

UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO

Alumno: Jesús Ruiz Fuentes

Tutor: Prof. D. Juan Miguel Martínez López
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Febrero, 2015



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO EN MOLINICOS (ALBACETE)

Alumno: Jesús Ruiz Fuentes

Tutor: Prof. D. Juan Miguel Martínez López

Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Firma de alumno:

Firma de tutor:

Febrero, 2015



ÍNDICE

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.	OBJETIVOS DEL ANTEPROYECTO.....	9
2.	DOCUMENTOS DEL ANTEPROYECTO	10
3.	ANTECEDENTES	11
4.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	12
5.	NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	15
5.1.	Normativa administrativa de carácter general	15
5.2.	Normativa de medio Ambiente	15
5.3.	Normativa de carreteras y túneles	16
5.4.	Normativa de seguridad y salud	17
5.5.	Pliegos e instrucciones técnicas	18
5.6.	Utilización de explosivos.....	19
6.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	20
6.1.	Descripción general.....	20
6.2.	Situación geológica.....	21
6.3.	Columna Estratigráfica	25
6.4.	Tectónica	26
6.5.	Hidrogeología	27
6.6.	Trabajos de investigación.....	28
6.6.1.	Sondeos a rotación.....	29
6.6.2.	Estudio Geotécnico	30
6.6.2.1.	Propiedades de la roca matriz	30
6.6.2.1.1.	Alteración/ meteorización.....	30
6.6.2.1.2.	Humedad natural	31
6.6.2.1.3.	Densidad seca	32
6.6.2.1.4.	Resistencia y deformabilidad	33
6.6.2.1.5.	Resistencia a tracción	34
6.6.2.1.6.	Tenacidad	34
6.6.2.2.	Propiedades de las discontinuidades	35
6.6.2.3.	Clasificación Geomecánica del Macizo.....	36
6.6.2.3.1.	Clasificación de Bieniawski.....	36
6.6.2.3.2.	Obtención del valor RMR.....	40
6.6.2.3.3.	Desgaste y abrasividad	41
6.7.	Sismicidad	43



7.	CÁLCULO Y DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL.....	45
7.1.	Introducción.....	45
7.2.	Trazado en planta.....	45
7.3.	Trazado en alzado.....	46
7.4.	Sección transversal.....	47
7.5.	Métodos constructivos.....	48
7.6.	Sostenimiento.....	56
7.7.	Revestimiento.....	62
7.8.	Impermeabilización y drenaje.....	63
7.9.	Bulones.....	65
7.9.1.	Bulones tipo Swellex.....	65
8.	VENTILACIÓN.....	67
8.1.	Sistema de ventilación.....	67
9.	ELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE AUSCULTACIÓN.....	68
9.1.	Introducción.....	68
9.2.	Equipos e instrumentación.....	68
9.3.	Túneles en mina.....	71
9.3.1.	Túneles convencionales.....	71
9.4.	Interpretación de resultados.....	72
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	74

- ANEJOS

Anejo 1: Cálculo de la Ventilación del túnel.

Anejo 2: Planificación y Programación.

Anejo 3: Estudio de Impacto Ambiental.

Anejo 4: Campaña de Sondeos de Investigación.

Anejo 5: Cálculo de la voladura.

Anejo 6: Estudio de Seguridad y Salud.

Anejo 7: Gestión de residuos.



DOCUMENTO N°2: PLANOS

- Plano 1: Plano de Situación.
- Plano 2: Plano de Situación Geológica.
- Plano 3: Plano de Planta de Túnel.
- Plano 4: Plano de Sección Transversal.
- Plano 5: Plano de Voladura de Túnel.
- Plano 6: Plano de Emboquillado de Túnel.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

1. EXCAVACIONES EN TÚNELES Y EMBOQUILLES	169
1.1. Definición y condiciones generales	169
1.1.1. Definición	169
1.1.2. Condiciones generales	169
1.2. Excavaciones	170
1.2.1. Condiciones del proceso de ejecución	170
1.2.1.1. Excavación con explosivos	170
1.2.1.2. Excavación con rozadora	172
1.2.1.3. Saneamiento	172
1.2.1.4. Longitud de avance y excesos o defectos en la excavación	173
1.2.1.2. Ordenación de las fases de excavación	175
1.2.1.3. Medición y abono	175
1.3. Emboquilles	177
1.3.1. Paraguas de protección	177
1.3.2. Bulones	178
1.3.3. Malla de acero	178
1.3.4. Hormigón proyectado	178
1.4. Medición y abono	178
2. SOSTENIMIENTOS EN TÚNELES	180
2.1. Definición y Condiciones Generales	180
2.1.1. Definición	180
2.1.2. Condiciones generales	180
2.1.2.1. Tipos de sostenimientos	180
2.1.2.2. Normas generales de ejecución	180
2.1.2.3. Precauciones especiales	182
2.1.2.4. Refuerzos	183



2.2.	Condiciones del Proceso de ejecución	184
2.2.1.	Bulones	184
2.2.1.2.	Puesta en obra	185
2.2.1.3.	Ensayos y controles	186
2.2.2.	Mallazo	188
2.2.2.1.	Materiales	188
2.2.2.2.	Puesta en obra	188
2.2.3.	Fibras de acero	189
2.2.4.	Hormigón proyectado	189
2.2.4.1.	Materiales básicos	191
2.2.4.2.	Requisitos requeridos	193
2.2.4.3.	Dosificación de referencia	194
2.2.4.4.	Puesta en obra	195
2.2.4.5.	Control y ensayos	196
2.3.	Medición y abono	198
3.	CONTROL Y AUSCULTACIÓN DE TÚNELES	200
3.1.	Definición y Condiciones generales	200
3.1.1.	Definición	200
3.2.	Medidas de Convergencias	202
3.2.1.	Definición	202
3.2.2.	Ejecución	203
3.2.3.	Medición y abono	205
3.3.	Extensómetros	206
3.3.1.	Definición	206
3.3.2.	Mediciones y abono	208
3.4.	Células de presión	208
3.4.1.	Definición	208
3.4.2.	Ejecución	208

DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO

1. Mediciones
2. Cuadro de Precios
3. Presupuesto Parcial
4. Presupuesto de Ejecución Material.
5. Presupuesto de Base de Licitación.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la zona de anteproyecto.....	12
Figura 2: Localización de la aldea de Mesones (Molinicos)	13
Figura 3: Escudo de la aldea de Mesones (Molinicos)	14
Figura 4: Emplazamiento de la zona de anteproyecto.	14
Figura 5: Situación geológica de la zona estudiada.	22
Figura 6: Calizas margosas de la zona de estudio.	23
Figura 7: Situación geológica, hoja 866 del MAGNA.	24
Figura 8: Columna estratigráfica de la zona estudiada.	25
Figura 9: Corte esquemático con niveles de despegue en el Trías y Lías.	26
Figura 10: Tabla de los datos climáticos de la zona de actuación.	28
Figura 11: Criterio de Sismicidad y situación de la zona de estudio.....	44
Figura 12: Diagrama de Gehring.	50
Figura 13: Diámetros según la sección y sistema de perforación.....	54
Figura 14: Número de barrenos en función de la sección del túnel.....	54
Figura 15: Boceto de impermeabilización de túnel.	64
Figura 16: Bulón tipo Swellex.	66
Figura 17: Extensión Parque Natural Calares del Mundo y de la Sima.	90
Figura 18: Espacios naturales de Molinicos.	91
Figura 19: Columna Estratigráfica de la zona.	94
Figura 20: Sondeos de investigación realizados en la zona.	95
Figura 21: Tabla de características de la máquina.	113
Figura 22: Máquina Terramec 1000.	114
Figura 23: Esquema de voladura en avance.....	138
Figura 24: Esquema de voladura de destroza.	140



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Meteorización ISRM (1977).	31
Tabla 2: Humedad natural.....	32
Tabla 3: Densidad seca.	32
Tabla 4: Ensayo de compresión simple.	33
Tabla 5: Módulos de elasticidad.	34
Tabla 6: Resistencia a tracción.	34
Tabla 7: Valores de tenacidad.....	35
Tabla 8: Registro de discontinuidades.	36
Tabla 9: Clasificación para el espaciado de juntas.	37
Tabla 10: Valoración paramétrica parcial de las condiciones de una junta.	38
Tabla 11: Clasificación para las condiciones generales de agua.	38
Tabla 12: Clasificación modificada de Bieniawski en subclases.	39
Tabla 13: Resultados de la Estación Geomecánica 1.	40
Tabla 14: Rozabilidad de rocas según Schimazek.....	42
Tabla 15: Clasificación de Cerchar para rocas.	43
Tabla 16: Cálculo del índice de Barton Q (calidad del macizo rocoso)	49
Tabla 17: Tipo de emboquille.....	58
Tabla 18: Tipo de terreno según su RMR.....	59
Tabla 19: Índice de Barton para cada tipo de terreno (casos estático y sísmico)	59
Tabla 20: Tipo de Sostenimiento.	62
Tabla 21: Características geométricas de ventilación.....	67
Tabla 22: Equipos principalmente utilizados en la auscultación.....	69
Tabla 23: Valores límites de movimientos propuestos.....	73
Tabla 24: Diagrama de Gantt.....	84
Tabla 25: Datos climáticos de Molinicos.	87
Tabla 26: Cálculo de la geometría del cuele.....	135
Tabla 27: Geometría de los barrenos de destroza y zapateras.	136
Tabla 28: Carga de explosivos en avance.....	138
Tabla 29: Carga de explosivos en la fase de destroza.....	142



DOCUMENTO N°1:

MEMORIA



1. OBJETIVOS DEL ANTEPROYECTO

El presente anteproyecto de túnel carretero constituye el Trabajo Fin de Grado de la titulación de Ingeniería de Tecnologías Mineras, en sus dos itinerarios de Explotación de Minas y Sondeos y Prospecciones Mineras.

Este anteproyecto trata de aportar los aspectos necesarios, tanto técnicos como económicos para la ejecución de un túnel carretero. Se pretende probar con este anteproyecto la viabilidad técnica y económica del túnel que está proyectado para la provincia de Albacete.

Los pasos para la ejecución de este anteproyecto se exponen a continuación:

- Investigación geológica de la zona de actuación.
- Estudio geotécnico de la zona de actuación.
- Estudio de las posibilidades de excavación del túnel.
- Elegir el tipo de construcción propio del túnel.
- Además, del tipo de construcción, considerar el tipo de sostenimiento y revestimiento del mismo.
- Evaluar el aspecto medioambiental en la construcción del túnel.
- Consideraciones de índole económica.



2. DOCUMENTOS DEL ANTEPROYECTO

Los documentos de los que consta este Anteproyecto de túnel son los siguientes:

- Memoria, incluyendo la memoria descriptiva más los anejos considerados para redactar el presente anteproyecto. Además, contiene los siguientes anejos.

Anejo 1: Cálculo de la Ventilación del túnel.

Anejo 2: Planificación y Programación.

Anejo 3: Estudio de Impacto Ambiental.

Anejo 4: Campaña de Sondeos de Investigación.

Anejo 5: Cálculo de la voladura.

Anejo 6: Estudio de Seguridad y Salud.

Anejo 7: Gestión de residuos.

- Planos, siendo el 2º documento, con las secciones y modelos más importantes para valorar un posible proyecto.
- Pliego de Condiciones, siendo el 3º documento, con las directrices y normas de ejecución del proyecto.
- Presupuesto, basado en las mediciones del sistema planteado para llevar a cabo la construcción del túnel.



3. ANTECEDENTES

Los antecedentes que llevan a plantear el siguiente anteproyecto son los siguientes:

- La existencia de un trazado en la carretera regional CM-412, con abundante curqueo que hace incómodo el paso para los vehículos que pasan por la misma.
- La existencia de zonas peligrosas para la conducción, debido a curvas peligrosas y con poca visibilidad.
- Además de los anteriores antecedentes, con el presente túnel y su diseño se disminuye el impacto medioambiental que origina el paso de vehículos por la carretera CM-412, y con la cercanía al río Mundo; hace necesaria la idea de tener en idea un proyecto de diseño de túnel para disminuir en lo posible las posibles afecciones: ruidos, gases, polvo, etc.
- Por tal antecedente, la zona afectada, considerando el viejo trazado y aquel por encima del trazado del túnel con los años quedaría enteramente repoblado de flora y fauna.
- La existencia de un parque natural en las inmediaciones, denominado Parque Natural de los Calares del Río Mundo y de la Sima, favorece la idea de ejecutar un túnel.



4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El túnel que se pretende construir si los argumentos que se proponen en el presente anteproyecto son suficientes, se situaría en el término municipal de Molinicos, concretamente en la aldea de Mesones, en la provincia de Albacete. A continuación se detallan algunas fotografías para georeferenciar la zona.



Figura 1: Localización de la zona de anteproyecto.

La aldea de Mesones se localiza en las inmediaciones del Parque Natural de los Calares del Río Mundo y de la Sima, dentro de la comarca de Sierra Segura, y de la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha.

La aldea está en torno a los 900 metros sobre el nivel del mar, y está a 18 km de la cabecera del municipio, y la carretera que conecta la red de carreteras con la citada aldea es la carretera autonómica CM-412 que une los términos de Almansa y Ciudad Real.



Figura 2: Localización de la aldea de Mesones (Molinicos)

La localidad se encuentra enclavada en el valle del río Mundo, al pie de una ladera con orientación sur, justo donde la pendiente disminuye bruscamente y comienza la zona de vega. Este emplazamiento la resguarda del tiempo del norte, a la vez que aumenta las horas de soleamiento.

Mesones se encuentra enclavada en la confluencia del arroyo de La Celada y el río Mundo, encontrando en sus alrededores la flora típica de rivera. La población se divide en dos núcleos, separados ambos por el río Mundo. El mayor se sitúa al norte, y tiene una pequeña plaza de la que parten las estrechas e irregulares calles que forman la localidad. El otro queda situado más cercano a la carretera CM - 412, en la zona donde también se sitúan unas cabañas rurales.



En censo se encuentran 30 habitantes en la población, y la población se enclava entre las siguientes coordenadas geográficas: 38°29'00''N, 2°21'00 O.



Figura 3: Escudo de la aldea de Mesones (Molinicos)

En la siguiente ilustración se remarca la zona de actuación del proyecto, obtenido del Plano n° 1 de situación del presente anteproyecto.



Figura 4: Emplazamiento de la zona de anteproyecto.



5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

5.1. Normativa administrativa de carácter general

- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. RD 1098/2001 de 12 de octubre. BOE: 26-oct-2001, 08-ago-2002 y 19-dic-2001.
- Pliego de Cláusulas Administrativas para la contratación de obras del Estado. RD 3854/1970 de 31 de diciembre. BOE: 16-feb-1971

5.2. Normativa de medio Ambiente

- Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (Texto consolidado).
- Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (Texto consolidado).
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.



5.3. Normativa de carreteras y túneles

- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado. (BOE 27 de mayo; corrección de errores BOE 31 de julio).
- Orden Circular 33/2013 sobre manual de explotación de los túneles de la Red de Carreteras del Estado.
- Orden Circular 27/2008 sobre metodología de inspección de túneles.
- Resolución 30 de mayo de 2012, del Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, por la que se aprueba la metodología de análisis de riesgo en túneles de la Red de Carreteras del Estado.
- Nota de Servicio 3/2006, de 18 de julio, relativa a la adaptación al Real Decreto 635/2006, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado.
- Nota de Servicio 2/2006, de 23 de junio, sobre instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de túneles.
- Orden, de 27 de diciembre de 1999, del Ministerio de Fomento, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC “Trazado” de la Instrucción de Carreteras (BOE del 2 de febrero de 2000). Modificada por Orden de 13 de septiembre de 2001 del Ministro de Fomento (BOE del 26 de septiembre de 2001). El Ministerio de Fomento ha publicado una 2ª Edición de abril de 2003 de esta Norma en la que se incluyen los cambios de la Orden Ministerial de 13 de septiembre de 2001 y se corrigen una serie de erratas que había en la edición anterior.
- Orden Circular 32/12, de 14 de diciembre, sobre guía de nudos viarios.
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras (BOE del 12 de diciembre de 2003).



5.4. Normativa de seguridad y salud

- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción (BOE de 19 de octubre de 2006).
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción (BOE del 25 de agosto de 2007). Corrección de errores BOE del 12 de septiembre del 2007. Modificado por Real Decreto 327/2009, de 13 de marzo (BOE del 14 de marzo de 2009).
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE de 25 de octubre). Modificado por el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo (BOE de 29 de mayo).
- Orden Circular 12/2003, de 15 de septiembre de 2003, sobre medidas de prevención extraordinaria en obras con afección a líneas ferroviarias.
- Resolución, de 5 de marzo de 1999, de la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes, sobre delegación de competencias de atribuciones en materia de seguridad y salud en las obras de carreteras en los Jefes de Demarcación de Carreteras del Estado (BOE del 25 marzo de 1999).
- Nota de Servicio, de 4 de mayo de 2007, sobre la aplicación de la nueva Ley de Subcontratación. Página 4 de 16
- Nota de Servicio 7/2001, de 27 de abril de 2001, sobre diligencia del libro de incidencias para control y seguimiento del plan de seguridad y Salud en las obras de la Dirección General de Carreteras.
- Recomendaciones para la elaboración de los estudios de seguridad y salud en las obras de carretera. Dirección General de Carreteras, 2002



5.5. Pliegos e instrucciones técnicas

- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural. Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio (BOE 22.08.08)
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976. La Orden FOM/891/2004 actualiza artículos de firmes y pavimentos (BOE del 6 de abril de 2004).
- La Orden FOM/1382/2002 actualiza artículos de explanaciones, drenajes y cimentaciones (BOE del 11 de junio de 2002; corrección de erratas BOE 26 de noviembre de 2002). La Orden FOM/475/2002 actualiza artículos de hormigones y aceros (BOE del 6 de marzo de 2002). La Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1999 actualiza artículos de señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (BOE del 28 de enero de 2000). La Orden Ministerial de 27 de diciembre de 1999 actualiza artículos de conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonados (BOE del 22 de enero de 2000).
- Orden Circular 29/2011 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Ligantes bituminosos y microaglomerados en frío.
- Orden Circular 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra.
- Orden Circular 24/2008 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Artículos: 542- Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y 543- Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas.
- Orden Circular 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).



5.6. Utilización de explosivos

- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril “Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.”
- Órdenes del 20 de marzo de 1986 (BOE 11 de abril) y del 16 de abril de 1990 (BOE 30 de abril) ITC MIE SM “Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.”
- Normativa estatal, autonómica y local sobre utilización de explosivos.
- Orden del 20 de Junio de 1986 “Catalogación y homologación de explosivos”.



6. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

6.1. Descripción general

El anteproyecto pretende dar los aspectos técnicos y económicos para la ejecución de un túnel carretero que sirva de nexo de unión entre los puntos kilométricos que a continuación se citan de la CM-412.

La idea de la obra consiste en un túnel carretero de doble vía, con la misma que la vía a la que está vinculada, la carretera autonómica CM-412.

Para el correcto diseño del túnel, han de abordarse la rectificación de los tramos de carretera previos y posteriores al túnel para la adecuación del trazado y la correcta alineación. Dichos tramos deberían ser rectificadas, pero que a efectos de este Anteproyecto no los consideramos en cuanto a su cálculo y diseño.

Se trata de un túnel de doble vía que se encuentra entre los siguientes PP.KK. (Puntos kilométricos): 205+020 y 206+320 . La longitud del túnel es de 809,58 m.

La sección de excavación estará comprendida entre 30 y 34 m² y una longitud de 809,58 m. En el plano nº 4 se detalla claramente la sección transversal del túnel.

La excavación de esta galería se hará mediante perforación y voladura, tal y como se detalle en el anejo correspondiente al cálculo de la voladura.



6.2. Situación geológica

La geología se parte de la información obtenida de los mapas geológicos del Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) en sus hojas correspondientes. Para completar dicha información, se apoyan en sondeos geotécnicos realizados para valorar geológica y geotécnicamente la zona. Dicha campaña de prospecciones se detalla en el anejo nº 4 del presente anteproyecto.

Las hojas del Mapa Geológico de España a 1:50.000 son la nº 866 (Yeste) y la nº 841 (Alcaraz).

La zona está situada en la parte externa de las cordilleras Béticas y el borde de la Meseta, existiendo zonas de morfología distinta. En la Meseta hay que diferenciar dos conjuntos litológicos y estructurales distintos: el zócalo y la cobertera.

El zócalo lo forman los materiales paleozoicos plegados durante la orogenia herciana. Estos materiales quedan cubiertos por las formaciones mesozoicas discordantes. Es una zona caracterizada por un escaso relieve, a veces casi nulo, con formas de erosión cárstica, debido a la litología calcárea de los tramos jurásicos, y en la que se distinguen la depresión modelada en los materiales triásicos, que dejan asomar en algunos puntos niveles paleozoicos del zócalo.

La otra zona corresponde al borde externo de las cordilleras Béticas, con fuerte relieve, acentuado en el Sur. Las cordilleras Béticas se subdividen en zona bética, subbética, prebética.

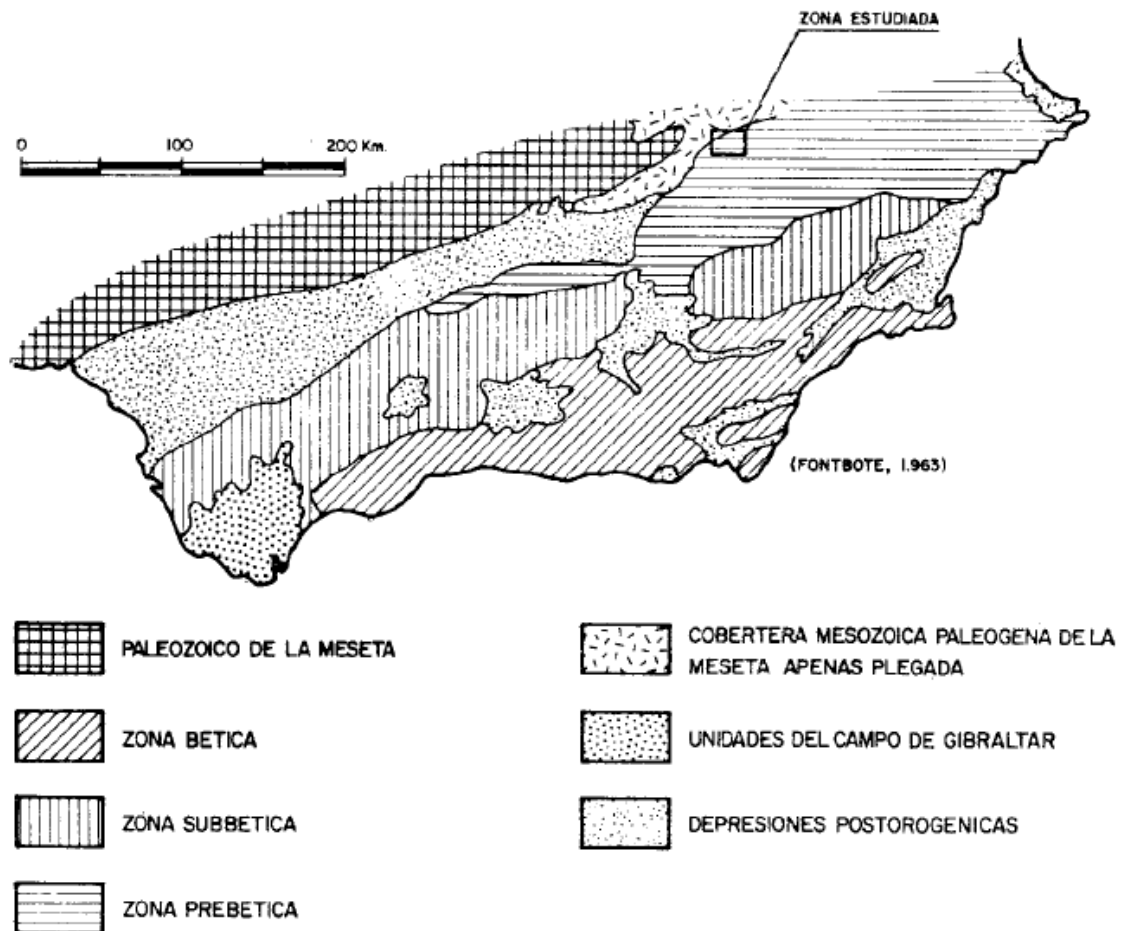


Figura 5: Situación geológica de la zona estudiada.

Como se observa en la anterior figura, se corresponde la zona de estudio con la zona Prebética, que es la más externa de las tres subdivisiones anteriormente comentada. Limitada en el norte con la cordillera Ibérica, la Meseta y la depresión del Guadalquivir. Presenta facies menos profundas y próximas a costa que las existentes en la zona Subbética.

Estructuralmente, la zona se encuentra enclava en el arco Cazorla-Alcaraz-Hellín-Yecla, y cuyas estructuras son de dirección SO-NE, propia de las cordilleras Béticas, pasan a NO-SE. En la parte central de dicho arco, la direcciones O-E.

Morfológicamente la zona está caracterizada por alternancia de elevaciones y depresiones que corresponden a la presencia de niveles carbonatados y margosos dispuestos a



escamas paralelas; hacia el interior se localizan las grandes depresiones ocasionadas por los afloramientos margosos triásicos y elevadas sierras constituidas por las estructuras jurásicas.



Figura 6: Calizas margosas de la zona de estudio.

Como se observa en la figura siguiente, la zona de anteproyecto se sitúa sobre calizas margosas del triásico (triásico indiferenciado en la columna litológica). Pertenecen a los materiales propios de la formación de Siles.

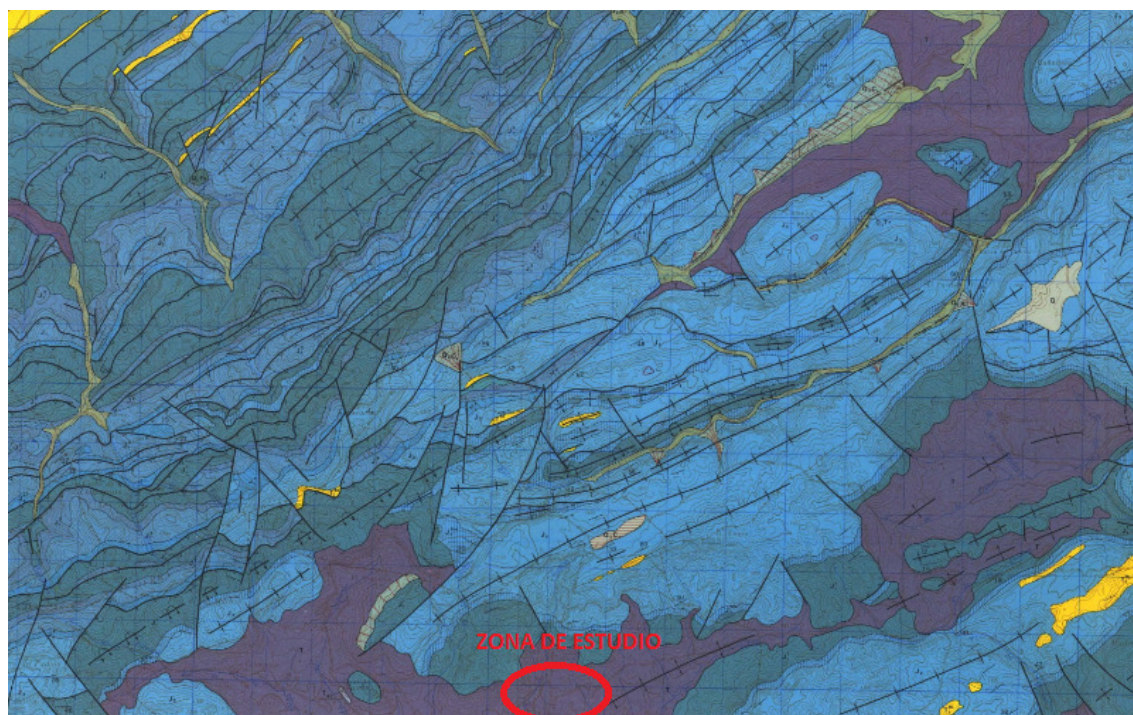


Figura 7: Situación geológica, hoja 866 del MAGNA.



6.3. Columna Estratigráfica

En esta zona afloran materiales del paleozoico, así como triásicos, jurásicos y cretácicos, terciarios y cuaternarios, predominando los triásicos y jurásicos.

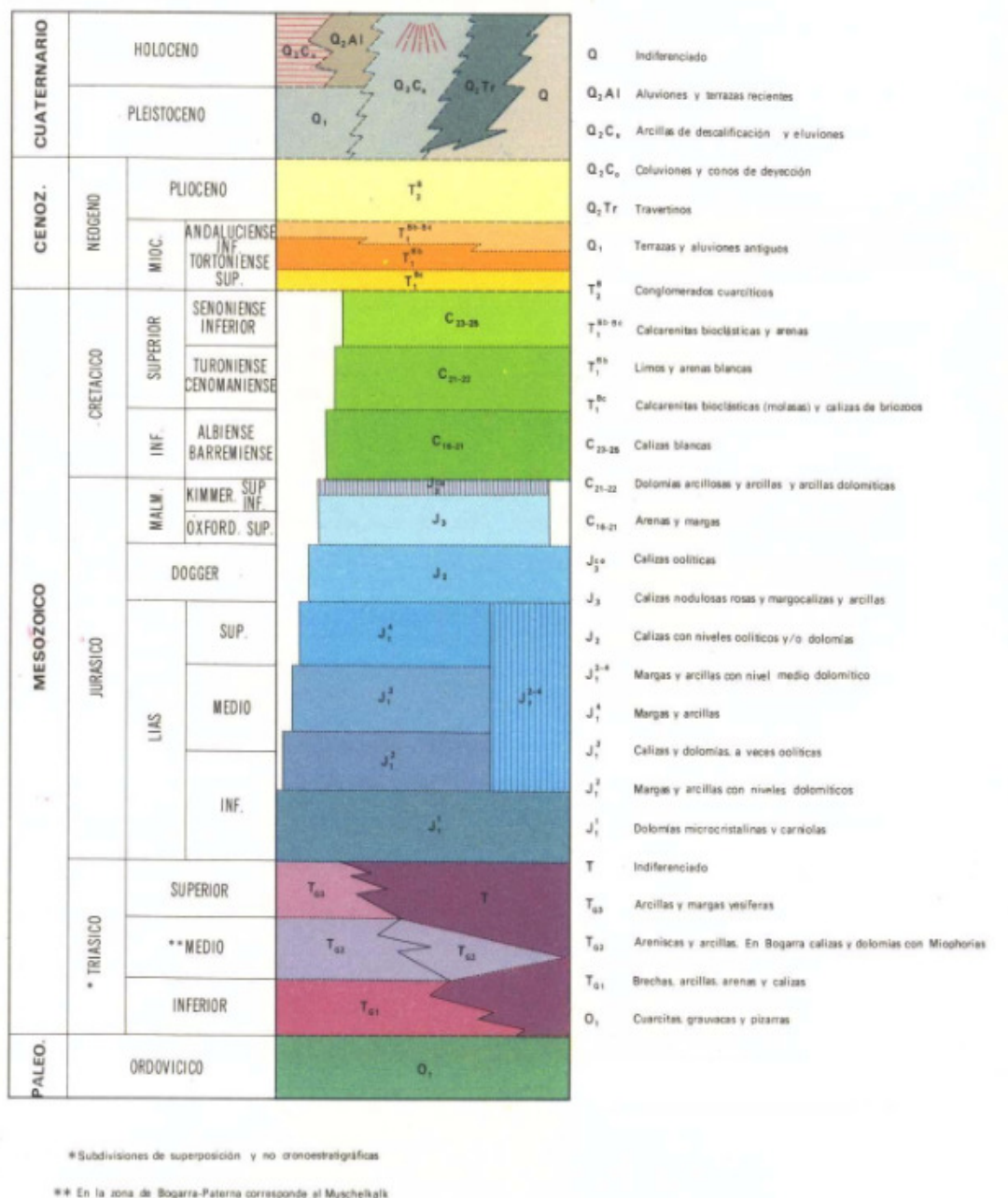


Figura 8: Columna estratigráfica de la zona estudiada.



