materias contenidas que pueden ser extraídas industrialmente, de acuerdo con los sistemas de explotación aplicables al depósito y con la tecnología de su tratamiento posterior.

#### 4. Clasificación.

En función del **grado de conocimiento geológico**, los recursos se clasifican en:

- **Recursos probados (Identificados como R-1).** Son recursos existentes en depósitos que han sido estudiados con suficiente detalle para conocer su situación, morfología, tamaño y cualidades esenciales. La distribución de las materias contenidas y las propiedades físicas que afectan a su recuperación, se conocen por mediciones directas combinadas con una extrapolación limitada, de carácter geológico, geofísico y geoquímico. El grado de error en la estimación de su magnitud ha de ser inferior al 50 %.
- **Recursos posibles (Identificados como R-2).** Son recursos existentes de depósitos asociados con otros de la clase anterior, cuyo conocimiento se basa en estudios geológicos y medidas puntuales y cuyas características de situación, morfología y tamaño se deducen por analogía con depósitos de igual naturaleza del grupo R-1. El grado de error en la estimación de su magnitud es siempre superior al 50%.
- **Recursos supuestos (Identificados como R-3).** Son recursos cuya existencia se intuye por extrapolación geológica, indicios geofísicos o geoquímicos o analogía estadística. Su existencia, situación, tamaño y morfología es solamente especulativa y sirve de base para futuras explotaciones.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

En función de la rentabilidad económica se clasifican en:

- **Recursos explotables (identificados como E).** Son aquellos que pueden ser económicamente utilizados en un país o región en las condiciones socio-económicas existentes y con la tecnología disponible.
- **Recursos sub-económicos (identificados como S).** Son aquellos que sólo podrían ser utilizados en un país o región como resultado de los cambios económicos y tecnológicos previsibles en plazo inferior a diez años.
- **Recursos marginales (identificados como M).** Son aquellos que pueden llegar a ser utilizados como resultado de la evolución económica y tecnológica que se prevé en un plazo superior a diez años e inferior al que se consignará en cada caso.

## 5. Codificación.

Los recursos se identifican con un código de tres posiciones. Las dos primeras relativas a su clasificación por nivel de conocimiento geológico (R-1, R-2, R-3) y la última relativa a su clasificación por nivel de explotabilidad (E-S-M). Así en nuestro caso una vez determinada la naturaleza y distribución de los materiales existentes en el yacimiento en base a la investigación minera realizada se procedió a calcular el volumen de reservas explotables.

Para determinar las reservas de MONTERDE aprovechables ya identificados, se han tanteado en primera instancia mediante el método de secciones transversales adyacentes, consistente en dibujar secciones verticales en las que a intervalos regulares se representa la forma de la masa explotable y el área ocupada por la misma en cada sección y dentro del hueco proyectado.

Una vez delimitadas las secciones, la determinación del volumen entre dos perfiles consecutivos se realiza utilizando la fórmula trapecial:

$$V_{i,i+1} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} * d_{i,i+1}$$

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

Donde:

- ✓  $V_{i,i+1}$  = Volumen correspondiente entre los perfiles i e i+1.
- ✓  $S_i$  = Superficie correspondiente al perfil i.
- ✓  $(d_{i,i+1})$  = Distancia entre perfiles i e i+1.

El volumen total Se determinará finalmente por la siguiente fórmula:

$$V = \sum_{i=0}^{i=N-1} V_{i,i+1}$$

Finalmente nos hemos decantado para el cálculo del volumen de reservas, por el sistema de diferencia de mallas de superficies, por considerar que se adapta mejor a dicho cálculo, sobre todo al tener como base una superficie topográfica inicial muy precisa y con gran volumen de datos. Para obtener el volumen bruto de reservas explotables, se ha empleado el método de diferencia de superficies entre los modelos digitales del terreno actual y final de explotación (generado exclusivamente por ordenador), utilizando herramientas informáticas. Para ello a partir de los datos topográficos obtenidos mediante el vuelo del dron, de la superficie prevista afectar y una vez ha sido debidamente tratada la información topográfica facilitada por el vuelo del dron, mediante los correspondientes programas de diseño, el siguiente paso es realizar el procesamiento de la información obtenida en el trabajo de campo, para su posterior tratamiento en programas informáticos en entorno autocad, al objeto de obtener el modelo digital del terreno.

Posteriormente utilizando el programa MDT V5.1. (Modelo digital del terreno versión 5.1.), complemento topográfico del programa Autocad de Autodesk, se ha generado una superficie 3D correspondiente al área afectada por la extracción.

El proceso de cálculo es el siguiente. Para cada dos celdas cuyas coordenadas en 2D coinciden, se calcula la cota media a partir de sus cuatro vértices. Después se comparan las cotas, y si la diferencia es superior a la tolerancia configurada, se calcula el volumen entre ambas celdas y se añade al volumen de desmonte o terraplén, según el signo. La fórmula usada para calcular el volumen es:

$$V_i = D^2 (z_1 - z_2)$$

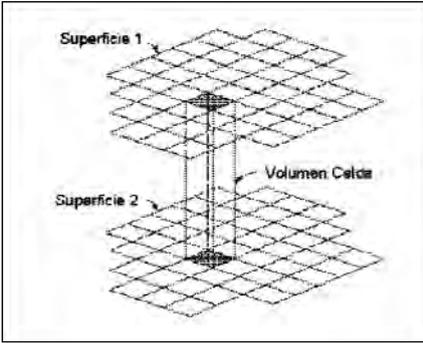
, donde:

$V_i$  = Volumen de la celda  $i$

$D$  = Dimensión de la celda

$Z_1$  = Cota media de la celda en la superficie 1

$Z_2$  = Cota media de la celda en la superficie 2



En nuestro caso, se utilizan como datos de entrada ficheros de superficies. Al solicitar los parámetros iniciales, se ha de introducir además, la Dimensión de Celda que se utilizará para crear las mallas con las que calcular el volumen. Una vez especificados los dos ficheros de superficies a utilizar, el programa calcula el volumen superponiendo las mallas generadas a partir de las superficies e informa de los resultados obtenidos.



<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

Mediante el botón "Imprimir", se crea un listado donde aparecen los nombres de los ficheros de superficies y los resultados obtenidos. Por otra parte, activando la casilla "Dibujar Volúmenes" se puede obtener una representación gráfica de los resultados, que consiste en una malla, definida sólo en la zona en que están definidos ambos ficheros de mallas. Cada celda tendrá un color que indica si la zona está en desmonte, terraplén, o no aporta volumen dentro de la tolerancia definida en la configuración.

Hay que destacar que la creación de una superficie es equivalente a la generación del modelo digital del terreno. La superficie consiste en una triangulación de diferentes elementos, como pueden ser puntos topográficos, líneas de rotura y curvas de nivel, en este caso concreto para realizar la superficie hemos utilizado puntos topográficos obtenidos del vuelo del dron y las curvas de nivel con equidistancia estandarizada.

Posteriormente se realiza la misma operación, obtención de la superficie, con el plano de explotación teórico, que ha sido generado previamente con los parámetros definidos en el presente proyecto. La superficie se ha triangulado a través de puntos topográficos y de las líneas de rotura obtenidas en dicha área.

Por último para el cálculo del volumen extraído para cada una de las parcelas, sólo hay que comparar las dos superficies correspondientes al terreno inicial y explotado ( $[\text{terreno inicial} - \text{terreno explotado}] = \text{m}^3$ ).

Se verifican los datos mediante uso de herramientas de contraste.

ArcGIS es una aplicación de SIG potente, rápida y moderna para creación mapas en 2D y 3D, analizar datos y crear conocimientos geográficos. Esto le da el poder de examinar relaciones, predicciones de prueba y, finalmente, tomar mejores decisiones.

ArcGIS 3D Analyst proporciona herramientas avanzadas para la visualización tridimensional, análisis, edición y generación de superficies, permitiendo el análisis de los datos geográficos.

Puede calcular volúmenes de desmonte y relleno en el Visor de mapas de Ortho Maker.

El cálculo de volumen es un procedimiento en el que la elevación de una superficie de forma de suelo se modifica añadiendo o quitando materiales de superficie. La herramienta de mapa Cálculo de volumen resume las áreas y los volúmenes de cambio de una operación de desmonte y relleno. Mediante el

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

producto de modelo digital de superficie y un área de interés (AOI) con un tipo de base determinado, la herramienta identifica regiones para agregar o eliminar materiales de superficie.

Los procedimientos previos ya se han realizado con MDT, y se disponen de datos de levantamiento DRON. Estos pasos resumen el trabajo contraste.

Al ejecutar la herramienta Cortar/Rellenar, se aplica, por defecto, un renderizador especializado que resalta las ubicaciones de desmonte y relleno. El determinante es la tabla de atributos del ráster de salida y considera que el volumen positivo está donde se cortó (quitó) material y el volumen negativo está donde se rellenó (agregó) material.

Con las curvas de nivel de inicio y finalización, obtenemos en ARC-CATALOG los archivos TIN y RASTER.

Con las herramientas de EDICIÓN mediante la obtención podemos diseñar la superficie de interés a techo.

Del GEOPROCESO obtenemos dos RASTER llevados a TIN que forman un volumen, y un MULTIPARCHE que emula el SÓLIDO del material aprovechable (modelo del sólido geológico).

Por lo tanto, todos los datos están contrastados, mediante el uso de herramientas topográficas y de modelización del terreno.

**Cubicación General.**

**El volumen se estima en: 3.166.524 m<sup>3</sup>b**

**EN UNA UNICA FASE SE EXPLOTARÁN: 3.166.524 m<sup>3</sup>b**

**En el ANEXO 3, se amplía la información de las superficies.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>			
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>			

### CÁLCULOS DE OPERACIONES:

#### DE APROVECHAMIENTO.

	PRODUCCIONES			
	m3b			T(2.64 t/m3)
	BRUTO	APROVECHABLE	NO APROVECHABLE	APROVECHABLE
FASE 1 (32 años)	3166524.00	2374893.00	791631.00	6269717.52
<b>TOTALES</b>	<b>3166524.00</b>	<b>2374893.00</b>	<b>791631.00</b>	<b>6269717.52</b>

	BRUTO	NETO	ESTERIL	VENDIBLE (t)
TOTALES	3166524.00	2374893.00	791631.00	6269717.52
AÑO	98954	74215	24738	195929
MES	8246	6185	2062	16327
SEMANA	2062	1546	515	4082
DIA	412	309	103	816
HORA	52	39	13	102

#### DE RESTAURACIÓN.

	MOVIMIENTO DE TIERRAS			PERFILADO			RESTITUCION DE TIERRA			REVEGETACION
	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2
FASE 1	421802.00	7.51	3166524.00	421802.00	0.25	105450.5	421802.00	1	421802	421802.00
	<b>421802.00</b>		<b>3166524.00</b>			<b>105450.5</b>			<b>421802</b>	<b>421802</b>

En el ANEXO 3, se amplía la información de las superficies.

El material no aprovechable 791.631 m<sup>3</sup>, se usará en la restauración como aporte.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

### ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS.

Atendiendo a los datos resumidos en el apartado anterior, teniendo en cuenta el volumen efectivo de las **CALIZAS**, se ha concluido un porcentaje de material potencialmente aprovechable es del **75%**, lo que aplicado a **3.166.524 m<sup>3</sup>** de volumen de **CALIZAS**, supone **2.374.893 m<sup>3</sup>** de recurso minero.

<b>RESERVAS EVALUADAS DE MINERAL VENDIBLE EN LA SUPERFICIE DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) -CALIZAS- "LA ALGARETA".</b>		
<b>RECURSO MINERO</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>VOLUMEN MINERAL BRUTO (m<sup>3</sup>)</b>
<b>CALIZAS</b>	<b>R1 / E</b>	<b>3.166.524</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3.166.524</b>

Si bien para obtener este estándar, las reservas finales de acuerdo a los ratios de material aprovechable existente y considerando una densidad media de 2,64 t/m<sup>3</sup> cargada sobre camión para su expedición, de acuerdo a la información aportada para la cantera "LA ALGARETA", aplicándole los ratios de estériles, que de acuerdo a la información obtenida se evalúa en un 25 % formado por finos de la voladura y estériles de la operación, serán las siguientes:

<b>RESERVAS EVALUADAS DE MINERAL VENDIBLE CANTERA "LA ALGARETA".</b>		
<b>RECURSO MINERO</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>VOLUMEN MINERAL (t)</b>
<b>CALIZAS</b>	<b>6.269.717</b>	<b>1.293.123</b>
<b>TOTAL</b>		<b>6.269.717</b>

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

## 2 ESTUDIO PLANEAMIENTO DE LA MAQUINARIA.

TALPAC es una herramienta de diseño de la efectividad de las unidades de equipos destinadas a operaciones mineras, con capacidad para la comparativa, mediante el análisis de:

El cálculo de los ciclos en tiempos relativo de alternativas de ruta de transporte.

La Estimación de productividad para el uso en estudios de planificación de corto y largo plazo.

Comparación de productividades utilizando varios métodos para determinar la técnica óptima de carga

Análisis de Sensibilidad en criterios de diseño para valorar la importancia del mantenimiento.

El Cálculo de los índices de neumáticos para su selección.

La Estimación del uso de combustible.

La optimización del tamaño de flota para cuantificar el efecto de exceso y de déficit.

Análisis incremental, con simulaciones que generan curvas de productividad.

El análisis de optimización del equipo.

Comparación de resultados de cálculos para examinar la relación entre variables, distancia/productividad/equipo.

### **OPERACIONES.**

El aprovechamiento del material requiere la utilización de maquinaria específica, base a las operaciones necesarias para las labores.

#### **OPERACIONES APROVECHAMIENTO.**

**ARRANQUE** mediante voladuras.

**CARGA** mediante PALA ó RETRO

**TRANSPORTE** del material hasta la planta.

**CARGA PARA EXPEDICIÓN.**

**EXPEDICIÓN.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>		
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>		

---

**CICLOS, TIEMPOS Y PRODUCCIONES:**

---

ARRANQUE mediante voladuras.

CARGA mediante PALA ó RETRO

TRANSPORTE del material hasta la planta.

CARGA PARA EXPEDICIÓN.

EXPEDICIÓN.

PRODUCCIÓN HORARIA: 68,03 T/h

PRODUCCIÓN DIARIA: 544,25 T/día

JORNADAS DE 8 horas.

Rendimientos en trazabilidad:

OPERACIONES	FASE 1			
	m3		T	
ARRANQUE	3166524		6269717	
CARGA	3166525		6269717	
TRANSPORTE	3166526		6269717	
EXPEDICION	3166527		6269717	
RENDIMIENTOS				
OPERACIONES	m3/h	t/h		
ARRANQUE			46546	h/FASE 1
CARGA			1455	H/año
TRANSPORTE			121	h/mes
EXPEDICION	25.77	68.03	46546	6 h/semana
			46546	

**OPERACIONES DE RESTAURACIÓN.**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS:** En toda la superficie de autorización para recogida de materiales dispersos. Se le aplica una media en proporción.

**PERFILADO:** de toda la superficie de autorización.

**RESTITUCIÓN:** tierra vegetal, como espera de siembra en la superficie de autorización. Se le aplica una media en proporción.

**REVEGETACIÓN:** en toda la superficie de autorización.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>			
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>			

## RENDIMIENTOS.

OPERACIONES	RENDIMIENTOS	
	m2/h	m3/h
MOVIMIENTO DE TIERRAS		0
PERFILADO		150
RESTITUCION		250
REVEGETACION	250	

A continuación se adjuntan los resultados de cálculo.