6.4. Tectónica

Se puede hacer una división en: zócalo de la meseta y cobertera.

Dentro de la cobertera se aprecia una zona no afectada por los plegamientos béticos y otra que sí ha sido afectada intensamente por éstos. Por lo tanto, se puede subdividir en cobertera tabular y zona prebética.

La zona Prebética se divide a su vez en dos dominios diferenciados, tanto estratigráfica como tectónicamente, y son el Prebético Externo y Prebético Interno.

El Prebético externo se caracteriza por haber respondido a los esfuerzos del plegamiento por medio de fracturas, siendo muy típica la estructura en escamas, así como los pliegues apretados, incluso volcados, en algunos puntos.

El Prebético Interno, por lo contrario, ha respondido a los esfuerzos mediante pliegues de gran radio y posteriormente fallas normales, dudo su potencia mayor en series con respecto al Prebético Externo.

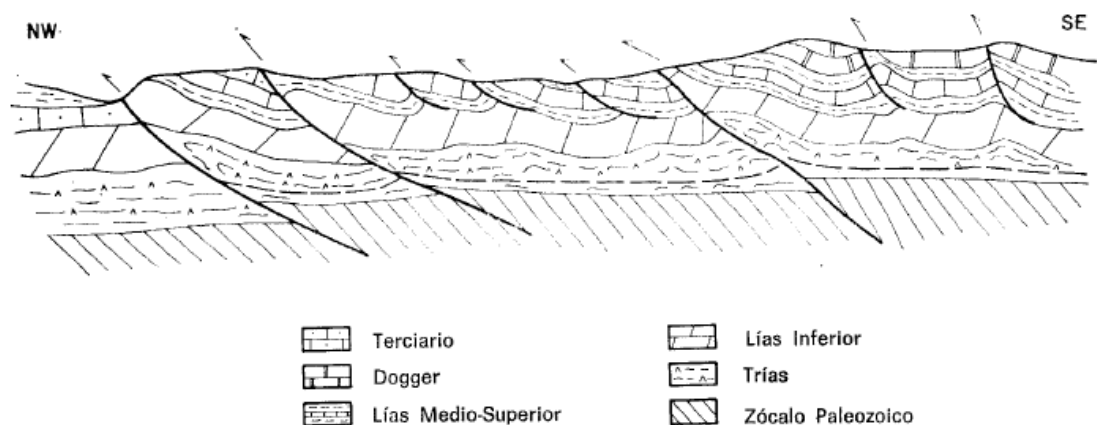


Figura 9: Corte esquemático con niveles de despegue en el Trías y Lías.



6.5. Hidrogeología

En la región se puede considerar que las precipitaciones medias anuales oscilan entre los 300 y 500 mm. en el dominio Prebético externo, siendo el doble en el interno.

Las características topográficas y tectónicas no hacen posible la existencia de acuíferos potenciales aptos para la captación, ya que a altas cotas y con la tectónica complicada hacen que todos los acuíferos estén drenados por completo.

En primer lugar habría que considerar los tramos liásicos de dolomías microcristalinas, con fuerte fisuración, y características favorables para constituir un buen acuífero, pero al aflorar el substrato triásico en la zona tabular queda drenada toda la formación.

La alternancia de niveles permeables e impermeables aflorantes da lugar a la formación de numerosas fuentes en el contacto de los diferentes tramos.

Las dolomías del Dogger deberían presentar un gran interés hidrogeológico, dadas sus características litológicas de gran permeabilidad ligada a la propia textura de las dolomías de grano grueso y fisuración originada durante el proceso de dolomitización secundaria. Hay que añadir la permeabilidad de fractura originada en la etapa tectónica.

Al encontrarse formando estructuras en sinclinal, cuyo substrato impermeable son las arcillas del Lías y afloran, se encuentran “colgadas” y como consecuencia drenadas, como lo prueba el gran número de fuentes que existen en contacto permeable-impermeable, algunas de ellas con caudales superiores a los 50 l/s, como en la Sierra del Agua, Los Endrinales y Calar de la Osara.

A continuación se expone un gráfico, que también se comenta en el Anejo nº3 de impacto Ambiental.



Tiempo de Molinicos - clima, temperatura y precipitación

Temperatura - Molinicos media (° C)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
España	7	7	11	13	16	22	24	24	20	16	10	7
Molinicos	6	7	10	13	15	23	26	26	21	17	10	7

Promedio de precipitación - Molinicos (mm)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
España	50	48	55	44	47	13	8	18	39	78	60	55
Molinicos	30	46	64	43	60	15	7	16	33	59	35	62

Figura 10: Tabla de los datos climáticos de la zona de actuación.

6.6. Trabajos de investigación

La determinación de la naturaleza geológica de los materiales atravesados por la traza del túnel se halla con un Estudio Geológico y Geotécnico previo a un posible proyecto. Los datos geológicos obtenidos del Instituto Geológico y Minero de España deben ser contrastados y refundados en la realidad y para ello se han obtenido datos de estudios geotécnicos muy próximos a la zona que se realizaron previamente. Consta de:

- Sondeos a rotación con extracción de testigo continuo. Durante la perforación de los sondeos se han extraído datos geotécnicos para elaborar un trabajo geológico y geotécnico de alta precisión de los materiales de los que se trata.
- Calicatas mecánicas mediante retroexcavadora.



Existen medidas de la dirección y buzamiento de las discontinuidades que existen en los afloramientos rocosos, levantándose estaciones geomecánicas en las zonas implicadas.

Con lo obtenido del campo, es decir, de los sondeos y de las calicatas se elaboran los ensayos geotécnicos que nos hablan de las características del substrato rocoso. Dichos ensayos son:

- Humedad natural.
- Resistencia y deformabilidad.
- Densidad de la roca.
- Resistencia a compresión.
- Resistencia a tracción.
- Tenacidad.
- Porosidad

6.6.1. Sondeos a rotación.

Se han realizado unos seis sondeos a rotación con extracción de testigo continuo. Durante la perforación de los sondeos se han extraído datos geotécnicos para elaborar un trabajo geológico y geotécnico de alta precisión de los materiales de los que se trata.

Se han considerado esos sondeos suficientes por la longitud del túnel, es decir, de longitud corta. y por ser la geología muy homogénea en todo el tramo del túnel.

La campaña de sondeos se adjunta en el Anejo nº 4.



6.6.2. Estudio Geotécnico

Los datos obtenidos de la campaña de campo han sido muy parejos. Los sondeos apenas dictan diferencias entre los puntos de perforación realizados. Por lo tanto, en la unidad de calizas margosas del Trías tenemos los valores que presentamos a continuación.

6.6.2.1. Propiedades de la roca matriz

6.6.2.1.1. Alteración/ meteorización.

La meteorización y la alteración influyen en la resistencia de la matriz rocosa como en la resistencia al corte que se pueden movilizar en el plano de las juntas. En los sondeos perforados y en la estación geomecánica realizada se ha estudiado la meteorización de las juntas de estas unidades, obteniéndose una estimación cuantitativa del grado de meteorización. La caracterización del grado de meteorización del macizo rocoso se ha hecho utilizando la escala de la ISRM (1.977) como se puede ver a continuación en la siguiente tabla.



Tabla 1: Escala de Meteorización ISRM (1977).

GRADO	SÍMBOLO	TÉRMINO	METEORIZACIÓN (% de roca descompuesta)	DESCRIPCIÓN
<i>Ia</i>	F	SANO O FRESCO	-	Sin signos visibles de alteración en la roca matriz
<i>Ib</i>				Débil decoloración en las discontinuidades principales
<i>II</i>	SW	LIGERAMENTE ALTERADO	< 10 %	Con decoloración general, indicando la alteración de la roca matriz y las discontinuidades.
<i>III</i>	MW	MODERADAMENTE ALTERADO	10 – 50%	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada a suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana y decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos
<i>IV</i>	HW	ALTAMENTE ALTERADO	50 – 90%	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada a suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana y decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos
<i>V</i>	CS	COMPLETAMENTE ALTERADO	> 90 %	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada a suelo. La estructura original del macizo está todavía fundamentalmente intacta.
<i>VI</i>	RS	SUELO RESIDUAL	100 %	Todo el material rocoso se ha convertido en suelo. Se han destruido la estructura del macizo y del material. Se ha producido un gran cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transportado de modo significativo

De acuerdo con esta clasificación, la meteorización máxima obtenida en los sondeos es de tipo o grado I, sano, siendo la meteorización muy débil.

6.6.2.1.2. Humedad natural

Los valores de humedad natural obtenidos en los ensayos de laboratorio se recogen en la siguiente tabla:



Tabla 2: Humedad natural.

	HUMEDAD NATURAL (%)
Nº DE ENSAYOS	5
VALOR MEDIO	0,54
VALOR MÁXIMO	1,1
VALOR MÍNIMO	0

El grado de humedad obtenido indica el bajo grado de porosidad de la matriz rocosa.

6.6.2.1.3. Densidad seca

La densidad de una roca depende fundamentalmente de los pesos específicos de los granos de minerales que la forman y además, está fuertemente influenciada por la porosidad que posea.

Los valores de densidad obtenidos en los ensayos de laboratorio se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 3: Densidad seca.

	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
Nº DE ENSAYOS	5
VALOR MEDIO	2,72
VALOR MÁXIMO	2,78
VALOR MÍNIMO	2,68



6.6.2.1.4. Resistencia y deformabilidad

La resistencia a compresión simple de la matriz rocosa se ha hallado a través de ensayos de laboratorio realizados sobre muestras que han sido obtenidas en los sondeos de reconocimiento geológico realizados en el macizo rocoso. Se han realizado dos tipos de ensayos:

- Ensayo de compresión simple en roca.

Los valores de resistencia a compresión simple obtenidos en los ensayos de laboratorio se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 4: Ensayo de compresión simple.

	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE Kg/cm ²
Nº DE ENSAYOS	4
VALOR MEDIO	338,4
VALOR MÁXIMO	447,7
VALOR MÍNIMO	206,2

El valor más bajo de resistencia a compresión simple es el obtenido para la muestra margas. El resto de los valores comprendidos entre 266,7 y 447, 7 kg/cm² corresponden a calizas.

- Ensayo de compresión simple en roca con bandas extensométricas.

Se ha realizado un ensayo de laboratorio para lograr determinar el módulo de deformación de la roca a partir de una muestra tomada en uno de los sondeos de reconocimiento, correspondiente a calizas de la unidad. Los ensayos son similares a los de compresión de simple, pero acoplando al testigo bandas extensométricas, que permiten



registrar la deformación axial y diametral del testigo de roca.

Los parámetros de deformación que se exponen a continuación corresponden a la matriz rocosa, y no son por tanto representativos del macizo rocoso como tal, ya que no tienen en cuenta la influencia de la fracturación. Si lo son en cambio, los correlacionados a partir de los índices geomecánicos del macizo (RMR y Q).

Tabla 5: Módulos de elasticidad.

	MODULO DE ELASTICIDAD O MÓDULO DE YOUNG MPa	COEFICIENTE DE POISSON
Nº DE ENSAYOS	1	1
VALOR MEDIO	29182	0,15
VALOR MÁXIMO	29182	0,15
VALOR MÍNIMO	29182	0,15

6.6.2.1.5. Resistencia a tracción

La resistencia a tracción se ha determinado a partir de un ensayo de tracción indirecta o ensayo brasileño, siendo el resultado el de la siguiente tabla:

Tabla 6: Resistencia a tracción.

	RESISTENCIA A TRACCIÓN (kg/cm ²)
Nº DE ENSAYOS	1
VALOR MEDIO	8,91
VALOR MÁXIMO	8,91
VALOR MÍNIMO	8,91

6.6.2.1.6. Tenacidad



En función del resultado del ensayo a tracción y del resultado obtenido de los ensayos de resistencia a compresión simple se puede estimar la tenacidad (relación σ_t/σ_c).

Tabla 7: Valores de tenacidad.

	TENACIDAD
Nº DE DATOS	1
VALOR MEDIO	0,026

6.6.2.2. Propiedades de las discontinuidades

Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el que se encuentra este túnel se ha realizado una estación geomecánica, denominada EG – 1.

En esta estación se han los datos estructurales, que corresponden a planos de estratificación y juntas o diaclasas. La principal estructura que afecta al macizo rocoso es la estratificación So. El macizo rocoso está afectado además de la estratificación, por tres familias de juntas principales denominadas J1, J2 y J3. Existen, además, numerosas juntas ocasionales.

En la siguiente tabla se recoge las principales discontinuidades con su dirección de buzamiento y buzamiento.



Tabla 8: Registro de discontinuidades.

ANÁLISIS DE DISCONTINUIDADES										
TIPO DE DISCONTINUIDAD	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO				BUZAMIENTO				N° PARCIAL DE MEDIDAS	N° TOTAL DE MEDIDAS
	MAX	MIN	MEDIO	RANGO	MAX	MIN	MEDIO	RANGO		
ESTRATIFICACIÓN So	24°	330°	1°	54°	38°	18°	28°	20°	45	128
FAMILIA J1	266°	240°	249°	26°	78°	64°	69°	14°	14	
FAMILIA J2	238°	210°	226°	28°	88°	60°	71°	28°	13	
FAMILIA J3	146°	126°	137°	20°	85°	60°	76°	25°	13	

6.6.2.3. Clasificación Geomecánica del Macizo.

6.6.2.3.1. Clasificación de Bieniawski.

Para realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso en donde se proyecta la construcción del túnel se ha aplicado la clasificación RMR de Bieniawski en la versión más reciente (Bieniawski, 1989). Como es sabido, el RMR básico (independiente de la estructura a construir y de la orientación de las discontinuidades) se obtiene como la suma de cinco parámetros:

- **Resistencia de la matriz rocosa a compresión simple:** se ha determinado por medio de un esclerómetro, siendo un método indirecto que proporciona una suficiente aproximación para aplicar la clasificación. Para su obtención en la estación geomecánica se obtuvieron 8 golpes de los que se desestimaron los dos valores inferiores y se realizó la media con los otros restantes. Con este dato y las conversiones correspondientes se obtuvo la resistencia de la matriz rocosa.

- **RQD:** para obtener el RQD se ha utilizado la fórmula de Palmström (1975):



$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v \quad (RQD \leq 100)$$

$J_v = \sum Si$: es el *índice volumétrico de juntas*, donde si es el espaciamiento medio entre familias de juntas.

- **Frecuencia de juntas:** se ha medido el espaciamiento existente entre discontinuidades de la misma familia, obteniendo así la frecuencia de juntas. El espaciamiento entre juntas es la distancia entre ellas, siendo medido según líneas perpendiculares a los planos de discontinuidad. La ISRM (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas) sugirió el uso de valores máximos, modales y mínimos, pero a efectos prácticos, se ha utilizado el valor medio, que es el recomendado por Bieniawski.

La clasificación a utilizar es la propuesta por la ISRM (1978) –Tabla 52- a la que BIENIAWSKI añadió un objetivo indicativo del estado general del macizo rocoso:

Tabla 9: Clasificación para el espaciado de juntas.

ESPACIADO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN DE MACIZO
> 2 m	Muy ancho	Sólido
0,6-2 m	Ancho	Masivo
0,2-0,6 m	Moderado	Con bloques/estratos
0,06-0,2 m	Próximo	Fracturado
> 0,06 m	Muy Próximo	Muy fracturado

- **Condición de las juntas:** para calcular el parámetro de condición de las juntas se han utilizado los criterios para la valoración paramétrica parcial de las condiciones de una junta de Bieniawski.



Tabla 10: Valoración paramétrica parcial de las condiciones de una junta.

SUBPARÁMETRO	VALORACIÓN				
Resistencia de la junta	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura en mm	0	< 0.1	0.1-1	1-5	25
	6	5	4	1	
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Algo rugosa	Lisa	Con estrias
	6	5	3	1	0
Relleno (mm)	Ninguno	Duro (< 5)	Duro (>5)	Blando (< 5)	Blando (> 5)
	6	4	2	2	0
Meteorización (grado)	Sana (I)	Ligera (II)	Media (III)	Alta (IV)	Total (V)
	6	5	3	1	0

- **Parámetro por presencia de agua:** teniendo en cuenta las observaciones realizadas para las distintas familias de discontinuidades.

Tabla 11: Clasificación para las condiciones generales de agua.

CONDICIONES	VALORACIÓN
Completamente Seco	15
Ligera Humedad	10
Humedad	7
Goteos	4
Filtraciones	0

Es posible con estos parámetros calcular el valor del RMR obteniendo posteriormente una estimación de la calidad del macizo mediante asignación a una determinada clase de roca, lo que finalmente se tendrá en cuenta a la hora de proyectar.

Para la clasificación de los diferentes terrenos a atravesar durante la excavación del túnel, se resume la siguiente tabla. Esto se debe a que la clasificación original de Bieniawski propone clases con intervalos de 20 puntos en el RMR, lo que es demasiado amplio para



poder definir con exactitud el sostenimiento a colocar.

Tabla 12: Clasificación modificada de Bieniawski en subclases.

RMR	MODIFICADO		BIENIAWSKI ORIGINAL	
	CLASE	DENOMINACIÓN	DENOMINACIÓN	CLASE
100	Ia	EXCELENTE	MUY BUENA	I
90	Ib	MUY BUENA		
80	II a	BUENA A MUY BUENA	BUENA	II
70	II b	BUENA A MEDIA		
60	III a	MEDIA A BUENA	MEDIA	III
50	III b	MEDIA A MALA		
40	IV a	MALA A MEDIA	MALA	IV
30	IV b	MALA A MUY MALA		
20	V a	MUY MALA	MUY MALA	V
10	V b	PÉSIMA		



6.6.2.3.2. Obtención del valor RMR.

Los datos necesarios para la obtención del RMR en cada sector fueron conseguidos mediante la realización la estación geomecánica y cuyo resultado se encuentra a continuación.

Tabla 13: Resultados de la Estación Geomecánica 1.

EG - 1		
PROPIEDADES	INTERVALOS	VALORACIÓN
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE	50 - 100 Mpa	7
RQD	90 - 100 %	20
SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS	0,2 - 0,6 mm	10
ESTADO DE LAS JUNTAS:		
CONTINUIDAD	3 - 10	2
APERTURA	< 0,1 mm	5
RUGOSIDAD	Algo rugosa	3
RELLENO	Ninguno	6
METEORIZACIÓN	Ligera	5
FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS	Secas	15
RMR		73
CLASE		Ila (Buena)



6.6.2.3.3. Desgaste y abrasividad

Se han realizado cuatro ensayos Schimazek para valorar la rozabilidad de los terrenos que configuran el macizo rocoso en el que se proyecta la construcción del túnel. El coeficiente de Schimazek fue propuesto por Schimazek y Knatz (1970) para estimar la influencia de la abrasividad en el desgaste de las picas de rozadoras.

Está dado por la fórmula:

$$F=Q \cdot mT \cdot \varphi \cdot 0100 \quad (1)$$

Donde:

F: coeficiente de Schimazek (Kp/cm)

Q: equivalente de cuarzo (%)

φ m: diámetro de los granos de cuarzo en cm

T0: resistencia a tracción de la roca en Kp/cm².

El Coeficiente de Schimacek es un valor empleado para evaluar la excavabilidad de las rocas mediante rozadora. Para valores del índice Schimazek superiores a 0,6 se considera que la roca es difícilmente rozable. En cuanto a las calizas que corciernen el presente anteproyecto son de Índice de Rozabilidad muy bueno.



Tabla 14: Rozabilidad de rocas según Schimazek.

Rozabilidad de las rocas en función del índice Schimazek (F)		
Coeficiente de desgaste F (Kp/cm ó KN/m)	Rozabilidad	
	Calificación	m ³ / h
0,2 – 0,3	Muy buena	45 – 65
0,3 – 0,4	Buena	30 – 45
0,4 – 0,5	Moderada	20 – 30
0,5 – 0,6	Regular	15 – 20
0,6 – 0,8	Mala	10 – 15
0,8 – 1,0	Muy mala	6 – 10

Los valores obtenidos en la anterior tabla son obtenidos con la fórmula (1) de Schimazek expuesta anteriormente

Para conocer el grado de abrasividad de los grupos litológicos que afloran en túneles se han hecho ocho ensayos de abrasividad Cerchar.

El ensayo Cerchar consiste en hacer pasar una aguja de acero, terminada en forma cónica con un ángulo de 90° y sometida a la acción de un peso de 7 kg, sobre la superficie de una muestra recorriendo lentamente una distancia de 10 mm. La abrasividad de la roca se determina a partir del diámetro, expresado décimas de milímetro, de la superficie circular producida por el desgaste del útil, de esta forma se pueden clasificar las rocas tal y como se recoge en la siguiente tabla:



Tabla 15: Clasificación de Cerchar para rocas.

CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE CERCHAR	TIPO DE ROCA
Extremadamente abrasiva	> 4,5	Gneis, pegmatita, granito
Altamente abrasiva	4,25 – 4,5	Anfibolita, granito
Abrasiva	4,0 – 4,25	Granito, gneis, esquistos, piroxenita, arenisca Darleg
Moderadamente abrasiva	3,5 – 4,0	Arenisca
Abrasividad media	2,5 – 3,5	Gneis, granito californiano, dolerita
Poco abrasiva	1,2 – 2,5	Arenisca Portland
Muy poco abrasiva	< 1,2	Caliza

En los ensayos practicados, el valor resultado nos da un índice de Cerchar de 1.2, siendo poco abrasiva; aportando el contenido margoso la mayor abrasividad y pero esto sale el coeficiente ligeramente superior a una caliza pura.

6.7. Sismicidad

En el presente anteproyecto, donde el trazado se dispone en el término municipal de Molinicos, con una aceleración sísmica básica algo superior a 0,04g, la Norma NCSE-02 será de obligado cumplimiento, tal y como se recoge en el artículo 1.2.3. “Criterios de aplicación de la norma”, de la misma. Pero, esta norma pone la advertencia en los terrenos que puedan ser inestable, pero en el presente caso, son terrenos muy consistentes y estables.

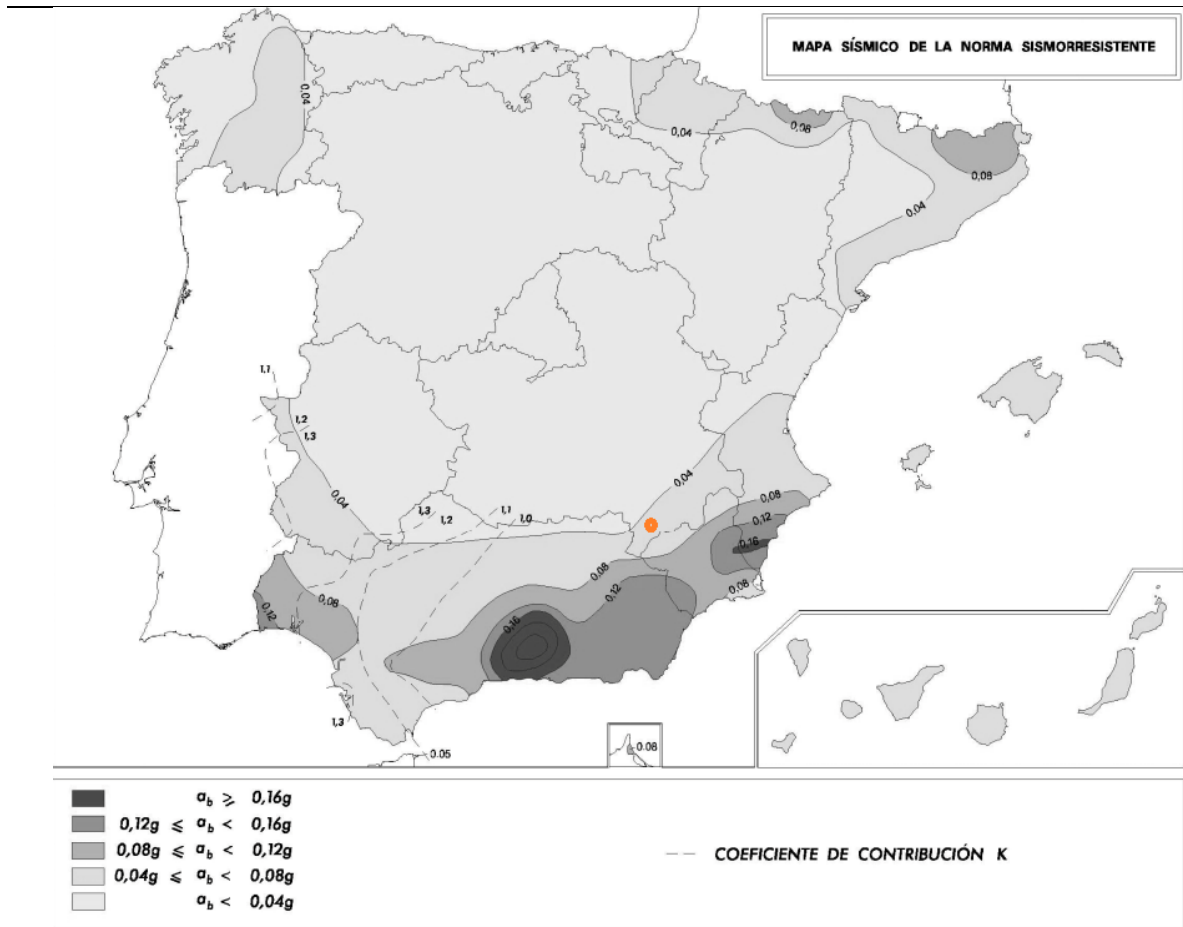


Figura 11: Criterio de Sismicidad y situación de la zona de estudio.



7. CÁLCULO Y DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL

7.1. Introducción.

El trazado en planta y alzado del túnel dependen generalmente del trazado del resto de la carretera y de las características de esta última, con la que tiene que mantener una cierta homogeneidad.

El diseño de la sección tipo suele obedecer más a aspectos propios de mismo túnel (geología, método constructivo, instalaciones, etc.), que a datos generales de la tipología de la carretera, por lo que se puede independizar del resto de la misma.

El diseño geométrico se basa normalmente en la experiencia de túneles anteriores, a partir de los que se han conseguido una serie de recomendaciones de tipo general. Cada caso concreto puede tener unas particularidades que condicionen una determinada solución, que puede llegar a ser contraria a las recomendaciones generales.

7.2. Trazado en planta

El trazado en planta suele venir determinado por la traza general de la carretera y no suele variarse de forma significativa. Se han tenido en cuenta los factores geológico-geotécnicos existentes y se han procurado evitar zonas conflictivas como fallas, zonas alteradas, etc. A continuación se justifican las decisiones tomadas.

Las boquillas se han planificado para que la aproximación sea la correcta. Es decir, que ambas bocas sean visibles por el conductor 15 segundos antes de llegar a ellas, y como la velocidad en este tramo es de 50 km/h, resulta una longitud anterior a ambas bocas de $L=4,17 \cdot V$; resultando 208,5 metros. Por lo tanto, y vistos los planos propios del presente anteproyecto, dichas distancias se cumplen.

Aunque en este anteproyecto no se recoja su cálculo, la solución adoptada serían 2



curvas circulares inmersas en el túnel para lograr unir correctamente los extremos o bocas del túnel.

7.3. Trazado en alzado

El túnel, al ser destinado a carretera, tendrá unos valores que lo diferencian de otros tipos. Debe ser acorde con la planificación en planta y viene condicionado por la topografía, ventilación artificial, drenaje y capacidad de tráfico.

La pendiente para la evacuación de aguas debe ser como mínimo del 0,5%. Se deberán de evitar los acuerdos cóncavos que produzcan puntos bajos, pues se necesitarían en ellos disponer de un bombeo para impedir que el agua se acumule. Por otra parte, es recomendado que las rampas no sean superiores al 1,5% en túneles largos, que son aquellos de más de 400 metros por las razones siguientes:

La emisión de gases contaminantes de los vehículos aumenta con la inclinación de la rampa y se hace excesiva a partir de un 2% de pendiente.

La velocidad de los vehículos pesados se reduce excesivamente en rampas superiores a estos valores, y obligaría a diseñar carriles adicionales para vehículos lentos con el consiguiente aumento de coste.

La experiencia ha demostrado que cuanto mayor es la rampa, mayor es la probabilidad de que se produzca una avería de un vehículo, que quedaría inmovilizado, provocando reducción de la capacidad y riesgo de colisión.

Las pendientes descendentes son beneficiosas por las razones contrarias a las anteriormente expuestas, aunque en el caso de incendio son perjudiciales por el efecto denominado efecto chimenea.



7.4. Sección transversal

Para el dimensionamiento de la sección transversal de un túnel hay que considerar diversos factores: anchura necesaria para la circulación del tráfico, gálibo necesario para la circulación de los vehículos, anchura de las aceras, necesidades geométricas de las instalaciones, equipamientos del túnel y, por último, la propia construcción del túnel.

Para la determinación de la sección transversal del túnel se toma como referencia la norma de trazado 3.1-IC de carreteras. Se dispondrán dos carriles de 3,50 metros, más dos arcenes, de 1 m. a cada lado de los carriles, por lo que se aumenta la sección de la carretera de origen, y se hace por motivos de seguridad. Dicha carretera, tiene una sección transversal de 8 metros.

La sección mínima propuesta por tanto por la Norma de Trazado 3.1-IC está definida de la manera siguiente:

$$2 \text{ arcenes de } 1 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

A este ancho hay que sumar dos aceras elevadas de 75 cm de ancho a ambos lados.

La sección tendrá forma circular, y será excavada mediante explosivos, adoptando una sección circular de 71,56 m².

La sección del túnel hábil para tránsito de vehículos consta de las siguientes dimensiones: 9 metros de anchura por 5 metros de gálibo para poder continuar con el trazado existente en la carretera CM-412, y por permitir todo paso de vehículos por el mismo.



7.5. Métodos constructivos

Los procedimientos de la excavación se analizan en este apartado, valorando:

- Los procedimientos de la excavación.
- Las características geológicas y geotécnicas del terreno.
- El dimensionado del sostenimiento y del revestimiento de la galería.

La puntuación total es de 73, por lo tanto el índice RMR se sitúa en el grupo II, de calidad buena. Por lo tanto, en función de este índice determinamos 2 posibles métodos o alternativas de excavación:

- Voladuras ($RMR > 40$) → Es el método más versátil, y por lo tanto el más frecuente. Aunque es posible excavar por voladuras terrenos de calidad mala o muy mala, no suele resultar práctico hacerlo.
- Rozadora ($30 < RMR < 90$) → Teóricamente la rozadora (máquina de ataque puntual y cuerpo bajo y compacto) puede utilizarse con múltiples terrenos; su limitación no es la calidad global del macizo rocoso, sino la resistencia mecánica de la roca matriz.

El ciclo de trabajo es más corto (no hay voladura ni ventilación de los gases de la explosión), y además la excavación y el sostenimiento son mucho más compatibles cuando se trabaja con rozadoras que cuando se realiza con tuneladora TBM o por voladuras.

También se utiliza el Índice de Barton, cuyo valor Q , viene determinado por la fórmula (2):

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (2)$$



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Tabla 16: Cálculo del índice de Barton Q (calidad del macizo rocoso)

INDICE DE DIACLASADO Jn (*)	VALOR	INDICE RUGOSIDAD Jr	VALOR
Roca masiva	0.5–1.0	Diaclasas rellenas	1
Una familia de diaclasas	2	Diaclasas limpias (*)	
Id. con otras diaclasas ocasionales	3	–Discontinuas	4
Dos familias de diaclasas	4	–Onduladas, rugosas	3
Id. con otras diaclasas ocasionales	6	–Onduladas, lisas	2
Tres familias de diaclasas	9	–Planas, rugosas	1.5
Id. con otras diaclasas ocasionales	12	–Planas, lisas	1.0
Cuatro o mas familias, roca muy fracturada	15	Lisos o espejos de falla	
Roca triturada	20	–Onduladas	1.5
		–Planas	0.5
(*) En boquillas 2xJn		(*) O cuyas caras entran en contacto bajo la sollicitación	

INDICE DE ALTERACION Ja	VALOR	COEFICIENTE REDUCTOR POR PRESENCIA DE AGUA	VALOR	PRESION DE AGUA (kg/cm ²)
Diaclasas de paredes sanas	0.75–1	Excavaciones secas o con <5 l/min localmente	1	<1
Ligera alteracion	2.0	Afluencia media con lavado de algunas diaclasas	0.66	1–2.5
Alteraciones arcillosas	4.0	Afluencia importante por diaclasas limpias	0.5	2.5–10
Rellenos arenosos	4.0	Id. con lavado de diaclasas	0.33	2.5–10
Rellenos arcillosos preconsolidados	6.0	Afluencia excepcional inicial decreciente con el tiempo	0.2–0.1	>10
Id. poco consolidados	8.0	Id. mantenido	0.1–0.05	>10
Id. expansivos	8–12			
Milonita de roca y arcilla	6–12			
Milonita de arcilla limosa	5			
Milonita arcillosas–gruesos	10–20			

PARAMETRO S R F	VALOR
–Zonas debiles:	
Multitud de zonas débiles o milonitas	10,0
Zonas débiles aisladas, con arcilla o roca descompuesta (recubrimiento <50m)	5,0
Id. con recubrimiento >50m.	2,5
Abundantes zonas débiles en roca competente	7,5
Zonas débiles aisladas en roca competente (r. <50m.)	5,0
Id. con recubrimiento >50m.	2,5
Terreno en bloques muy fracturado	5,0
–Roca competente:	
Pequeño recubrimiento	2,5
Recubrimiento medio	1,0
Gran recubrimiento	0,5–2,0
–Terreno fluyente:	
Con bajas presiones	5–10
Con altas presiones	10–20
–Terreno expansivo:	
Con presion de hinchamiento moderado	5–10
Con presion de hinchamiento alta	10–15

También existe esta fórmula (3) que relaciona RMR-Q (Barton). Es la que usamos para determinar el valor Q de Barton del proyecto

$$RMR = 9 \cdot \ln Q + 44 \quad (3)$$



Para nuestras calizas, podemos obtener un valor de $Q=25$, por lo que la calidad del macizo es buena.

Con el siguiente gráfico basado en la resistencia a la compresión simple de la roca y la abrasividad (índice Cerchar), obtenemos una franja posible en la que aplicaremos el método que aparece en el mismo gráfico. Optaremos básicamente por voladura por los costes generados con respecto a la tuneladora y por ser un proyecto sólo de ampliación de un túnel que ya existe.

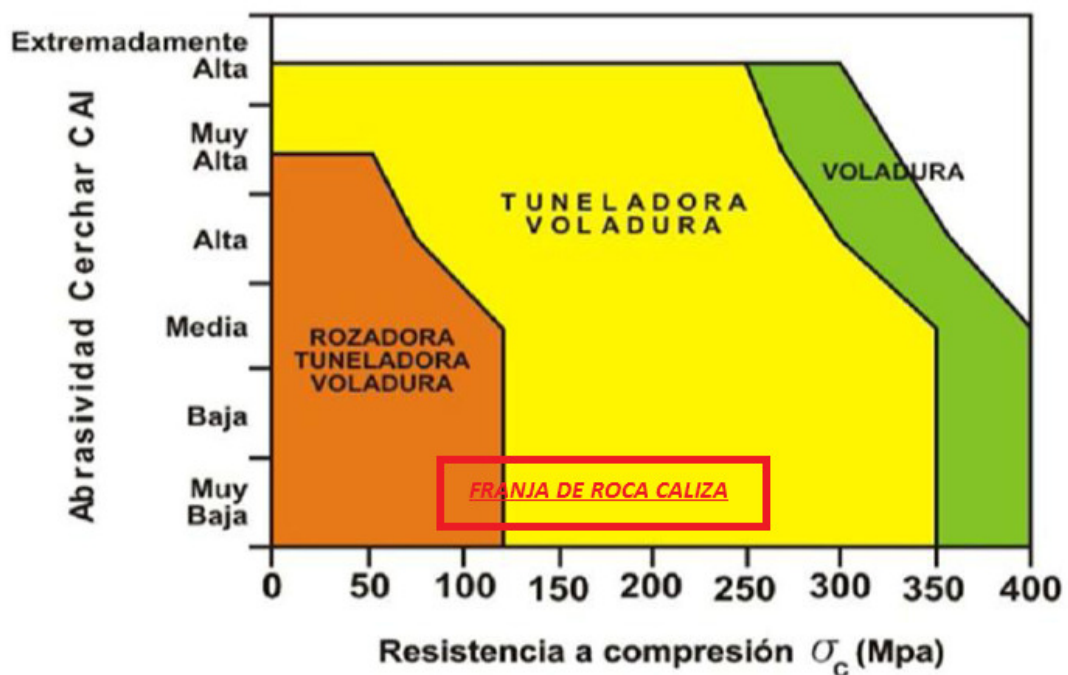


Figura 12: Diagrama de Gehring.

Ya que en el anterior gráfico y también con el valor de RMR obtenido, optamos por el método de excavación mediante perforación y voladura. Es económica y se aconseja para este tipo de roca como es la caliza.



7.5.1. Ciclo de la excavación

El ciclo básico del arranque con perforación y voladuras puede resumirse en las fases siguientes:

7.5.1.1. Fases de la excavación

- **PERFORACIÓN DE LOS BARRENOS:** La perforación se realizará con perforadora hidráulica o neumática, que será montada en equipo para perforación mecanizada.
- **CARGA DEL EXPLOSIVO:** Dependiendo de la altura del túnel, la carga se podrá efectuar desde el suelo o desde plataforma.
- **VOLADURA:** Antes de efectuar la voladura, han de cumplirse todas las medidas de seguridad que afecten al personal como a los medios materiales.
- **VENTILACIÓN:** Tras efectuar la voladura, se deberá ventilar el aire contaminado de polvo y gases antes de que vuelva el personal al túnel para continuar con el trabajo.
- **SANEOS:** Servirá para asegurar la estabilidad de los bloques en el techo y en los hastiales del túnel. Se efectuará desde los escombros, utilizando barras especialmente diseñadas para dicho fin.
- **DESESCOMBRO:** El material arrancado se cargará en camiones y se transporta hasta una zona adecuada de descarga.



-
- **SOSTENIMIENTO:** Si fuera necesario, los trabajos de sostenimiento se ejecutarán una vez concluido con el desescombro, aunque dependiendo de la calidad de la roca, puede hacerse simultáneamente con este.

El tiempo de ciclo de excavación de un túnel a sección completa suele normalmente durar de uno a dos relevos, según sea la sección y el tipo de sostenimiento necesario. La distribución de tiempos suele ser:

- Perforación de barrenos: 10 % - 30 %
- Carga del explosivo: 5 % - 15 %
- Voladura y ventilación: 5 % - 10 %
- Saneamiento y desescombro: 15 % - 35 %
- Sostenimiento: 65 % - 10 %

Dada la sección del túnel, la excavación se realizará en 2 fases (en rocas competentes los túneles con secciones inferiores a 100 m² se pueden excavar a sección completa, aunque lo normal es hacerlo en dos fases).

7.5.1.2. Partición de la sección y longitudes de enlace

La partición de la sección para la ejecución del túnel se hará en cuele (y contracuele), destroza, zapatera y el correspondiente recorte. En el anejo del cálculo de la voladura, así como en el plano adjuntado sobre la misma, se detallan las distintas particiones. La altura del avance deberá permitir que la circulación sea fluida de los vehículos y el manejo de los bulones (5,50 m).

La destroza se excavará en dos fases empleando para ello un talud del orden de 2H:3V entre los planos de avance y la destroza. Así, se facilita la circulación de maquinaria y también se habilita un mayor espacio para operaciones constructivas respecto a la alternativa de la destroza en tres fases.

Se prevén un principio por facilidad constructiva ejecutar la destroza después de haber



completado el avance del túnel. Pero en el caso de las zonas excavadas en terrenos de peor calidad, podría ser conveniente llevar ambos tajos próximos, con el objeto de proceder a un rápido cierre de la sección, para así evitar colocar soleras o apeos intermedios.

El pase recomendable de excavación previsto deberá oscilar entre 1 m y 5 m para el avance, y entre 2 m y 10 m para la destroza, y será en función de la calidad del macizo rocoso.

Las longitudes de avance recomendadas habrán de estar ajustadas en obra en función del comportamiento de los terrenos atravesados en el túnel.

7.5.1.3. Diseño de la voladura

Un esquema básico de lo que sería el diseño de la voladura para el túnel con objeto de conocer el rendimiento que se obtendría es lo que se expone a continuación.

7.5.1.4. Diámetro de los barrenos y número de taladros

Los diámetros de los barrenos dependen de la sección del túnel y para secciones de $>30 \text{ m}^2$ se recomienda que el diámetro esté entre 38 y 51 mm, si bien, es perfectamente posible utilizar diámetros que sean algo mayores. En este caso se fija el diámetro en 51 mm.



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



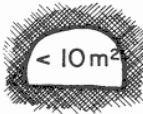
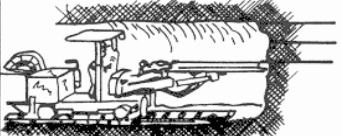
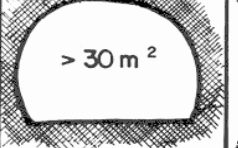
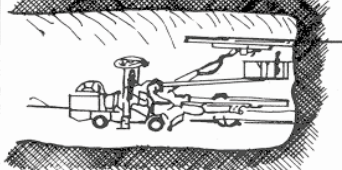
DIÁMETROS	SECCIONES	SISTEMAS DE PERFORACIÓN
27 - 40 mm. 	 < 10 m ²	
35 - 45 mm. 	 10 - 30 m ²	
38 - 51 mm. 	 > 30 m ²	

Figura 13: Diámetros según la sección y sistema de perforación.

Aún sabiendo que el número de taladros se realiza en el mismo cálculo de la voladura (como se observa en el anejo correspondiente), se puede establecer a través del siguiente gráfico una relación conforme al mismo. El número de taladros que se tienen que perforar depende de la sección que se pretende excavar y también de la facilidad que presente la roca a disgregarse. En túneles de unos 53 m² de sección y diámetros de barrenos de 51 mm, el número oscila entre 65 y 90 taladros según sea roca disgregable o roca competente.

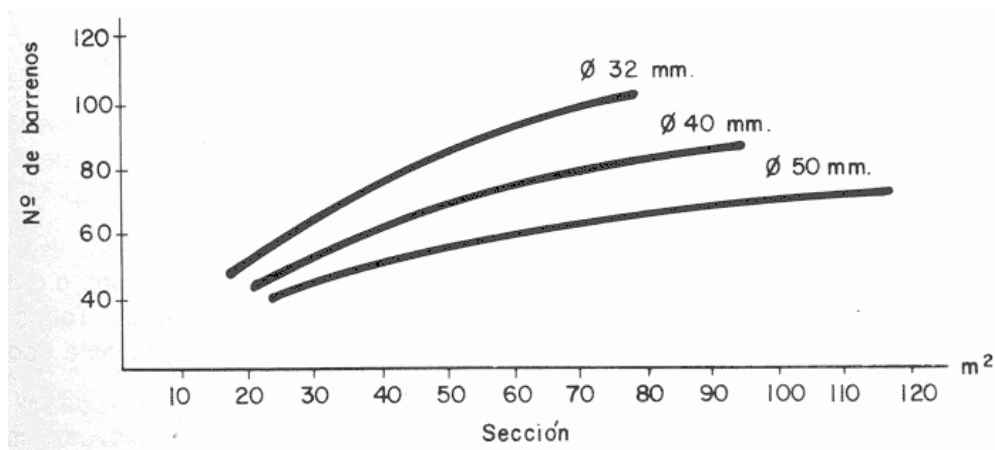


Figura 14: Número de barrenos en función de la sección del túnel.

El avance de las pegas está definido por el diámetro del barreno de expansión y la



desviación de los barrenos cariados. Si esta última se mantenga por debajo del 2 %, los avances medios X pueden llegar al 95 % de la profundidad de los barrenos.

$$X = 0,95 \times L \quad (4)$$

Donde:

X: Avance esperado

L: Perforación real necesaria

Un avance del 85 % a 90 % se puede considera como bueno. Menores avances suelen producirse por cueles que hayan sido defectuosos.

La carga de explosivo necesaria por metro cúbico de material a excavar, es decir, el consumo específico de explosivo depende también de la sección de la excavación y de la resistencia que tenga la roca. Por ejemplo, para túneles de unos 53 m² de Avance, el consumo específico oscila entre 0,80 kg/m³ y 1,30 kg/m³ en función de la roca a volar.

En la secuencia de esquema de tiro, en las distintas zonas en las que se divide el frente (cuele, contra cuele, destroza, zapatera y contorno) merece atención especial el contorno, ya que son los taladros perimetrales los que definen la forma de la excavación resultante. Por ello se disponen con un reducido espaciamiento y orientados hacia el interior del macizo para poder dejar hueco a las perforadoras en el emboquille y avance de cada pega.

Existen dos técnicas de realizar estos taladros perimetrales, que son recorte y precorte. En la primera, los taladros, separados una distancia entre ellos de 0,50 y 1,0 m llevan una carga de explosivo reducida o también nula y son los últimos en detonar. En la del precorte, los taladros se separan entre 0,25 m y 0,50 m, con un paralelismo bueno y son los primeros en detonar, por lo que se crea una grieta perimetral que aísla y protege a la roca de las vibraciones que se producen por la voladura, impidiendo de esta forma que se produzca una fracturación de la misma, conllevando un descenso en la calidad de la roca y provocando, además, un aumento en la presión de estabilización de la cavidad y de esta forma en el



sostenimiento a disponer. Es por dicha razón, por la que se recomienda en la ejecución de la voladura la técnica del recorte.

En principio no habrá que hacer una restricción de la carga operante por las vibraciones producidas, siendo la única restricción la que es de mantener unos consumos específicos de explosivos razonables y compatibles con la necesidad de fragmentación del material con el que se trabaja.

7.5.1.5. Tipo de explosivo y detonadores a emplear

Para el tipo de explosivo utilizado, se empleará Goma 2ECO, siendo cartuchos de 32 x 200 mm y 40 x 240 mm. Este es un tipo de explosivo de alta energía y gran resistencia al agua, lo que le hace apropiado para la voladura de cualquier tipo de roca y también para condiciones adversas y extremas. Es un explosivo ampliamente utilizado en avance de túneles y galerías. Adicionalmente se prevé utilizar de cordón detonante de 100 g/m para la carga de los barrenos del recorte del techo, como objeto de conseguir una mayor calidad en el contorno del túnel, ya que posee una potencia y velocidad menores que los de la Goma.

Los detonadores serán del tipo sensible, con cable de 5 metros y clasificados según el tiempo de encendido por número de detonador:

- Microrretardos de 30 μs para la zona del cuele y contracuele.
- Retardos de 500 μs para el resto de la voladura.

7.6. Sostenimiento

La carga sobre el túnel se calcula debido al recubrimiento del mismo y al peso específico la formación.

La utilización del terreno resulta de la combinación de los parámetros mecánicos del macizo (principalmente de la resistencia a compresión) así como de la carga debido al



recubrimiento sobre el túnel. Para tener en cuenta el grado de utilización del terreno se utiliza el radio plastificado alrededor del túnel. La clasificación se realiza bajo criterios elásticos (sin plastificación del terreno), plastificación del terreno en las inmediaciones del túnel (profundidad de las zonas plastificadas $< R/2$) y la plastificación profunda del terreno.

Estos criterios generan los riesgos geotécnicos o condiciones. Con estas condiciones y el tipo de unidad resulta el tipo de sostenimiento a aplicar.

Los sostenimientos propuestos se detallan a continuación:

El sistema de emboquille vendrá determinada por la siguiente tabla en función del RMR de proyecto, cuyo valor se determinó anteriormente y tiene un valor de 73.

Los emboquilles suelen presentar dificultades adicionales a las previstas en el interior de los túneles debido al carácter tridimensional del problema y a que su excavación se realiza en materiales descomprimidos y que tienen un mayor grado de meteorización que en el resto del túnel. La orientación relativa de la estructura del macizo tiene una importancia clara.

Un emboquille plantea dos problemas. Es necesario analizar la estabilidad de los taludes a ejecutar para penetrar suficientemente en la ladera y comenzar a excavar el túnel con la seguridad necesaria. También necesario garantizar en condiciones suficientes de seguridad la construcción del túnel en sus primeras fases.

Los criterios básicos para situar los planos de emboquille en el lugar más adecuado son los siguientes:

- Excavación limitada de la ladera, para el fin de reducir los taludes de excavación y posibilitar la restitución posterior respetuosa con el entorno en la medida de lo posible.
- Evitar la afección a la boca de accidentes tectónicos de importancia. Por ello,



será necesario estudiar cuidadosamente los emboquilles a causa del relieve.

Tabla 17: Tipo de emboquille.

CLASIFICACIÓN		PARAGUAS	TRATAMIENTO DEL TALUD FRONTAL				
RMR	CLASE		BULONES			HORMIGÓN PROYECTADO e (cm)	RED / MALLA
			L (m)	b/m ²	s (m)		
100	I a	Opcional	No	No	No	No	Opcional
90	I b	Opcional	3 / 4	<0,10	Ocasional	No	Si
80	II a	Ligero	3 / 4	0,11	3 x 3	No	Si
70	II b	Ligero o medio	3 / 4	0,25	2 x 2	Ocasional	Si
60	III a	Medio	4	0,44	1,5 x 1,5	Ocasional	Si
50	III b	Medio	4/5	0,70	1,2 x 1,2	Ocasional	Si
40	IV a	Medio	5/6	1,00	1 x 1	0,10-0,5	No
30	IV b	Pesado	6	1,50	0,8 x 0,8	0,15-0,20	Mallazo opcional
20	V a	Pesado	No	No	No	0,20-0,25	Mallazo simple o doble
10	V b	Pesado	No	No	No	0,25-0,30	Mallazo doble
0							

Para posibilitar el desarrollo de un arco autoportante de terreno, y en donde haya sido posible se ha fijado un mínimo para el recubrimiento de la roca sana sobre clave del orden de 1-1,5 veces el diámetro del túnel. Este recubrimiento se considera como mínimo para comenzar a excavar el túnel con suficientes garantías.

Aún así, y por condiciones de seguridad, tras uso de explosivos para la excavación, y posible deterioro de la roca sobre la que se realiza el túnel, se prevé realizar el emboquillado con pantalla de micropilotes o paraguas de micropilotes.



Dentro de los valores del RMR, en cada categoría se ha utilizado el del menor valor para introducirlo en el ábaco de Barton y así, estimar el sostenimiento adecuado según se verá a continuación.

Tabla 18: Tipo de terreno según su RMR.

TERRENO	RMR	VALOR UTILIZADO RMR
TIPO 1: MUY BUENO	> 80	80
TIPO 2: BUENO RMR=73	60 – 80	60
TIPO 3: NORMAL	40 – 60	40
TIPO 4: MALO	20 – 40	30
TIPO 5: MUY MALO	Fallas	15

Según la zona si es sísmicamente conflictiva o no, tenemos que asociar un valor de Índice Q u otro. Como nuestra zona no es conflictiva, consideramos en la siguiente tabla un valor estático.

Tabla 19: Índice de Barton para cada tipo de terreno (casos estático y sísmico)

TERRENO	VALOR UTILIZADO RMR	VALOR UTILIZADO ÍNDICE Q	VALOR UTILIZADO ÍNDICE Q
		Caso Estático	Caso Sísmico
TIPO 1: MUY BUENO	80 RMR=73	55	27,5
TIPO 2: BUENO	60	6	3
TIPO 3: NORMAL	40	0,65	0,325
TIPO 4: MALO	20	0,07	0,035
TIPO 5: MUY MALO	15	0,04	0,02

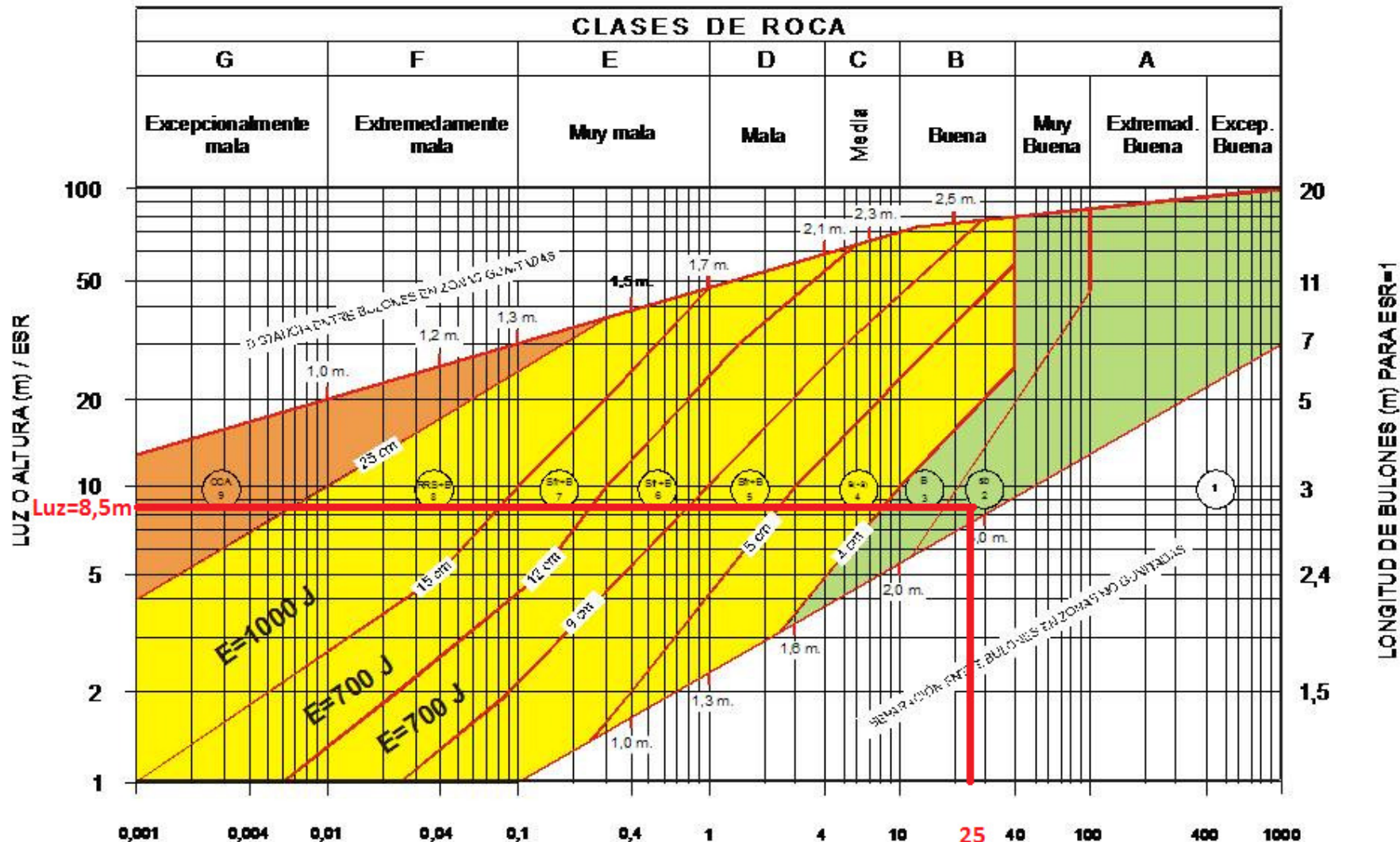


Se encuentra en esta tabla, entre los valores de RMR de 80 y 60. Por lo tanto, está entre los tipo 1 y tipo 2. El valor de Q, como se indicó anteriormente, se obtenía de la siguiente fórmula:

$$RMR = 9 \cdot \ln Q + 44$$

Así pues, con los datos de Q=25 (Índice de Barton anteriormente calculado) y con la luz máxima de 8.5 metros de la sección ampliada, se utiliza el siguiente ábaco:

SOSTENIMIENTOS SEGUN BARTON (1992)



- | | |
|----------------|--|
| (1) | Sin sostenimiento |
| (2) sb | Bulonado ocasional |
| (3) B | Bulonado sistemático |
| (4) B (+S) | Bulonado sistemático y hormigón proyectado (4-10 cm) |
| (5) Sfr + B | Hormigón proyectado reforzado con fibras (5-9 cm) y bulonado |
| (6) Sfr + B | Hormigón proyectado reforzado con fibras (9-12 cm) y bulonado |
| (7) Sfr + B | Hormigón proyectado reforzado con fibras (12-15 cm) y bulonado |
| (8) Sfr, RRS+B | Cecharas reforzadas de hormigón proyectado, hormigón proyectado (> 15 cm) y bulonado |
| (9) CCA | Hormigón encofrado |

$$Q = \frac{RQD}{J_a} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_s}{SRF}$$



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Por lo tanto, un bulonado ocasional es el sostenimiento que requiere este tipo de túnel. La longitud entre bulones como se observa en el gráfico es de 3 metros entre ellos.

El valor determinante es la escasa luz del túnel, ya que con un RMR de 73, en muchos casos y para luces mayores se usan los sistemas que a continuación se definen en la siguiente tabla.

Tabla 20: Tipo de Sostenimiento.

TIPO Y APLICACIÓN	EXCAVACIÓN	SOSTENIMIENTO			
		Bulones	Hormigón proyectado	Cerchas de acero	Otros
Tipo I RMR: 80-100	Avance, destroza y contrabóveda. Pases de 4 m	De fricción. Longitud de 4 m Bulonado ocasional.	HP-30 con fibra (500 J) 5 cm	Ninguna	Ninguna
Tipo II RMR:60-80	Avance, destroza y contrabóveda. Pases de 4 m	De fricción. Longitud de 4 m Malla 2 x 2 m	HP-30 con fibra (500 J) 9cm	Ninguna	Ninguna
Tipo III RMR: 40-60	Avance, destroza (2 fases) y contrabóveda. Pases de 1,5 m	Longitud de 4m Ø25 malla 1,5x1,5 m en bóveda y de 6m Ø32 malla 1x1,5 m en hastiales	HP-40 con fibra (700 J) 25 cm	TH-29 a 1,5 m	1 capa de mallazo 150x150x6
Tipo IV RMR: 20-40	Avance y destroza (2 fases) y contrabóveda. Pases de 1 m	Longitud de 4m Ø25 malla 1x1 m en bóveda y de 8m Ø32 con malla 0,6x1 m en hastiales	HP-40 con fibra (700 J) 30 cm	TH-36 a 1 m	2 capas de mallazo 150x150x6
Tipo IV bis RMR: 20-40 Boquillas y zonas de baja cobertera	Avance y destroza (2 fases) y contrabóveda. Pases de 1 m	Longitud de 4m Ø25 malla 1x1 m en bóveda y de 8m Ø32 con malla 0,6x1 m en hastiales	HP-40 con fibra (700 J) 30 cm	TH-36 a 1 m	2 capas de mallazo 150x150x6 Paraguas de micropilotes
Tipo V Fallas	Avance, destroza (2 fases) y contrabóveda. Pases de 0,75 m	Bulones de fibra de vidrio en el frente	HP 40 reforzado con fibra (700 J) 30 cm de espesor	HEB-180 a 0,75 m, pata de elefante anclada con micropilote	2 capas de mallazo 150x150x6. Contrabóveda en avance. Paraguas Micropilotes

7.7. Revestimiento

Una vez completada la excavación y el sostenimiento del túnel, se aplicará el hormigón armado del revestimiento. En sí, el revestimiento no es necesario por razones estructurales a



corto-medio plazo, ya que dicha misión la cumple el sostenimiento provisional, pero su colocación es necesaria por los motivos siguientes:

- El revestimiento aporta un coeficiente de seguridad adicional en la estabilidad de la excavación, y colabora con el sostenimiento a corto plazo.

A largo plazo no se puede confiar plenamente en el bulonado del sostenimiento comentado anteriormente, pues al estar en contacto directo con las humedades del terreno tiende a la corrosión y degradarse con relativa rapidez. La estabilidad a largo plazo se garantiza pues principalmente con el revestimiento y parcialmente con el sostenimiento.

- El revestimiento de hormigón permite, además, eliminar las labores de mantenimiento y conservación del sostenimiento, crecientes con la edad del túnel, que son, normalmente, de coste elevado y que, además, entorpecen el tráfico.

- La superficie interior lisa del anillo de hormigón favorece en gran medida la circulación del aire a lo largo del túnel y mejora por tanto los condicionantes de aerodinámica del túnel.

7.8. Impermeabilización y drenaje

El objeto de la impermeabilización es evitar que las aguas de filtración provenientes del terreno (trasdós) del túnel, entren en el interior del mismo.

Primero hay que determinar los puntos donde la afluencia de agua pueda ser grande. Habría que hacer drenajes y regularizar el terreno en aquellas zonas de la superficie susceptibles de acumular agua.

Luego hay que captar dichas filtraciones singulares permanentes y encauzarlas, por medio de tubos u otros tipos de conductos, al colector general.

Cuando la dispersión de puntos con caudales sensibles es grande, hay que hacer un tratamiento de la zona con inyecciones.

También en los tramos en falla o que hayan sufrido desprendimientos deben de tratarse especialmente, tanto para su consolidación como impermeabilización.

Posteriormente hay que impermeabilizar las previsibles infiltraciones a través del macizo. Esta se realiza colocando telas impermeables entre el terreno y el revestimiento, y poniendo tubos perforados al final de los faldones de las telas, a ambos lados del túnel y longitudinales.

Los tubos conducirán el agua hasta un colector general.