## APROVECHAMIENTO:

	PRODUCCIONES			
	m3b			T(2.64 t/m3)
	BRUTO	APROVECHABLE	NO APROVECHABLE	APROVECHABLE
FASE 1 (32 años)	3166524.00	2374893.00	791631.00	6269717.52
<b>TOTALES</b>	<b>3166524.00</b>	<b>2374893.00</b>	<b>791631.00</b>	<b>6269717.52</b>

	BRUTO	NETO	ESTERIL	VENDIBLE (t)
TOTALES	3166524.00	2374893.00	791631.00	6269717.52
AÑO	98954	74215	24738	195929
MES	8246	6185	2062	16327
SEMANA	2062	1546	515	4082
DIA	412	309	103	816
HORA	52	39	13	102

## RESTAURACIÓN.

	MOVIMIENTO DE TIERRAS			PERFILADO			RESTITUCION DE TIERRA			REVEGETACION
	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2
FASE 1	421802.00	7.51	3166524.00	421802.00	0.25	105450.5	421802.00	1	421802	421802.00
	<b>421802.00</b>		<b>3166524.00</b>			<b>105450.5</b>			<b>421802</b>	<b>421802</b>

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

### APROVECHAMIENTO.

OPERACIONES	FASE 1	
	m3	T
ARRANQUE	3166524	6269717
CARGA	3166525	6269717
TRANSPORTE	3166526	6269717
EXPEDICION	3166527	6269717

OPERACIONES	RENDIMIENTOS		m3	t/h	h/FASE 1	
	m3/h	t/h				
ARRANQUE	25.77	68.03	46546	46546	h/año	
CARGA					1455	H/año
TRANSPORTE					121	h/mes
EXPEDICION					6	h/semana
			46546			

### RESTAURACIÓN.

OPERACIONES	CUBICACIONES DE RESTAURACION LA ALGARETA	
	m2	m3
MOVIMIENTO DE TIERRAS		3166524.00
PERFILADO		105450.5
RESTITUCION		421802
REVEGETACION	421802	

OPERACIONES	RENDIMIENTOS		HORAS DE TRABAJO	
	m2/h	m3/h		
MOVIMIENTO DE TIERRAS		0		
PERFILADO		150		703
RESTITUCION		250		1687
REVEGETACION	250		1687	
			4077	
			<b>4077</b>	

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

### 3 ESTUDIO PLANEAMIENTO DEL PERSONAL.

Resultado del anterior estudio.

Para el aprovechamiento se ha planeado un número de personal, de cualificación, para las labores organizativas y operativas.

Es de obligado cumplimiento el tener realizados los trámites necesarios para la habilitación, antes del comienzo de la actividad.

En base a la maquinaria utilizada, se prevén las siguientes categorías de personal, que puede ser propio o subcontratado:

- Director facultativo.
- Encargado. (se asimila y conmuta con uno de los puestos de operador).
- Conductor de Pala frontal.
- Operarios de planta.
- Camionero de expedición.

En base a las horas de necesidad de equipos obtenidas en el apéndice anterior trazabilidad de la actividad productiva y cálculo de reservas, se estiman PARA PRODUCCIÓN **46.546** horas de trabajo a lo largo de toda la vida de la explotación, en jornadas de 8 h, 5 días a la semana.

Se estiman para RESTAURACIÓN, **4077** h, en jornadas de 8 h, 5 días a la semana.

DF al ser consultoría, junto con Gerencia no se tiene en cuenta en las jornadas productivas.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) -CALIZAS- "LA ALGARETA". T.M. ESTADILLA (HUESCA)</b>	

#### 4 PROGRAMA DE EXPLOTACIÓN.

El programa de explotación trata de priorizar las jornadas y vida útil del aprovechamiento, por encima del mercado, que aunque esperado, desconocido según experiencia del sector. Si bien, si se conoce su comerciabilidad, en ningún caso se puede asegurar la curva de oferta demanda, como ya se ha demostrado en el tiempo.

Se adjuntan, tablas de resultados de cubicación y planeamiento.

#### PRODUCCIÓN.

	PRODUCCIONES			
	m3b			T(2.64 t/m3)
	BRUTO	APROVECHABLE	NO APROVECHABLE	APROVECHABLE
FASE 1 (32 años)	3166524.00	2374893.00	791631.00	6269717.52
<b>TOTALES</b>	<b>3166524.00</b>	<b>2374893.00</b>	<b>791631.00</b>	<b>6269717.52</b>

#### RESTAURACIÓN.

	MOVIMIENTO DE TIERRAS			PERFILADO			RESTITUCION DE TIERRA			REVEGETACION
	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2	altura media	m3	m2
FASE 1	421802.00	7.51	3166524.00	421802.00	0.25	105450.5	421802.00	1	421802	421802.00
	<b>421802.00</b>		<b>3166524.00</b>			<b>105450.5</b>			<b>421802</b>	<b>421802</b>

Volumen por diferencia de mallas  
 PLATAFORMA EXP 535  
 21/03/022

	Volúmenes
Volumen Desmonte	3.187.265,58
Volumen Terraplén	20741,571
Diferencia	3.166.524,01

	Areas
Area Desmonte	190.381,00
Area Terraplén	60.693,00

CARBURO DEL CINCA, S.A.	ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION	
	AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).	

## ANEXO Nº 9:

### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS MÁXIMA SEGURIDAD PERSONAL E INSTALACIONES.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 CALCULOS DE LA ZONA DE INSTALACIONES.

SE DISPONE DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE ARIDOS QUE FORMA PARTE DE LAS INSTALACIONES.

## 2 DIMENSIÓN DE PISTAS Y ACCESOS.

### PISTAS.

De acuerdo a lo establecido por la ITC 07.1.03, entenderemos como pistas, a las vías destinadas a la circulación de vehículos o personal para el servicio habitual uniendo la zona de explotación con la zona de descarga de mineral y la que une los acopios de material fabricado. Para la construcción de las mismas emplearemos material de rechazo debidamente tratado en una granulometría que permita su utilización para este menester.

En su diseño hay que considerar, en relación con las unidades de transporte que se utilicen, una serie de parámetros que sin perder ritmo de operación las hagan seguras:

- Firme en buen estado.
- Pendiente suave.
- Anchura de pista.
- Curvas: radios, peraltes y sobreaancho.
- Visibilidad en curvas y cambios rasante.
- Convexidad.

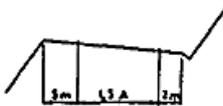
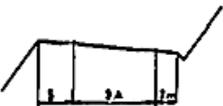
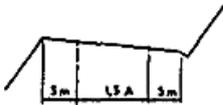
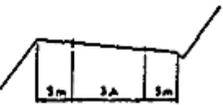
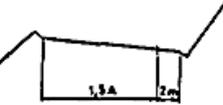
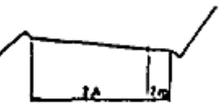
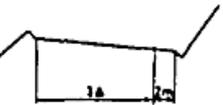
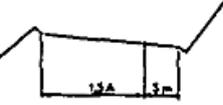
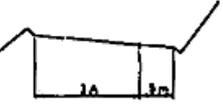
Los dos primeros tienen que ver más con el rendimiento y coste del transporte que con la seguridad. Sin embargo, debe señalarse que una pista construida adecuadamente es más fácil y barata de mantener en buenas condiciones, de forma que no sólo se consigue un buen ritmo de transporte sino que también se evitan lesiones y molestias a los conductores.

La determinación de la pendiente de una pista se realiza a partir de los gráficos de rendimiento de frenado y el uso de gráficos tracción-velocidad-rendimiento en pendientes, características de los equipos mineros detallados en el presente proyecto. Los mejores rendimientos y costes, junto con unas condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes en torno al 8%, incluyendo una resistencia a la rodadura normal. En lo que respecta a la pendiente transversal de las pistas, la misma deberá de ser la suficiente que permita la adecuada evacuación del agua de escorrentía.

La anchura de las pistas, vienen determinadas en la I.T.C. 07.1.03. De una forma general se puede indicar que para el caso de pistas de un solo carril, la anchura de diseño de las mismas deberá de ser una vez y media, el ancho del vehículo mayor que este previsto circule por ella. Para el caso de pistas de doble sentido de circulación, la anchura será tres veces la dimensión del vehículo de mayor tamaño que circule por ella.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Se realizará sobre ellas un mantenimiento sistemático y periódico, de modo que se conserven en todo momento en buenas condiciones de seguridad, lo cual sin duda proporcionará unas condiciones de operatividad que permitirán mantener un rendimiento en las labores de transporte óptimo

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

## RAMPAS.

Denominaremos rampas a aquellos accesos destinados a la circulación de vehículos y/o personal de carácter eventual para el servicio a un frente de explotación.

La anchura de las mismas será de una vez y media la del vehículo mayor que se prevea que circule por ella, es decir, teniendo en cuenta una anchura de operación de 3,3 metros la anchura mínima de la pista será de 5 metros. En lo que respecta a las pendientes longitudinales de los accesos a los tajos se podrá superar el límite establecido por la I.T.C. 07.1.03 en lo referente a pistas (10 por 100 de pendiente longitudinal media), siempre y cuando en las condiciones reales más desfavorables, el vehículo pueda arrancar y remontar la pendiente a plena carga, pero en ningún caso se superarán el 20 por 100. La pendiente transversal será tal que garantice una adecuada evacuación del agua de escorrentía.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## RADIOS Y SOBREALCHO EN CURVAS.

Para que las curvas no supongan una limitación en la producción, deben de tener un radio entre 20 y 30 m, dependiendo del vehículo que se utilice.

Debido a que en curva los volquetes ocupan una anchura mayor que en recta, ya que por un lado, sus ruedas traseras no siguen exactamente la trayectoria de las delanteras debido a la rigidez del chasis, y, por otro, a la tendencia de los conductores a no mantenerse en el eje de su carril, es necesario disponer de un sobrealcho, función del radio de la curva y de la longitud del camión.

Una expresión utilizada corrientemente para calcular el sobre-ancho necesario es la debida a Voshell:

$$f = 2 \times \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right)$$

donde:

f = Sobrealcho (m)

R = Radio de la curva (m)

L = Distancia entre ejes del volquete (m)

Para contrarrestar la fuerza centrífuga que aparece en las curvas originando deslizamientos transversales e incluso vuelcos, el peralte o sobreelevación del lado exterior de la curva se calcula a partir de la formula siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127,14 R} - f$$

donde:

e = tangente del ángulo del plano horizontal con la pista.

v = velocidad (Km / h).

R = radio de la curva (m).

f = coeficiente de fricción.

En la tabla que se adjunta, se dan las relaciones recomendables entre el radio de una curva circular, peralte con la que se la debe dotar y velocidad más adecuada para recorrer la misma.

Radio (m)	12	25	50	75	100	150
Peralte máximo (%)	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
Velocidad (Km/h)	10	15	20	22	25	30

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

En las uniones de tramos con diferentes peraltes es preciso establecer una longitud de pista en la que el peralte variará de forma gradual, esta es la denominada “zona de transición”. Cuando las velocidades puedan superar los 20 km/h, este cambio gradual arrancará con un radio doble de unos 20 metros antes del punto de tangencia teórico, solapándose con la curva original, unos 10 metros, después de dicho punto; esto obliga a desplazar la curva hacia el interior para mantener las tangencias.

La sección transversal de una pista debe estar diseñada con un determinado bombeo, es decir a dos aguas, con el fin de conseguir una evacuación efectiva de la escorrentía hacia las cunetas o bordes laterales.

Los valores más usuales de dichas pendientes transversales varían entre un 2% y un 4%. Por ejemplo, el menor valor de 2 cm/m es adecuado para superficies con reducida resistencia a la rodadura que drenan fácilmente, y el valor máximo para casos de elevada resistencia a la rodadura.

En curva, la pendiente transversal de la superficie es la que corresponde al peralte y se dispone por tanto, en todos los casos a una sola agua.

#### **CONCLUSIONES GENERALES REFERENTES A LOS ACCESOS Y PISTA PRINCIPAL.**

Todas pistas y accesos a área de trabajo se han diseñado de acuerdo a lo establecido por el R.G.N.B.S.M. I.T.C. 07.1.03. .

Tendrán un ancho mínimo de 5 metros.

La pendiente no superará un desnivel del 10%.

Se dotaran de barreras infranqueables consistentes en un caballón de tierra o bloques de escollera.

Tendrán el drenaje adecuado, mediante la excavación de una cuneta de desagado de 0,5 metros de profundidad y 0,8 metros de ancho.

Indicar que los viales de contacto desde las áreas de explotación hasta la carretera de acceso, se encuentran sobre el trazado de un camino vecinal, por los que está previsto compartir el uso.

Se mantendrán perfectamente acondicionados, con las cunetas limpias para evitar la formación de encharcamientos.

Todos los accesos se dotarán de un elemento que impida físicamente la entrada de personal ajeno, así como carteles advirtiendo la prohibición de entrada.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

## RESULTADOS.

---

Uso de vía o pista, situada en la mitad longitudinal de la explotación.

**VIA PISTA:** anchura de 5 m. acompañada de cuneta de desagüe a ambos lados.

## 3 INFRAESTRUCTURAS DE DRENAJE Y DESAGÜE.

---

Evidentemente el control y canalización de las aguas de escorrentía en minería es un problema resuelto mediante la ejecución de cursos. Las funciones de estas obras son:

Evitar el paso de las aguas por áreas fuertemente erosionables, o en operación, y conducir las de forma adecuada.

Evitar la circulación de escorrentías por las zonas sensibles.

Impedir la acumulación de agua en superficies irregulares y/o cóncavas, o bien reservarlas.

Eliminar la llegada de aguas a las zonas de acopio.

Proteger las tierras bajas frente a la deposición de sedimentos.

Como primer factor para el diseño de las cunetas de guarda y de drenaje de la explotación minera hemos de considerar la velocidad máxima admisible en función de los materiales sobre los que irán encajados los canales, y consideraremos la misma como 3-4 metros / segundo. En cuanto a la pendiente, evidentemente vendrá marcada por la topografía, si bien podremos forzar la misma hasta una pendiente de 0,4 m. En lo referente a la sección transversal será trapezoidal-triangular puesto que es la que resulta de más fácil ejecución por parte de la maquinaria, aunque se asimilan las más funcionales desde el punto de vista de la seguridad.

## 4 PROPUESTA DE SEGURIDAD EN ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN.

---

En el R.D. 485/1997, de 14 de abril se indican las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

La señalización debe atender lo dispuesto en la Instrucción Técnica Complementaria 07.1.03. del RGNBSM.

La explotación, en su interior, y accesos, debe estar convenientemente dotada de señalización, con carácter informativo-preventivo.

Se propone lo siguiente:

- PROHIBICIÓN y DEMILITACIÓN DE ENTRADA.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- SEÑALIZACIÓN PERIMETRAL DE PELIGROS Y PROHIBICION.
- ENTRADA: información sobre riesgos. Uso de EPIS – caídas en todos sus formatos – prohibiciones de entrada – INFORMATIVO DE ACTIVIDAD MINERA.
- ACCESOS, PISTAS Y RAMPAS: límites de velocidad, indicativos de los peligros de caídas de material, mismo y distinto nivel.
- APARCAMIENTO: señalización de su ubicación y dirección.
- ZONA DE EXPLOTACIÓN: PELIGROS Y PROHIBICIÓN DE ACCESO.

## 5 RELACIÓN DE EQUIPOS, CONDICIONES Y LUGARES DE UTILIZACIÓN.

Dada la cantidad ingente de información que puede suministrarse, se propone de obligado cumplimiento, el uso de los manuales de la maquinaria, en los que se determinan las condiciones y lugares de utilización de la maquinaria, de forma segura. La documentación debe estar a disposición de operadores, mecánicos y Organismo competente en la materia.

### ACLARACIONES.

Un equipo de trabajo móvil automotor es un equipo móvil propulsado por su propio motor o sistema de accionamiento.

El motor o sistema de accionamiento puede estar alimentado por energía generada en el propio equipo de trabajo móvil, por ejemplo, mediante un motor de combustión interna, o a través de una conexión a una fuente externa de energía, tal como una red eléctrica.

Los equipos intercambiables no se consideran, por sí mismos, equipos de trabajo móviles, pero, puesto que pueden afectar a la seguridad de un equipo de trabajo móvil automotor cuando están acoplados a él, se consideran parte de dicho equipo. Por ejemplo, una pinza rotativa para el manejo de bobinas montada en una carretilla elevadora de horquilla o una pala cargadora montada en un tractor pueden repercutir en su capacidad para el manejo de cargas y, por tanto, en aspectos relacionados con la seguridad, tal como la estabilidad.