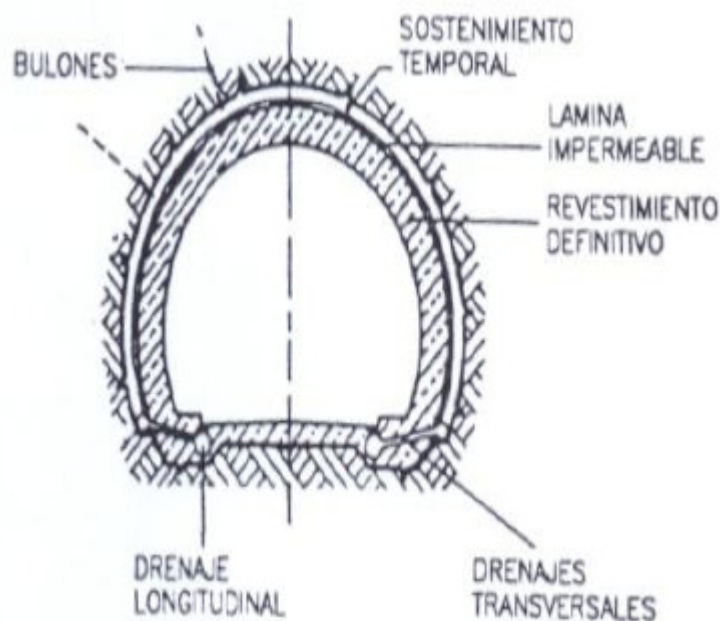


Figura 15: Boceto de impermeabilización de túnel.

En túneles de carretera, es habitual la adición de pequeñas cunetas laterales semiencajadas en el rodapié y conectadas al colector, no tanto para recoger aguas de lluvia, sino para permitir circular por el túnel vehículos con líquidos inflamables, ya que si produjera el vertido de dichos líquidos inflamables, propiciarían su rápida evacuación.



Se ha previsto una solución semi-estanca en toda su longitud, dotando a tal efecto de una lámina impermeabilizante en bóveda y hastiales y disponiendo unas bandas drenantes que encaminan las aguas hasta las canaletas laterales dispuestas como rebaje en el hormigón de solera de la sección.

7.9. Bulones

En base a lo anteriormente expuesto en el capítulo de sostenimiento, se considera que lo más adecuado para la construcción del túnel de forma ocasional es el empleo de bulones. Como tipo, se optará por el tipo de expansión de tipo. A priori, y aunque en el presupuesto se incluya su cálculo, no se bulonará, por lo competente que es el terreno. El bulonado será en zonas de terreno menos compacto y la distancia entre bulones será de 3 m.

7.9.1. Bulones tipo Swellex

Los bulones de acero tipo Swellex consisten en tubos de acero plegados sobre sí mismos con casquillos soldados en los extremos. Se introducen fácilmente en el taladro, dado que el diámetro inicial es inferior al final. Una vez introducidos en el taladro se expanden mediante el bombeo de agua a alta presión por uno de los casquillos.

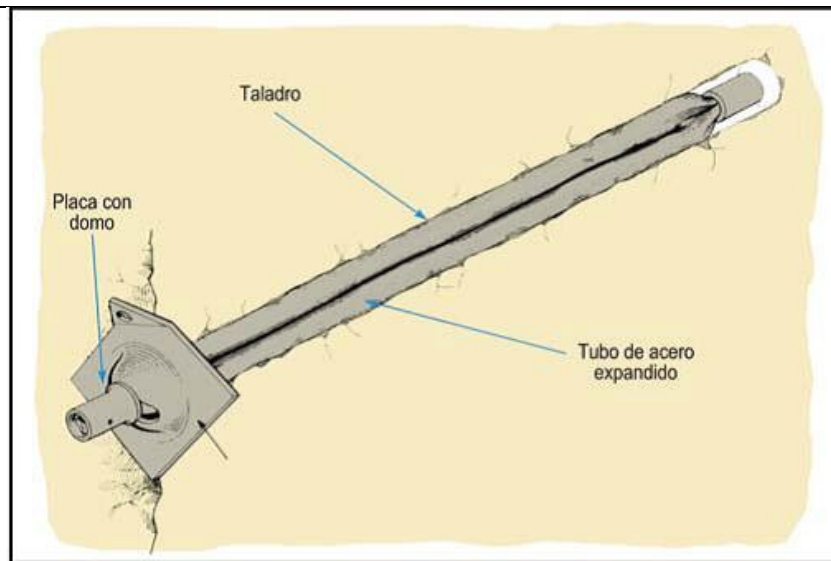


Figura 16: Bulón tipo Swellex.

De esta forma y una vez expandido el bulón, se genera una tensión de contacto entre el bulón y la pared del taladro, actuando dos tipos de fuerzas diferentes, una presión o fuerza radial perpendicular a su eje en toda su longitud y una fuerza de rozamiento estático o fricción también en toda su longitud, esta fuerza depende del tipo y estructura de la roca y de la dimensión del taladro.

Los bulones Swellex se clasifican según su carga de rotura en:

- 100 kN Swellex Mn12
- 160 kN Swellex Mn16
- 200 kN Swellex Mn24



8. VENTILACIÓN

La siguiente tabla muestra las características geométricas, que afectan a la ventilación de la galería de evacuación.

Tabla 21: Características geométricas de ventilación.

	Longitud (m)	Sección Libre (m ²)	Diámetro hidráulico (m)	Diferencia de cota (m)
Túnel	809,58	32	8,5	14

8.1. Sistema de ventilación

Se hace necesaria una ventilación mecánica por las dos razones siguientes:

- En caso de incendio en el túnel, cuando las puertas se encuentran abiertas, por ejemplo durante la evacuación de los viajeros o la intervención de los servicios de rescate, debe existir una velocidad del aire del orden de 1-1.5 m/s en la sección de la puerta de emergencia para de esta forma impedir la entrada de los humos.
- En condiciones normales, cuando las puertas se encuentran cerradas, se deben ventilar las galerías de evacuación para garantizar una calidad suficiente del aire.

Se emplean dos ventiladores idénticos, uno en funcionando, y el otro en standby (100% de redundancia).



9. ELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE AUSCULTACIÓN

9.1. Introducción

La auscultación se está convirtiendo en una de las operaciones rutinarias en la Ingeniería Civil, debiendo ser más precisas cuanto mayor sea el riesgo que quede asociado a una rotura, hundimiento o afección al entorno. Por lo tanto, el campo de los túneles ha propiciado un intenso desarrollo de estas técnicas. En este anteproyecto se proponen los diferentes métodos para hacer uso de ellos en el posible proyecto.

9.2. Equipos e instrumentación

Actualmente se dispone de una gran variedad de aparatos de medida, por lo que se controlan la mayoría de las variables implicadas en el proceso constructivo.

En el siguiente cuadro, se hace un resumen de los aparatos más corrientemente utilizados y su campo de aplicación.



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Tabla 22: Equipos principalmente utilizados en la auscultación.

Función	Aparato o equipo	Utilización	Observaciones
Medida de desplazamientos	Hitos de nivelación	Asientos terreno	Defectos de apoyo en terreno compresible
	Regletas o clavos	Asientos en	
	Dianas, prismas, etc.	Control topográfico	Errores por ángulo visual y
	Cinta de convergencia	Desplazamientos entre puntos a distancia	Errores de 1 mm / 10 m o superiores.
	Electroniveles	Registro continuo de asientos	Tramos cortos
	Inclinómetros	Desplazamientos o flechas	Problemas de
	Extensómetros	Desplazamientos o asientos relativos	
	Fisurómetros o “crack meters”, micrómetros, comparadores, transductores de lectura manual o de registro	Medida de apertura de grietas, movimientos entre partes de	
	TriVec	Extensómetro	
	Clinómetros	Inclinación de edificios	
Medida de deformaciones	Extensímetros o strain- gauges	Medida de deformaciones en elementos estructurales	Problemas de instalación
	Fibra óptica	Id.	
Medida de fuerzas o	Células de presión total		
	Células de carga en		
	Células de presión		
	Células tipo Osterberg		
Medida de presión intersticial	Piezómetros de tubo abierto o de Casagrande		
	Piezómetros de cuerda vibrante		
	Manómetros		

Existen además otros muchos equipos de medida de uso poco frecuente como:

- Medidores de resistividad o conductividad.
- Acelerómetros.



-
- Líneas de asientos, tasómetros, etc.
 - Detectores de gases, etc.

Actualmente se está investigando en aplicaciones de la fibra óptica para detectar, variaciones en los estados tensionales de sostenimientos u otros elementos de los túneles.

Cada aparato tiene su campo de aplicación, su rango de medida, su precisión y su fiabilidad. Es muy importante la calidad de la instalación. Una instalación deficiente puede hacer que las medidas sean inservibles o, lo que es peor, lleven a conclusiones erróneas.

Es innecesario tomar datos cada minuto de un proceso cuya evolución se manifiesta en días o semanas. No es lo mismo hacer el seguimiento de las tensiones en un túnel de dovelas, donde los movimientos significativos son indetectables en periodos de semanas que en el de las subsidencias de edificios en zona urbana, debiendo detectar el peligro con suficiente antelación.

Está injustificado disponer aparatos registradores, necesariamente fijos, para controlar procesos que van a pasar fugazmente por su tramo de observación.

Un aparato registrador quizás no sea necesariamente más preciso que un aparato de control manual. Además de derivas electrónicas, hay otros muchos factores de error. Así pues, los teodolitos registradores se instalan en puntos altos, terrazas de edificios etc. y las medidas adolecen de las dilataciones del propio edificio, muchas veces superiores al rango de movimientos esperables.

El registro continuo puede estar indicado en estructuras importantes o monumentales en cuyo entorno se van a acometer operaciones complejas de bastante duración pero no tiene nada de sentido cuando va a pasar una tuneladora a 30 m/día.



9.3. Túneles en mina.

9.3.1. Túneles convencionales.

Nos referimos a los que se realizan por el Nuevo Método Austriaco, Sistema Bernold, Método Belga, etc.

La auscultación se limita normalmente a la medida de convergencias, aunque pueden incorporarse algunos controles complementarios como son:

- Nivelación de clave.
- Extensómetros para definir la zona plastificada en torno al túnel.
- Densímetros o extensímetros en cerchas.

A pesar de que algunas veces se colocan células de carga en el hormigón proyectado las dificultades de colocación hacen que se prefiera instalarlas en el revestimiento definitivo, siendo su utilidad mucho menor.

En zonas urbanas donde es muy importante el control de la subsidencia en superficie se deben colocar hitos de nivelación sobre el terreno. Hay que tener cuidado con la instalación de estos hitos, ya que si existe tráfico o están colocados sobre rellenos pueden presentar medidas que no se relacionen con las obras subterráneas.

Si la cobertera no es muy grande, también se prefiere instalar los extensómetros desde superficie. Ocasionalmente se colocan inclinómetros a los lados del túnel o entre éste y los edificios.

Es habitual disponer piezómetros a ambos lados del túnel para controlar la afección a los niveles freáticos.

Se utilizarán en este proyecto:



-
- Extensómetro de tres varillas.
 - Células de presión total.

9.4. Interpretación de resultados

La interpretación de las medidas no corresponde al auscultador, sino a técnicos asociados a la Dirección de Obra, Asistencia Técnica, Asesores, etc. Todas las empresas de auscultación se consideran capacitadas para interpretar las medidas.

En general hay tres métodos de interpretación:

- a) Por umbrales.
- b) Por comparación con modelos teóricos.
- c) Por experiencia previa en casos similares o “feeling” de experto.

La interpretación por umbrales es la más sencilla y por tanto, la más utilizada. Basta con ver si la medida ha rebasado o no unos valores preestablecidos (siendo de origen incierto), generalmente caracterizados por colores:

Verde:	Todo va bien.
Amarillo:	Nos estamos aproximando al peligro.
Rojo:	Situación de riesgo elevado.

Al alcanzarse un cierto umbral el Informe de Auscultación lo hace notar y ahí acaba su cometido.

En algunas ciudades, donde se conocen bien las propiedades del terreno y se han hecho muchos túneles se han llegado a establecer unos umbrales prácticos de seguridad, tales como los parámetros de asiento máximo, distorsión angular y deformación horizontal. De hecho se diseña para no rebasar tales valores. No obstante, se trata de valores “característicos” que pueden no ser admisibles en algunos casos.



Tabla 23: Valores límites de movimientos propuestos.

MAGNITU	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Asiento máximo	15 mm
Distorsión angular	1/1000
Deformación horizontal	0,001



10. BIBLIOGRAFÍA

- López Gimeno, C y al. (2003). Manual de túneles y obras subterráneas. E.T.S.I. Minas, Universidad Politécnica de Madrid.
- López Gimeno, C y al. (2003). Ingeotúneles. E.T.S.I. Minas, Universidad Politécnica de Madrid.
- López Gimeno, C. (2003): Manual de perforación y voladura de rocas, ITGME, Madrid.
- U.E.E. (2006): Manual de empleo de explosivos. UEE, Madrid.
- Luis I. González Vallejo, Mercedes Ferrer, Luis Ortuño, Carlos Oteo (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Education. Madrid.
- Custodio, E y Llamas, M.R. (1983). Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Madrid.
- Pérez Valera, Fernando (2005). Estratigrafía y tectónica del Triásico Sudibérico en el sector oriental de la Cordillera Bética. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Proyectos de Túneles de Escuelas técnicas de ingenieros de minas.
- Rodríguez Estrella, Tomás Geología e hidrogeología del sector de Alcaraz-Lietor-Yeste (Provincia de Albacete). Instituto Geológico y Minero de España.
- I.G.M.E., Mapa geológico de España 1:50.000 N° 866 (Yeste).
- I.G.M.E., Mapa geológico de España 1:50.000 N° 841 (Alcaraz).
- Instrucción sobre seguridad en túneles ferroviarios, STF-2007.
- Instrucción de hormigón estructural. EHE 2008.
- Norma 3.1-IC (2000), Trazado, de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento, Madrid.
- PG-3 “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes” con las modificaciones habidas hasta la fecha de redacción del proyecto.



-
- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
 - Listado de Normativa para proyectos de este tipo actualizada a día 17 de Diciembre de 2014 por el Ministerio de Fomento.
 - <http://tunnels.piarc.org/tunnels/ressources/4/523,Chap-7-Structural-facilities-ES-v-29.pdf>
 - <http://www.piarc.org/es/Base-Conocimiento/explotacion-de-tuneles-de-carretera/manual-de-tuneles/>
 - <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/bmfcis718c/doc/bmfcis718c.pdf>
 - Apuntes de la Asignatura de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas.
- Juan Miguel Martínez López.



ANEJOS



ANEJO N°1: CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL TÚNEL

Los datos geométricos para la ejecución del túnel son los siguientes:

- Longitud: 809,58 m
- Sección: 71,56 m²
- Perímetro: 27 m
- Diámetro hidráulico: 8,5 m
- Altura de boca entrada A: 908 m
- Altura de boca salida B: 922 m
- Criterio velocidad viento interior túnel: 1-1,5 m/s

Los ventiladores seleccionados son de las características siguientes:

- Ventilador: 4 kW
- Empuje: 150 N
- Velocidad de salida aire: 10 m/s
- Factor de instalación: 0,7

Se consideran estas hipótesis y datos para el dimensionamiento de la ventilación:

- Coef. Fricción túnel: 0,02
- Veloc. Aire contrapresión: 4,63 m/s
- Densidad de aire: 1,24 kg/m³
- Coeficiente pérdidas singulares (bocas entrada y salida): 1,6
- Coeficiente pérdidas singulares tren parado en interior: 4
- Resistencia aerodinámica tren en un túnel: 2
- Cxm*:24



El cálculo del equipos jet-fan a instalar necesita del empuje total requerido para que la masa de aire circule a la velocidad requerida. La velocidad de aire seleccionada debe oscilar entre 1 y 1,5 m/s.

Obtenido el cálculo del empuje, el número de jet-fan requeridos se calculará dividiendo el empuje total necesario entre el nominal de cada equipo.

Las pérdidas de carga del flujo de gases que se mueven a lo largo del túnel son debidas a:

- Rugosidad en las paredes, bocas de entrada y salida.
- Singularidades como codos, rejillas, interferencia de elementos.

Hay que compensar el efecto del viento en contra en las bocas. Como hipótesis que para el dimensionamiento del sistema de ventilación debe darse una corriente de viento 3 veces superior a la que habría en condiciones normales en las bocas. Puede estimarse, por término medio, que las variables atmosféricas inducen entre las dos bocas una depresión de 13,3 MPa (viento de 4,63 m/s) y que generarán una corriente de aire en el túnel con una velocidad media de 1,2 m/s.

También se va considerar el efecto de compensar las pérdidas producidas por un posible obstáculo de dimensiones semejantes a una unidad de tren parada en el tramo de estudio.

- El empuje necesario para vencer las pérdidas por ficción generadas en un conducto vienen dadas por la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$AP = \frac{f \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot Dh} S \quad (1)$$

- Donde:



-
- AP es la pérdida de presión debida a la fricción.
 - f es el cociente de fricción propio de la superficie del túnel.
 - L es la longitud del tramo de túnel.
 - Dh es el diámetro hidráulico de la sección transversal del túnel.
 - p es la densidad del aire.
 - v es la velocidad del aire.
 - S es la sección del túnel.
-
- El factor de fricción se calcula a través del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del conducto:

$$Re = \frac{p \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$$\varepsilon = \frac{E}{D}$$

El diagrama de Moody para el movimiento de fluidos por conductos dará finalmente el valor del coeficiente de fricción en función del número Reynolds y de la rugosidad relativa.

Las pérdidas de carga singulares se determinan así:

$$\Delta P = \frac{1}{2} p \cdot v^2 \cdot C \cdot S \quad (2)$$

- ΔP es la pérdida de presión.
- p es la densidad del fluido.
- v es la velocidad del fluido.
- C es una constante que depende de la sección y del NRe.



-
- S es la sección del túnel.

La constante C, es un valor adimensional y para una determinada singularidad del circuito. Se ha tomado como 1 para la boca de entrada del túnel, 0,6 en la boca de salida y 4 sobre la resistencia ejercida por el tren parado en medio del tren.

Los siguientes datos reflejan los empujes necesarios para compensar las pérdidas en el túnel, y conseguir una velocidad entre 1 y 1,5 m/s.

- Caudal necesario: 12 m³/s
- Empuje para vencer pérdidas por fricción: 12 N
- Empuje para vencer pérdidas singulares: 223,35 N
- Influencia fricción túnel-boquillas: 532,1 N
- Influencia fricción tren parado: 558,4 N
- Influencia velocidad del viento en bocas: 3989,9 N
- Influencia diferencia altitud: -35 N
- Empuje total: 150 N
- Número de ventiladores necesarios: 2 N

Se emplearán dos ventiladores idénticos de diámetro 900-1000 mm, uno en funcionando, y el otro en standby (100% de redundancia).



ANEJO N°2: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

1. Introducción

Se establece en este anejo un programa de trabajos con el fin de determinar el plazo de ejecución y para así proponer una secuencia en la ejecución de las unidades de obra que componen el proyecto.

Las obras de un proyecto de estas características suelen ocasionar graves alteraciones que, aunque sean puntuales en el tiempo, serán necesario minimizar. Los movimientos de maquinaria, las labores de despeje y desbroce, y las voladuras son algunas de dichas acciones. Implican además un elevado trasiego humano en el área, Y que son muy sensibles las especies de fauna.

Se deberá llevar a cabo una adecuada coordinación del desarrollo de las obras, mediante el correcto Plan de Obra, con la ejecución de las medidas correctoras cuando sean necesarias, procurando minimizar la incidencia negativa de las especies faunísticas

Las obras más agresivas desde el punto de vista medioambiental como voladuras, talas o desbroces de la vegetación deben distribuirse, en la medida de lo posible, a lo largo del período de duración de las obras, a fin de evitar concentraciones puntuales en el tiempo de las mismas, sobre todo durante el período de reproducción de la fauna.

Por ello, es recomendable evitar su realización durante la primavera. Las voladuras deben efectuarse fuera de las horas de mayor actividad biológica de las aves que son generalmente las horas primeras de la mañana y últimas de la tarde.

Se tratarán de evitar aquellos trabajos nocturnos en la medida de lo posible y se minimizará la iluminación nocturna en las bocas del túnel, mediante la utilización de lámparas de vapor de sodio.



Las tareas generadoras de mayores intensidades de ruido como las voladuras, tampoco deben concentrarse en períodos cortos de tiempo, y deberán fraccionarse la intensidad de las cargas. Así, se conseguirá minimizar las molestias sobre la fauna, sobre todo en el período de reproducción.

Dada la naturaleza generalista de las especies presentes, la creación de la infraestructura viaria y su explotación no hace atisbar un condicionamiento de la dinámica de las especies.

2. Unidades de obra.

Los órdenes de magnitud de medición de las unidades son las siguientes:

➔ Emboquille.

- Desbroce y excavación tierra vegetal
- Excavación con medios mecánicos, sin explosivos
- Relleno en formación de vertedero y suplemento

➔ Túneles

- Ejecución de túnel

Accesos e Implantación

Excavación y sostenimiento

- Campaña de perforaciones investigación.

➔ Seguridad y Salud.

- Seguridad de Salud



3. Rendimientos

Se han utilizado los rendimientos implícitos en la descomposición de los precios unitarios. Estos rendimientos son los siguientes:

Excavación emboquille: 1500 m³/día

Hormigón bombeado: 100 m³/día

Excavación de túnel: 5 m³/día

4. Plan de Obra

El objetivo es determinar un Plan de Obra para definir el plazo adecuado de la ejecución de las obras objeto del presente anteproyecto, así como hacer la distribución temporal de las diversas tareas.

La obtención del plazo total de ejecución de las obras definidas en este Proyecto, se ha basado en:

- Los rendimientos que se han utilizado son los indicados en los apartados anteriores.
- Se han considerado jornadas de 10 horas y meses de 20 días.

Conforme a los rendimientos usualmente empleados en obras de excavaciones en túnel se prevé o estima una duración de los trabajos de excavación, y de sostenimiento del túnel de 10 meses, suponiendo un trabajo de 2 relevos en el túnel para optimizar los equipos de cada actividad.



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Tabla 24: Diagrama de Gantt.

Titulo	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Excavación en Avance												
Excavación en Destroza												
Sostenimiento												
Emboquilles												
Auscultación												
Inyección												
Remates												



ANEJO N°3: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. Objetivos

Los túneles son elementos para solucionar trazos en terrenos donde apenas hay posibilidades de vencer a la pendiente del terreno, en donde otras opciones impliquen trayectorias muy largas para atravesar alguna topografía eminente. Se analizarán el impacto ambiental que su construcción y operación pueden ocasionar sobre el medio ambiente (agua, suelo, aire, vegetación, fauna, ...). La necesidad de construcción de túneles y la adecuación en los trabajos al medio ambiente hacen considerar este apartado dentro del anteproyecto.

Se analiza la totalidad de los impactos que la construcción de un túnel origina sobre los factores del medio físico y natural, para lo cual se considera que la tecnología constructiva que se aplica hoy en día ha venido incorporando nuevos sistemas que necesitan controlarse para que esta infraestructura se construya sin provocar cambios importantes en el ambiente. Por ello, se requirieron algunas etapas de análisis de las evaluaciones de impacto ambiental.

2. Documentación necesaria

Para la redacción del presente anejo, se han necesitado los siguientes documentos:

- Planos topográficos a distintas escalas.
- Fotografías aéreas
- Planos de Planta del Trazado del túnel.
- Planos de Perfiles Longitudinales y Transversales del Trazado
- Planos de Secciones Tipo
- Planos de Drenaje
- Planos de Estructuras
- Estudios Hidrológicos y Climatológicos



-
- Estudios Geológicos y Geotécnicos
 - Estudio de Movimiento de Tierras

3. Impactos ambientales identificados

Durante las distintas etapas de construcción del túnel se generan impactos de transformación de áreas, es decir, modificación de aspectos morfológicos del relieve, estructura de las capas subterráneas, usos y calidad del suelo, distribución de flora, fauna, y calidad de vida de los habitantes del área afectada, además de la calidad del aire, principalmente.

Se modificará el uso, destino y reservas del suelo. En la construcción los impactos ambientales serán debido a la ocupación de las áreas previamente preparadas. Finalmente, durante la etapa de operación, se generará un impacto al medio natural y socioeconómico por el uso del derecho de vía, dándose efectos ambientales a largo plazo, que desembocarán en un deterioro ambiental continuo con secuelas de tipo económico, que tienen que ser contempladas para establecer las medidas de mitigación propuestas.

Se debe recordar que la vida útil del proyecto es indefinida, debido a que este funcionará por tiempo indefinido, por lo que sus efectos más significativos en el ambiente, caso de no aplicar medidas de mitigación, quedarán como impactos residuales.

De manera más particular, destacan los siguientes impactos:

- Calidad del aire.

No existen grandes focos de posible seguimiento de la calidad del aire. Por lo tanto, el nuevo trazado del túnel repercutirá en un aumento local y puntual de polvo en suspensión, aunque a priori la calidad el aire es elevada.



Durante el funcionamiento del nuevo trazado de carretera, circularan vehículos pesados y ligeros tanto de gasoil como gasolina. Por lo tanto, no han de esperarse impactos de gran relevancia en este aspecto.

- Climatología.

El clima de Molinicos puede clasificarse como extramado, con matices húmedos (media anual de 63%), de tipo mesotérmico, con exceso de agua en mitad invernal, siendo en el periodo estival templado y seco, con insolación abundante. Entre la media de temperatura de julio y enero median unos 15°C. Se corresponde a la tipología de clima mediterráneo seco.

Los vientos predominantes son de nordeste y sudoeste. Son cuantiosos los bancos de niebla que se ubican sobre el valle del río Mundo, así como también en plena localidad de Molinicos. A continuación se añade una tabla de datos climáticos propios de la localidad.

Tabla 25: Datos climáticos de Molinicos.

Tiempo de Molinicos - clima, temperatura y precipitación												
Temperatura - Molinicos media (° C)												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
España	7	7	11	13	16	22	24	24	20	16	10	7
Molinicos	6	7	10	13	15	23	26	26	21	17	10	7
Promedio de precipitación - Molinicos (mm)												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
España	50	48	55	44	47	13	8	18	39	78	60	55
Molinicos	30	46	64	43	60	15	7	16	33	59	35	62



- Vegetación.

La flora es variada, existiendo varios cientos de taxones de rango específico de flora vascular, así como de varias decenas de taxones de hongos. También cuenta con dos especies en peligro de extinción denominadas *Coincya rupestris* y *Sarcocapnos baetica*, también de doce vulnerables y entre veintidós de interés especial; así como de 35 especies de árboles silvestres diferentes y 135 plantas de tipo endémico.

Molinicos presenta una estructura de su flora particular y evolutiva. El bosque, dentro del término municipal, se constituye por estratos como el arbóreo, el arbustivo, las lianas, plantas trepadoras y las hierbas. La principal comunidad vegetal potencial es bosque esclerófilo mediterráneo, con sus plantas que se han adaptado a la sequía estival.

Existen dos tipos de vegetación; siendo una vegetación deteriorada y otra de masas forestales. Las alteraciones de la estructura vegetal son notables alrededor de los núcleos urbanos, entre los 800 m y 1000 m, donde se encuentran en el sudeste del municipio. La influencia de las roturaciones humanas dieron lugar a áreas de quercineas, encontrándose aclaradas y desmochadas para el aprovechamientos leñosos, y pastos, bellotas para el aprovechamiento ganadero. Son superficies que por evolución se convierten en áreas de matorral con predominio de tomillares.

Las grandes masas forestales que conciernen a las distintas especies vegetales que se adaptan a los distintos climas locales, originados por desnivel y el tipo exposición. Existe preponderancia absoluta corresponde al *Pinus pinaster* que suele estar entre los 900 m y los 1300 m en la umbría, también en solanas frías o en zonas de transición de zonas cálidas y frías. También vienen el *Pinus halepensis* en los lugares cálidos entre los 800 m y los 1100 m, y además el *Pinus nigra* en sitios fríos entre los 1300 m y los 1500 m.

Destacan en el municipio los estratos arbóreos de quejigar. Las especies más representativas del sotobosque son el espino albar, el torvisco y las peonías. Dentro de la riqueza de la vegetación del municipio también están los bosques de ribera, ligados a los cursos de agua, los sauces, alamedas, choperas, olmedas y fresnedas como formaciones arbóreas.

Espinos, zarzas, rosas, madreselvas, taray, carrizales, juncales y pastizales aparecen en estos bosques caducifolios.



Cuenta con gran número de especies micológicas. Es un lugar idóneo para el nacimiento de hongos por su altitud, la composición del suelo y la variedad botánica que se tiene, así como es tan importante que incluso tiene trufas, albergando una gran variedad micológica, puesto que en los campos cercanos a Molinicos se pueden encontrar hasta una variedad de 2500 clases de setas.

- Fauna.

Por su situación en la Sierra del Segura, y por tanto, de zona agreste de montaña, Molinicos tiene gran abundancia de animales salvajes. Del grupo de la fauna vertebrada se han catalogado en cerca de 174 especies, de las cuales 6 son peces, 8 corresponden a anfibios, 17 para reptiles, 109 pertenecen al grupo de aves y 34 son mamíferos. Y dentro de la fauna invertebrada se han catalogado más de 140 especies de interés, destacando la mariposa *Graellsia isabellae*, el odonato *Coenagrion mercuriale*, y un lepidóptero, también el *Euphydryas aurinia*, además de una especie autóctona y única de la zona que es el *Navasius sulcatus*, que corresponde a una especie de saltamontes.

El hábitat de las grandes especies animales está condicionado por la estructura de tipo vegetal. Alrededor de los núcleos urbanos, en olivares o pequeños caseríos, existen rapaces que acompañan al hombre como el ratonero común, águila real, halcón común, también cernícalo vulgar, la perdiz común, la paloma torcaz, elvencejo, el abejaruco, las abubillas, el avión común, la lavandera cascadeña, la curruca cabecinegra, el mirlo, el zorzal charlo, el carbonero, el estornino, el arrendajo, la urraca, el cuervo, el chotacabras.

En los linderos del bosque, y adentrándose en estos, abundan jabalíes, musarañas, ardillas, zorros, tejones, garduñas, gato montés y la cabra montés. Destaca por su importancia otros animales como los conejos, la liebre, o el topillo de Cabrera.

En el término de Molinicos podemos encontrar fauna acuática en el río Mundo y en los arroyos que componen su red fluvial. Se ha de distinguir los peces de río como la trucha y el barbo. Ha de citarse los anfibios como las salamandras, el sapo y la rana. Hay presencia de reptiles como la lagartija colirroja, la lagartija de Valverde, el lagarto ocelado, la coronela meridional, la culebra de escalera, la culebra bastarda, y la víbora hocicuda.



- Espacios Naturales Protegidos

El municipio de Molinicos tiene una gran riqueza natural y por ello se encuentra declarado como Reserva de la Biosfera por la UNESCO. Forma parte de la red ecológica europea de conservación de la biodiversidad.