Los equipos intercambiables pueden desempeñar su función sin ninguna fuente de energía, por ejemplo un arado, o bien ser accionados por una fuente de energía independiente, por ejemplo una fumigadora, o un sistema de prensión de materiales por vacío, o por el equipo de trabajo automotor al que están acoplados, por ejemplo: una pinza para la manipulación de fardos acoplada a una carretilla elevadora; una mandíbula de corte, un martillo o una pinza de demolición, acoplados a una excavadora.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Los equipos de trabajo móviles remolcados incluyen equipos de trabajo tales como las máquinas remolcadas y remolques que, principalmente, se mantienen por sí mismos sobre sus propias ruedas, por ejemplo.

Pueden tener partes móviles que:

a) están accionadas por el vehículo (por ejemplo: una grada de discos; una empacadora; una trituradora; una sembradora...);

b) tienen una fuente de energía integrada (por ejemplo una fumigadora); o pueden no tener partes móviles y funcionar como resultado del desplazamiento del equipo de trabajo móvil (por ejemplo: una grada de dientes o un arado).

No deben confundirse los equipos de trabajo móviles remolcados con las máquinas amovibles que puedan ser remolcadas por un vehículo, como, por ejemplo, los compresores de obra.

Para los fines de esta guía se considera equipo de trabajo móvil controlado a distancia el que está gobernado mediante órganos de accionamiento que no están físicamente conectados a él, por ejemplo una grúa mandada por radiocontrol o un vehículo o carro autoguiado. En este grupo no se encuentran, por tanto, los equipos de trabajo móviles controlados mediante pupitres colgantes.

Cabe indicar que los equipos de trabajo conducidos a pie, como, por ejemplo, una máquina cortacésped o las transpaletas manuales, también se consideran equipos de trabajo móviles.

Los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados deberán adaptarse de manera que se reduzcan los riesgos para el trabajador o trabajadores durante el desplazamiento.

Entre los riesgos deberán incluirse los de contacto de los trabajadores con ruedas y orugas y de aprisionamiento por las mismas.

Los riesgos para el operador y otros trabajadores, debidos al desplazamiento de un equipo de trabajo móvil, deberían estar controlados.

Esta disposición cubre, de manera general, los riesgos para los trabajadores (conductores, operadores y pasajeros) a bordo de un equipo de trabajo móvil, cuando éste se desplaza. Entre estos riesgos se encuentran los de caída de una persona fuera del equipo, o los asociados al medio ambiente y al lugar en el que se utiliza el equipo móvil, por ejemplo, los debidos a:

- un movimiento inesperado cuando el equipo se desplaza o se detiene;
- la caída de objetos;
- el estado de las superficies sobre las que opera el equipo...

Importe es tener en cuenta los riesgos derivados de un contacto y/o aprisionamiento con ruedas y orugas, cuando el equipo se desplaza, incluidos los riesgos debidos a los peligros en otras partes móviles de trabajo o de transmisión de energía del propio equipo de trabajo.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Para prevenir los riesgos para el trabajador o trabajadores durante el desplazamiento, se deberían tener en cuenta, entre otras, las siguientes medidas:

- Equipo adecuado para transportar personas.

Los puestos de operación con asientos, las plataformas de trabajo u otras plataformas destinadas al transporte de personas deberían proporcionar un sitio seguro para el desplazamiento de los conductores y de las personas a bordo de un equipo de trabajo móvil.

En determinadas aplicaciones, tales como el transporte de trabajadores en vehículos para la recogida de residuos, y siempre que no se puedan aplicar otras medidas preventivas que ofrezcan un mayor nivel de seguridad, tales como la cabina del vehículo habilitada para el transporte de los trabajadores, debería garantizarse como mínimo la existencia de estribos, de dimensiones adecuadas, complementado con asideros para ambas manos y un detector de presencia que indique al conductor que el estribo está ocupado.

A título orientativo la norma UNE-EN 1501-1 contempla las características de los estribos y asideros y otras medidas adicionales tales como la limitación de la velocidad de circulación a 30 km/h como máximo y la imposibilidad de marcha atrás, mientras el estribo esté ocupado.

- Asientos

Se debería disponer de asientos siempre que se requiera, teniendo en cuenta, por ejemplo, el tipo de trabajo a realizar (necesidad de utilizar pies y manos), la duración del mismo, el esfuerzo requerido, etc. Los asientos pueden contribuir a la seguridad de:

- los conductores, que necesitan estar sentados cuando manejan un equipo de trabajo móvil, por ejemplo, el asiento de un dumper para obras de construcción;
- las personas que deben ir sentadas mientras son transportadas por el equipo de trabajo móvil, por ejemplo, asientos para operarios, en la cabina de vehículos para la recogida de residuos; y
- las personas implicadas en actividades a bordo del equipo, que se realizan mejor en posición de sentado (por ejemplo, colocación de balizas de señalización en carreteras).
- Cabinas, puestos de operación y plataformas de trabajo Las cabinas, puestos de operación y plataformas de trabajo con barreras o barandillas laterales, frontales y traseras apropiadas pueden evitar la caída de personas del equipo móvil de trabajo cuando éste se desplaza. Cualquiera de estas medidas que se utilice debe estar adecuadamente diseñada y construida.

Según el caso, es posible que la cabina deba ser totalmente cerrada.

En principio, una cabina cerrada está justificada cuando es necesario proteger al trabajador contra los peligros derivados de ambientes peligrosos y o de la climatología adversa prevista durante su utilización. En estos casos, la cabina puede desempeñar otras funciones tales como la de evitar un vuelco de más de 90°, o la de proteger contra la caída de objetos, si reúne las características apropiadas.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

– Equipo no diseñado específicamente para llevar personas Aunque sea una práctica desaconsejada, se utilizan equipos de trabajo móviles para llevar personas, aunque no estén específicamente diseñados para este propósito. Por ejemplo: se utilizan remolques para llevar a los trabajadores. En estas circunstancias el equipo de trabajo móvil debe tener medios para evitar que las personas se caigan del mismo y para permitirles mantener la estabilidad cuando el equipo se desplaza, por ejemplo: remolques con laterales de altura apropiada y/o un asidero seguro, o, cuando corresponda, con bancos o asientos fijados al remolque. Este uso especial debería justificarse en la correspondiente evaluación de riesgos teniendo en cuenta distancias a recorrer, tipo de terreno, pendientes, velocidad de desplazamiento, etc. Las personas también deberían poder montar y apearse con seguridad.

– Estructuras de protección contra caída de objetos (FOPS)

Si existe un peligro de caída de objetos que puedan causar lesiones a las personas que se encuentran a bordo de un equipo de trabajo móvil, mientras éste se está utilizando, se deben colocar estructuras de protección contra la caída de objetos (FOPS). Si esto no es posible, una medida alternativa consiste en utilizar una cabina o estructura de resistencia adecuada que proporcione una protección suficiente para el entorno de trabajo en el que se utilice el equipo móvil.

– Sistemas de retención

La necesidad de aplicar sistemas de retención en un equipo de trabajo móvil viene determinada por los riesgos a los que estén sometidos los trabajadores que manejan el equipo móvil de trabajo y los que se encuentran a bordo del mismo.

Los sistemas de retención pueden ser arneses o barras de seguridad, o cinturones de seguridad de dos puntos, o sistemas diseñados para la retención, tales como portillas de seguridad o en ciertos casos podría ser necesaria una combinación de tales dispositivos.

Al seleccionar el sistema más adecuado, se tendrá en cuenta la viabilidad de su instalación y su idoneidad para la aplicación considerada. Cuando se decide si se colocan o no medios de retención, también se debería tener en cuenta la necesidad de protección en caso de vuelco.

– Limitación de la velocidad

La velocidad a la que se desplaza un equipo móvil debería estar limitada en aquellos casos en los que aceleraciones o desaceleraciones súbitas y una velocidad excesiva puedan suponer un riesgo para las personas transportadas. Por ejemplo, para carretillas con operador transportado de pie, la norma requiere una velocidad máxima de 16 km/h sobre suelo horizontal.

– Resguardos y barreras

Se debe garantizar que los resguardos y/o las barreras instaladas en los equipos móviles de trabajo están diseñadas para evitar el contacto involuntario de los trabajadores transportados con ruedas y orugas.

Se debería tener en cuenta que dichos resguardos o barreras pueden cumplir además la función de retención en el habitáculo.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Si existe riesgo previsible de que los trabajadores transportados entren en contacto con ruedas u orugas durante el desplazamiento de un equipo móvil, se debe proporcionar una separación adecuada entre personas y ruedas u orugas. Esto se puede lograr mediante cabinas, puestos de mando o plataformas de trabajo y resguardos apropiados, así como con guardabarros de resistencia adecuada, en posiciones que impidan alcanzar cualquier parte de las ruedas y orugas.

## **6 NORMAS DE USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.**

Dada la cantidad ingente de información que puede suministrarse, se propone de obligado cumplimiento, el uso de los manuales de la maquinaria, en los que se determina el mantenimiento, de forma segura. La documentación debe estar a disposición de operadores, mecánicos y Organismo competente en la materia.

### **ACLARACIONES.**

Una lubricación y mantenimiento apropiados aseguran una operación libre de problemas y una vida larga para la máquina. El tiempo y el dinero invertidos en el mantenimiento serán ampliamente compensados por una vida prolongada y costos de operación reducidos.

Todas las instrucciones de servicio que se dan en este manual, están basadas en las horas de trabajo indicadas en el horómetro. En la práctica, es recomendable arreglar los ítems en base a días, semanas o meses, para hacer el mantenimiento periódico más conveniente. Bajo condiciones o en sitios de trabajo muy severos, es necesario efectuar con más frecuencia algunos de los mantenimientos aquí indicados.

Efectúe el mantenimiento sobre un terreno nivelado, duro y seguro.

Para el reemplazo, use solo las partes genuinas especificadas en el libro de partes.

Use aceites y grasas genuinos. Escoja los aceites y grasas con la viscosidad y características especificadas para la temperatura del medio ambiente que lo rodea.

Utilice solamente aceites y grasas limpias. También mantenga limpios las canecas y envases de aceites y grasas y manténgalas alejadas de otros materiales ajenos.

Siempre mantenga limpia su máquina. Esto facilita el encontrar las partes que puedan estar causando problemas. En particular, mantenga limpias las bocas de las graseras, los respiraderos y los medidores de aceite y evite que materiales extraños penetren en ellos.

Sea cuidadoso con el líquido refrigerante y los aceites calientes.

Drenar el líquido refrigerante y los aceites calientes, o remover sus tapones inmediatamente después de haber parado el motor puede ser peligroso.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Permita que el motor enfríe. Si el aceite debe ser drenado cuando el motor está frío, antes de drenar prenda el motor para calentar el aceite a una temperatura cómoda de aproximadamente 20 a 40 grados C (68 a 104 grados F).

Cuando drene el aceite inspeccione en busca de materiales extraños.

Después de haber cambiado el aceite o los filtros de combustible, inspeccione si hay partículas metálicas u otras materias extrañas en los residuos del aceite.

Consulte con su Distribuidor si encuentra cantidades anormales de partículas metálicas o de otra clase de materias extrañas.

No remueva el colador mientras está rellenando el tanque de combustible.

Inspeccione o cambie los aceites en lugares exentos de polvo para evitar la entrada de materiales extraños en los sistemas de lubricación.

Cuando esté efectuando el mantenimiento o ajustes en la máquina, coloque la tarjeta de advertencia en el suiche de arranque o en otro lugar apropiado como la palanca de control, para evitar que otra persona no autorizada trate de prender el motor o de mover la máquina.

Durante la operación, siempre obedezca las precauciones indicadas en los gráficos de seguridad del producto, localizados en varios lugares de la máquina.

#### Instrucciones de soldadura:

Coloque el suiche de arranque en posición DESACTIVADO (OFF).

No aplique más de 200 V en forma continua.

Conecte el cable de tierra a menos de 1 metro del área que se va a soldar.

Evite que sellos o rodamientos se encuentren entre el área de soldadura y el cable de tierra.

#### Prevención de incendio:

Use limpiadores no inflamables o aceite delgado para limpiar las partes. Mantenga alejados de los líquidos limpiadores, las llamas, cigarrillos o el encendedor de cigarrillos.

#### Superficies de unión:

Cuando sean removidos anillos -O-, o empaques, limpie muy bien las superficies de las juntas y reemplace los anillos -O- y los empaques por nuevos. Al ensamblar, asegúrese de que encajen bien los anillos y se alineen bien los empaques.

#### Objetos en sus bolsillos:

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Mantenga sus bolsillos libres de objetos que se puedan caer dentro de la máquina, especialmente cuando está trabajando inclinado sobre la máquina.

Limpiando la máquina:

No apunte con un chorro de alta presión directamente en las aletas del radiador.

No salpique agua en el sistema eléctrico ni en sus componentes.

Inspecciones antes y después de trabajar:

Antes de arrancar el motor en barro, lluvia, nieve o a la orilla del mar, revise que estén apretadas las bujías y las válvulas de drenaje. Lave la máquina inmediatamente termine de trabajar para proteger sus componentes contra la oxidación. Lubrique más frecuentemente de lo usual todos los componentes cuando trabaje en estas condiciones.

También lubrique diariamente los pasadores que aseguran el equipo de trabajo si está trabajando sumergido en el agua.

Sitios de trabajo polvorientos:

Cuando trabaje en lugares polvorientos, haga lo siguiente:

Inspeccione con más frecuencia de lo normal el indicador de obstrucción del elemento del filtro de aire. Limpie el elemento a un intervalo más frecuente que el indicada en este manual.

Limpie frecuentemente el panel del radiador para evitar obstrucciones.

Reemplace el o los filtro de combustible con más frecuencia.

Para evitar una acumulación de polvo, Limpie los componentes eléctricos, especialmente el motor de arranque y el alternador.

Evite mezclar aceites:

Nunca mezcle aceites de diferentes marcas. Si usted dispone solo de aceite de diferente marca al que está utilizando en la máquina, no lo agregue.

En este caso cambie todo el aceite.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# ANEXO Nº 10:

## PREVENCIÓN Y CONTROL EL RUIDO Y POLVO.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

## 1 MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DEL POLVO.

Se procederá a la utilización sistemática de los siguientes medios para la reducción de polvo:

1. Riego ligero en aquellos puntos potencialmente generadores de polvo.
2. Mantenimiento óptimo de las pistas de acceso y los viales de servicio.
3. Se limitará la velocidad dentro del recinto de todos los vehículos para minimizar que se levante polvo. Siendo el límite máximo de circulación de 15-20 Km/hora por la explotación, para los vehículos o maquinaria de aplicación.
4. Será de obligado cumplimiento lo establecido en relación a la protección de los trabajadores, contra el polvo, y en relación con la silicosis, en las industrias extractivas.
5. Se mantendrá un programa intensivo de mantenimiento de todos los equipos para evitar que ciertos elementos no trabajen adecuadamente y puedan provocar ciertos episodios puntuales de generación de ruido y vibración.
6. Se recubrirán con elementos protectores (p.ej. con materiales tipo caucho) todos aquellos elementos que pudieran verse afectados por impactos continuos de piedras o material.
7. En definitiva la tecnología dispuesta hace que su funcionamiento este dentro de unos estándares que permiten unas condiciones óptimas de trabajo en cuanto a su afección al medio a la atmósfera.

## 2 MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DEL RUIDO.

Se procederá a dotar a los trabajadores de las pertinentes medidas de protección frente al ruido. Así mismo se procederá al desarrollo de las siguientes buenas prácticas:

1. Mantenimiento adecuado de equipos y maquinaria.
2. Carenado de partes móviles en equipos.
3. Mantenimiento de accesos y pistas en estado óptimo.
4. Realización de las medidas de medición oportunas para controlar este contaminante físico.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>ACTUALIZACION PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

### 3 INFORMES CONTROL.

- Informe preliminar estudio ruido.
- Registro de vibraciones voladuras.