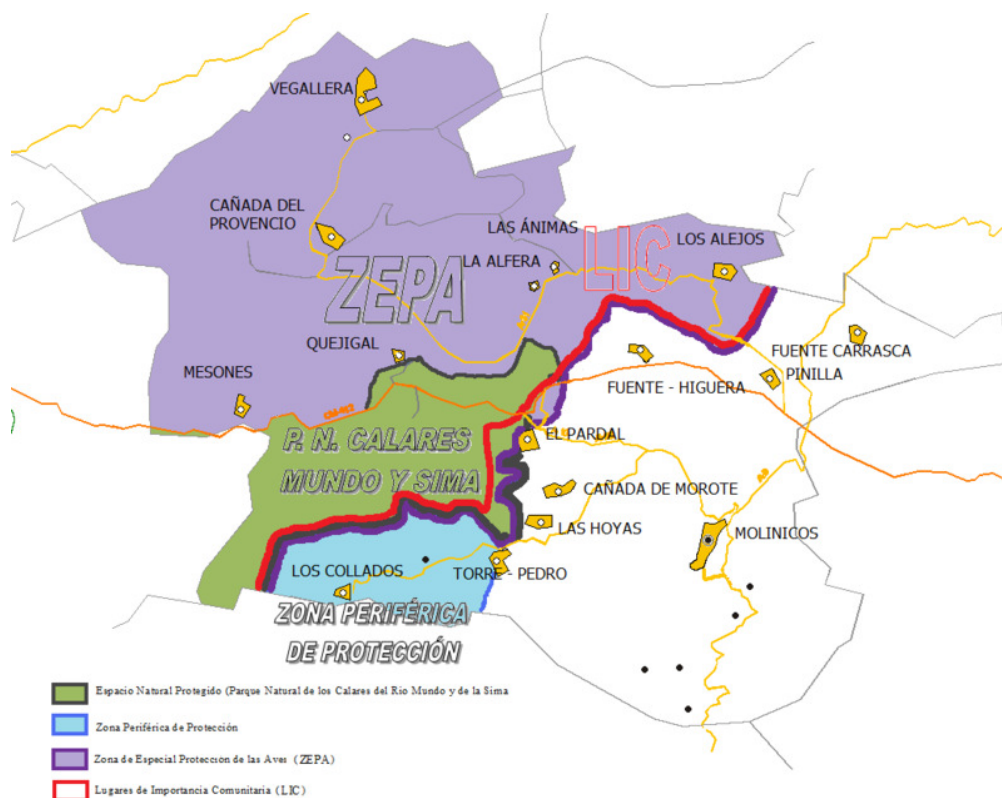
Está dentro del Parque Natural de los Calares del Río Mundo y de la Sima, declarado mediante la Ley 3/2005, de 5 de mayo de 2005, y se integra la parte más suroccidental del municipio de Molinicos, con 2 045 hectáreas, en donde se concentran las mayores masas forestales, suponiendo el 10,72 % del total del Parque.



Figura 17: Extensión Parque Natural Calares del Mundo y de la Sima.

El norte, oeste y sudoeste del municipio también se encuentra integrada en zona de especial conservación, en el L. I. C. (Lugar de Importancia Comunitaria) de la Sierra de Alcaraz y del Segura, Cañones del Segura y del Mundo, (ES4210008), incluidas en la Red Natura 2000. Del mismo modo, el norte y oeste del territorio municipal, se encuentra dentro

de la Zona de Especial Protección de las Aves, ZEPA ES0000388, incluida en la Red Natura 2000 con una superficie de 8 626,57 Ha de la misma, incluido en este municipio.



- La calidad de aguas puede verse afectada en las etapas de construcción y de operación. En la primera, los parámetros que pueden modificarse son sólidos disueltos y en suspensión (debido a los movimientos de tierra) así como los hidrocarburos y grasas (por vertidos accidentales en las zonas de almacenamiento y maquinaria pesada).
- Durante la etapa de operación los contaminantes son los derivados de la deposición de las emisiones atmosféricas, partículas y plomo, y los de conservación del revestimiento del túnel, que incluyen herbicidas y materiales epóxicos; en esta fase pueden presentarse vertidos ocasionales y derrames de aceites y grasas. Estas sustancias son arrastradas por las aguas de escorrentía va a parar a los distintos cursos fluviales pudieron ocasionar cambios en la calidad del agua.



-
- Las excavaciones y revestimientos originan la pérdida de las propiedades permeables del terreno, y como consecuencia el abatimiento del nivel freático.
 - Interrupción y/o desviación temporal de cauces, ocasionados por el movimiento de materiales, por el emplazamiento de maquinaria y equipos.
 - El movimiento de materiales, la utilización de sustancias tales como asfalto y pintura, ocasionan e la contaminación de agua.

4. Medidas de mitigación.

Las medidas de mitigación recomendadas destacan las siguientes:

- Tener en cuenta una posible modificación integral del uso del suelo en el centro de población afectado (Molinicos, Riopar...), para compensar las posibles alteraciones que puedan sufrir la planificación de equipamiento e infraestructura.
- Los cambios de uso del suelo con derecho de vía deben desarrollarse con las gestiones sociales pertinentes para indemnizar a propietarios y prever no inferir en la actividad productiva local, sea cuál sea.
- Reforestar las zonas colindantes del trazado trazo con el mismo material removido.
- Recolectar material vegetal de tipo reproductivo (semillas, esquejes, etc.) y así donarlo a los viveros locales.
- El conjunto de impactos originados por el establecimiento y operación de campamentos de trabajadores, puede mitigarse con los medios sanitarios adecuados para controlar la contaminación por aguas residuales, residuos sólidos y mediante su ubicación los lugares donde no colapsen la vida de la población ni el desarrollo de las actividades locales.
- Con respecto a materiales que se extraen de la excavación del túnel, conviene que estos sean analizados, en base a sus propiedades físicas y, de acuerdo a los resultados, se envíen a canteras donde se les pueda dar uso para construcción de otras obras.
- Se deberán observar todas y cada una de las regulaciones sobre el uso de



explosivos emitidas por el órgano competente, así como dar conocimiento a los habitantes de la zona del tipo de actividades a realizar con explosivos y las medidas de seguridad con que se cuenta.

- Establecer áreas de espera para camiones que cargan el material de la excavación de manera que no interfieran con el tránsito de vehículos. Se deberá desarrollar un sistema de avisos en los casos que se obstaculice el tránsito.
- Durante la etapa de preparación del sitio, será necesario llevar a cabo los recorridos para detectar especies vegetales valiosas que puedan trasplantarse en otros sitios.
- Durante la etapa de construcción habrá de contar con monitoreos de la calidad del aire dentro del túnel, mediante sensores de CO, NO_x, SO₂ y atmósferas explosivas, con el fin de contar con un sistema de alarma de condiciones adversas.
- En la etapa de operación y mantenimiento del túnel, se deberá implementar y llevar a cabo un plan de emergencia para aplicarlo en caso de ocurrir un accidente en el interior del túnel, considerándose incendio, explosión y derrames de sustancias peligrosas.
- Intensificar las labores de mantenimiento después de temporadas de alto tráfico, para retirar los residuos que se hayan generado.

ANEJO N°4: CAMPAÑA DE SONDEOS DE INVESTIGACIÓN

1. Metodología de la investigación geológica.

El objetivo perseguido en este proyecto de investigación consiste en comprobar la geología y geotecnia de la zona, abordando una serie de sondeos a ambos lados del túnel, cuya distancia es de 809 metros aproximadamente.

Se realizarán seis sondeos, ya que, a pesar de ser 800 metros de trazado, se prevé que la geología sea muy uniforme, consistente únicamente en la serie de calizas margosas del triásico.

Se parte de la información del Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y con sus planos y columnas se plantea como deben de ser los resultados.

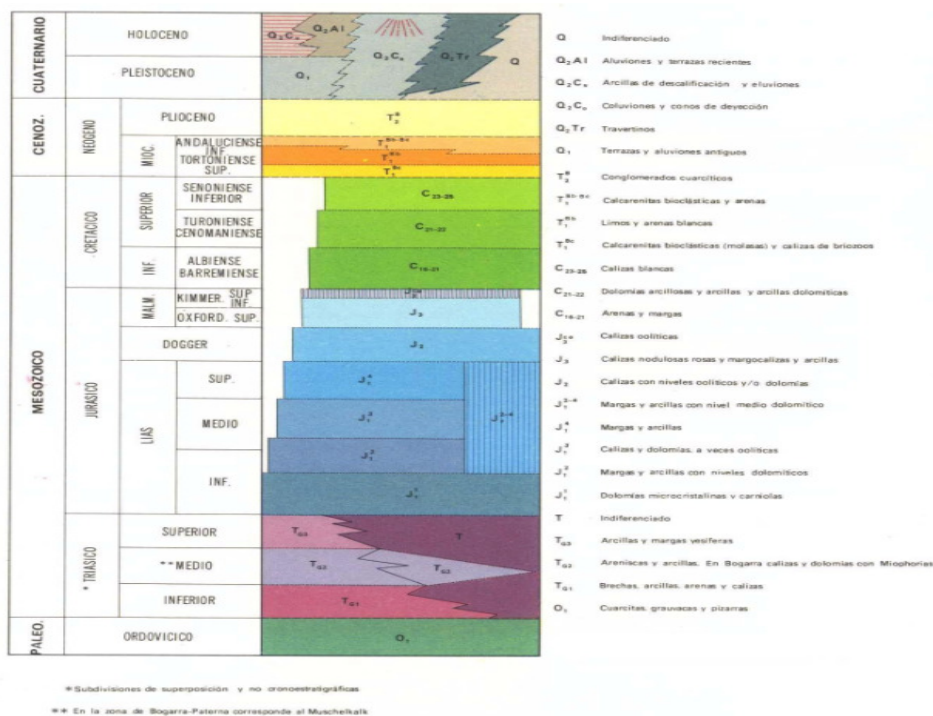


Figura 19: Columna Estratigráfica de la zona.



En caso de existir alguna anomalía a lo previsto en los resultados de los sondeos con extracción de testigo, se amplificará y se intensificará la campaña para abordar con más precisión la geología del macizo donde se prevé la situación del túnel en el municipio de Molinicos.

Los trabajos a realizar en este proyecto de investigación serán:

- Elaboración de una cartografía geológica y de afloramientos de detalle del área comprendida, a escala 1:5.000 y a escala 1:1.000 de las zonas de emplazamiento de los sondeos.
 - Sondeos mecánicos con recuperación de testigo continuo.
- Serán estos últimos los trabajos más exhaustivos, que se ejecutarán a lo largo de un plazo de un año.



Figura 20: Sondeos de investigación realizados en la zona.



2. Método de perforación

2.1. Generalidades

Teniendo en cuenta la longitud de los sondeos y los materiales a atravesar (calizas con trazas de margas), los sondeos mecánicos de menos de 100 m de longitud podrán perforarse con el sistema convencional, es decir, extrayendo toda la sarta de perforación en cada maniobra o carrera, con batería doble, a rotación y con circulación de agua en macizo rocoso, con recuperación continua de testigo.

En caso de ampliar la campaña para perforar a más longitud, será obligado el método de extracción wire-line. Se utilizará una sonda con recuperación continua de testigo, utilizando dicho sistema. El equipo convencional de este tipo de sondeos consta de sonda, bomba de agua y varillaje.

Los sondeos tendrán una profundidad de 30 metros, y se prevé encontrar la roca caliza comentada anteriormente.

La instalación de todo el equipo, más las balsas de acopio de agua, área de almacenamiento de varillaje, etc. requieren un área de 300 m² aproximadamente (rectángulo de 30 x 10 m).

El acceso a los puntos de emplazamiento de los sondeos proyectados se realizará por carreteras locales, caminos y pistas forestales existentes. Todos los accesos están transitables, por lo que no será necesaria la apertura de nuevos viales.

Una vez finalizado cada uno de los sondeos se llevará a cabo la restauración del terreno a su estado previo, tapándose las balsas de decantación de lodos y subsanando cualquier desperfecto que pudiera producirse.

Los sondeos se perforarán desde los puntos previstos en el anteproyecto, en donde los datos obtenidos permitan asegurar el cumplimiento del objeto de su perforación. Los puntos de emboquille se fotografiarán antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos. Se tomarán fotografías desde distintos, de manera que una persona que



no conozca el punto exacto de la boca, pueda llegar a él gracias a las fotografías, que ofrecerán una perspectiva amplia del emplazamiento.

En los lugares a sondear deben ser tenidas en cuenta medidas de seguridad para protección de servicios urbanos o instalaciones enterradas. Si se sospechase la afección a algún servicio, se hará previamente la preparación del terreno con los medios auxiliares adecuados. Si fuera necesario, se realizarán previamente calicatas por medios manuales hasta superar la profundidad estimada de dichos servicios.

Los lugares a perforar tendrán señalizada el área de trabajo, y dispondrán de las medidas de seguridad para los viandantes, la circulación de vehículos, el mobiliario urbano, el arbolado y, en definitiva, el entorno en que se lleva a cabo la actuación. Se insistirá en que se mantenga la limpieza del área de trabajo, debiéndose respetar las normas de seguridad en las diferentes maniobras y la utilización de los EPI (equipos de protección individual) por parte de sondistas y técnicos. Se pondrá especial atención en la delimitación del perímetro del área de trabajo para evitar la entrada a personal ajeno a los trabajos o que no disponga de las medidas de protección reglamentarias.

Asimismo, se observará que el material empleado se encuentre en todo momento en buenas condiciones para su empleo, con objeto de evitar accidentes o incidentes y conseguir que los resultados obtenidos sean del todo fiables.

El sondista deberá llevar un cuaderno de registro continuo de la ejecución de cada sondeo, en el que el se haga constar como mínimo los siguientes datos: maquinaria y equipos utilizados, fechas de ejecución, coordenadas y cota de boca, maniobras realizadas y horas de comienzo y finalización de las mismas, descripción de los terrenos encontrados indicando en qué tramos se ha perforado en seco y cuáles con adición de agua u otros fluidos autorizados. También se incluirán las ganancias y/o pérdidas del líquido de perforación, cotas del nivel freático y de otros niveles acuíferos, recuperaciones obtenidas y diámetro del sondeo, utilización de revestimiento y cuantas incidencias se hubieran producido durante la perforación. Este registro o parte del campo podrá ser solicitado por la



Dirección. Una vez terminado el sondeo, se entregará al menos una copia del parte del campo a la Dirección.

El técnico supervisor del Contratista deberá llevar también un registro diario del sondeo, con el contenido mínimo que se detalla en la hoja de trazabilidad que figure en la Propuesta de Reconocimientos aprobada por la Dirección. Este registro o parte de campo, ejecutado en tiempo real, deberá estar en todo momento a disposición de la Dirección para comprobación de la marcha del sondeo.

Los sondeos mecánicos de menos de 100 m de longitud podrán perforarse con el sistema convencional, es decir, extrayendo toda la sarta de perforación en cada maniobra o carrera, con batería doble, a rotación y con circulación de agua en macizo rocoso, con recuperación continua de testigo.

En los sondeos realizados de modo convencional, el diámetro del taladro en sondeos en roca, a 86 mm, con un diámetro del testigo igual o superior a 72 mm.

Los sondeos verticales planteados de más longitud (en caso de que haya que extender la campaña para caracterizar mejor el macizo rocoso), deberán realizarse necesariamente por el sistema de wire-line que presenta condicionantes especiales en cuanto al tipo y potencia de la maquinaria a emplear, tipo de tuberías de revestimiento, herramientas de corte y, muy especialmente, en cuanto a los diámetros de perforación empleados. La principal particularidad del wire-line se basa en que en el tren de perforación el varillaje es diámetro casi coincidente que el tubo portatestigo, lo que permite extraerlo por el interior del varillaje, sin sacar la maniobra (carrera). Esto proporciona una gran rapidez y calidad en la recuperación del material perforado mediante tal método, imponiendo una nomenclatura de los calibres de perforación particular y un rango de profundidades más habitual para cada uno de ellos, en función del objeto del sondeo y de la naturaleza del terreno.

En sondeos perforados con sistema wire-line a más de 100 metros, el diámetro mínimo del testigo será el correspondiente al tipo HQ. La siguiente tabla resume las características más notables de estos:



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



CALIBRE	DIÁMETRO PERFORACIÓN	DIÁMETRO TESTIGO	RANGO DE PROFUNDIDAD
PQ	122,6 mm	85 mm	0 – 100 m
HQ	96 mm	63,5mm	100 - 500 m

Se emplearán, en todo caso, diámetros de perforación suficientes para garantizar que se alcanza el fondo del sondeo con los diámetros mínimos de testigo especificados. Cualquier cambio en los diámetros mínimos debe estar previamente justificado por el Consultor y autorizado por la Dirección.

Los equipos de perforación estarán formados al menos por un sondista experto (oficial) y un ayudante. Deberán contar con todos los medios necesarios para la correcta ejecución de los sondeos, tales como depósito de agua, bombas, mangueras, varillaje de longitud homogénea (se prohíbe expresamente utilizar varillas de diferentes longitudes en el mismo equipo, ya que frecuentemente da origen a errores en el cálculo de la profundidad), borriquetas, canaleta de al menos 3 m de longitud, martillo de náilon, herramientas varias.

Dispondrá también de una minibomba eléctrica de diámetro inferior a 60 mm, u otro dispositivo capaz de vaciar totalmente el sondeo de agua a su finalización, o cuando la Dirección lo requiera, así como sonda piezométrica eléctrica (hidronivel) para medir la profundidad del agua, de longitud suficiente para poder medir en el sondeo que se esté perforando.

A la finalización del sondeo, la boca se protegerá con una arqueta o tapa metálica con la correspondiente cerradura, cementada firmemente al terreno de forma que no sea posible moverla con las manos una vez fraguado. La tapa de la arqueta no sobresaldrá más de 2 cm del terreno o vial donde se haya ejecutado se tomarán sus coordenadas y se nivelará topográficamente, indicándose mediante una marca indeleble el punto que se nivela. En el caso de que el sondeo vaya a ser instrumentado, la Dirección podrá exigir la instalación de arquetas especiales antivandálicas.



Antes de darse el visto bueno a cada sondeo para su abono, se comprobarán todos estos aspectos.

2.2. Desarrollo de la perforación

En los sondeos convencionales, la perforación se realizará con adición de agua en roca, salvo condiciones especiales de dureza u otras circunstancias a apreciar por la Dirección. La perforación en seco en suelos es necesaria para evitar el lavado de los finos del testigo y evitar así desvirtuar las muestras inalteradas que se tomen. De manera puntual, la Dirección podrá ordenar o autorizar la perforación a rotoperCUSión, con o sin recuperación del detritus y con la entubación que se precise para otras operaciones, ensayos posteriores o en caso de que se compruebe que el sondeo ha alcanzado desviaciones respecto de la proyectada inadmisibles, o en cualquier otra circunstancia.

Para estabilizar los sondeos, si fuera preciso, cuando se perfore con adición de agua, se utilizará entubación metálica de diámetro no inferior a 98 mm. En ningún caso, la entubación penetrará en el terreno a mayor profundidad que la prevista para la ejecución de ensayos o toma de muestras. El empleo de lodos bentoníticos o geles especiales deberá ser autorizado expresamente, previa justificación de su uso por la Dirección mediante el correspondiente informe por escrito.

En todos los casos el fondo de la perforación deberá limpiarse convenientemente antes de realizar cualquier operación de toma de muestras o ensayos in situ, no admitiéndose en el fondo del sondeo un espesor de sedimentos mayor de 5 cm. La limpieza del fondo se efectuará de forma que se asegure que el suelo o roca a ensayar no resulta alterado por la operación de limpieza.

No obstante, la Dirección podrá cambiar la metodología de toma de muestras o ensayos, si así se considerase oportuno, en función de la fase o alcance del estudio, de las características del terreno y/o de la profundidad de las prospecciones.

En roca, la longitud de carrera no será en ningún caso mayor de 3 metros. En la perforación en roca, la velocidad de avance y la de rotación se ajustarán de manera que la



recuperación del testigo sea la máxima posible. En cualquier caso, ésta nunca será inferior al 75%.

Cuando se perfore con adición de agua (en el caso de perforación en roca), el nivel de la misma en el sondeo se mantendrá en todo momento a la altura del nivel freático/piezométrico o ligeramente por encima de este. Tanto la herramienta de perforación, como cualquier otro útil que se introduzca en el taladro, se retirarán lentamente, manteniendo una aportación continua de agua a fin de evitar el posible aflojamiento del suelo.

Cuando se encuentre un estrato potente de roca, se penetrará en ella un mínimo de 5 metros, salvo autorización expresa en sentido contrario. Si se diese la presencia de huecos o cavidades en materiales de naturaleza volcánica (basaltos, tobas o similares), de diámetro aparente en sondeo superior a los 50 centímetros, se informará de manera inmediata a la Dirección con el objeto de que la longitud de dicho sondeo pueda ser prolongado en la medida que resulte necesario para el tipo de estructura, talud de desmonte, túnel o relleno que resulte de interés en la ejecución de dicho sondeo.

Si las recuperaciones obtenidas fueran suficientes y la calidad del testigo adecuada, a juicio de la Dirección, ésta podrá autorizar al Contratista la utilización de batería sencilla. Si se encontraran formaciones blandas o muy fracturadas, el Contratista tomará las precauciones necesarias para mantener el testigo tan inalterado como sea posible y conseguir la máxima recuperación. En algunas condiciones de especial dificultad de recuperación de testigo, la Dirección podrá ordenar la utilización de baterías especiales, refrigeradas por aire, y/o la utilización de baterías triples, dotadas de camisa de fibra de vidrio, del tipo T-6.

El Contratista deberá controlar la velocidad y la presión de la perforación, caudal y presión de agua y longitud de carrera, con vistas a conseguir la máxima recuperación de testigo posible. A este respecto, si la Dirección así lo dispusiese, se procederá al registro continuo de los principales parámetros de perforación, tanto analógica como digitalmente. Los parámetros a registrar serán principalmente los siguientes: Velocidad de avance, r.p.m., par de rotación, carga sobre la corona, presión de inyección, caudal de inyección, etc.



Las coronas de perforación serán las más adecuadas a las características del terreno, pero en sondeos en roca, la Dirección, podrá ordenar el uso de coronas de diamante, dado que se prevén índices de desgaste de las coronas elevados debido a la elevada abrasividad que demuestran los materiales volcánicos frente a la perforación. En este sentido, cada una de las máquinas de perforación aportadas por el Contratista deberá llevar consigo de manera permanente al menos tres 3 coronas de diamante de los diámetros adecuados a la perforación a realizar. En sondeos en roca será necesario dar comienzo a la perforación del sondeo con la corona en perfecto estado, recayendo esta responsabilidad sobre el técnico supervisor del contratista.

2.3. Extracción y manipulación del testigo

Una vez extraído el tubo portatestigos del sondeo, se depositará sobre las borriquetas. Se desenroscará la cabeza, quedando solo el tubo portatestigo. Un operario sujetará el tubo por la parte superior y otro por la caja de muelles, sin separarla del tubo. Así sujeto, el tubo se llevará al a la canaleta, que tendrá al menos 3 m de largo, y allí se sacará el testigo del mismo cuidadosamente depositándolo en ella. Un operario, con una mano sujetará la parte superior del tubo y la mano libre para, según va saliendo el testigo, colocarlo en la canaleta, mientras el otro operario se encargará de dar la inclinación correcta al tubo, golpeándolo con martillo de náilon si fuera necesario para que salga el testigo. Una vez hecho esto, el testigo de roca se regará con agua clara para limpiarlo.

Una vez colocado en la canaleta todo el testigo correspondiente a la maniobra, se clasificará, midiéndose la recuperación obtenida. Si la recuperación obtenida es mayor del 100% (hecho habitual en suelos expansivos), el testigo “sobrante” no se desechará, ya que es una medida indirecta del grado de expansividad. Sí se desechará el material procedente de las maniobras de limpieza del fondo del sondeo.

El testigo, convenientemente identificado, se situará en la caja portatestigos siguiendo la secuencia en que fue obtenido, disponiendo separadores de madera, de unos 1,5-2 cm. de grosor, entre las diferentes maniobras realizadas y delimitando las cotas de toma de muestras. El objeto de estos separadores de madera es el de conseguir la visibilidad permanente, especialmente en las fotografías, de las cotas significativas, por lo que los



rótulos serán claros y estarán escritos con tinta indeleble. Las muestras también se colocarán en las cajas y no podrán retirarse hasta que éstas se hayan fotografiado.

Las cajas portatestigo serán de plástico ondulado, evitándose el uso del cartón parafinado por su menor duración. Se rotularán claramente con tinta indeleble en ambos costados, con el nombre del tramo, sigla del sondeo, número de caja y profundidades inicial y final.

2.4. Toma de muestra de roca

La toma de muestras de roca se hará según la norma ISO 22475-1.

A fin de preservar la humedad de la muestra, se procederá al parafinado con vendas de los testigos de roca que resulte necesario, en función del muestreo definido a priori y de las características del testigo obtenido, no admitiéndose testigos parafinados de longitud menor de 35 centímetros, que no serán de abono.

En aquellos tramos de elevada fracturación, con RQD menor de 50, supondrán la no obtención de testigos parafinados. En estos tramos, se ensayarán mediante ensayo de carga puntual o PLT los fragmentos o ripios de longitud menor de 20 centímetros con el fin de obtener información indirecta sobre la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa. Todo tramo de más de 3 metros de longitud en el que nos sea posible obtener testigos parafinados quedará ensayado al menos con dos ensayos PLT por cada litología existente.

2.5. Entubado y achique de sondeos y control piezométrico

El Contratista deberá llevar un registro de la profundidad del nivel del agua en todos los sondeos, no sólo durante la perforación, sino también tras su finalización, al menos hasta la terminación de la campaña. En el registro se hará constar junto a cada medición, la fecha y hora en que fue efectuada, así como todas las incidencias que a su juicio puedan tener influencia en los niveles medidos, tales como mareas o lluvias, entre otras. Si el sondeo está seco, así se hará constar en el registro diario del sondista.



Tras la terminación de cada sondeo, se instalará en éste un tubo piezométrico perforado o ranurado, de PVC o galvanizado, para la medición del nivel freático y posibles comprobaciones de la profundidad del sondeo. Estos tubos tendrán un diámetro interior útil comprendido entre 60 y 100 mm y las uniones serán soldadas o roscadas. El extremo inferior deberá ir provisto de una tapa pegada o roscada. El tubo se instalará inmediatamente después de finalizada la perforación y los ensayos in situ, tomando las precauciones necesarias para que los desprendimientos de material de las paredes del taladro no impidan al tubo llegar al fondo del sondeo. Si fuera necesario, el tubo se colocará antes de retirar completamente la el revestimiento, si se diese el caso. No se admitirá que la longitud del tubo instalado sea diferente a la del sondeo en más de un 10% de la de éste, y en cualquier caso, inferior a 2 m. La Dirección podrá ordenar la repetición del sondeo que no cumpla este requisito, a costa del Contratista. La boca del tubo piezométrico se nivelará posteriormente con precisión de 1 cm, dejando en el extremo libre una referencia de nivel.

Cuando se haya perforado en seco todo el sondeo, se anotará el nivel al que se detectó por primera vez el agua y la posterior evolución de los niveles de ésta.

Si se perfora con agua, al finalizar el sondeo se realizarán al menos un achique de la misma, controlando los niveles antes, durante el achique a intervalos de tiempo regulares al finalizar y las posibles recuperaciones de nivel, de modo que se garantice la comprobación y posición del nivel freático. Por tanto, el Contratista deberá proponer y en su caso tener, a pie de obra, el adecuado equipo para realizar estos achiques (cacillo, minibomba, compresor, etc.,).

Si durante la ejecución del sondeo se hubieran utilizado lodos bentoníticos, o geles especiales de perforación, se limpiará éste, una vez finalizado, mediante circulación de agua limpia. La utilización de lodos bentoníticos o geles especiales precisará la aprobación previa de la Dirección, en especial si se pretende realizar posteriores ensayos de permeabilidad.

El tubo piezométrico, además de permitir el control diferido del nivel freático, podrán ser utilizados en su momento para el rellenado u obturación de los sondeos, en



aquellos casos que decida la Dirección. El rellenado deberá hacerse con una lechada estable, que debe aprobar la Dirección, a base de cemento al que se le podrá incorporar bentonita y/o arena, u otros aditivos.

El nivel piezométrico se medirá en los sondeos (una vez achicados) al día siguiente del achique, y posteriormente, una vez a la semana mientras duren los trabajos de campo. Cuando se observe que el nivel piezométrico se estabiliza, se tomarán muestras de agua. La toma de muestras de agua se hará según la norma ISO 22475-1.

Cuando se encuentre agua propia del terreno en alguno de los puntos de reconocimiento (calicatas, surgencias etc.), se procederá a la toma de muestras para su análisis.

2.6. Ensayos de permeabilidad in situ

Si las características del proyecto o del propio terreno lo aconsejan, se procederá a la realización de ensayos de permeabilidad. Estos ensayos solo son representativos de la permeabilidad del terreno si se realizan por debajo del nivel freático, por lo que no se realizarán en sondeos secos o en los que el agua sea únicamente la aportada por la perforación. Inmediatamente antes y después del ensayo se procederá a medir el nivel piezométrico. Durante la realización del ensayo estará presente, ineludiblemente, el técnico responsable del Contratista, debiendo repetirse a costa del Contratista aquellos que no cumplan esta condición.

El tipo de ensayo será Lugeon, Lefranc o Gilg-Gavard, y se decidirá según la naturaleza y estado del terreno. Las normas a aplicar son las ISO/DIS 22282-1, ISO/DIS 22282-2 e ISO/DIS 22282-3.

Si al realizar ensayos Lefranc, la inestabilidad del terreno lo aconsejara, se procedería a rellenar con gravilla el tramo de ensayo o a ensayar un tramo más corto.

Los ensayos Lugeon deben realizarse prioritariamente en el proceso de avance del sondeo y procurando que la bomba sean de suficiente caudal y presión así como de la mayor



regularidad posible en el proceso de bombeo para que el bombeo pueda asimilarse a un flujo continuo. Los obturadores podrán ser de gomas de expansión por presión o por inflado hidráulico siempre que se garantice su capacidad y resistencia frente a las presiones de ensayo.

En todos los casos se aportará la descripción del método seguido, y las relaciones presión-admisión, carga de agua-admisión, para cada tramo ensayado, con el fin de poder estimar la permeabilidad y/o inyectabilidad del terreno. Esta presentación de los procedimientos de ejecución y la interpretación de los resultados será especialmente exigible en los ensayos Lugeon para profundidades de ensayo superiores a 50 m.

2.7. Ensayos de presiometría y dilatometría

El ensayo presiométrico, como denominación genérica, es un ensayo de perforación “in situ” que se realiza en el interior de un sondeo. Su objetivo principal es medir las deformaciones radiales del terreno, inducidas por la expansión por hinchado de una célula o módulo cilíndrico alojado en dicho sondeo a la cota adecuada.

Los parámetros del terreno a determinar son, fundamentalmente, el módulo de deformación (módulo presiométrico) y el módulo de rotura (presión límite).

El equipo a utilizar para estos ensayos deberá reunir las condiciones adecuadas al tipo de terreno a ensayar, principalmente por los diferentes rangos de presiones a alcanzar y parámetros a medir. En el caso de rocas estas presiones pueden alcanzar hasta 200 kg/cm^2 y en estos casos los ensayos se conocen como dilatométricos. Estas altas presiones deben aplicarse en varios ciclos e carga-descarga, realizándose al menos 12 escalones por ciclo, hasta alcanzar la estabilización de las deformaciones.

En el caso de emplearse equipos de alta presión con medida independiente en más de una dirección, se realizan interpretaciones sobre la anisotropía deformacional.

La utilización de lamas de protección de la célula de carga sólo será autorizada en el caso de que el terreno contenga gravas abundantes.



De cada ensayo se aportará el registro digital bruto, los resultados de la calibración en tubo rígido y vacío, así como el método de interpretación utilizado. También se proporcionará el módulo presiométrico (indicando en este caso el coeficiente de Poisson estimado) y/o de corte, y las presiones de fluencia y límites (brutas y netas).

El equipo de ensayo deberá ir conectado a un ordenador que recoja todos los datos y resultados del proceso de ensayo y capaz de producir in situ los gráficos correspondientes. El proceso de hinchado de los equipos se llevará a cabo de manera automática mediante compresor, nunca mediante métodos manuales.

2.8. Ensayos de ovalización en sondeos

El estado tensional natural de un macizo rocoso puede ser estimado mediante el empleo del método llamado ovalización de sondeos. El estado tensional tiene mucha importancia en el cálculo y diseño de túneles con una carga litostática importante, por lo que la ovalización suele hacerse solamente en sondeos profundos.

Este método consiste en determinar la orientación de las tensiones que producen la deformación e incluso la rotura de las paredes de un sondeo en direcciones diametralmente opuestas, mediante la cuantificación de dicha deformación. El dispositivo que suele usarse es el llamado televisor acústico.

2.9. Ensayos de desviación de sondeos

Al ser sondeos hasta 30 metros de longitud, no se harán ensayos de este tipo. Se harían en caso de que los pozos fueran superiores a los 100 metros.

2.10. Finalización de sondeos

Una vez instalada la tubería piezométrica y arqueta de protección de la boca, y retirada la maquinaria, se procederá al adecuado cierre y compactación de las pozas de decantación de lodos inmediatamente, así como a la recogida de todos los materiales de desecho, incluidos los fragmentos de testigo procedentes de las maniobras de limpieza. La



restitución del entorno debe ser lo más completa posible, dentro de lo razonable, reponiendo el pavimento y replantando especies vegetales en zona urbana, si fuese necesario, limpiando las manchas de grasas y aceite y cuidando de no dejar ningún resto.

El emplazamiento del sondeo se fotografiará finalmente desde varios ángulos para poder comprobar estos extremos

2.11. Testificación en sondeos

Cada técnico a “pie de obra” deberá contar con determinados medios de ayuda para la clasificación y descripción visual del terreno. Entre estos medios se fijan como imprescindibles los siguientes: Cámara fotográfica, martillo de geólogo, lupa, penetrómetro de bolsillo, esclerómetro o martillo Schmidt, escisómetro (vane-test), y ácido clorhídrico diluido para la determinación cualitativa de la presencia o contenido de carbonatos. Estos medios deberán ser utilizados de modo habitual, reflejando los resultados en el cuaderno de seguimiento.

La testificación geológico-geotécnica deberá realizarse in situ o en almacén, de forma simultánea a la perforación o inmediatamente después de la misma, no debiendo retrasarse más de un día. La zona de trabajo para realizarla estará fuera de peligro, de caídas accidentales de materiales, donde no se entorpezcan las labores del sondista, donde no se acumule o circule agua y con espacio suficiente para poder extender las cajas del sondeo. Si se testifica en almacén, deberá hacerse con buena luz.

De lo anteriormente comentado, de los ensayos geotécnicos de los materiales obtenidos del testigo, se elaboran los ensayos geotécnicos y se obtienen los resultados que se presentan en el capítulo de estudio geotécnico de la memoria del presente anteproyecto.

La clasificación y descripción de los suelos y rocas se efectuará de acuerdo con las normas UNE-EN ISO 14668-2 y UNE-EN ISO 14689-1, así como con los criterios de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) y de la Sociedad Española de Mecánica de Suelos.



La testificación continua de los sondeos se hará lo más rápidamente posible, antes de que se seque el testigo. Para la testificación, el geólogo contará con unos medios materiales mínimos, que son: cinta métrica, lupa de mano, ácido clorhídrico diluido al 10%, martillo, espátula o cuchillo y cámara fotográfica.

Es recomendable disponer también de un recipiente grande con agua y un cepillo fuerte para limpiar los testigos.

Como primer paso, el testigo de suelo se limpiará exteriormente con un cepillo fuerte y agua o se raspará con la espátula o cuchillo, para quitarle la pátina exterior arcillosa que suele formarse durante la perforación y que impide muchas veces observar la naturaleza del terreno. El testigo de roca deberá regarse o humedecerse para limpiarlo y observar mejor sus características. Se volverá a colocar en las cajas y éstas se fotografiarán, a ser posible en condiciones homogéneas: todas al sol o todas a la sombra, el testigo todo húmedo o todo seco, etc. Las fotografías han de ser de buena calidad y en ellas debe figurar la identificación del sondeo, el número de caja y las profundidades inicial y final (se repetirán las fotografías que no cumplan estas especificaciones, incluso aunque la campaña de trabajos de campo ya haya terminado).

La descripción del testigo incluirá los términos habituales, siguiendo las recomendaciones de las normas citadas. Si se considera conveniente, se tomarán fotografías de detalle de algunos testigos.

En el caso de rocas se describirán sus características como tipo, textura, color, etc, así como las características geomecánicas: tipo de discontinuidad, espaciado, JRC, parámetro RQD, etc.

Terminada la testificación, se retirarán las muestras inalteradas y parafinadas para su envío al laboratorio. En el fondo de la caja se anotará con tinta indeleble, en el hueco dejado, la identificación de la muestra que se retira. Esto mismo resulta válido si se toma alguna muestra de mano del testigo.



Además del porcentaje de recuperación, se determinará para todos el testigo de roca recuperado el índice RQD. Ambos parámetros se calcularán según la norma ISO 22475-1. Las discontinuidades existentes en el macizo rocoso serán exhaustivamente descritas, según la norma. Los aspectos a definir, en cuantos tramos sea necesario, serán los siguientes: orientación relativa de las discontinuidades respecto a la discontinuidad mayor, determinación de JRC, descripción de las características del relleno de las juntas (espesor y tipo).

Además, se llevará a cabo en registro del número de fracturas por metro de testigo de roca, separando este parámetro en clases de valores enteros de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 64 fracturas/m.

La alteración de la roca será también objeto de cuantificación, ajustándose a la norma UNE-EN ISO 14689-1 que define grados de alteración entre 0 y 5. En cuanto a la resistencia de la matriz rocosa mediante índices de campo, se hará según la misma norma que define seis rangos de resistencia. Independientemente de esto, también se determinará la resistencia a compresión mediante el esclerómetro sobre fragmentos de testigo de al menos 60 cm de longitud, ensayándose estos longitudinal y diametralmente, y se tomarán fragmentos más pequeños del mismo para la determinación de la resistencia a la carga puntual (PLT).

Cada uno de estos parámetros se determinará por tramos homogéneos, y si no se pudiese por ser extraordinariamente heterogéneo el testigo, se determinará por maniobras. Si se diesen cambios en la naturaleza de éste o si la maniobra recogiese terrenos de diferente naturaleza, se asignarán estos parámetros para cada uno de ellos.

2.12. Envase y transporte de muestras

Todas las muestras y testigos obtenidos se envasarán convenientemente para evitar su alteración durante el transporte o almacenamiento, y se enviarán con la mayor brevedad posible, que no se prolongará mas allá de una semana, al almacén, laboratorio o lugar que indique la Dirección. Las muestras deberán estar siempre bajo techo, a la sombra y protegidas de la intemperie.



Las cajas de testigo se llevarán diariamente a almacén, donde se ordenarán debidamente sobre palets de 1 m² de superficie mínima. A tal efecto, el Contratista dispondrá de un almacén próximo a la zona de trabajos para el acopio de las cajas de testigos y muestras de todo tipo. También las muestras de calicatas se enviarán diariamente al almacén o al laboratorio.

El almacén será un lugar cerrado y cubierto, contará con luz eléctrica y agua y se mantendrá siempre ordenado y limpio. El almacenaje de las cajas se prolongará al menos durante un año a partir de la firma del Acta de Recepción del contrato.

Las muestras inalteradas deberán enviarse al laboratorio a la mayor brevedad posible, y deberán conservarse en él en ambiente de temperatura y humedad controlada (cámara húmeda). En este caso, únicamente se procederá a la apertura de los envases de las muestras que vayan a ensayarse, y sólo en el momento de la realización de los ensayos correspondientes. El resto de las muestras inalteradas deberán conservarse en condiciones óptimas de humedad y temperatura, idealmente en cámara húmeda, al menos durante un año a partir de la firma del Acta de Recepción del contrato, en el laboratorio del Contratista.

2.13. Testificación geofísica de sondeos

Las técnicas a aplicar podrán ser eléctricas, sísmicas, radiactivas, electromagnéticas, mecánicas, etc. Mediante la aplicación de dichas técnicas y el uso de las sondas adecuadas podrán obtenerse las diagrfías siguientes: potencial espontáneo, resistividad, inducción, sónica de onda completa, gamma natural, gamma-gamma, neutrón-neutrón, flujometría, calibre (de tres brazos), termometría, etc. La medida de la inclinación, verticalidad o desviación del sondeo y el registro de la ovalización del sondeo, han sido ya descrito anteriormente.

Se testificará siempre de abajo a arriba, introduciendo la sonda hasta el fondo del sondeo y subiéndola a velocidad constante a la vez que se mide, a excepción de la sonda de temperatura con la que se testificará de arriba a abajo para no alterar el equilibrio térmico del fluido.



En lo que respecta a las medidas a realizar, el contratista aplicará para cada sonda los procedimientos específicos del equipo utilizado. En cualquier caso, se establece que todas las sondas deberán desplazarse a muy baja velocidad (máximo 6 m/min) para incrementar la resolución vertical de los registros, excepto la sonda de flujometría que podrá desplazarse a velocidad máxima de 12 m/min.

En el caso concreto del registro de televisor acústico, la velocidad máxima de registro será de 1,5 m/min. La sonda sónica de onda completa se desplazará durante los registros a una velocidad máxima de 3 m/min.

Las medidas se realizarán utilizando cada una de las sondas correspondientes con un equipo electrónico que interprete adecuadamente las señales enviadas por la sonda y que sea capaz de indicar en cada momento la posición de la misma, con una precisión de centímetros así como su velocidad.

Con los datos obtenidos se elaborará un informe final que contenga las diagrfías correctamente representadas, la interpretación litológica de las mismas y las distintas características de los materiales atravesados en términos de interés geológico-geotécnico, los datos del sondeo mecánico que pudieran ser de interés para su interpretación y un plano de situación en planta con las investigaciones realizadas. Se indicará cual es el software y/o el método a aplicar para la interpretación litológica o paramétrica de las diagrfías.

En lo referente a los registros de radiación gamma natural y resistividad, se identificarán las diferentes unidades litológicas atravesadas por los sondeos, definiendo los contactos entre ellas y estableciendo la correlación entre sondeos cuando sea posible. Los registros sónicos de onda completa deberán incluir los registros brutos y los gráficos con los valores de V_p , V_s , E , G , K y Coeficiente de Poisson deducidos en su interpretación. También se deben identificar en ellos las zonas de falla diferenciando entre fallas abiertas y fallas selladas. Los registros de televisor acústico, además de las imágenes 3D o de la pared del sondeo desarrollada, deben incluir el análisis estructural completo del sondeo (diagramas de polos, diferenciación de familias de discontinuidades en función de la profundidad, etc.).



Siempre ha de completarse la testificación geofísica realizada con el perfil obtenido procedente de la testificación geológico-geotécnica del sondeo correspondiente, si la hubiere. Si en un mismo sondeo se utilizasen varias técnicas distintas, deberán compararse conjuntamente sus diagráfias resultantes.

A efectos de medición y abono, si tuviera que testificarse, tanto en el descenso como en el ascenso de la sonda por el interior del sondeo, se considerará como un único perfil. El consultor propondrá a la Dirección el tramo del sondeo a ensayar, siendo de abono únicamente el tramo ensayado.

2.14. Sonda o máquina de perforación y extracción de testigo

A fin de cubrir las expectativas, se utilizará la sonda TERRAMEC 1000, con amplio potencial de extracción. Es válida para los métodos que se preveen en la extracción de testigo, siendo el método convencional para menos de 100 metros, que es en principio la campaña inicial que se prevé y conforme a los resultados, y no se caracterizara bien el macizo se podría recurrir al sistema de extracción wire-line. Este sistema se haría para profundidades mayores que podrían ser bien compensadas con esta máquina, como se observa en los valores de fuerza extracción que se adjunta en la siguiente tabla.

Feed frame		
Specifications	Type 377	Type 677
Total length	6080 mm (241 in)	9080 mm (359 in)
Feed length	3700 mm (146 in)	6700 (264 in)
Feed force	79 kN (17600 lbf)	79 kN (17600 lbf)
Retract force	79 kN (17600 lbf)	79 kN (17600 lbf)
Feeding system	Hydraulic via chain feed	Hydraulic via chain feed
Chain speed	0—400 mm/sec (0—15 in/sec)	0—400 mm/sec (0—15 in/sec)
Fine feed	Steplessly variable	Steplessly variable
Feed frame positioning	Hydraulic tilt cylinder Feed extension system Turntable 3×120°	Hydraulic tilt cylinder Feed extension system Extra tilt cylinder required
Angle drilling	0—90°	0—90°
Options		
— The drill mast can be delivered in other lengths on request.		
— Weight indicator with a hold back function can be included in the feed system for deep hole drilling or diamond core drilling.		
— For feed frame Type 377 a crownblock extension capable of 6 m (20 ft) rod pull is available.		
		

Figura 21: Tabla de características de la máquina.

Por lo tanto, a fin de no cambiar de maquinaria al finalizar la campaña de 6 sondeos realizados, se usa la TERRAMEC 1000 por si hubiera que ejecutar sondeos más profundos



que los estimados a priori, que son de 30. Conforme a los resultados de los sondeos y la decisión de la Dirección de Obra de seguir profundidad a fin de establecer las bases definitivas para el proyecto, se continuará la campaña de sondeos.



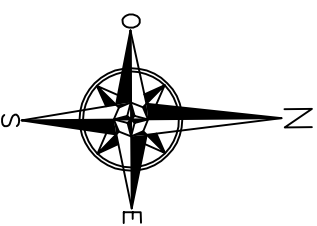
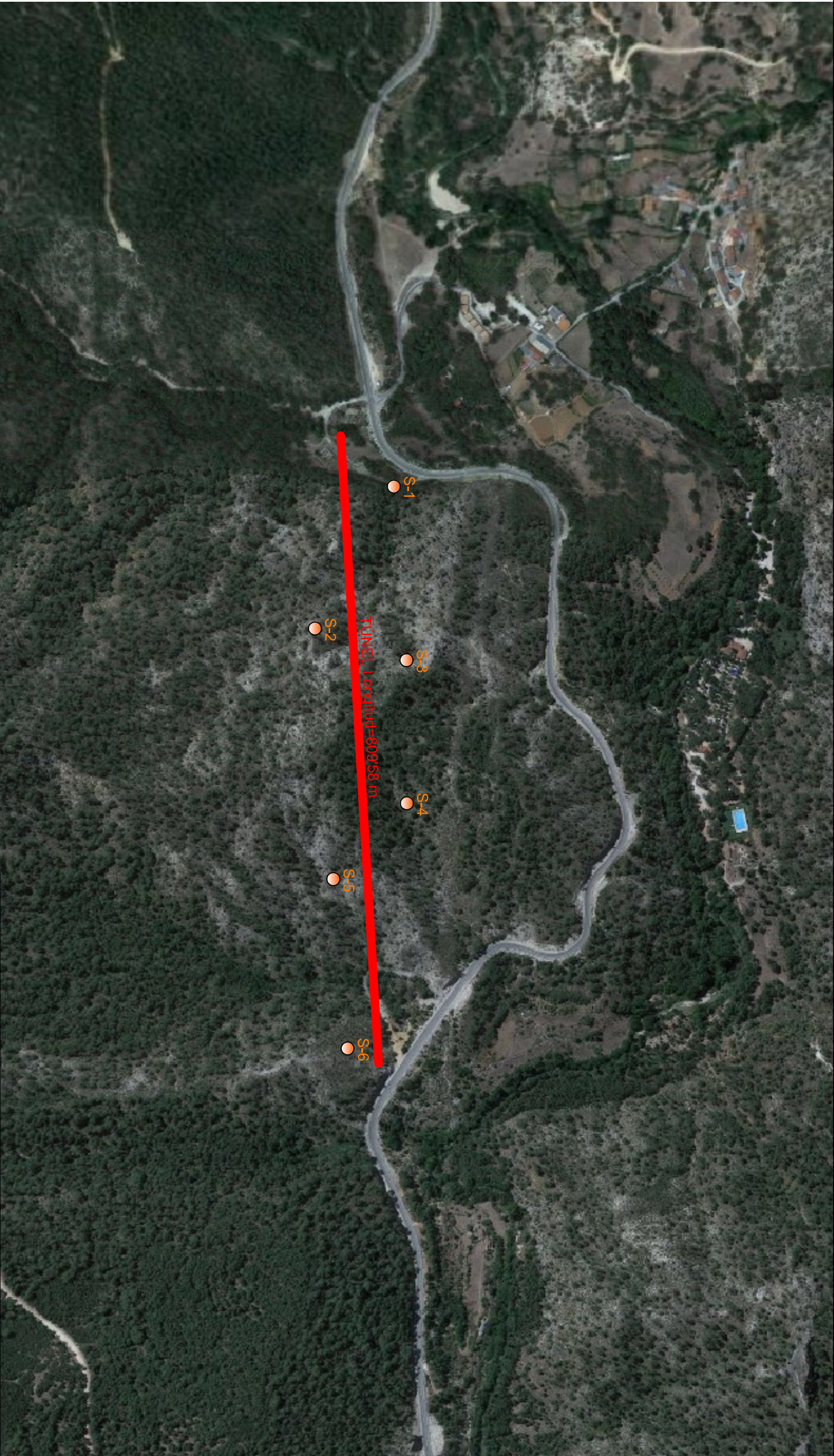
Figura 22: Máquina Terramec 1000.



3. Sondeos ejecutados.

En el siguiente plano se reflejan los seis sondeos realizados, cuyas posiciones vienen reflejadas en la siguiente tabla y que son coordenadas UTM (European Datum ED50, Huso 30) se relaciona en la siguiente tabla:

Sondeos	X (m)	Y (m)	Z (m)
S-1	556912,6	4259770,15	920
S-2	557109,56	4259680,98	974
S-3	557157,31	4259809,57	982
S-4	557330,97	4289828,62	986
S-5	557431,59	4259726,51	961
S-6	557626,72	4259760,34	931



 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO								
<table><tr><td></td><td>Fecha</td><td rowspan="3">Firma</td></tr><tr><td>Dibujado</td><td>10-01-2015</td></tr><tr><td>Comprob.</td><td></td></tr></table>		Fecha	Firma	Dibujado	10-01-2015	Comprob.		Jesús R.F.
	Fecha	Firma						
Dibujado	10-01-2015							
Comprob.								
Id. s. nor.		JESÚS RUIZ FUENTES						
Escala Aprox.								
1/4000								
Designación								
Número								
1								
Sustituye a								
Sustituido por								

PROYECTO:				COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO				X= 556.912.60 Y= 4.259.680.98 Z= 920		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL EJE: P.K.:-				F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA				PERMEABILIDAD			
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)				PRESIÓMETROS			
PROFUNDIDAD (m)							
POTENCIA (m)							
ESTRATIGRAFÍA							
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA							
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN							
R Q D							
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.							
GRADO DE ALTERACIÓN							
TIPO DE JUNTA (*2)							
ORIENTACIÓN RESPECTO A S							
BUZ. JUNTAS							
ESPACIADO (cm)							
RUGOSIDAD (*3)							
TIPO DE RELLENO (*4)							
ESPESOR (mm)							
MUESTRA							
PROFUNDIDAD MUESTRA/							
ÍNDICE DE GOLPEO							
N 30							
ENSAYO LUGEON K (cm/s)							
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)							
CLASIF. U.S.C.S.				HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3) % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%) PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)			
				RESISTENCIA COMPRESION UNIAIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAIAL SUELO (kg/cm²) TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa) ENSAYO BRASILEÑO (MPa) SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON DESMORONAMIENTO NLT-255/99 DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI) INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2 MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD DESGASTÉ DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT			
				NIVEL PIEZOMÉTRICO			
FOTOGRAFÍAS				SONDEO S-1 INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			
							
0 50 100 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000 5250 5500 5750 6000 6250 6500 6750 7000 7250 7500 7750 8000 8250 8500 8750 9000 9200							
Materiales sedimentarios: secuencia uniforme de calizas margosas							
1 919							
2 918							
3 917							
4 916							
5 915							
6 914							
7 913							
8 912							
9 911							
10							

	PROYECTO:						COORDENADAS								EMP.SONDEOS:-															
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO										X= 536,912,60 Y= 4.239,680,98 Z= 920	MAQUINA: SONDISTA :- 			 																
DISTANCIA AL EJE: P.K.-:										E.INICIO:11/2/2013 F.FINAL: 29/11/2014																				
DESCRIPCION DE LA COLUMNA LITOLOGICA																														
ESTRATIGRAFÍA																														
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)																														
PROFUNDIDAD (m)																														
POTENCIA (m)																														
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) /% RECUPERACION																														
R Q D																														
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.																														
GRADO DE ALTERACIÓN																														
TIPO DE JUNTA(*2)																														
ORIENTACIÓN RESPECTO A S BUZ. JUNTAS																														
ESPACIADO (cm)																														
RUGOSIDAD (*3)																														
TIPO DE RELLENO (*4)																														
ESPESOR (mm)																														
MUESTRA																														
PROFUNDIDAD MUESTRA/ ÍNDICE DE GOLPEO N 30																														
ENSAYO LUGEON K (cm/s)										PERMEABILIDAD																				
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)										PRESIÓMETROS																				
CLASIF. U.S.C.S. HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF./ PARTICULAS (g/cm3) % FINOS <0,080 UNE/% ARENAS / % GRAVAS LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD SULFATOS (%) /CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S.(%) PROCTOR M.-H.OP.(%-) D.MAX. (g/cm³)-C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%) CORTE RECTO (ML) CORTE DIRECTO (ML) CORTESOBREJUNTADEROCA(σ-Kpl/cm² σc-Mpa)(cm² f.c-p) RESISTENCIA COMPRESION UNAXIAL (MPa) /MODULO DE YOUNG (MPa) f_c_/ RESISTENCIA COMPRESION UNAXIAL SUELO (kgf/cm²) TRIAXIAL ROCA (σ¹ y σ³ MPa) ENSAYO BRASI LEÑO (MPa) SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON DESMORONAMIENTO NLT-255/99 DUREZA CERCHAR /ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI) INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (mi/s) /ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2 MICRODEVAL HUMEDO/ FRIABILIDAD DESGASTE DE LOS ANGELES /DUREZA SCHMIDT										SUPERVISOR: Jesús RUIZ FUENTES																				
										ENSAYOS DE LABORATORIO																				
										SONDEO S-1 INCLINACIÓN: 0° RESPECTO LA VERTICAL																				
FOTOGRAFÍAS																														

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.109.56 Y= 4256600.98 Z= 974		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL E.I.E: P.K.:-		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		PERMEABILIDAD		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		PRESIÓMETROS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
PROFUNDIDAD (m)					
POTENCIA (m)					
ESTRATIGRAFÍA					
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA					
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN					
R Q D					
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.					
GRADO DE ALTERACIÓN					
TIPO DE JUNTA (*2)					
ORIENTACIÓN RESPECTO A S					
BUZ. JUNTAS					
ESPACIADO (cm)					
RUGOSIDAD (*3)					
TIPO DE RELLENO (*4)					
ESPESOR (mm)					
MUESTRA					
PROFUNDIDAD MUESTRA/					
ÍNDICE DE GOLPEO N 30					
ENSAYO LUGEON K (cm/s)					
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)					
CLASIF. U.S.C.S.					
HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3)					
% FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS					
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD					
SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)					
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³)					
C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)					
RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)					
TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)					
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON					
DESMORONAMIENTO NLT-255/99					
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)					
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI					
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS					
SONDEO S-2					
INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL					
MATERIALES SEDIMENTARIOS: secuencia uniforme de calizas margosas					
10					
964					
11					
963					
12					
962					
13					
961					
14					
960					
15					
959					
16					
958					
17					
957					
18					
956					
19					
955					
20					

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		MAQUINA: -		SONDISTA: -	
X=		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
Y=					
Z=					
P.K.:-		DISTANCIA AL E.I.E.:			
PROFUNDIDAD / COTA		ENSAYO LUGEON K (cm/s)		PERMEABILIDAD	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)		PRESIÓMETROS	
PROFUNDIDAD (m)					
POTENCIA (m)					
ESTRATIGRAFÍA		CLASIF. U.S.C.S.		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA		HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3) / % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN		LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD			
R Q D		SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)			
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.		PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) - C.B.R.-INDICE-			
GRADO DE ALTERACIÓN		HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE JUNTA (*2)		RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)			
ORIENTACIÓN RESPECTO A S		TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)			
BUZ. JUNTAS		ENSAYO BRASILEÑO (MPa)			
ESPACIADO (cm)		SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON			
RUGOSIDAD (*3)		DESMORONAMIENTO NLT-255/99			
TIPO DE RELLENO (*4)		DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)		SONDEO S-3	
ESPESOR (mm)		INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI			
MUESTRA		VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2			
PROFUNDIDAD MUESTRA/		MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD			
ÍNDICE DE GOLPEO N 30		DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT		INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL	
ENSAYO LUGEON K (cm/s)		NIVEL PIEZOMÉTRICO		FOTOGRAFÍAS	
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)					
CLASIF. U.S.C.S.					
HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3) / % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS					
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD					
SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)					
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) - C.B.R.-INDICE-					
HINCHAMIENTO (%)					
RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)					
TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)					
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON					
DESMORONAMIENTO NLT-255/99					
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)					
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI					
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS					

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.157.31 Y= 4.259.809.57 Z= 982		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL EJE: P.K.:-		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		ENSAYO LUGEON K (cm/s)		PERMEABILIDAD	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)		PRESIÓMETROS	
PROFUNDIDAD (m)		CLASIF. U.S.C.S.		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
POTENCIA (m)		HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3)		ENSAYOS DE LABORATORIO	
ESTRATIGRAFÍA		% FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS			
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA		LÍMITE LÍQUIDO / ÍNDICE DE PLASTICIDAD			
		SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)			
		PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) - C.B.R.-ÍNDICE - HINCHAMIENTO (%)			
		RESISTENCIA COMPRESION UNIAIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAIAL SUELO (kg/cm²)			
		TRIAIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)			
		ENSAYO BRASILEÑO (MPa)			
		SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON			
		DESMORONAMIENTO NLT-255/99			
		DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)			
		ÍNDICE SHIMAZEK / ÍNDICE DRI			
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS		SONDEO S-3			
		INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			
20 982					
21 981					
22 980					
23 959					
24 958					
25 957					
26 956					
27 955					
28 954					
29 953					
30					

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS:	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.330,97 Y= 4.239.628,62 Z= 986		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL EJE: P.K.:-		F. INICIO: 11/12/2013		F. FINAL: 29/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		PERMEABILIDAD		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		PRESIÓMETROS <th colspan="2" rowspan="10">ENSAYOS DE LABORATORIO</th>		ENSAYOS DE LABORATORIO	
PROFUNDIDAD (m)					
POTENCIA (m)					
ESTRATIGRAFÍA					
DESCRIPCION DE LA COLUMNA LITOLÓGICA					
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) /% RECUPERACIÓN					
R Q D					
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.					
GRADO DE ALTERACIÓN					
TIPO DE JUNTA(*2)					
ORIENTACIÓN RESPECTO A S					
BUZ. JUNTAS					
ESPACIADO (cm)					
RUGOSIDAD (*3)					
TIPO DE RELLENO (*4)					
ESPESOR (mm)					
MUESTRA					
PROFUNDIDAD MUESTRA/					
ÍNDICE DE GOLPEO					
N 30					
ENSAYO LUGEON K (cm/s)					
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)					
CLASIF. U.S.C.S.					
HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3)					
% FINOS <0,080 UNE/% ARENAS / % GRAVAS					
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD					
SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)					
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³)					
C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)					
CORTE DIRECTO (MPa) / CORTE INDIRECTO (MPa) / CORTES SOBRE JUNTAS DE ROCA (σ ₁ -σ ₃) (MPa)					
RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)					
TRIAXIAL ROCA (σ ₁ y σ ₃ MPa)					
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON					
DESMORONAMIENTO NLT-255/99					
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)					
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI					
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS		SONDEO S-4 INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.330.97 Y= 4.239.828.82 Z= 986		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL E.I.E: P.K.:-		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		PERMEABILIDAD		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		PRESIÓMETROS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
PROFUNDIDAD (m)					
POTENCIA (m)					
ESTRATIGRAFÍA					
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA					
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN					
R Q D					
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.					
GRADO DE ALTERACIÓN					
TIPO DE JUNTA (*2)					
ORIENTACIÓN RESPECTO A S					
BUZ. JUNTAS					
ESPACIADO (cm)					
RUGOSIDAD (*3)					
TIPO DE RELLENO (*4)					
ESPESOR (mm)					
MUESTRA					
PROFUNDIDAD MUESTRA/					
ÍNDICE DE GOLPEO N 30					
ENSAYO LUGEON K (cm/s)					
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)					
CLASIF. U.S.C.S.					
HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3)					
% FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS					
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD					
SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)					
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) - C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)					
RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)					
TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)					
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON					
DESMORONAMIENTO NLT-255/99					
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)					
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI					
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS					
SONDEO S-4					
INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL					
MATERIALES SEDIMENTARIOS: secuencia uniforme de calizas margosas					
10					
976					
11					
975					
12					
974					
13					
973					
14					
972					
15					
971					
16					
970					
17					
969					
18					
968					
19					
967					
20					

PROYECTO:				COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO				X= 557.330,97 Y= 4.259,828,62 Z= 986		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL E.I.E: P.K.:-				F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 25/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA				PERMEABILIDAD			
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)				PRESIÓMETROS			
PROFUNDIDAD (m)							
POTENCIA (m)							
ESTRATIGRAFÍA							
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA							
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN							
R Q D							
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.							
GRADO DE ALTERACIÓN							
TIPO DE JUNTA (*2)							
ORIENTACIÓN RESPECTO A S							
BUZ. JUNTAS							
ESPACIADO (cm)							
RUGOSIDAD (*3)							
TIPO DE RELLENO (*4)							
ESPESOR (mm)							
MUESTRA							
PROFUNDIDAD MUESTRA/							
ÍNDICE DE GOLPEO N 30							
ENSAYO LUGEON K (cm/s)							
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)							
CLASIF. U.S.C.S.				HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3) % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS			
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD				SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)			
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)				RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)			
TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)				ENSAYO BRASILEÑO (MPa)			
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON				DESMORONAMIENTO NLT-255/99			
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)				INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI			
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2				MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD			
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT				NIVEL PIEZOMÉTRICO			
FOTOGRAFÍAS				SONDEO S-4 INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			
Materiales sedimentarios: secuencia uniforme de calizas margosas							
20							
986							
21							
985							
22							
984							
23							
983							
24							
982							
25							
981							
26							
980							
27							
959							
28							
958							
29							
957							
30							