## **ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE LA ONDA AÉREA DEBIDA A VOLADURAS**

**Ubicación:** Cantera “Algareta”. Término municipal de Estadilla (Huesca)

**Solicitante:** CARBURO DEL CINCA S.A. Director Facultativo: D. Alfonso Martínez.

### **Datos de partida (voladura tipo banco de 20 metros):**

- Altura de banco: 20 metros
- Diámetro de perforación: 88,9 mm
- Inclinación barrenos: 10°
- Sobreperforación: 1 metro
- Malla perforación: 3,5 x 3,5 metros
- Longitud de perforación: 21,2 metros
- Retacado: 2,70 metros
- Longitud de carga: 18,5 metros
- Carga operante: 90 kg
- Secuencia: Cada barreno posee un tiempo de inicio diferente
- Distancia: Rango estudiado entre 50 y 1.000 metros

ESTIMACIÓN DE LA ONDA AÉREA PRODUCIDA POR VOLADURAS		
Carga Operante (kg)	Distancia (m)	Nivel Onda Aérea (dB(L))
90	50	139,26
90	100	132,03
90	150	127,81
90	200	124,81
90	250	122,48
90	300	120,58
90	350	118,98
90	400	117,58
90	450	116,36
90	500	115,26
90	600	113,36
90	700	111,75
90	800	110,36
90	900	109,13
90	1000	108,03

Tabla Nivel Onda Aérea –Distancia (Banco 20 metros)

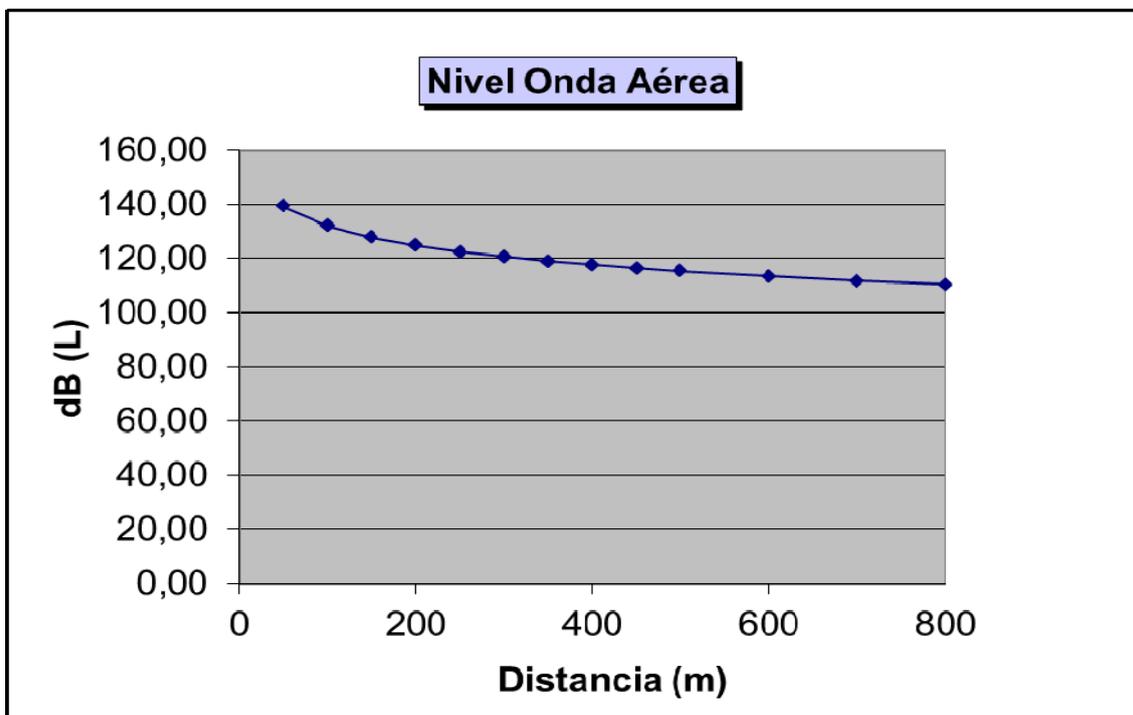


Gráfico Distancia – dB (L)

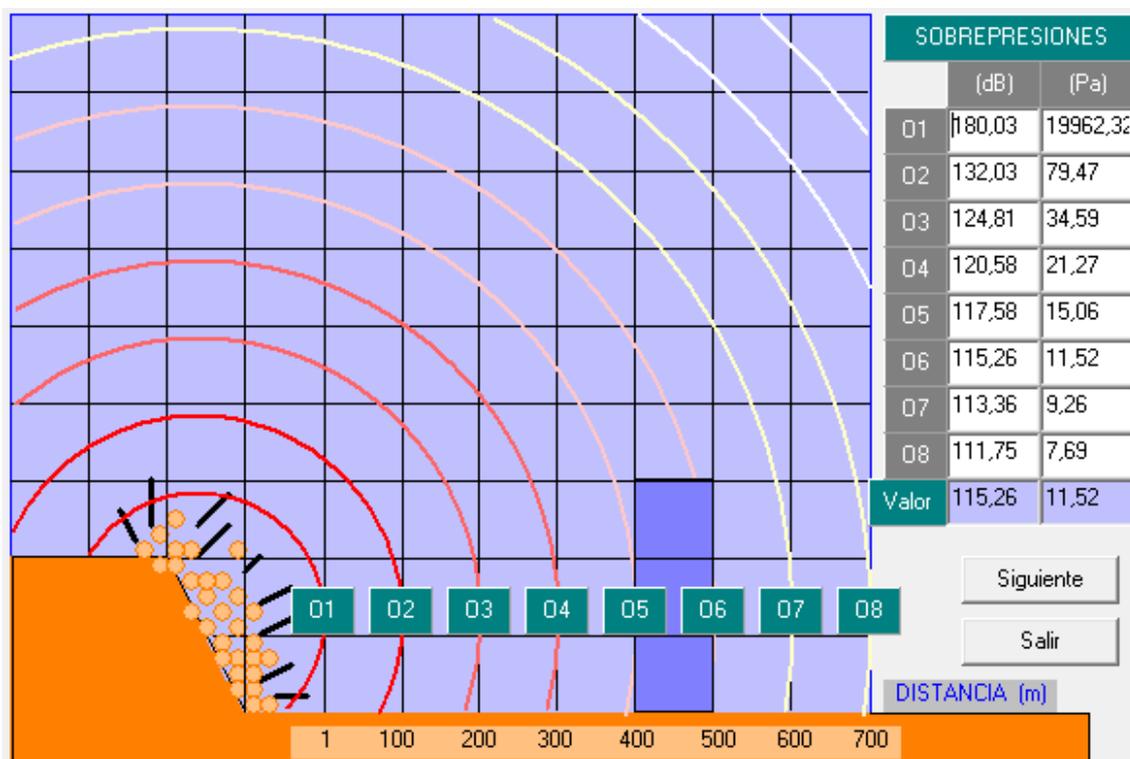


Gráfico de simulación del valor de la onda de sobrepresión - distancia (500 m)

El U.S. Bureau of Mines establece unas recomendaciones para los niveles seguros del nivel de onda aérea generada por las voladuras, que son los siguientes:

NIVELES	LÍMITES DEL NIVEL DE RUIDO		
	Lineal Pico dB (L)	C-Pico dB (C)	A-Pico dB (A)
Nivel Seguro	<b>128</b>	120	95
Nivel de precaución	<b>128 a 136</b>	120 a 130	95 a 115
Nivel Límite	<b>136</b>	130	115

**Límites para onda aérea del US Bureau of Mines**

Con estos criterios, internacionalmente conocidos, y los valores estimados de onda aérea generada por el tipo de voladura propuesta, se puede establecer si dichos valores se encontrarán dentro de niveles seguros.

**Fecha/Hora** Vert en 12:29:06 Abril 4, 2012  
**Origen del Disparo** Geo: 0.603 mm/s  
**Rango** Geo: 127 mm/s  
**Tiempo Registro** 6.0 seg en 1024 sps

**Numero de Serial** 5629 V 2.61 MiniMate  
**Nivel de Bateria** 6.4 Voltios  
**Date de Calibracion** Marzo 16, 2006 by InstanTel Inc.  
**Nombre del Archivo** G629E860.010

**Notas**

Location:  
 Client:  
 User Name:  
 Converted: Abril 15, 2012 23:57:22 (V8.12)

**Extended Notes**

**Notas Post Evento**

Cantera Algareta  
 T.M. Estadilla (Huesca)  
 Distancia sismógrafo-voladura = 114 metros

**Microfono**

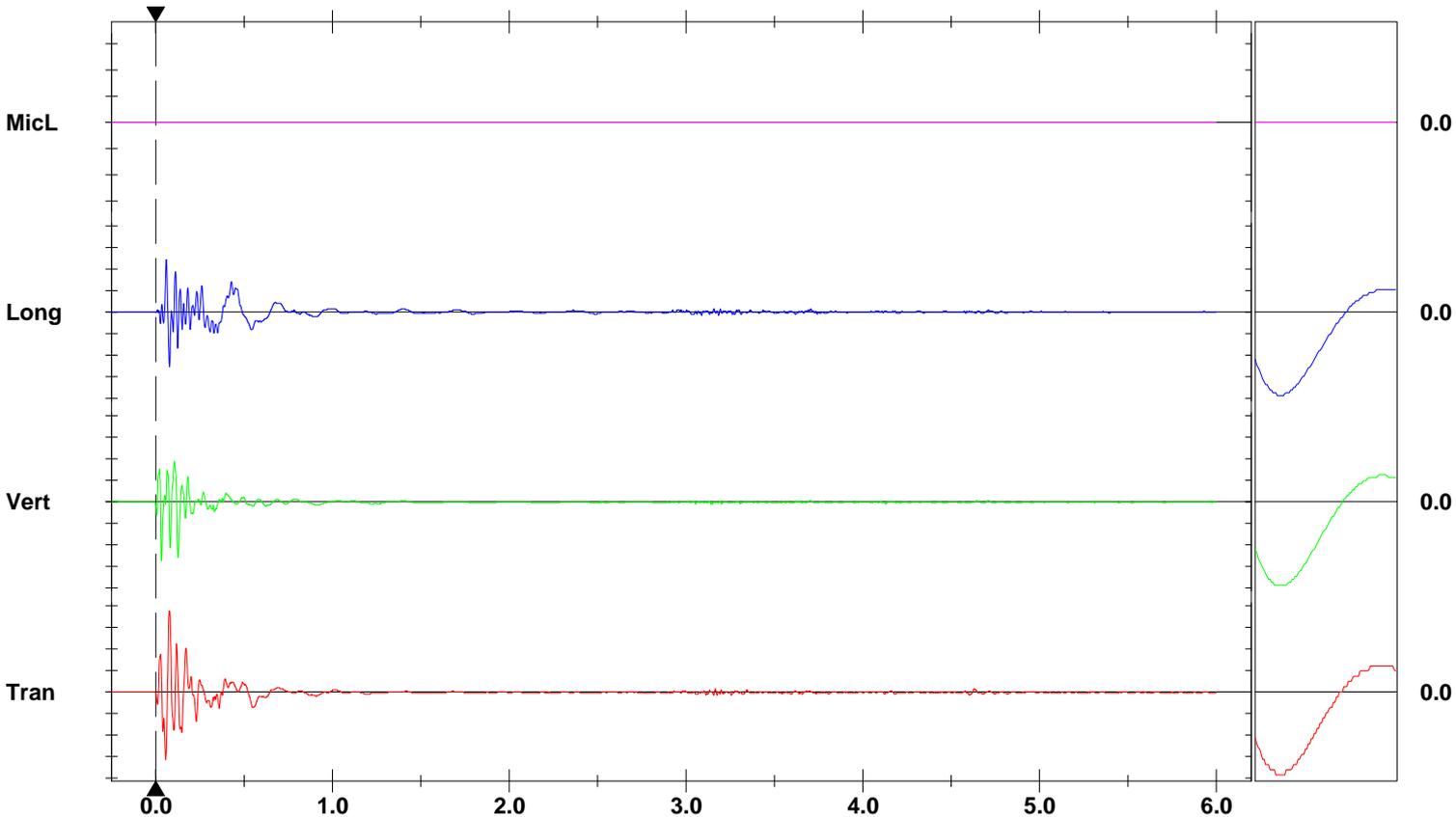
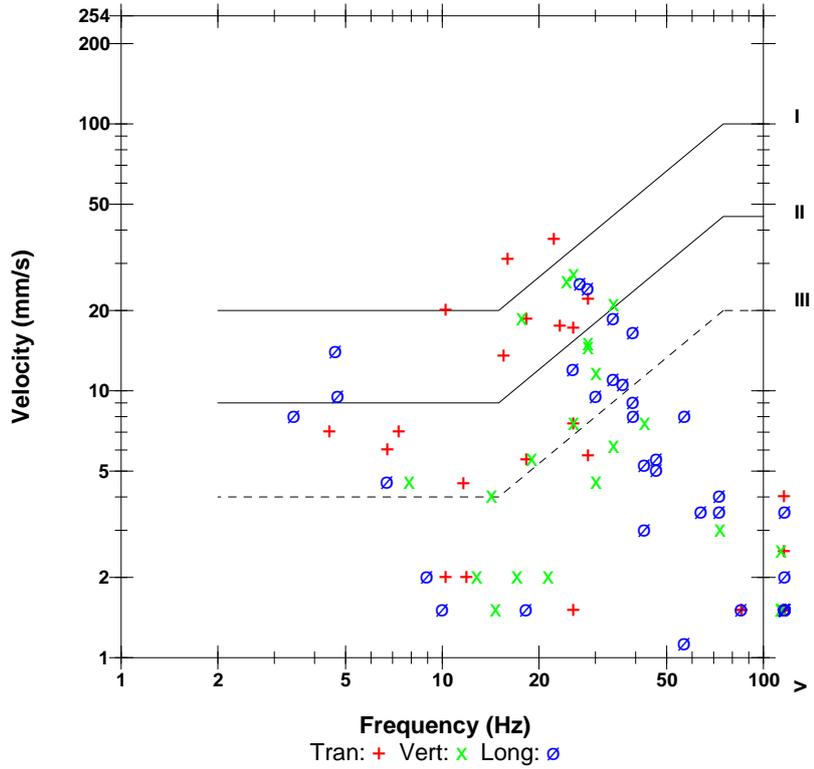
**PSPL** <100 dB(L) en -0.249 seg  
**Frecuencia ZC** N/D  
**Prueba de Canal** Check (Frec = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
<b>PPV</b>	37.6	27.4	25.4	mm/s
<b>Frecuencia ZC</b>	22	26	28	Hz
<b>Tiempo (Rel. al Disparador)</b>	0.077	0.034	0.079	seg
<b>Aceleracion del Pico</b>	0.530	0.716	0.477	g
<b>Desplazamiento del Pico</b>	0.287	0.164	0.373	mm
<b>Chequeo de Sensores</b>	Paso	Paso	Paso	
<b>Frequency</b>	8.2	8.2	7.8	Hz
<b>Overswing Ratio</b>	3.5	3.3	4.1	

**Pico Vector Suma** 47.7 mm/s en 0.080 seg

N/D:

**CRITERIO PREVENCIÓN (UNE 22.381)**



**Escala Tiempo:** 0.50 seg/div  
**Disparador =**

**Escala Amplitud:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 5.00 pa.(L)/div

Chequeo de Sensores

**Fecha/Hora** Vert en 12:29:06 Abril 4, 2012  
**Origen del Disparo** Geo: 0.603 mm/s  
**Rango** Geo: 127 mm/s  
**Tiempo Registro** 6.0 seg en 1024 sps

**Numero de Serial** 5629 V 2.61 MiniMate  
**Nivel de Bateria** 6.4 Voltios  
**Date de Calibracion** Marzo 16, 2006 by Instantel Inc.  
**Nombre del Archivo** G629E860.010

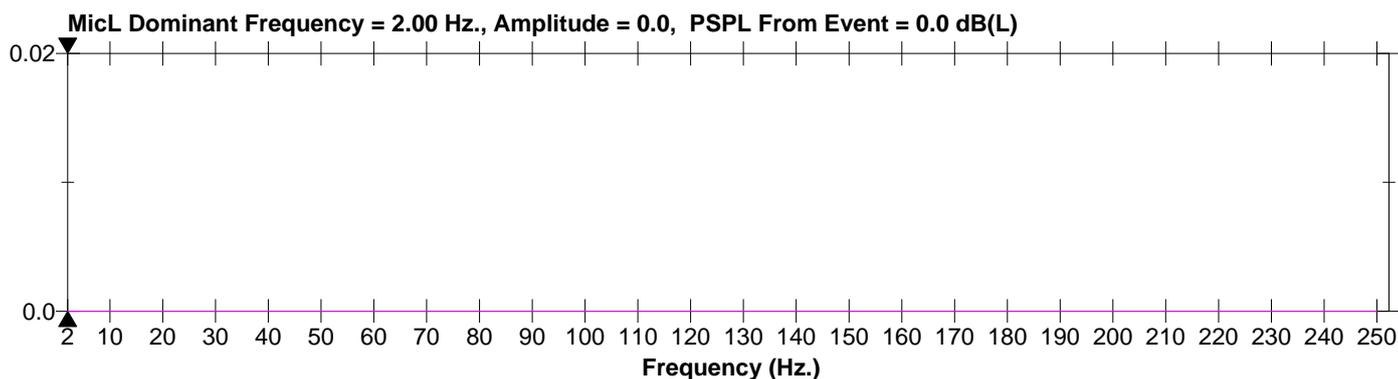
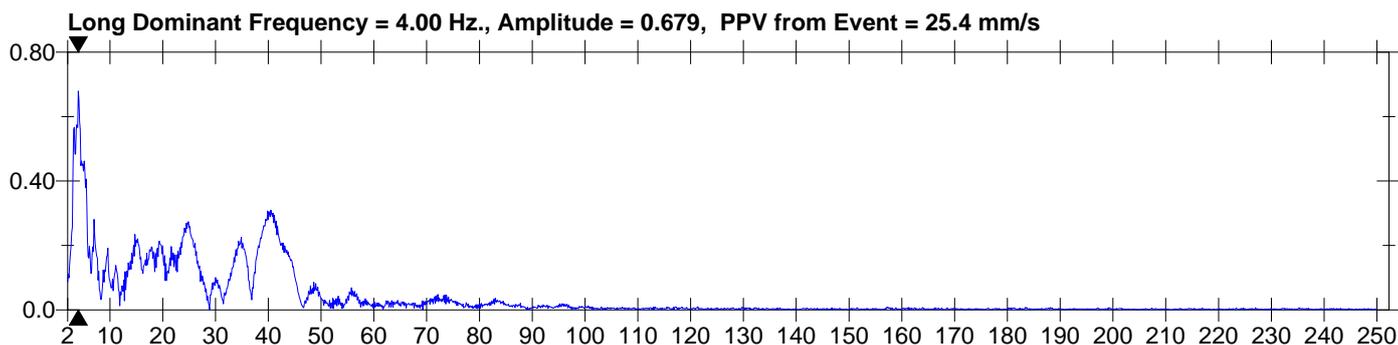
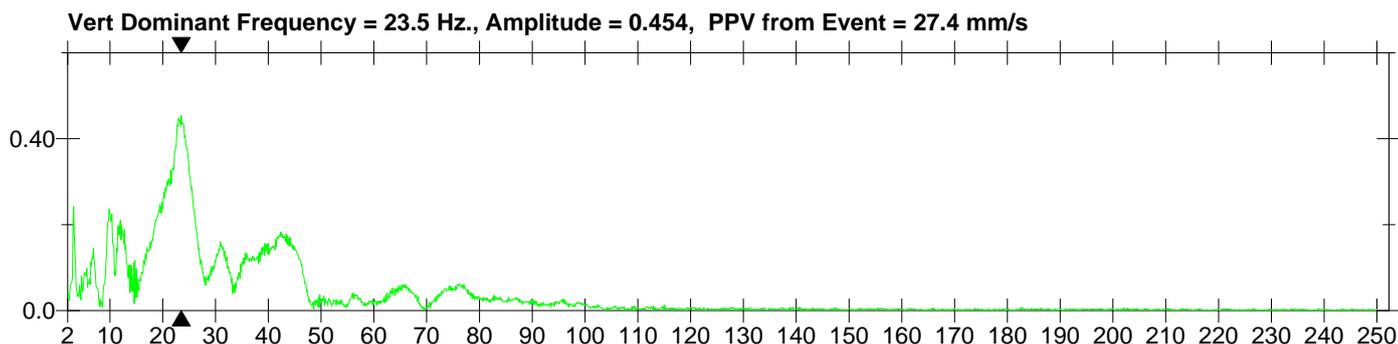
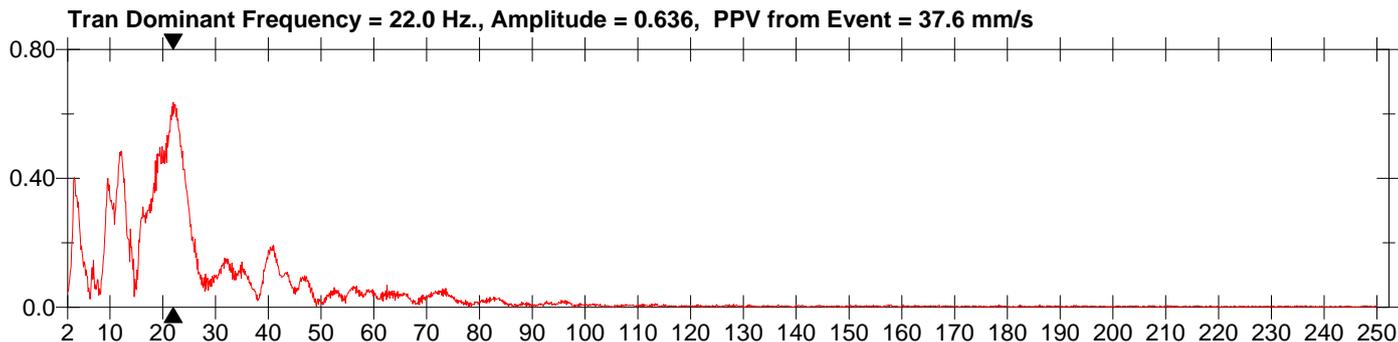
### Notas

Location:  
 Client:  
 User Name:  
 Converted: Abril 15, 2012 23:57:22 (V8.12)

### Extended Notes

### Notas Post Evento

Cantera Algareta  
 T.M. Estadilla (Huesca)  
 Distancia sismógrafo-voladura = 114 metros



**Fecha/Hora** Vert en 12:29:06 Abril 4, 2012  
**Origen del Disparo** Geo: 0.603 mm/s  
**Rango** Geo: 127 mm/s  
**Tiempo Registro** 6.0 seg en 1024 sps

**Numero de Serial** 5629 V 2.61 MiniMate  
**Nivel de Bateria** 6.4 Voltios  
**Date de Calibracion** Marzo 16, 2006 by InstanTel Inc.  
**Nombre del Archivo** G629E860.010

**Notas**

Location:  
 Client:  
 User Name:  
 Converted: Abril 15, 2012 23:57:22 (V8.12)

**Extended Notes**

**Notas Post Evento**

Cantera Algareta  
 T.M. Estadilla (Huesca)  
 Distancia sismógrafo-voladura = 114 metros

**Microfono**

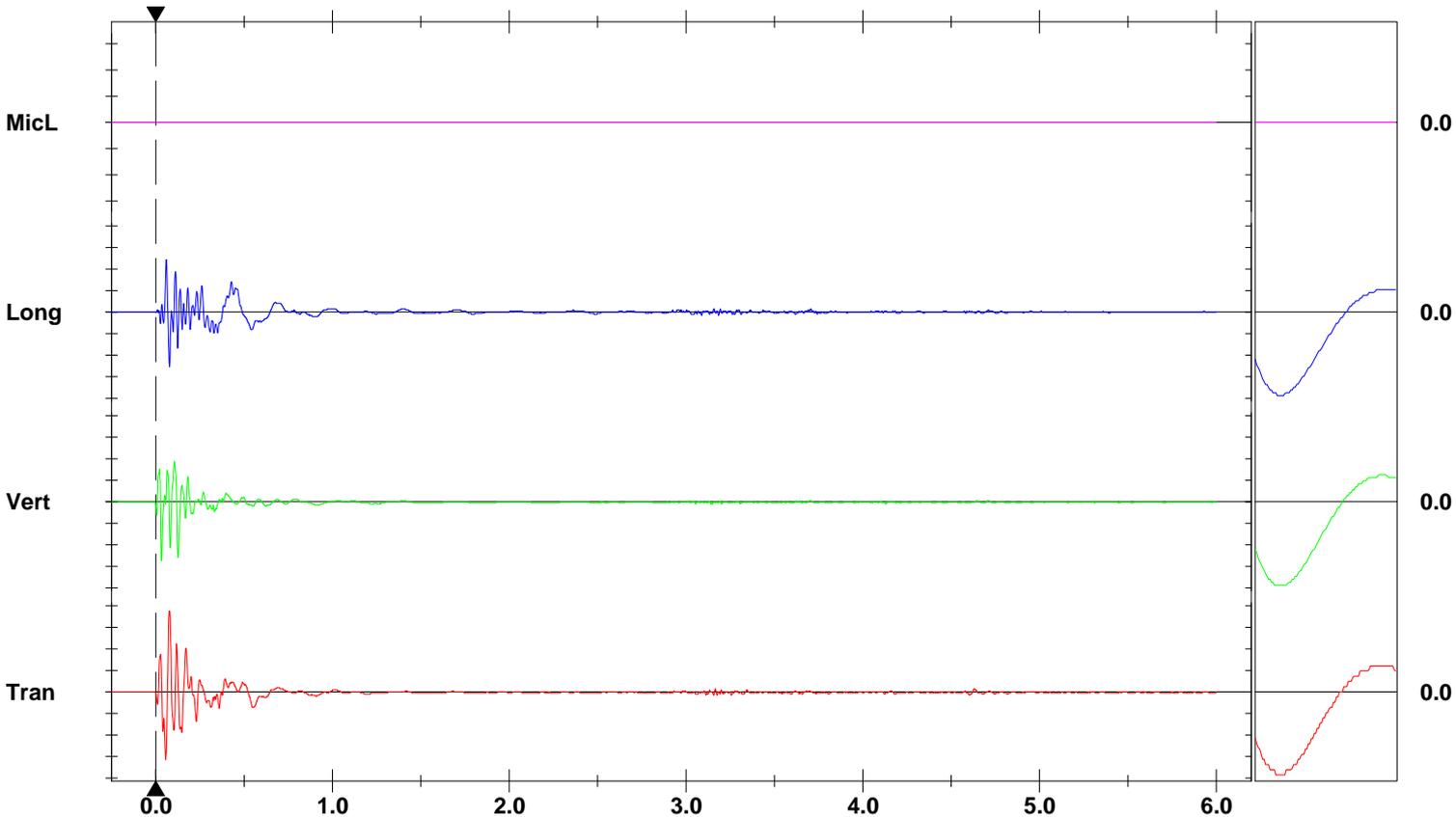
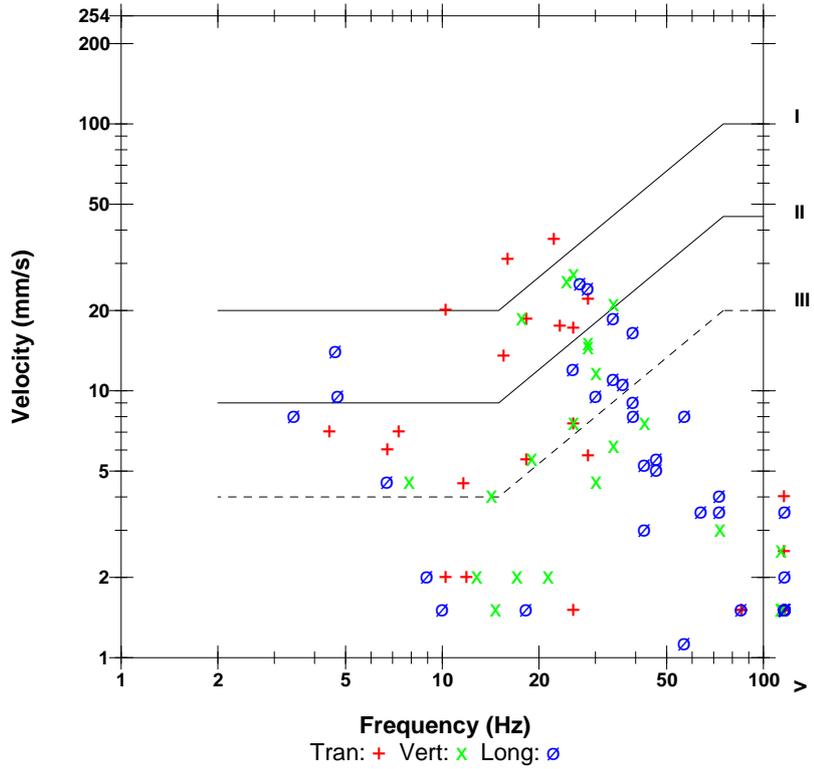
**PSPL** <100 dB(L) en -0.249 seg  
**Frecuencia ZC** N/D  
**Prueba de Canal** Check (Frec = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
<b>PPV</b>	37.6	27.4	25.4	mm/s
<b>Frecuencia ZC</b>	22	26	28	Hz
<b>Tiempo (Rel. al Disparador)</b>	0.077	0.034	0.079	seg
<b>Aceleracion del Pico</b>	0.530	0.716	0.477	g
<b>Desplazamiento del Pico</b>	0.287	0.164	0.373	mm
<b>Chequeo de Sensores</b>	Paso	Paso	Paso	
<b>Frequency</b>	8.2	8.2	7.8	Hz
<b>Overswing Ratio</b>	3.5	3.3	4.1	

**Pico Vector Suma** 47.7 mm/s en 0.080 seg

N/D:

**CRITERIO PREVENCIÓN (UNE 22.381)**



**Escala Tiempo:** 0.50 seg/div  
**Disparador** =

**Escala Amplitud:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 5.00 pa.(L)/div

Chequeo de Sensores

**Fecha/Hora** Vert en 12:29:06 Abril 4, 2012  
**Origen del Disparo** Geo: 0.603 mm/s  
**Rango** Geo:127 mm/s  
**Tiempo Registro** 6.0 seg en 1024 sps

**Numero de Serial** 5629 V 2.61 MiniMate  
**Nivel de Bateria** 6.4 Voltios  
**Date de Calibracion** Marzo 16, 2006 by Instantel Inc.  
**Nombre del Archivo** G629E860.010