PROYECTO:				COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO				X= 557.431.59 Y= 4299726.51 Z= 961		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL EJE: P.K.:-				F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 29/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA				PERMEABILIDAD			
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)				PRESIÓMETROS			
PROFUNDIDAD (m)							
POTENCIA (m)							
ESTRATIGRAFÍA							
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA							
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN							
R Q D							
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.							
GRADO DE ALTERACIÓN							
TIPO DE JUNTA (*2)							
ORIENTACIÓN RESPECTO A S							
BUZ. JUNTAS							
ESPACIADO (cm)							
RUGOSIDAD (*3)							
TIPO DE RELLENO (*4)							
ESPESOR (mm)							
MUESTRA							
PROFUNDIDAD MUESTRA/							
ÍNDICE DE GOLPEO							
N 30							
ENSAYO LUGEON K (cm/s)							
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)							
CLASIF. U.S.C.S.				HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3) % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS			
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD				SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)			
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³)				C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)			
TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)				RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)			
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)				SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON			
DESMORONAMIENTO NLT-255/99				DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)			
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI				VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2			
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD				DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT			
NIVEL PIEZOMÉTRICO				FOTOGRAFÍAS			
Materiales sedimentarios: secuencia uniforme de calizas margosas							
20							
941							
21							
940							
22							
939							
23							
938							
24							
937							
25							
936							
26							
935							
27							
934							
28							
933							
29							
932							
30							

PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.626,72 Y= 4.293.760,34 Z= 931		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL E.I.E: P.K.:-		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 29/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		PERMEABILIDAD		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		PRESIÓMETROS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
PROFUNDIDAD (m)					
POTENCIA (m)					
ESTRATIGRAFÍA					
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA					
PROFUNDIDAD DE MANIOBRA (m) / % RECUPERACIÓN					
R Q D					
Nº DE FRACTURAS CADA 30 cm.					
GRADO DE ALTERACIÓN					
TIPO DE JUNTA (*2)					
ORIENTACIÓN RESPECTO A S					
BUZ. JUNTAS					
ESPACIADO (cm)					
RUGOSIDAD (*3)					
TIPO DE RELLENO (*4)					
ESPESOR (mm)					
MUESTRA					
PROFUNDIDAD MUESTRA/					
ÍNDICE DE GOLPEO					
N 30					
ENSAYO LUGEON K (cm/s)					
Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)					
CLASIF. U.S.C.S.					
HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. PARTICULAS (g/cm3)					
% FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS					
LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD					
SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)					
PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³)					
C.B.R.-INDICE- HINCHAMIENTO (%)					
RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)					
TRIAxIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)					
ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON					
DESMORONAMIENTO NLT-255/99					
DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)					
INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI					
VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2					
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO					
FOTOGRAFÍAS		SONDEO S-6 INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			
Materiales sedimentarios: secuencia uniforme de calizas margosas					
0 50 1000 2500 4000 6200 10000 m					
931					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					



PROYECTO:		COORDENADAS		EMP. SONDEOS: -	
ANTEPROYECTO DE TUNEL CARRETERO		X= 557.626.72 Y= 4.239.760.34 Z= 931		MAQUINA: - SONDISTA: -	
DISTANCIA AL E.I.E: P.K.:-		F. INICIO: 17/12/2013		F. FINAL: 29/11/2014	
PROFUNDIDAD / COTA		ENSAYO LUGEON K (cm/s)		PERMEABILIDAD	
DATOS DE PERFORACIÓN (*1)		Ep MODULO DEFORMACIÓN (MPa)		PRESIÓMETROS	
PROFUNDIDAD (m)		CLASIF. U.S.C.S.		SUPERVISOR: JESÚS RUIZ FUENTES	
POTENCIA (m)		HUMEDAD (%) / DENSIDAD APARENTE / PESO ESPECIF. / PARTICULAS (g/cm3) / % FINOS <0,080 UNE / % ARENAS / % GRAVAS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
ESTRATIGRAFÍA		LIMITE LIQUIDO / INDICE DE PLASTICIDAD			
DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA		SULFATOS (%) / CARBONATOS (%) / M.O. (%) / S.S. (%)			
		PROCTOR M.-H.OP. (%) - D.MAX. (g/cm³) - C.B.R.-INDICE - HINCHAMIENTO (%)			
		RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL (MPa) / MODULO DE YOUNG (MPa) / RESISTENCIA COMPRESION UNIAxIAL SUELO (kg/cm²)			
		TRIAXIAL ROCA (σ1 y σ3 MPa)			
		ENSAYO BRASILEÑO (MPa)			
		SLAKE DURABILITY INDEX / LUTTON			
		DESMORONAMIENTO NLT-255/99			
		DUREZA CERCHAR / ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)			
		INDICE SHIMAZEK / INDICE DRI			
		VELOCIDAD SONICA DE TESTIGOS (m/s) / ESTABILIDAD UNE-EN 1367-2			
MICRODEVAL HÚMEDO/ FRIABILIDAD					
DESGASTE DE LOS ANGELES / DUREZA SCHMIDT					
NIVEL PIEZOMÉTRICO		SONDEO S-6			
FOTOGRAFÍAS		INCLINACIÓN: 0º RESPECTO LA VERTICAL			
20		0 50 1000 2500 4000 6200 10000mm			
911		Materiales sedimentarios: secuencia uniforme de calizas margosas			
21					
910					
22					
909					
23					
908					
24					
907					
25					
906					
26					
905					
27					
904					
28					
903					
29					
902					
30					

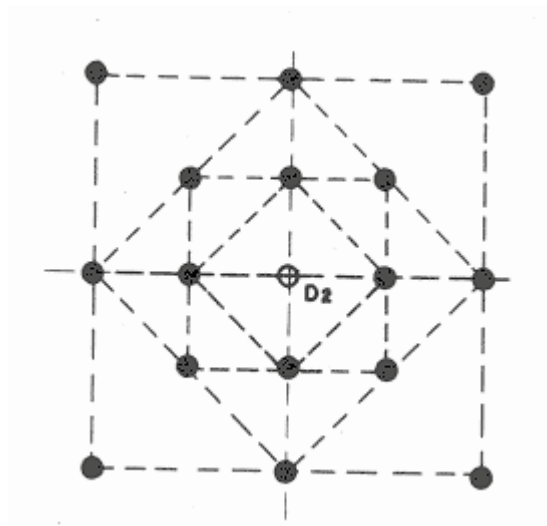


ANEJO N°5: CÁLCULO DE LA VOLADURA

1. Sección Superior

1.1. Cuele

Se utilizará un cuele de barrenos paralelos, concretamente el cuele cilíndrico de cuatro secciones, puesto que es el más sencillo de replanteo y ejecución; por ello es bastante utilizado dando buenos resultados. El cuele constará de 2 barrenos vacíos de 89 mm.



La tabla siguiente contiene los resultados de los cálculos efectuados para diseñar la geometría del cuele a emplear:

Tabla 26: Cálculo de la geometría del cuele.

Sección Cuele	A (mm)	R(mm)	SC (mm)
Primera	187,5	187,5	265,1
Segunda	265,1	397,65	562,36
Tercera	562,36	843,54	1192,95
Cuarta	1192,95	1789,42	2530,62



1.2. Destroza y zapateras

Los resultados obtenidos quedan resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 27: Geometría de los barrenos de destroza y zapateras.

ZONA	Piedra B (m)	Espaciamiento S (m)	Longitud carga de fondo Lf (m)	Retacado T (m)
Piso	1,27	1,397	1,4	0,254
Hastiales	0,91	0,714	0,7	0,455
Techo	0,91	0,714	0,7	0,455

1.3. Carga de explosivos

Debido al diferente comportamiento de la voladura según la zona, se van a enumerar la carga de los barrenos que definen cada una de las zonas:

- *Cuele*

Constará de 4 barrenos que forman la 1ª sección alrededor de los barrenos de 89 mm. La carga que lleva cada uno de dichos barrenos es:

- Carga por barreno: 12 cartuchos de Goma 2 ECO de 32x200 mm (235 g) = 2.82 kg.
- Retacado: 80 cm.

- *Contracuele*

Constará de 12 barrenos que forman la 2ª, 3ª y 4ª sección alrededor del cuele. La carga que lleva cada uno de dichos barrenos es:

- Carga de fondo: 3 cartuchos de Goma 2ECO (40x 240mm) x 417g = 1,251 kg.
- Carga de columna: 10 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200mm) x 235g = 2,35 kg.

Total barreno = 3,601 kg.



- Destroza

- Carga de fondo: 2 cartuchos de Goma 2ECO (40x 240mm) x 417g = 1,251 kg.
- Carga de columna: 10 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200mm) x 235g = 2,35 kg.

Total barreno = 3,601 kg.

- Zapateras

- Carga : 14 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200mm) x 235 g = 3,29 kg.

- Recorte hastiales

- Carga de fondo: 2 cartuchos de Goma 2ECO (40x 240mm) x 417g = 0,83 kg
- Carga de columna: 8 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200mm) x 235g = 1,88 kg
- Retacado: 112 cm.

Total barreno = 2,71 kg.

- Recorte de techo

- Carga de fondo: 2 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200mm) x 235g = 0,47 kg.
- Carga de columna: 3 m de cordón detonante de 100 g/m.
- Retacado: 20 cm.

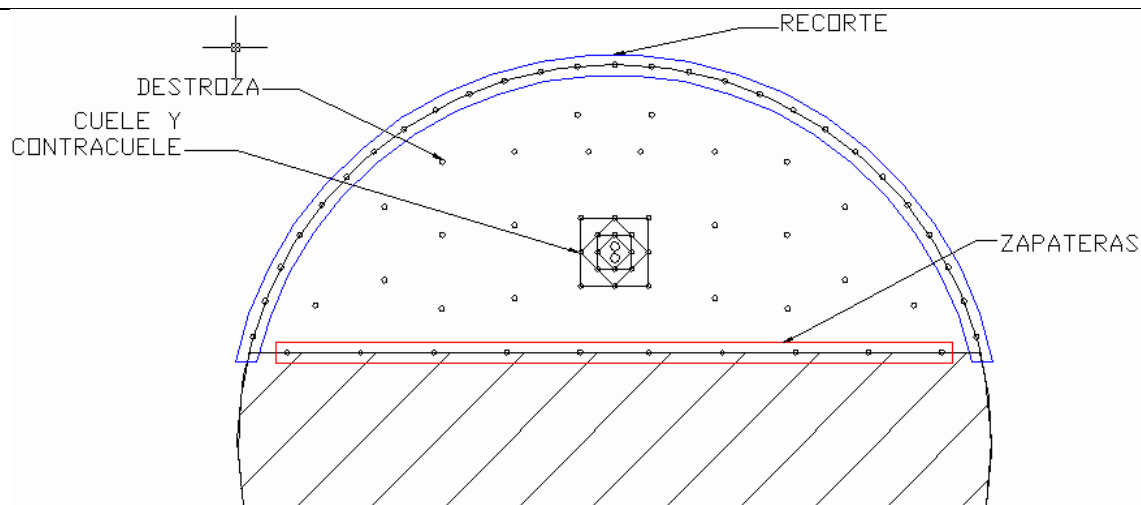


Figura 23: Esquema de voladura en avance.

Se resumen los resultados de los cálculos del explosivo utilizado para el avance.

Tabla 28: Carga de explosivos en avance.

nº de barrenos	Situación de barrenos	Goma 2 EC 40x240 (kg)	Goma 2 EC 32x200 (kg)	Cordón Detonante 100 g/m	Total explosivos (kg)
4	Cuele	-	11,28	-	11,28
12	Contracuele	15,012	28,2	-	43,212
32	Destroza	40,032	75,2	-	115,232
11	Zapateras	0	36,19	-	36,19
10	Recorte Hastial	8,3	23,5	-	31,8
16	Recorte Techo	0	7,52	4,8	12,32
85		63,344	181,89	4,8	250,034

1.4. Cálculo de la carga específica del Avance

El macizo rocoso que ha de ser excavado mediante perforación y voladura se puede clasificar en:

- Roca de medianamente dura a dura y competente: En general se podrá considerar como roca de este tipo a las formaciones de las calizas margosas.



Voladura en formaciones de roca dura

- Sección a excavar: $71,56 \text{ m}^2$
- Avance: $5,0 \text{ m}$
- Longitud de perforación por barreno: $L = \text{Avance}/0,95 = 5,26 \text{ m}$
- Volumen de excavación por pega: $71,56 \times 5,0 = 357,8 \text{ m}^3$
- Perforación mediante jumbo sobre rail equipado con dos brazos electro hidráulicos.
- N° barrenos por pega: 85 barrenos de un diámetro de 51 mm más dos vacíos de 89 mm en el cuele.
- Longitud total de perforación $809,58 \text{ m}$
- Consumo específico de explosivo por pega: $250,034 / 357,8 \text{ m}^3 = 0,69 \text{ kg/ m}^3$
- Perforación específica: $809,58 \text{ m} / 357,8 \text{ m}^3 = 2,26 \text{ ml/m}$



2. Sección Inferior

El cálculo de la voladura de la sección inferior (también llamada destroza) es similar a una voladura en banco y se utilizará la perforación de los barrenos en vertical. La geometría de la voladura es la siguiente:

- Altura del Banco (H): 2,93 m
- Piedra (B)= $40 \times D = 2,04$ m

Se cumple la relación $H > 1,3 \times B$

- Subperforación (J) = $0,3 \times B = 0,612$ m
- Retacado (T): 1,53 m
- Espaciamiento (S): 2,24 m
- Longitud de la carga de fondo (Lf) = $2 \times J = 1,224$ m
- Longitud de la carga de columna (Lc): 0,788 m

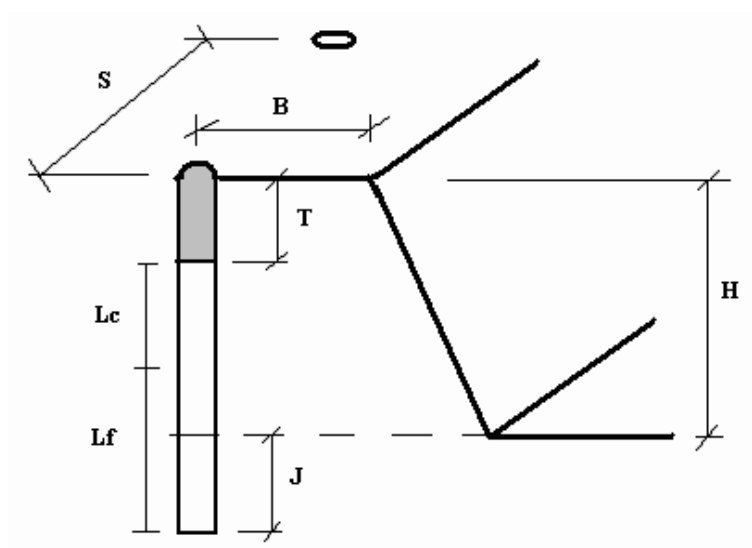


Figura 24: Esquema de voladura de destroza.



Para hallar el rendimiento de la perforación vamos a utilizar la siguiente fórmula:

$$R = (B \times S \times H) / (H + J) = 3,78 \text{ m}^3/\text{m} \quad (1)$$

Donde:

B: Piedra

S: Espaciamiento

H: Altura del banco

R: Rendimiento de la perforación

J: Sobreperforación

2.1. Carga de explosivos

- Carga de fondo : 5 cartuchos de Goma 2ECO (40x 240 mm) x 417 g = 2,085 kg
- Carga de columna : 4 cartuchos de Goma 2ECO (32 x 200 mm) x 235 g = 0,94 kg
- Retacado : 153 cm.

Total barreno = 3,025 kg.



Tabla 29: Carga de explosivos en la fase de destroza.

n° de barrenos	Situación de barrenos	Goma 2 EC 40x240 (kg)	Goma 2 EC 32x200 (kg)	Cordón Detonante 100 g/m	Total explosivos (kg)
28	Destroza	58,38	26,32	-	84,7
28		58,38	26,32	0	84,7

2.2. Cálculo de la carga específica de la destroza

a) Voladura de la destroza

- Sección a excavar: 14 m anchura x 10 m de avance horizontal = 140 m²
- Avance: 2,93 m (barrenos verticales)
- Longitud de perforación por barreno: $L = \text{Avance} / 0,95 = 3,08 \text{ m}$
- Volumen de excavación por pega: $140 \times 3,0 = 420 \text{ m}^3$
- Perforación mediante jumbo sobre rail equipado con dos brazos electro hidráulicos.
- N° barrenos por pega: 24 barrenos de un diámetro de 51 mm
- Longitud total de perforación 809,58 m
- Consumo específico de explosivo por pega: $84,7 / 420 \text{ m}^3 = 0,201 \text{ kg/m}^3$
- Perforación específica: $809,58 \text{ m} / 431,2 \text{ m}^3 = 1,877 \text{ ml/m}^3$



ANEJO N°6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Objetivos del estudio

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como también los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las propias instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores proyecto.

Este estudio servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, elaborando el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo y facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa.

2. Riesgos

2.1. Riesgos profesionales

En demoliciones y perforación horizontal:

- Atropellos por maquinaria y vehículos
- Atrapamientos
- Colisiones y vuelcos
- Caídas a distinto nivel
- Desprendimientos
- Polvo y ruido
- Caídas de objetos
- Heridas punzantes en pies y manos
- Salpicaduras de hormigón en ojos

En ejecución de zanjas, colocación de tuberías y restantes obras de fábrica:



-
- Interferencias con servicios subterráneos
 - Golpes contra objetos
 - Caídas a distinto nivel
 - Caídas de objetos
 - Heridas punzantes en pies y manos
 - Salpicaduras de hormigón en ojos
 - Erosiones y contusiones en manipulación
 - Atropellos por maquinaria
 - Atrapamientos por maquinaria
 - Desprendimientos
 - Interferencias con líneas eléctricas
 - Polvo y ruido
 - Heridas por máquinas cortadoras
 - En ejecución de entibación de zanjas
 - Interferencias con terceros (vehículos, peatones, etc.).
 - Golpes contra objetos
 - Caídas a distinto nivel
 - Caídas de objetos
 - Heridas punzantes en pies y manos
 - Salpicaduras de hormigón en ojos
 - Erosiones y contusiones en manipulación de elementos (tablas, rollizos, etc.)
 - Atropellos por maquinaria
 - Atrapamientos por maquinaria y maquinaria
 - Desprendimientos
 - Caída de maquinaria a la zanja
 - Polvo y ruido
 - Vuelco de los cortes laterales de una zanja por tierras de caballero muy próximas (acumulación de tierras), apertura de las mismas prolongada, taludes inadecuados, etc.
 - Inundación
 - Heridas por máquinas cortadoras
-



En pavimentación:

- Atropellos por maquinaria y vehículos
- Atrapamientos por maquinaria y vehículos
- Colisiones y vuelcos
- Interferencia con líneas eléctricas
- Salpicaduras
- Polvo
- Ruido
- Riesgos producidos por agentes atmosféricos
- Riesgos eléctricos
- Riesgos de incendio

2.2. Riesgos de daños a terceros

En las obras que se proyectan, se refieren a la posible entrada en la zona de personas ajenas a los trabajos, y al tránsito de vehículos por las calles en que se trabaja y por las calles contiguas a las mismas.

3. Prevención de Riesgos Profesionales

3.1. Protecciones individuales

- Cascos: para todas las personas que participan en la obra, incluidos visitantes.
- Guantes de uso general
- Guantes de goma y/o dieléctricos
- Botas de agua
- Botas de seguridad de lona y aislantes
- Monos o buzos se tendrá en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según

Convenio

Colectivo Provincial

- Trajes de agua
- Chaleco reflectante



-
- Gafas contra impactos y antipolvo
 - Mascarillas antipolvo
 - Protectores auditivos
 - Cinturón de seguridad de sujeción

3.2. Protecciones colectivas

Serán las siguientes:

- Vallas de limitación y protección
- Señales de tráfico
- Señales de seguridad
- Carteles indicativos
- Cinta de balizamiento
- Topes de desplazamiento de vehículos
- Balizamiento luminoso
- Chapón o pasarela para paso de peatones
- Extintores
- Escaleras
- Tapas provisionales
- Interruptores diferenciales
- Tomas de tierra
- Riegos

3.3. Formación

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursillos para la enseñanza de estos conceptos sobre seguridad.



3.4. Medicina Preventiva y Primeros Auxilios

Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra de desplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Se dispondrá en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia, así como de un plano indicando el camino más rápido.

Reconocimiento Médico:

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el periodo de un año. Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores para garantizar su potabilidad, si no proviene de la red de abastecimiento de la población.

4. Identificación y evaluación de riesgos

Los riesgos más frecuentes:

- Deslizamiento y desprendimientos de tierras.
- Desprendimientos del material dentro del radio de acción de las máquinas.
- Atropellos, golpes y vuelcos
- Caídas del personal a distinto nivel
- Caída del personal al mismo nivel



-
- Interferencias de conducciones subterráneas.
 - Inundaciones.
 - Exposición a sustancias nocivas (polvo).
 - Proyecciones de partículas en los ojos.
 - Los propios de la maquinaria y medios auxiliares a utilizar.
 - Golpes, atrapamientos con el tornillo sinfín.
 - Sobreesfuerzos.
 - Proyección de fragmentos o partículas
 - Contactos con sustancias causticas y/o corrosivas
 - Estrés térmico
 - Contactos térmicos
 - Contactos eléctricos
 - Incendios
 - Exposición a agentes químicos
 - Exposición a agentes físicos
 - Exposición a agentes biológicos
 - Riesgos referentes al uso de explosivos.

Las Normas de seguridad y medidas preventivas serán:

a.- Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

- No ponga en funcionamiento la máquina si presenta anomalías que puedan afectar a la seguridad de las personas.
- Mantenga limpios los rótulos de seguridad instalados en la máquina y reemplace los que falten.
- El mantenimiento, revisiones y reparaciones generales sólo serán efectuados por personal autorizado.
- No se manipularán los dispositivos de seguridad bajo ningún concepto.
- Asegúrese el correcto alumbrado en trabajos nocturnos o en zonas de escasa iluminación.
- El mantenimiento de la máquina puede ser peligroso si no se hace de acuerdo con las especificaciones del fabricante.



-
- Use ropa de trabajo ajustada. No lleve anillos, brazaletes, cadenas, etc..
 - Respete escrupulosamente las instrucciones de los trabajos en recintos bajo presión.
 - Golpes y contactos contra elementos móviles, inmóviles, objetos y/o herramientas.
 - Preste especial atención a sus propios movimientos.
 - Preste atención a cualquier elemento que se esté moviendo en su zona de trabajo.
 - Sea especialmente cuidadoso al desplazarse en las zonas de trabajo debido a la angostura y a los elementos salientes.
 - Guarde los equipos que no esté utilizando en los lugares asignados a tal efecto.
 - Utilice las herramientas en buen uso y sólo para los trabajos que fueron concebidas (no las guarde en los bolsillos).
 - No guarde las herramientas afiladas con los filos de corte sin cubrir.
 - Compruebe que todas las rejillas, carcassas y protecciones de los elementos móviles están bien instaladas.
 - Proyección de fragmentos ó partículas.
 - Nunca desconecte una manguera o conducto bajo presión.
 - Compruebe que nadie se encuentra en el radio de acción del equipo o zona de actuación de sus órganos de trabajo.
 - Las rejillas y chapas de protección que evitan el contacto con piezas móviles deben permanecer bien ajustadas.
 - Contactos térmicos.
 - Use guantes protectores durante la sustitución o abastecimiento del aceite lubricante.
 - Evite el contacto con las partes calientes de la máquina.
 - Cuando reponga picas tenga en cuenta que pueden estar a elevada temperatura.
 - Contactos eléctricos.
 - Las tapas de bornes no deben estar descubiertas.
 - Evite intervenciones de mantenimiento eléctrico en presencia de tensión. Si es inevitable haga que esta operación la efectuará solamente un electricista cualificado con herramientas apropiadas.
 - Las tomas de corriente serán de tipo industrial y adecuadas para el uso a la intemperie.
 - Compruebe el estado de los pulsadores o elementos de desconexión y parada de emergencia.
 - Está prohibido puentear componentes de las instalaciones.
-



-
- Conecte la máquina a cuadros con las debidas protecciones eléctricas.
 - Evite la entrada de humedad en los componentes eléctricos.
 - Compruebe que las palancas y mandos de la máquina tienen mango o material aislante.
 - No utilice mangueras eléctricas peladas o en mal estado.
 - Realice las conexiones mediante enchufes y clavijas normalizadas. No haga empalmes manuales.
 - Compruebe la estanqueidad de botoneras y mandos eléctricos.
 - Inhalación, ingestión y contactos con sustancias peligrosas.
 - En ambiente polvoriento debe usar mascarilla de protección.
 - Explosiones e incendios.
 - En caso de derrames de aceite, combustible o líquidos inflamables, pare la máquina y avise a su superior.
 - Asegúrese de que el sistema de extinción de incendios funciona correctamente.
 - Compruebe la existencia y fiabilidad del extintor si su equipo lo tiene incorporado.
 - Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
 - El personal al servicio del tajo estará pendiente de los movimientos de todos los equipos en operación.
 - Ruidos y vibraciones.
 - Utilice protectores auditivos si el nivel de ruido ambiental es elevado.
 - Mantener todas las precauciones cuando se realicen las voladuras, tanto los encargados de programarlas como el personas que se encuentre trabajando en otros sectores.

b.- Protecciones individuales:

- Casco con barboquejo
- Guantes de cuero
- Botas de seguridad
- Botas de goma en ambientes húmedos
- Ropa de trabajo
- Traje impermeable en tiempo lluvioso
- Línea de vida para enganche de cinturón de arnés de seguridad, durante el montaje de elementos estructurales y máquinas en altura.



-
- Balizamiento de zonas bajo cargas suspendidas.
 - Señalización: las ya indicadas.
 - Escaleras y plataformas de trabajos en altura.

5. Prevención de daños a terceros

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, los desvíos (y en su caso los accesos naturales a la obra), tanto para el tráfico rodado como para los peatones (tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera, en función de la marcha de la obra), prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso las señales y los cerramientos necesarios.



ANEJO N°7: GESTIÓN DE RESIDUOS

1. Medidas para la prevención de residuos

1.1. Medidas de carácter general

Como medida general, se deberán minimizar y reducir las cantidades de materias primas que se utilizan, así como los residuos que se originan en la obra. Se deberá prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Evitando un exceso de materias primas, además de encarecer la obra, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes durante la ejecución.

Será necesario prever el acopio de los materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura de piezas.

Los útiles de trabajo se deben limpiar inmediatamente después de su uso para prolongar su vida útil.

Para prevenir la generación de residuos se deberá prever la instalación de un punto de almacenaje de productos sobrantes reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos sino que se proceda a su aprovechamiento posterior por parte del Constructor.

1.2. Medidas a adoptar para la prevención de RCD

Los diferentes materiales son:



-
- Hormigón:
 - Programar correctamente la llegada de camiones de hormigón para evitar el principio de fraguado y, por tanto, la necesidad de su devolución a planta que afecta a la generación de residuos y a las emisiones derivadas del transporte.
 - Aprovechar los restos de hormigón fresco, siempre que sea posible (en la mejora de los accesos, zonas de tráfico, etc.).

 - Escombros minerales:
 - Se clasificarán y reciclarán los escombros según la legislación vigente.

 - Ferralla y chatarra:
 - Centralizar, siempre que sea posible y exista suficiente espacio en la obra, el montaje de los elementos armados.
 - Almacenar correctamente los materiales para protegerlos de la intemperie y evitar la corrosión en el caso de los metales.
 - Aprovechar los materiales y los recortes de material y favorecer el reciclaje de aquellos elementos que tengan opciones de valorización.
 - Optimizar el corte de chapas para reducir al mínimo los recortes.

 - Madera:
 - Realizar los cortes de madera con precisión para aprovechar el mayor número de veces posible, respetando siempre las exigencias de calidad.
 - Almacenar correctamente los materiales para protegerlos de la intemperie y evitar su deterioro y transformación en residuo.
 - Aprovechar los materiales y los recortes y favorecer el reciclaje de aquellos elementos que tengan opciones de valorización.
 - Se acopian separadamente y se reciclan, reutilizan o llevan a vertedero autorizado
-



- Los acopios de madera están protegidos de golpes o daños.

- Plástico y papel:

- Comprar evitando envoltorios innecesarios.
- Comprar materiales al por mayor con envases de un tamaño que permita reducir la producción de residuos de envoltorios.
- Dar preferencia a aquellos proveedores que envasan sus productos con sistemas de embalaje que tienden a minimizar los residuos.
- Dar preferencia a los proveedores que elaboran los envases de sus productos con materiales reciclados, biodegradables, o que puedan ser retornados para su reutilización.

- Albañilería:

- Realizar los trabajos de corte con precisión para favorecer el uso de ambas partes de la pieza.
- Disponer de una central de corte para evitar la dispersión de residuos y aprovechar, siempre que sea viable, los restos de ladrillo, bloques de cemento, baldosas, etc.

- Aceites:

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por Gestor Autorizado (GA)
- Se recogen en envases sólidos y resistentes, sin defectos estructurales ni fugas
- Se depositan en bidones, que se trasladan cerrados desde el taller hasta el almacén
- Se almacenan en cisterna de 3.000 l reconocible y con letrero etiquetado
- Se almacenan evitando mezclas con agua, con residuos oleaginosos, o con policlorofenilos, u otros RP
- Se avisa al GA cuando la cisterna está $\frac{3}{4}$ llena, o a los cinco meses de almacenamiento
- Se evitan vertidos en cauces o en alcantarillado
- Se evitan depósitos en el suelo
- Se evitan tratamientos que afecten a la atmósfera



-
- Se inscriben en la Hoja de control interno de RP
 - Se reduce la cantidad generada reduciendo la frecuencia de cambio de aceite
 - Se reduce la cantidad generada manteniendo las máquinas en buen estado
 - Se reduce la cantidad generada usando las máquinas en su rango de mayor eficiencia
-
- Productos líquidos:
 - Almacenar estos productos en lugar específico preparado para tal fin.
 - Tapar los productos líquidos una vez finalizado su uso para evitar evaporación y vertidos por vuelcos accidentales.
 - Usar detergentes biodegradables, sin fosfatos ni cloro.
 - Reducir el uso de disolventes.
 - Calcular la cantidad de pintura necesaria para evitar sobrantes.
 - Vaciar los recipientes de pintura antes de gestionarlos. Almacenar la pintura sobrante y, siempre que sea posible, reutilizarla.

2. Operaciones de Eliminación de Residuos

Se deberá fomentar la clasificación de los residuos que se producen, de manera que sea más fácil su valorización y gestión por el gestor de residuos. La recogida selectiva de los residuos debe ir encaminada tanto a facilitar la valorización de los residuos, como a mejorar su gestión en el vertedero. Así, los residuos, una vez clasificados pueden enviarse a gestores especializados en el reciclaje o deposición de cada uno de ellos, evitándose así transportes innecesarios motivados debido a la alta heterogeneidad de los residuos o por contener materiales no admitidos por el vertedero o la central recicladora.