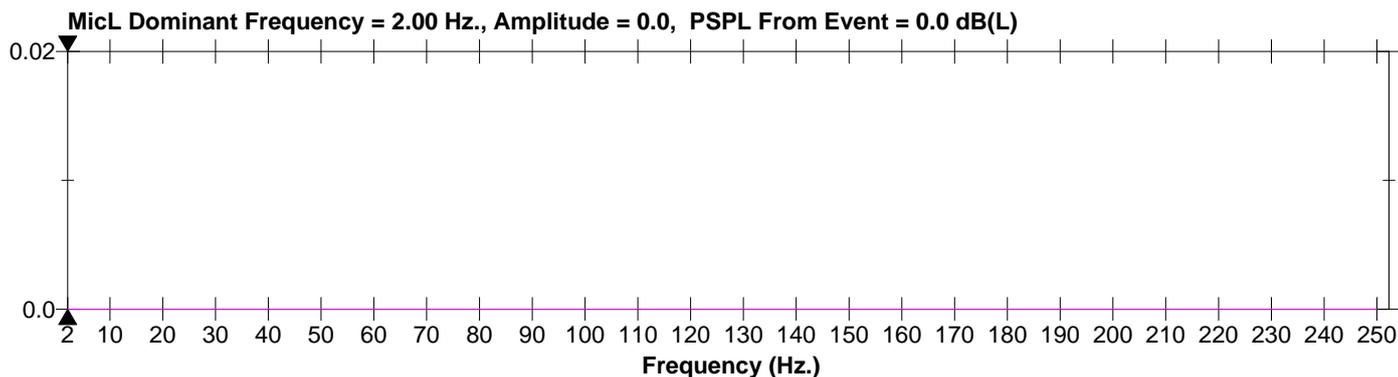
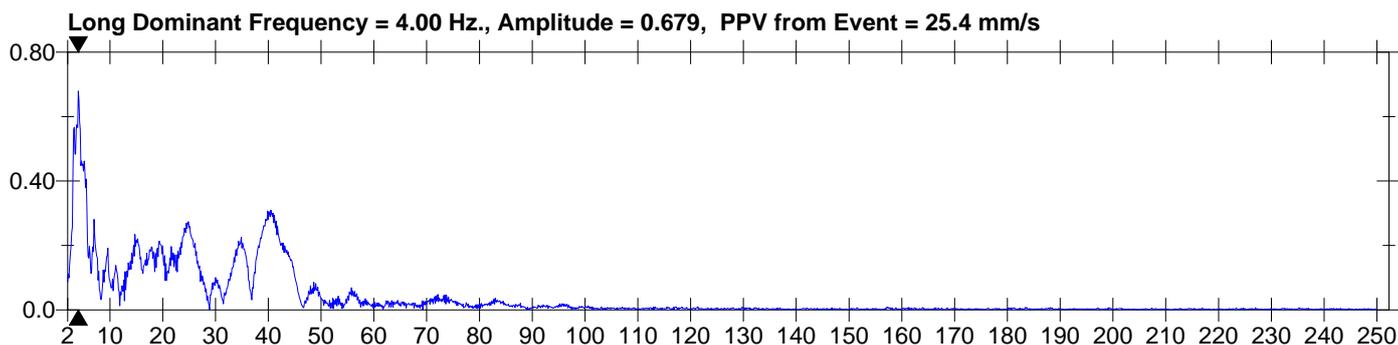
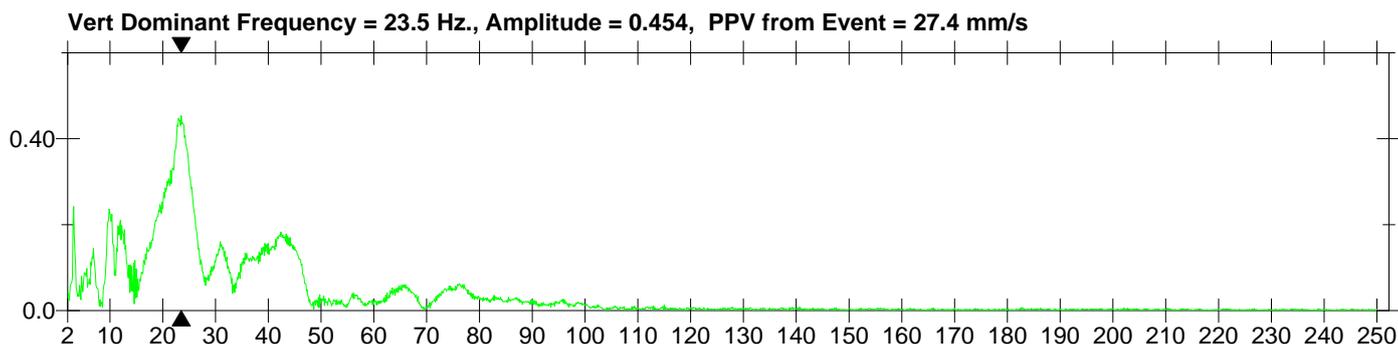
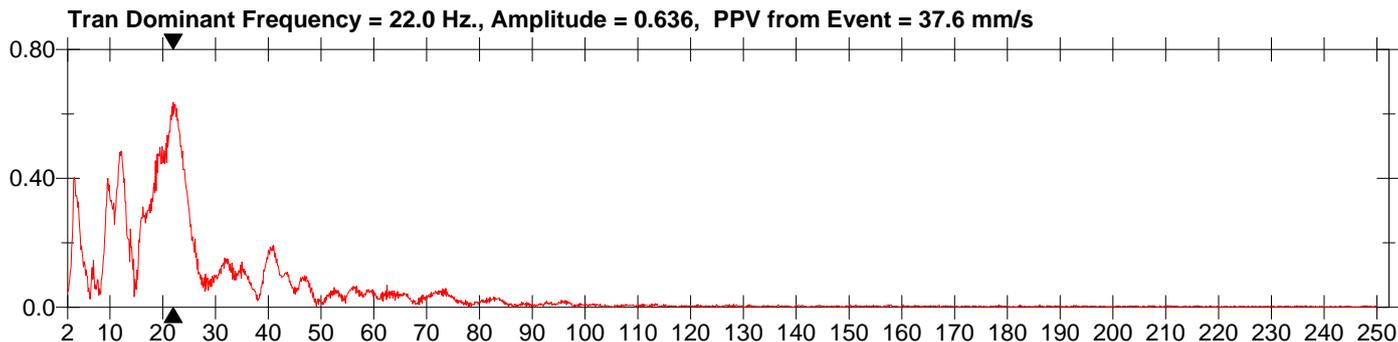
### Notas

Location:  
Client:  
User Name:  
Converted: Abril 15, 2012 23:57:22 (V8.12)

### Extended Notes

### Notas Post Evento

Cantera Algareta  
T.M. Estadilla (Huesca)  
Distancia sismógrafo-voladura = 114 metros



<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

# **ANEXO N° 11:**

## **ESTUDIO GEOTECNICO.**

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

## 1.- Definición de parámetros geométricos y geotécnicos en la explotación. Estudio geotécnico de taludes en la explotación.

---

### **Orientación de bancos.**

El banco de explotación se orientará paralelos a la línea que define el largo del polígono de explotación, consideramos que de esta forma se podrán atacar de una forma que tengamos una cara libre de gran superficie que sirva para una óptima ejecución de las labores de arranque.

Con esta orientación se podrá obtener una mejor optimización de la explotabilidad del yacimiento, a la vez que nos permitirá un mejor diseño de los accesos a las zonas de explotación y sobre todo permite operar en las más óptimas condiciones de seguridad tal y como se establece en el **Capítulo VII del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, referido a Trabajos a Cielo Abierto.**

Otra ventaja añadida a esta orientación, es que se adapta bien a la topografía de la explotación minera a la orografía del terreno.

### **Estabilidad de los taludes. Calculo.**

#### ***Descripción de los parámetros que definen la estabilidad.***

La estabilidad de taludes en una explotación a cielo abierto tiene una importancia fundamental por lo que se refiere a la seguridad y rentabilidad de la misma, siendo el cálculo de las dimensiones de los mismos uno de los parámetros de mayor importancia y ha de realizarse en las etapas iniciales del proceso de diseño de la explotación, puesto que de él van a depender una serie de cuestiones de gran importancia.

En cuanto a los factores que determinan la estabilidad de un talud se habrán de considerar los siguientes:

- **Factores geométricos.** Entre los que incluimos la altura y el ángulo.
- **Factores geológicos.** Estos factores van a condicionar la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud.
- **Factores hidrogeológicos.**

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- **Factores geotécnicos.** Van a estar relacionados con el comportamiento mecánico del terreno.

La unión de los cuatro factores puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa del talud. La posibilidad de rotura y los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos.

Así mismo debemos considerar dentro de los factores influyentes en la inestabilidad de los taludes los denominados factores condicionantes, o intrínsecos a los materiales naturales, van a ser fundamentalmente la litología y el factor agua. Junto con los factores condicionantes debemos de considerar los factores desencadenantes, estos provocan la rotura una vez que se cumplen una serie de condiciones. Se trata de las sobrecargas estáticas, las cargas dinámicas, los cambios en las condiciones hidrogeológicas, los factores climáticos, las variaciones en la geometría, la reducción de los parámetros resistentes. Se detallan a continuación algunos de los factores de mayor interés o importancia relativa.

- **Estratigrafía y litología.**
- **Estructura geológica y discontinuidades.**

Evidentemente la estructura geológica va a ser un factor importantísimo puesto que es definitivo a la hora de establecer las condiciones de estabilidad de los taludes en el caso de los materiales granulares que componen el yacimiento.

- **Condiciones hidrogeológicas.**

Es sin dudar ni un instante el principal "enemigo" de los taludes. La mayor parte de las roturas se producen por los efectos del agua en el terreno, este fenómeno se debe a que se generan presiones intersticiales, o los arrastres y erosión, superficial o interna, de los materiales que forman el talud.

La presencia de agua en un talud reduce su estabilidad al disminuir la resistencia del terreno y aumentar las fuerzas tendentes a inestabilidad. Sus efectos más importantes son:

- Reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura al disminuir la tensión normal efectiva.
- La presión ejercida sobre grietas de tracción aumenta las fuerzas que tienden al deslizamiento.
- Aumento del peso del material por saturación.
- Erosión interna por flujo subsuperficial o subterráneo.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- Meteorización y cambios en la composición mineralógica de los materiales. No se encuentran señales de la circulación de agua a través del macizo rocoso. Es esta una circunstancia favorable tanto para las labores de perforación como para garantizar la estabilidad de los taludes.
- Apertura de discontinuidades por congelación, que debido a la altitud y zona geográfica puede ser de interés, pero la naturaleza de los materiales no hace pensar en un factor especialmente preocupante.
- Es muy importante también la disposición de la superficie freática en el talud, esta superficie va a depender de diferentes factores, entre los que se encuentra la permeabilidad de los materiales, la geometría o forma del talud y las condiciones de contorno. En cuanto al nivel freático la profundidad a la que se halla el mismo hace que este factor no sea de interés a la hora de la redacción del presente proyecto de explotación. No solo hemos de tener en cuenta el agua que circula por el interior del terreno, hemos de considerar el papel del agua superficial, puesto que las precipitaciones y las escorrentías pueden causar problemas importantes de estabilidad al crearse altas presiones en discontinuidades y grietas, y en la zona más superficial del terreno. Los fenómenos de erosión y lavado en materiales blandos o poco consistentes aparecen asociados a las escorrentías, por esta cuestión se ha de evaluar el caudal máximo de avenida esperado en la zona de explotación, así como las medidas de drenaje propuestas para evitar el encharcamiento de la explotación así como la estabilidad de los taludes.
- Propiedades geomecánicas. No cabe duda que el colapso de un talud a través de una superficie de debilidad depende de los parámetros resistentes del material: cohesión y rozamiento interno. a influencia de la naturaleza de los suelos en sus propiedades mecánicas, implica que la selección de los parámetros resistentes representativos de la resistencia al corte, la cual debe ser realizada teniendo en cuenta la historia geológica del material.
- Tensiones naturales. Este fenómeno es debido a la liberación de tensiones que provoca la excavación del terreno, que puede originar la descompresión del material, lo cual puede llegar a provocar la transformación y deslizamiento. Si bien este fenómeno es más acusado en rocas donde la excavación puede liberar las tensiones internas del macizo rocoso convirtiéndolo en un suelo con un comportamiento geotécnico muy alejado de la realidad del terreno previo a la excavación. Un fenómeno constatado en excavaciones profundas es la aparición de deformaciones plásticas en el pie del talud, y en cabecera debido a que se generan estados tensionales anisótropos con componentes traccionales que se traducen en la aparición de grietas verticales. Es pues este un factor de gran importancia, si bien como ya se ha indicado, en nuestro caso no será de especial atención.
- Sobrecargas estáticas y cargas dinámicas.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- Régimen climático.
- Proceso de meteorización.

### ***Caracterización del macizo rocoso.***

A continuación vamos a establecer cuáles son las propiedades del material granular, puesto que a efectos de estabilidad vamos a considerar el material como un suelo, hemos de tener en cuenta una serie de factores geológicos, que son los que en gran medida van a dominar el comportamiento y propiedades mecánicas de los macizos rocosos. Estos factores son:

- La litología y propiedades del suelo.
- La estructura geológica y las discontinuidades.
- Estado tensional al que se encuentra sometido el material.
- Grado de alteración o meteorización.
- Condiciones hidrogeológicas. No se observan señales aparentes de la circulación de agua por el macizo rocoso y además el nivel freático se sitúa en la zona muy por debajo de la cota mínima de la explotación.

Los datos más característicos del macizo rocoso se pueden definir en los siguientes puntos, los datos se han obtenido mediante correlación de valores establecidos en tablas a partir de los datos obtenidos por Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duball (1967), Farmer (1968) e ISRM (1981) y mediante los datos ofrecidos el estudio de escenarios con similar litología. Si bien, en nuestro caso, con objeto de caracterizar el macizo rocoso se ha analizado siguiendo los criterios establecidos por Bieniawski (1979) y Barton (1974), que se exponen en los anejos correspondientes.

Se han recopilado los ensayos de compresión simple según la norma UNE 22185, realizados para la determinación de la calidad de la roca, facilitados por la Dirección Facultativa de la explotación, que arrojan unos resultados de 644 Kp/cm<sup>2</sup>, con densidad de 2,57 gr/cm<sup>3</sup>.

La clasificación RMR ("Rock Mass Rating") desarrollada por Bieniawski constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación. Tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa
- Grado de fracturación en términos del RQD ("Rock Quality Designation")
- Espaciado de las discontinuidades

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- Condiciones de las discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico del macizo se expresa por medio del índice de calidad RMR, que varía de 0 a 100. Teniendo en cuenta las distintas observaciones realizadas sobre la roca del macizo, se han considerado las siguientes puntuaciones:

1. Resistencia a la compresión simple: 644,0 kp/cm <sup>2</sup> o 64,40 MPa	Puntuación: 7
2. R.Q.D.: ("Rock quality designation")	
Índice de calidad de la roca: 100-90%	Puntuación: 20
3. Separación del diaclasado: Mayor de 2,0 m	Puntuación: 20
4. Estado de las discontinuidades:	
Longitud: Media 2,00 m. Menor de 1 m	Puntuación: 6
Abertura: Ninguna	Puntuación: 6
Rugosidad: Rugosas	Puntuación: 5
Relleno: Ninguno	Puntuación: 6
Alteración: Inalterada	Puntuación: 6
5. Agua freática: Estado general: Seco	Puntuación: 15
Corrección por la orientación de las discontinuidades:	
Muy favorables	Puntuación: 0

La suma de estos valores arroja un índice RMR de 84 por lo que esta clasificación determina que se trata de una roca de clase I o calidad muy buena. Para estas calidades Bieniawski propone valores de ángulo de rozamiento interno de la roca mayor de 45°, y cohesión mayor de 4 kp/cm<sup>2</sup>, por lo que para los cálculos y en este caso concreto se tomarán 45° y 4 kp/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

El ángulo de rozamiento interno de la caliza se verá disminuido en los bordes externos del macizo calcáreo y en las zonas en las que se aprecie cierto grado de carstificación. Sin

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

embargo, en el núcleo del macizo marmóreo se observa que esta muestra características de roca sana el profundizar en ligeramente en el mismo.

A continuación se halla el índice de calidad Q de la roca según Barton, que se obtiene a partir de seis parámetros procedentes de la observación del macizo.

El índice viene dado por la expresión siguiente:

$$Q = (RQD / J_n) \cdot (J_r / J_a) \cdot (J_w / SRF)$$

Donde:

- RQD, es el índice de calidad de la roca.
- J<sub>n</sub>, es el índice de diaclasado que indica el grado de fracturación del macizo rocoso
- J<sub>r</sub>, es el índice de rugosidad de las discontinuidades o juntas
- J<sub>a</sub>, es el índice que indica la alteración de las discontinuidades
- J<sub>w</sub>, es un coeficiente reductor por la presencia de agua en las juntas.
- SRF, ("Stress reduction factor"), es un coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional del macizo rocoso.

En los anexos de este proyecto se encuentra la tabla de estimación de los parámetros que intervienen en el índice Q de Barton y el rango de variación de los mismos.

En este caso

- RQD = 90-100% se toma 95%, clase E
- J<sub>n</sub> = 1 Masiva, sin diaclasas o con figuración escasa, clase A
- J<sub>r</sub> = 4 Diaclasas discontinuas, clase A
- J<sub>a</sub> = 0,75 Planos de discontinuidad cerrados, clase A
- J<sub>w</sub> = 1 Excavaciones secas, clase A
- SRF = 2,5 Roca competente

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$Q = (95/1) \times (4/0,75) \times (1/2,5) = 202,66$$

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Este valor indica que según esta clasificación se trata de una roca extremadamente buena, resultado semejante al obtenido a través del método de Bieniawski.

Resistencia a compresión simple (MPa)	64.4
Resistencia a tracción (MPa)	11
Ángulo de fricción básico ( grados )	45°
Densidad (gr/ cm <sup>3</sup> )	2.4
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	5,1 (x 10 <sup>5</sup> )
Coefficiente de POISSON	0,09
Velocidad de las ondas P (m/s)	5500
Cohesión (Kg/cm <sup>3</sup> )	400

#### ***Tipos de rotura susceptibles de análisis.***

Un estudio de los materiales que van a conformar los taludes de la explotación minera, nos hace indicar por la experiencia acumulada en taludes sobre este tipo de materiales que el mecanismo de rotura va a depender en gran medida del grado de tectonización, es decir de las diaclasas o discontinuidades estructurales que hacen aumentar la permeabilidad, reducen la resistencia al corte y actúan como superficie de drenaje y plano potencial de rotura, al igual que las fallas, también va a depender de la litología, las tensiones regionales, y otros factores.

Así pues el estudio de este talud nos lleva a considerar los siguientes tipos de rotura del talud a la hora de calcular la estabilidad del mismo.

- **Rotura plana** se produce a través de una única superficie plana, en los taludes de explotación.

La hipótesis de rotura en cuña se ha considerado, si bien, el control de las posibles cuñas inestables dentro de los taludes de explotación, en el caso que se detectase su presencia se procederá al saneo del talud mediante medios mecánicos o por voladura para proceder a eliminar ese factor de riesgo en la explotación.

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

***Análisis de estabilidad. Análisis frente a rotura plana. Taludes de explotación.***

Se aplican de modo general a aquellas situaciones que pudieran generar problemas de inestabilidad. El pilar básico del proceso es la elección del denominado coeficiente de seguridad, que va a depender de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinándose los aspectos de seguridad, costes de ejecución, consecuencias o riesgos asumibles ante la rotura.

En taludes permanentes, los coeficientes de seguridad a adoptar han de ser igual o superior a la unidad, dependiendo de la seguridad exigida o del nivel de confianza sobre los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos.

Dichos análisis permiten el diseño geométrico de los taludes o las peores condiciones posibles para lograr el factor de seguridad exigido. Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que interviene las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de seguridad. En principio usaremos como método de trabajo el método de equilibrio límite, es un método determinístico, que a partir de unas condiciones establecidas del talud indica la estabilidad o inestabilidad del mismo.

El método de equilibrio límite analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consiste en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. Se basan en:

- Selección de una superficie teórica de rotura del talud.
- El criterio de rotura de Mohr-Coulomb.
- La definición de coeficiente de seguridad.

Como ya se indico con anterioridad este tipo de rotura supone un deslizamiento a través de una única superficie plana. Es una de las formas de colapso posible más sencillo y tiene lugar cuando existe una fracturación dominante en el macizo rocoso.

Generalmente se debe a la existencia de fallas que intersectan al talud o diaclasas asociadas, e incluso en macizos rocosos donde se produce alternancia de materiales más competentes y otros menos competentes.

En nuestro caso vamos a trabajar con las siguientes hipótesis de trabajo:

- ✓ Vamos a suponer como “peor escenario posible” que la dirección del talud y del plano de deslizamiento son paralelos o casi paralelos.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

✓ Los límites laterales de la masa deslizante han de ofrecer una resistencia al deslizamiento despreciable.

✓ Vamos a considerar la existencia de una grieta de tracción en la cabeza del talud, y que no está drenada.

El método de equilibrio límite analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consiste en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. Se basan en:

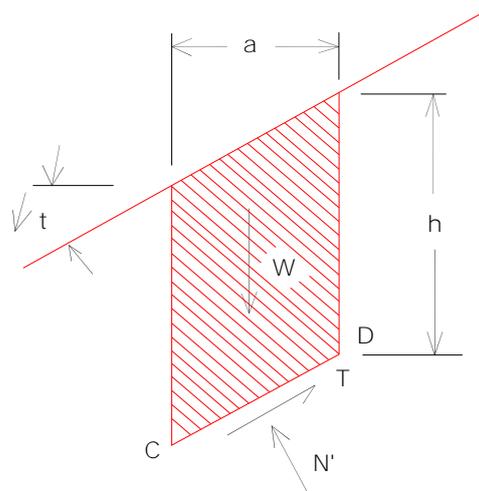
- Selección de una superficie teórica de rotura del talud.
- El criterio de rotura de Mohr-Coulomb.
- La definición de coeficiente de seguridad.

Con estas condiciones, se establece en las ecuaciones del equilibrio entre las fuerzas que inducen el deslizamiento y las resistentes. Los análisis proporcionan el valor del coeficiente de seguridad del talud para la superficie analizada, referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan. Es decir, el coeficiente F por el que deben dividirse las fuerzas tangenciales resistentes para alcanzar el equilibrio estricto:

$$F = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas desestabilizadoras}}$$

Una vez obtenido el coeficiente de seguridad de la superficie planteada, es preciso repetir el proceso con otras superficies de rotura, hasta que seamos capaces de encontrar aquella superficie que plantee el menor coeficiente de seguridad, el cual se admite como superficie potencial de rotura del talud, y se toma como el correspondiente del talud en cuestión.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	



Las fuerzas actuando sobre un plano de rotura o deslizamiento potencial, suponiendo que no existen fuerzas externas sobre el talud, son las debidas al peso del materia,  $W$ , a la cohesión  $c$ , y a la fricción  $\phi$ , del plano. El coeficiente de seguridad viene dado por:

$$F = \frac{R_c + R_\phi}{S}$$

Donde:

- $R_c$  = Fuerzas cohesivas =  $c A$
- $R_\phi$  = Fuerzas de fricción =  $W \cos \psi \operatorname{tg} \phi$
- $S$  = Fuerzas que tienden al deslizamiento =  $W \operatorname{sen} \psi$
- $A$  = Área del plano de rotura.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Este hecho permite que la estabilidad general pueda analizarse, supuesto el problema bidimensional, por medio de un elemento de material deslizante limitado por dos planos verticales a distancia “a”. La condición del talud infinito impone que las tensiones sobre cualquier cara del elemento sean independientes de su posición a lo largo del talud, lo que implica que los esfuerzos sobre las caras laterales sean iguales y contrarios por lo que pueden no considerarse en el equilibrio de las fuerzas del elemento. A continuación vamos a desarrollar de modo formal la metodología utilizada.

Su peso es:

$$W = a h \gamma$$

Siendo:

- a, h : dimensiones del elemento
- $\gamma$  : densidad natural del terreno.

Del equilibrio de fuerzas se obtiene:

$$W - T \text{ Sen}\Psi - N' \text{ Cos}\Psi = 0$$

$$T \text{ Cos}\Psi - N' \text{ Sen}\Psi = 0$$

Donde:

N' : Esfuerzo normal efectivo sobre una superficie paralela al talud a una profundidad h.

T: esfuerzo tangencial sobre dicha superficie.

$\Psi$  : ángulo del talud.

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene:

$$N' = W \text{ Cos}\Psi$$

$$T = W \text{ Sen}\Psi = N' \text{ Tg}\Psi$$

El factor de seguridad F, definido como la relación entre la resistencia al corte del terreno y la necesaria para mantener el equilibrio estricto, será:

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

$$F = \frac{\left[ \frac{c'}{\gamma h \cos^2 \psi} \right] + \operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \psi}$$

Siendo:

- c': cohesión efectiva del terreno.
- $\Phi$ : ángulo de rozamiento interno efectivo del terreno.

Una norma general en el análisis del talud infinito: en terrenos cohesivos el valor de FS depende de la profundidad h de la superficie de deslizamiento, disminuyendo al aumentar ésta. En caso de zonas de ladera, cuando se produce una meteorización que va progresando con el tiempo en profundidad (h), llega un momento en que se alcanza una h crítica en que  $F = 1$ , y entonces se produce un deslizamiento global.

Vamos a considerar los taludes de explotación para alturas máximas de 20 metros y ángulos máximos de trabajo de 80°-85°, debido a la utilización como método de arranque mediante hilo de corte. Son taludes en general muy estables debido a que el macizo remanente apenas se encuentra conmovido y se comporta de un modo muy competente. Si bien en el caso de la explotación iremos trabajando en panales de 20 metros que definirán nuestra altura máxima de talud.. Donde trabajaremos con los siguientes valores:

- ✓  $\alpha =$  ángulo de talud de 85°.
- ✓  $\beta =$  inclinación potencial del plano potencial de rotura de 60°.
- ✓  $\phi$  ángulo de rozamiento interno del material del plano de deslizamiento o diaclasa que consideraremos como una calcita o elemento no cristalino, tomaremos un valor de 45°.
- ✓  $H_w$  altura del nivel freático supuesto como drenaje normal a una altura de 3 metros.
- ✓  $Z_o$  altura de la grieta sin drenar, que vamos a suponer de 2.5 metros.
- ✓ H altura del talud, que en este caso del talud de explotación máximo es de 10 metros.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Con estos datos entramos en las siguientes expresiones:

Altura Máxima de Taludes	Fórmulas	Valores obtenidos
20 metros	$X \equiv 2 \sqrt{(i - \beta) \cdot \left[ \beta - \phi \left( 1 - 0.5 \left( \frac{Hw}{h} \right)^2 \right) \right]}$	13,96
20 metros	$Y \equiv \left[ 1 + \frac{3 \cdot Z_0}{H} \right] \cdot \frac{\gamma \cdot H}{c}$	16,56

Acudimos al Abaco de Hoek (1970) con los valores obtenidos, arrojándonos unos valores de coeficiente de seguridad de 1,6 unidades para los supuestos designados. De modo que el modelo diseñado es estable. El supuesto de rotura al vuelco, se soluciona mediante el saneo de los taludes eliminando los bloques inestables.

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	



*Vista parcial del frente de explotación. Se observa la estabilidad del talud inferior de altura 20 metros con ángulo de 80°.*

#### **Taludes de cara de banco.**

En líneas generales, podemos decir que el ángulo de la cara del banco es función de tres factores que ya se han descrito en epígrafes precedentes, si bien la importancia de dichos factores obliga a recurrir en recordar estos factores:

- Tipo de material.
- Disposición del material.
- Altura de banco.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

En nuestro caso, tienen la resistencia adecuada para llevar a cabo la explotación con ángulos de banco de aproximadamente 80°, que junto a las alturas consideradas, va a permitir un rendimiento óptimo en la ejecución del método de arranque. En cuanto a las condiciones de estabilidad se han analizado convenientemente.

En cuanto a la altura de banco viene marcada por el método de arranque que utiliza el método convencional de perforación y voladura, nuestro banco optimo de arranque es de 20 metros, de modo que estamos dentro de los factores limitantes establecidos por el R.G.N.B.S.M. en su Capítulo VII Trabajos a cielo abierto.



Vista del frente en proceso de adecuación a tres bancos de 20 metros.

#### **Estériles. Escombrera.**

Lo referente a este apartado se expondrá en el epígrafe posteriores destinado al diseño de la escombrera interna. Así como el sellado de las escombreras externas. Indicando, que a la fecha de redacción del documento, el volumen de estériles alcanza el 45%.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

**Otros criterios operativos de diseño y adaptación al RGNBSM.**

---

**Altura de banco.**

La altura del banco se establece a partir de las condiciones del equipo de carga seleccionado y el tamaño máximo de mineral a extraer, como principales parámetros, si bien es fundamental también añadirlas características del macizo y la selectividad del mineral en explotación.

En nuestro la altura de banco vendrá determinada por la altura máxima de arranque planteada en base a las necesidades de material por parte del promotor, que como se ha indicado es de 20 metros.

**Anchura de tajo.**

Se define como anchura mínima de banco de trabajo la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente. De modo que más que anchura del tajo debemos hablar de plataforma de trabajo, la cual ha de ser lo suficientemente amplia como para permitir que pala y demás equipos de arranque-carga –transporte maniobren con facilidad, sin aproximarse innecesariamente a la cara del talud de arranque. Esta superficie ha de ser regular de modo que permita la fácil maniobra, su estabilidad y desagüe eficaz.

Como criterio fundamental seguiremos lo establecido por la ITC 07.1.03 Capítulo VII. Trabajos a Cielo Abierto. La anchura mínima será de 20 metros.

**Bermas.**

Las bermas, en minería, se utilizan como plataformas de acceso en el talud de una excavación, y también como áreas de protección al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores.

Estas bermas son fruto de la modelización geotécnica de los taludes finales de la cantera. Concretamente las bermas se utilizaran como pistas de acceso y zonas de trabajo, de modo que cumplirán lo establecido por la ITC 07.1.03 en materia de pistas y accesos.

La anchura mínima de las bermas será de 15 metros.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

---

### **Escombreras.**

---

Se denomina escombrera a la acumulación de materiales procedentes de monteras o recubrimientos estériles, o rechazos en cuanto a calidad no deseada por los criterios de composición química y de composición granulométrica que establece “**CARBURO DE CINCA, S.A.**” para su aprovechamiento en el proceso de calcinación de cal. A priori, la escombrera será una estructura de carácter permanente, si bien como ya se ha indicado con anterioridad se ha activado un proceso de investigación y evaluación del estéril en la búsqueda de una aplicación industrial al material escombrado se puede dar salida comercial a este, si bien, a lo largo del presente proyecto se establece como estrategia básica en cuanto a las escombreras se refiere, los siguientes aspectos:

- Sellado y restauración de las escombreras situada sobre la Parcela 36 del Polígono 20, debido en gran medida a las escasas condiciones de estabilidad que presenta de acuerdo al estudio de estabilidad que se desarrollará en el presente epígrafe. Y también debido al enorme impacto paisajístico y de fuente de producción de polvo de la actual escombrera.
- Inicio del depósito de estériles en una zona interior de la explotación aprovechando dicho estéril del proceso de extracción y tratamiento para restaurar una zona del hueco de extracción, tal y como se recoge en los planos adjuntos al presente proyecto.



Vista parcial de la zona donde se ubicará la futura escombrera. Se observa el inicio de vertido en la zona superior.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Las escombreras procedentes de las operaciones en años anteriores de la cantera y que se sitúan sobre las laderas entre la zona de la quebrantadora y el camino de acceso se someterán a un proceso de reperfilado topográfico para dotar a la zona de mayor estabilidad y menor impacto visual, y se procederá a su restauración como se indica en el capítulo dedicado a dicha escombrera y en el proyecto de restauración de la cantera. Dichas labores se ejecutarán mediante el empleo de un bulldozer tipo D 9 N.

A priori, la escombrera diseñada para albergar el estéril producido a partir del actual proceso de explotación será una estructura de carácter temporal, la técnica minera que se utilizará hace que el material acumulado en la escombrera se utilice para rellenar la zona explotada y de este modo podemos ir dejando zonas restauradas para el aprovechamiento agrícola mientras seguimos explotando las calizas con alveolinas.

La selección del emplazamiento debe hacerse con visión de futuro, previendo el desarrollo de la explotación y sobre todo no hipotecando zonas de futura explotación, zonas de pistas, etc... No sólo hemos de considerar estos factores sino que hemos de tener en cuenta los factores topográficos, geológicos e hidrológicos.

#### **Evaluación de las posibles alternativas.**

Vamos a recurrir a una evaluación de tipo cuantitativo que nos oriente en cuanto a la factibilidad de ubicar una escombrera en la zona de explotación. Recurriremos al denominado **Índice de Calidad del Emplazamiento:**

$$Q_e = \alpha \cdot (\beta \cdot \theta)^{(\delta * \eta)}$$

Donde :

- $\alpha$  = Factor de alteración de la capacidad portante del terreno debido al nivel freático.
- $\beta$  = Factor de resistencia del cimiento de implantación.
- $\theta$  = Factor topográfico o de pendiente.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

- $\eta$  = Factor relativo al entorno humano y material afectado.
- $\delta$  = Factor de alteración de la red de drenaje existente.

De acuerdo a los valores establecidos por el ITGME en su "Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros" y las nuestro entorno tomaremos los siguientes valores:

FACTOR	VALOR
$\alpha$	1
$\beta$	0.90
$\theta$	0.95
$\eta$	1.1
$\delta$	0.3

El valor obtenido de  $Q_e$  es 0,80 que de acuerdo a lo establecido en el manual anteriormente mencionado, el emplazamiento es adecuado para estructuras de un volumen como el proyectado. De cualquier forma esta justificación formal y matemática de la ubicación de la escombrera tiene como fin el determinar la factibilidad de la implantación de una escombrera en el entorno.

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

**Condiciones de estabilidad de las escombreras externas. Análisis de actuación sobre las mismas.**

***Introducción.***

Generalmente los taludes de escombrera se corresponden con el talud natural adoptado por los escombros según la forma de vertido y las condiciones de apoyo en la base. Es costosa la modificación artificial de dicho talud aunque es necesaria en ocasiones por cuestiones de estabilidad o de restauración de la escombrera.



Aspecto de la restauración fisiográfica de la escombrera externa oeste.

CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) “CALIZAS”, DENOMINADA “LA ALGARETA” N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	



Equipo encargado de la restauración fisiográfica.

***Estabilidad de los taludes. Coeficientes de seguridad.***

Para el cálculo del coeficiente de seguridad del que está afectada la escombrera hemos de definir previamente el tipo de escombro vertido en ella. Para ello acudiendo a la bibliografía obtenemos estimaciones del ángulo de rozamiento interno de dicho material.

$$\phi' = (M + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4) \cdot \alpha$$

En este caso, tenemos un escombro de naturaleza carbonatada con un grado de compacidad bajo pero que aumenta en profundidad, con formas casi cúbica propia del residuo calizo y una granulometría no muy dispersa por lo que obtenemos una estimación para el ángulo de rozamiento de los escombros de:  $\phi = 35^\circ$

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Coeficientes de Seguridad.

Para el cálculo empleamos la siguiente tabla propuesta por el IGME en 1986:

<b>CASO I</b>			
<b>Implantaciones sin riesgo para personas, instalaciones o servicios.</b>			
	F3	F2	F1
H <= 15 m o V <= 25.000 m <sup>3</sup> o H > 15 m en escombreras de manto pueden construirse con el ángulo de vertido de los escombros F=1			
15 < h <= 30 m Talud conformado para		1,20	1,10
H > 30 m talud conformado para		1,30	1,20

<b>CASO II</b>			
<b>Implantaciones con riesgo moderado</b>			
	F3	F2	F1
H <= 15 m o V <= 25.000 m <sup>3</sup> o H > 15 En manto	1,20	1,15	1,00
15 < H <= 30 m	1,35	1,25	1,10
H > 30 m	1,45	1,30	1,15

<b>CASO III</b>			
<b>Implantaciones con riesgo elevado</b>			
Se proscriben las escombreras en manto sin elementos de contención o desviación al pie.			
	F3	F2	F1
H <= 20 m	1,40	1,20	1,10
H > 20 m	1,60	1,40	1,20

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

**NOTAS:**

F1 : Escombreras normales, sin efectos de aguas freáticas y en cuya estabilidad no interviene el cimiento.

F2 : Escombreras sometidas a filtración, agua en grietas o fisuras, y riesgo de deslizamiento por la cimentación.

F3: Situaciones excepcionales de inundación, riesgo sísmico, etc.

En laderas de inclinación superior al 8 % los coeficientes F se incrementarán en los valores siguientes:

CASO I ..... F = 0,10

CASO II ..... F =  $\sqrt{0,03}$  ( $\alpha-0,08$ )

CASO III ..... F =  $\sqrt{0,07}$  ( $\alpha-0,08$ )

Siendo  $\alpha$  la inclinación de la ladera en tanto por 100. Con  $\alpha \leq \phi$

De este modo, considerando una escombrera enmarcada en un Caso I, sin riesgos para las personas ni instalaciones, con una altura superior a los 30 metros y teniendo en cuenta que la pendiente de la ladera sobre la que se sitúa, por mediciones de la hoja topográfica número 288 de Fonz del Mapa topográfico Nacional, es variable pero supera el 8%, obtendremos un coeficiente de seguridad:

$$F_1 = 1,40$$

Cálculos de Estabilidad.

Suponiendo que la red de filtración de aguas no incide sobre el talud, bien porque es evitado por una correcta disposición de un sistema de drenaje, bien porque la pendiente natural de la ladera sobre la que se encuentra colabora en la evacuación correcta del agua de escorrentía, ayudada de canales perimetrales, podemos aproximar con suficiente precisión la siguiente relación:

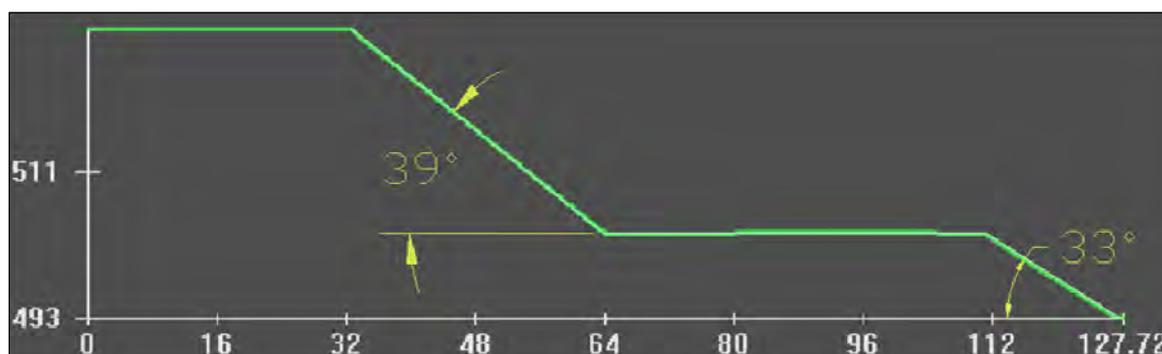
CARBURO DEL CINCA, S.A.	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

$$F = \frac{tg\phi'}{tg\beta}$$

Siendo  $\beta$  el ángulo de talud, y  $\Phi$  el ángulo de rozamiento interno efectivo.

De este modo, imponiendo el valor de  $F = 1,40$ , obtendremos un valor de  $\beta = 26,5^\circ$ .

En la figura siguiente se observa un corte transversal de la escombrera obtenido mediante herramienta informática a partir de la topografía de la cantera donde se observan las pendientes de los taludes presentes:



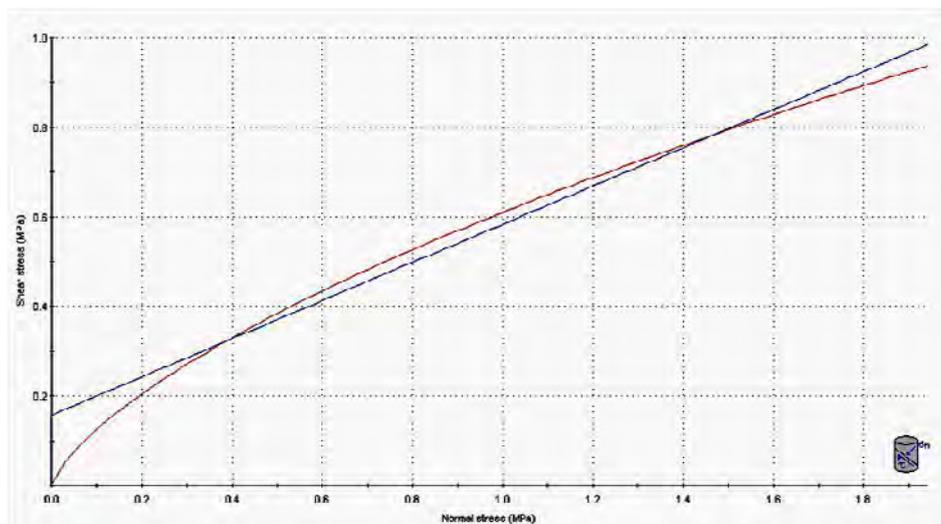
Como la imagen muestra, los ángulos de talud superan el valor  $\beta$  que nos ofrece el coeficiente de seguridad necesario. De este modo concluiremos que la escombrera ha de ser estabilizada convenientemente mientras no se efectúen las labores de restauración de la misma.

Análisis de Estabilidad del Talud de la Escombrera. Método de Hoek and Bray.

Como comprobación del resultado obtenido empleando el criterio de estabilidad establecido por el IGME hemos llevado a cabo la aplicación del método de Hoek and Bray para calcular el coeficiente de seguridad.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCION A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

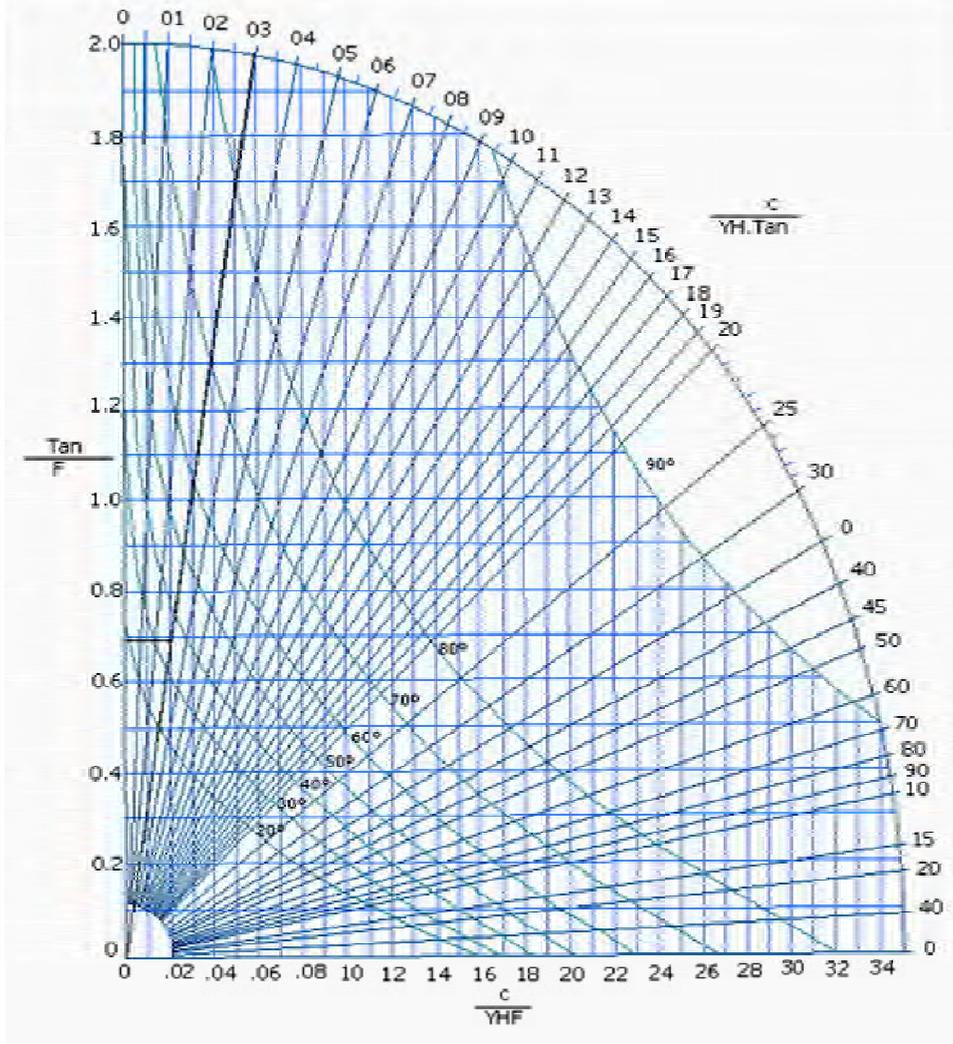
Para ello, hemos empleado el Software RockLab 1.0 para estimar un valor de la cohesión en el ajuste al criterio de Mohr-Coulomb y hemos obtenido el valor para la cohesión interna de  $c = 0.158$  MPa, como vemos en la figura adjunta resultado de la operación del mencionado programa.



Con el valor obtenido para la cohesión y los datos de altura del talud de la escombrera y la densidad del material calculamos el coeficiente:

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg} \phi} = 0.029$$

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" N° 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	



Con dicho valor obtenido para el coeficiente y el ángulo de talud entramos en el ábaco de Hoek and Bray y obtenemos dos valores: el valor del cociente entre la tangente del ángulo de fricción interna del material y el factor de seguridad y el cociente entre la cohesión interna y el producto de densidad, altura de banco y tangente del ángulo de fricción. Despejando el valor del coeficiente de seguridad obtenemos  $F=1$  que corresponde al equilibrio estricto, lo cual nos asegura convenientemente la estabilidad de la escombrera, como ya había predicho el resultado obtenido con anterioridad mediante el método del IGME.

<b>CARBURO DEL CINCA, S.A.</b>	<b>PROYECTO DE RESTAURACION</b>	
	<b>ACTUALIZACION DEL PROYECTO DE RESTAURACION SEGUN EL R.D. 975/2009, DE LA AUTORIZACION DE APROVECHAMIENTO PARA RECURSOS DE LA SECCIÓN A) "CALIZAS", DENOMINADA "LA ALGARETA" Nº 25, UBICADA EN EL TM DE ESTADILLA (HUESCA).</b>	

Otras Condiciones de Estabilidad.

En escombreras de ladera puede ocurrir que la estabilidad se vea condicionada por la resistencia al corte del contacto con el terreno natural sobre el que se asienta. Para escombreras que podemos considerar homogéneas y considerando equilibrio estricto, es decir  $F = 1$ , tendremos que el ángulo de rozamiento interno para el cimientado inclinado de la escombrera que no produce deslizamiento por la ladera es de  $\delta_r = 35^\circ$ , que consideramos suficiente teniendo en cuenta que la escombrera se asienta sobre depósitos cuaternarios que superarán ese valor. Para el coeficiente calculado, tendremos que:  $tg\delta = tg\delta_r \cdot F$  de modo que el valor para el rozamiento interno será de  $\delta = 44^\circ$ .

Uno de los problemas dinámicos que se pueden presentar es la colada de escombros. Bien por infiltración superficial o por oclusión, el material puede fluir pendiente abajo. Podemos realizar una estimación de las velocidades y distancias de dichos escombros teniendo en cuenta el ángulo de talud ( $\theta_1$ ), el ángulo de inclinación de la ladera ( $\theta_2$ ), la velocidad lineal del escombro, el calado inicial ( $h_0$ ) y un coeficiente  $S_f$ . El valor de Velocidad obtenido es:

$$V = V_0 \cdot \cos(\theta_1\theta_2) \cdot \left(1 + \frac{g \cdot h_0 \cdot \cos\theta_1}{2V_0}\right) = 16.24 \text{ m/s}$$

De modo que el alcance de la colada de escombro será:  $X_L = \frac{V^2}{2G} = 89.76 \text{ m}$

Siendo el valor de  $G = g (\sin\theta - S_f \cos\theta) = 1.47$

Estabilidad de la Escombrera.

Los resultados obtenidos con el análisis que se ha detallado en este documento, que se realizaron en el año 2006, se tomó la decisión técnica del cese de las labores de vertido en las escombreras externas. Así mismo, se ha procedido a la restauración de la escombrera oeste, y a la fecha, se está restaurando la escombrera oeste, con un proceso de retirada selectiva del