Con el fin de realizar una gestión eficaz de los residuos se deberán conocer las mejores posibilidades para su gestión. Se tratará, por tanto, de analizar las condiciones técnicas necesarias y, antes de empezar los trabajos, se definirá un conjunto de prácticas para una buena gestión de la obra, que el personal deberá cumplir durante la ejecución de los trabajos.



Se deberá planificar la obra teniendo en cuenta las expectativas de generación de residuos y de su eventual minimización o reutilización. Se deberá identificar, en cada una de las fases de la obra, las cantidades y características de los residuos que se originarán en el proceso de ejecución, con el fin de hacer una previsión de los métodos adecuados para su minimización o reutilización y de las mejores alternativas para su deposición.

Se deberá disponer de un directorio de los compradores de residuos, vendedores de materiales reutilizados y recicladores más próximos, que se deberá presentar a la dirección de la obra previo al inicio de la obra dentro del PGR.

- Recuperación o regeneración de disolventes
- Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no utilizan disolventes
- Reciclado y recuperación de metales o compuestos metálicos
- Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
- Regeneración de ácidos y bases
- Acumulación de residuos para su tratamiento
- Potenciar el reciclado de los sacos de papel y de plástico evitando que entren en contacto con otros materiales, clasificándolos convenientemente y consultando a los proveedores si ofrecen algún tipo de gestión específica.

3. Almacenamiento de RCD

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

El depósito temporal para RCD valorizables (maderas, plásticos, chatarra, etc.) que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado. El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales de volumen inferior a 1 m³ o bien en contenedores metálicos



específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 cm. a lo largo de todo su perímetro. En los mismos debe figurar la siguiente información del titular: razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor o envase y número de inscripción en el registro de transportistas de residuos.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras a la que prestan servicio.

Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible.
- Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo.
- Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.
- Nunca sobrecargar los contenedores destinados al transporte. Son más difíciles de maniobrar y transportar, y dan lugar a que caigan residuos, que no acostumbran a ser recogidos del suelo.
- Los contenedores deben salir de la obra perfectamente cubiertos. No se debe permitir que la abandonen sin estarlo porque pueden originar accidentes durante el transporte.



- Para una gestión más eficiente, se deben proponer ideas referidas a cómo reducir, reutilizar o reciclar los residuos producidos en la obra.

- Las buenas ideas deben comunicarse a los gestores de los residuos de la obra para que las apliquen y las compartan con el resto del personal.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

4. Otras operaciones de gestión de los RCD

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de



febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos. En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en el artículo 33 de la Ley 10/1998, de 21 de abril.

No se admitirá la gestión en ningún vertedero los residuos que pueden ser objeto de valorización tales como vidrio, papel-cartón, envases, residuos de construcción y demolición, madera, etc.

El poseedor de los residuos, deberá sufragar los costes de gestión, y entregar al Promotor, los certificados y demás documentación acreditativa. Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD. Al contratar la gestión de los RCD, hay que asegurarse que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora, planta de reciclaje de plásticos, madera, etc.) tiene la autorización del Gobierno vasco y la inscripción en el registro correspondiente. Asimismo se realizará un estricto control documental: los transportistas y gestores de RCD deberán aportar justificantes impresos de cada retirada y entrega en destino final. Para aquellos RCD (tierras, pétreos, etc.) que sean reutilizados en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental de que ha sido así y deberá estar autorizado de manera previa por el órgano ambiental correspondiente, siempre de acuerdo a la legislación vigente, o deberá pasar por un gestor.



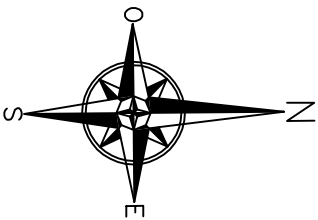
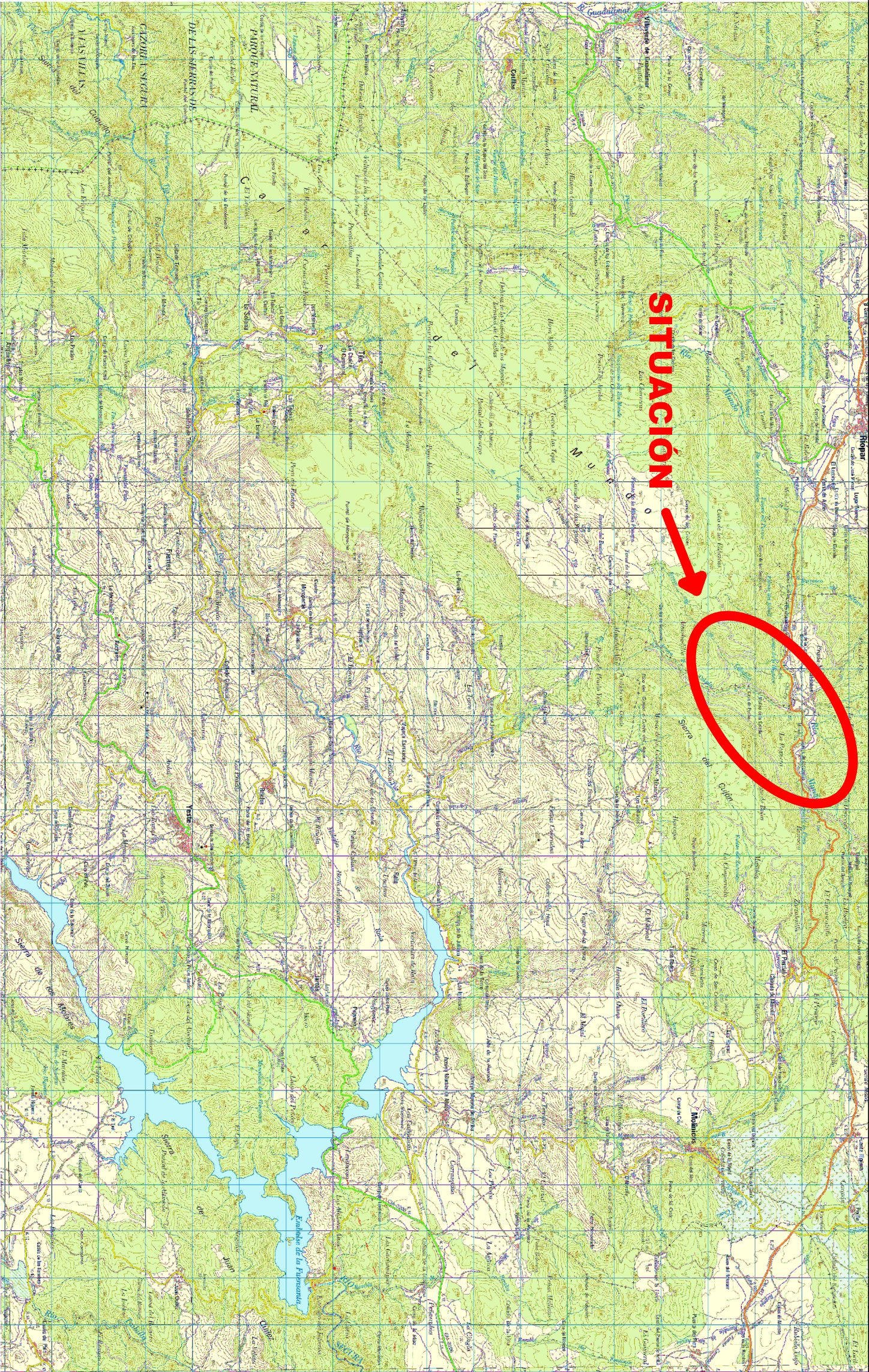
La gestión (tanto documental como operativa) de los residuos peligrosos que se generen en obra será conforme a la legislación nacional vigente y a los requisitos de las ordenanzas locales. Todo el personal de la obra, del cual es el responsable, conocerá sus obligaciones acerca de la manipulación de los residuos de obra. Debe seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.

Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares, siempre y cuando se dispongan de las autorizaciones pertinentes. El personal de la obra es responsable de cumplir correctamente todas aquellas órdenes y normas que el responsable de la gestión de los residuos disponga. Pero, además, se puede servir de su experiencia práctica en la aplicación de esas prescripciones para mejorarlas o proponer otras nuevas.

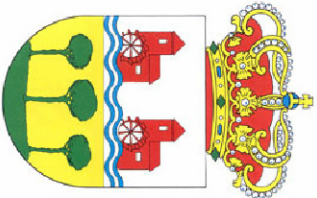


DOCUMENTO N°2:

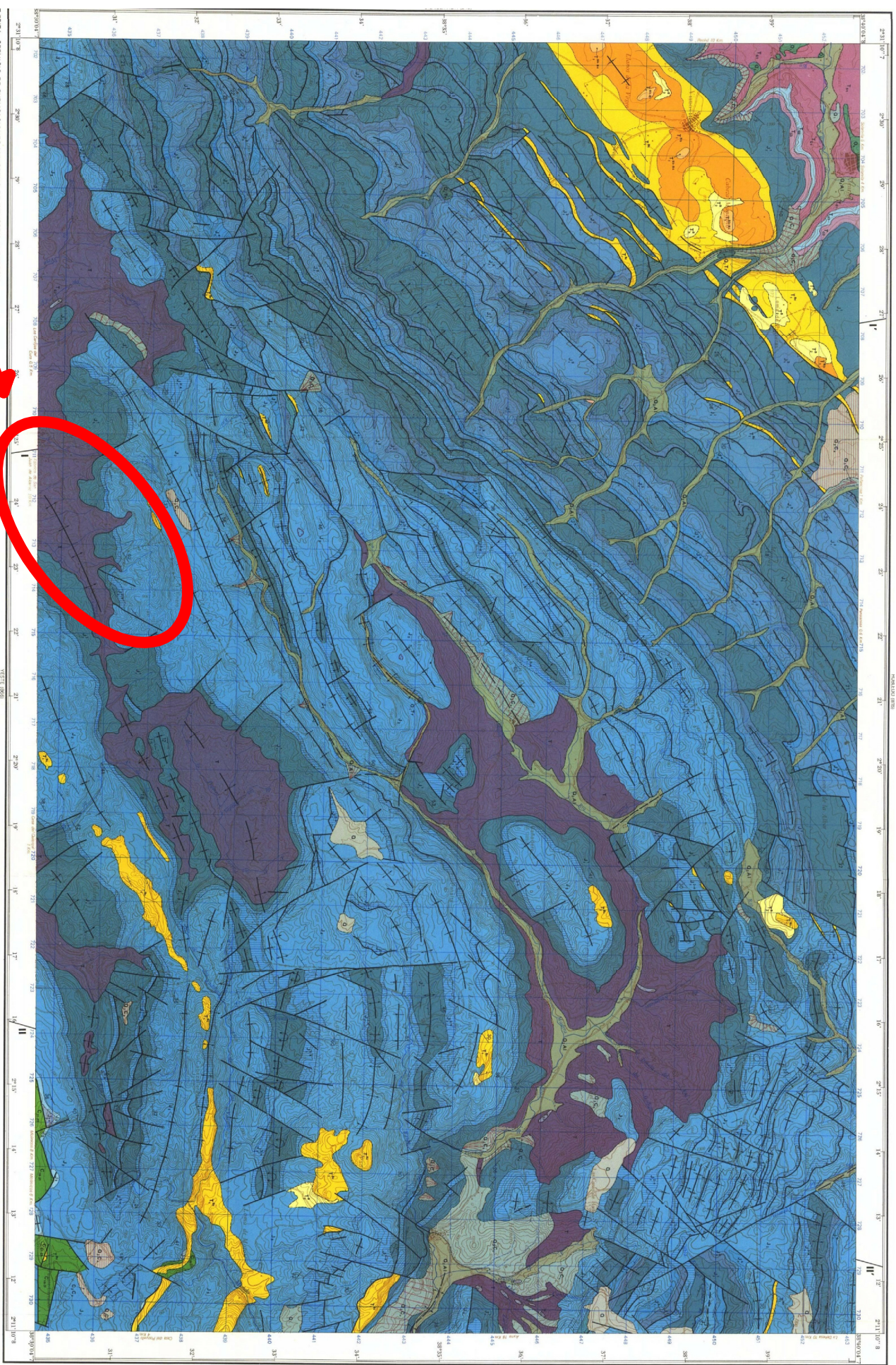
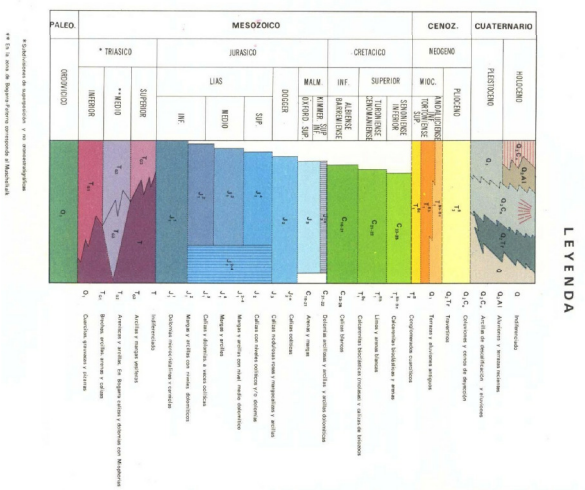
PLANOS



ZONA DE TRABAJO



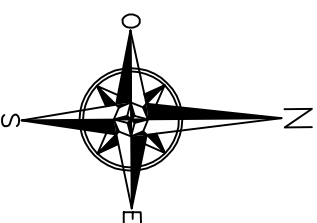
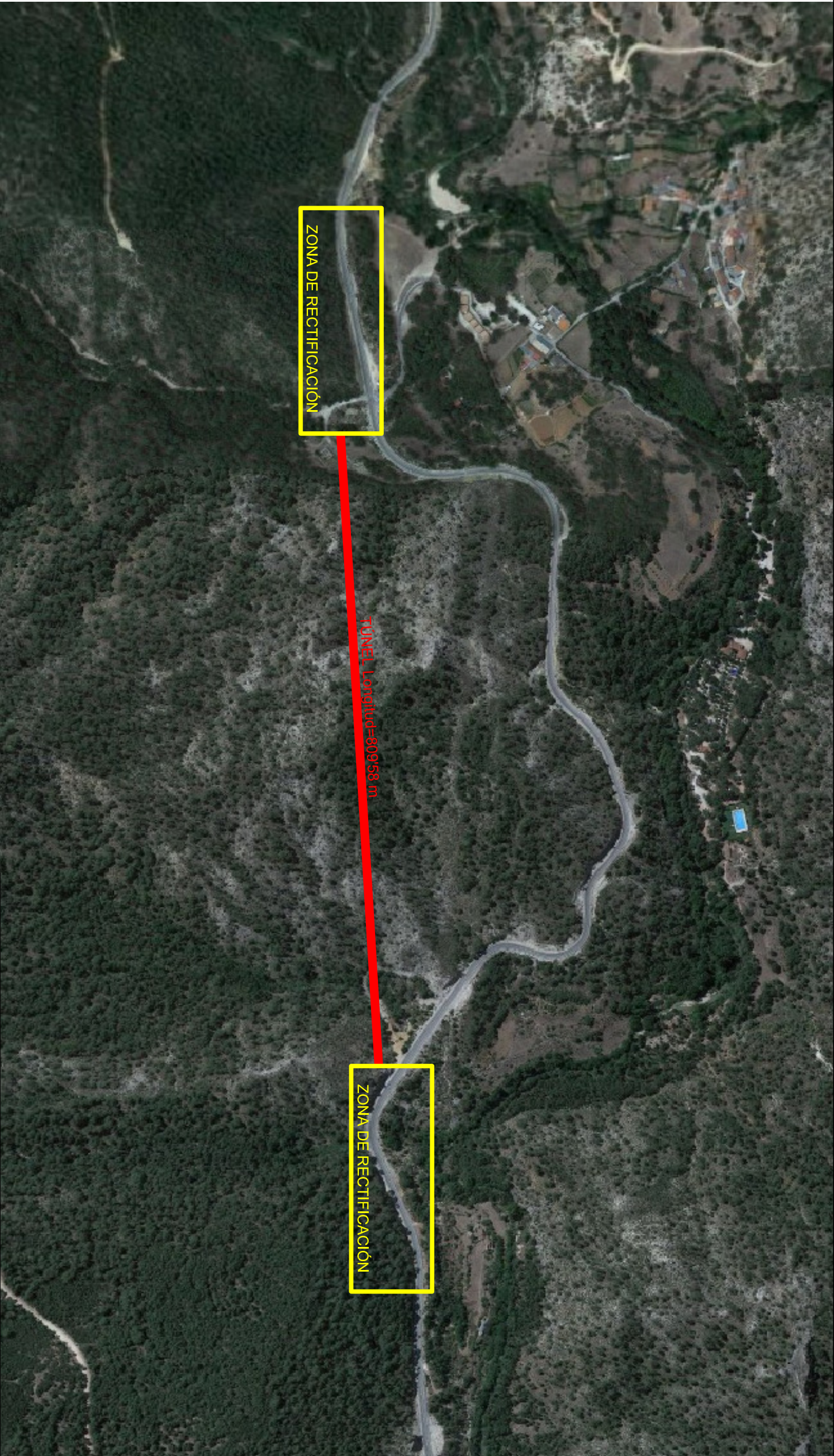
 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras			ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO		
	Fecha	Firma	JESÚS RUIZ FUENTES	Número	1
Dibujado	10-01-2015				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala Aprox.	Designación				
1/75.000	PLANO DE SITUACIÓN			Sustituye a	
				Sustituido por	



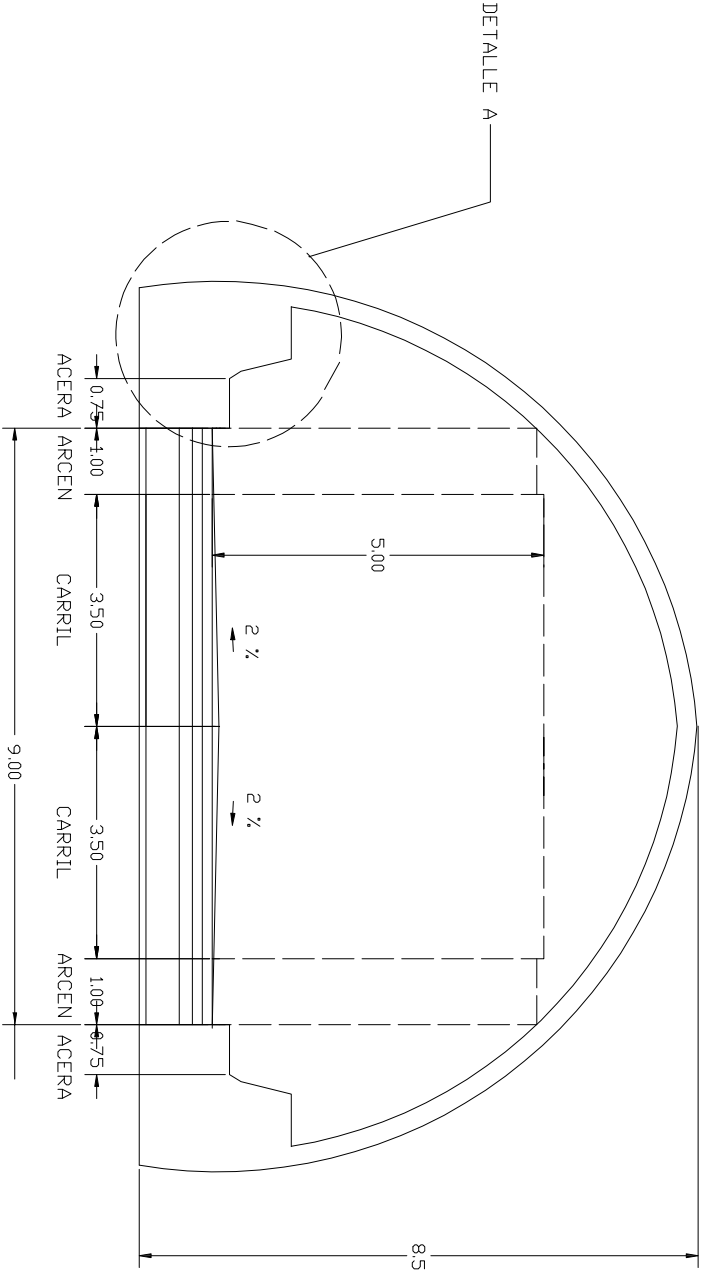
ZONA GEOLÓGICA

HOJA DEL MAPA
GEOLOGICO NACIONAL
MAGNA - HOJA 866

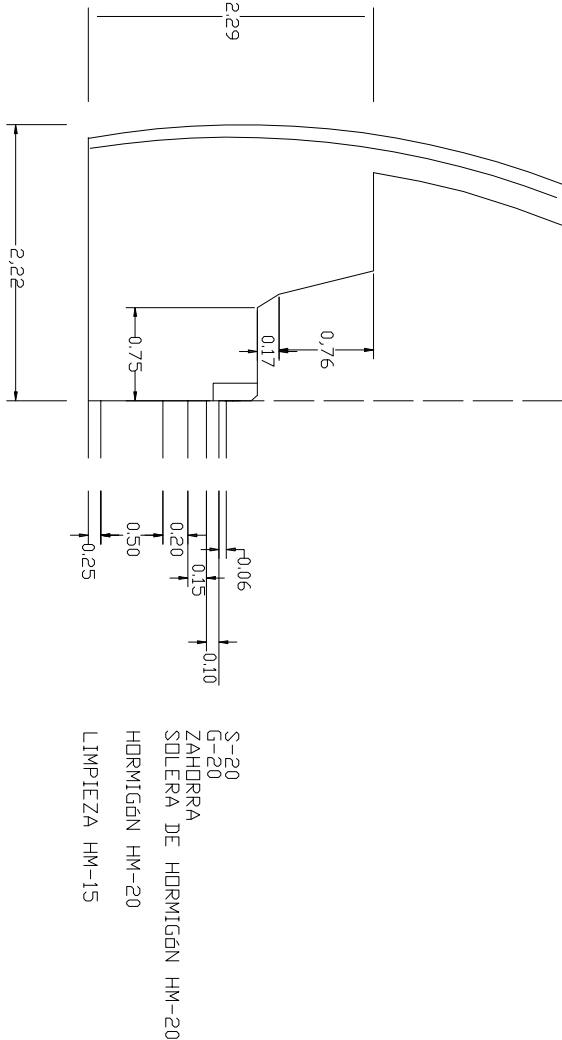
 Universidad de Jaén <i>Escuela Politécnica Superior de Minas</i> Ingeniería de Tecnologías Mineras		ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO	
Fecha	Firma	JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-01-2015		
Comprob.			
Id. s. nor.			
Escala Aprox.	Designación	Número	
1/75.000	PLANO DE SITUACIÓN GEOLÓGICA	2	
		Sustituye a	
		Sustituido por	



 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO		
	Fecha	Firma
Dibujado	10-01-2015	
Comprob.		
Id. s. nor.		
Escala Aprox.	Designación	JESÚS RUIZ FUENTES
1/4000	PLANO DE PLANTA DE TÚNEL	
	Número	
	3	
	Sustituye a	
	Sustituido por	

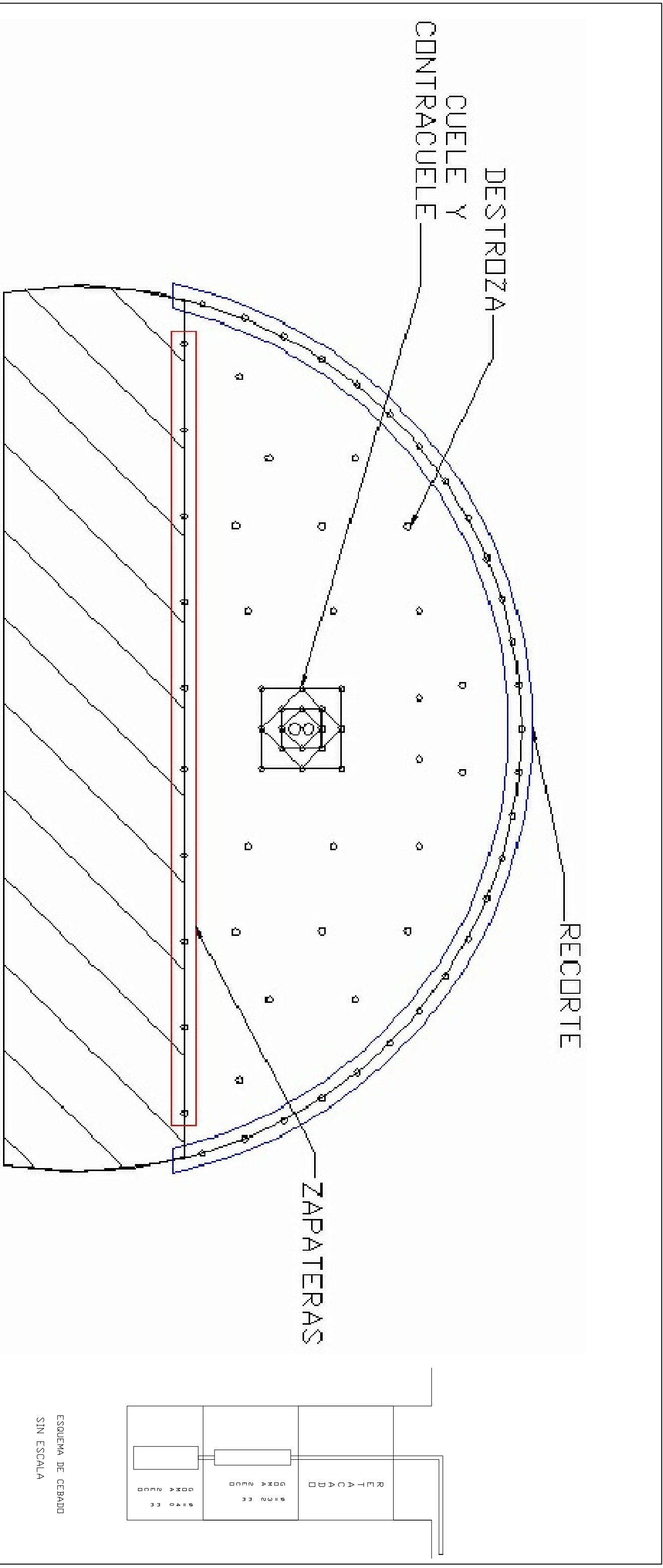


SECCIÓN TIPO, GALIBOS Y PLATAFORMA
ESCALA 1:100

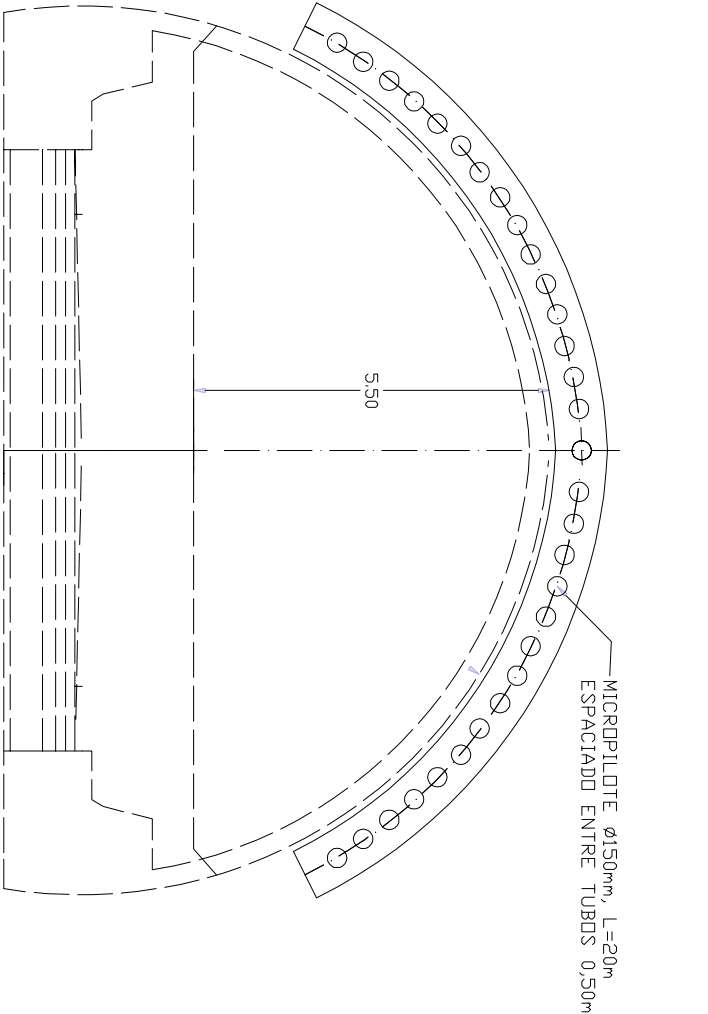


DETALLE A: MURD DE ARRANQUE,
ACERA Y FIRME EN TUNEL
SIN ESCALA

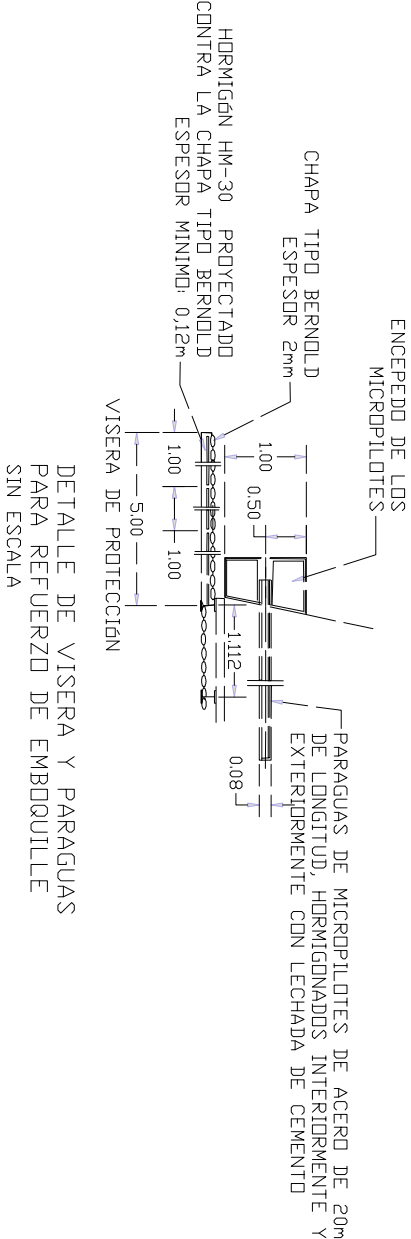
 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras		ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO	
	Fecha	Firma Jesús R.F.	
Dibujado	10-01-2015		
Comprob.			
Id. s. nor.		JESÚS RUIZ FUENTES	
Escala	Designación		
1/100	PLANO DE SECCIÓN TRANSVERSAL		
		Número	4
		Sustituye a	
		Sustituido por	



 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras			ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO		
	Fecha	Firma		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-01-2015				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala:	Designación	Número			
S/E	PLANO DE VOLADURA DE TÚNEL	5			
		Sustituye a			
		Sustituido por			



VISTA FRONTAL DEL EMBUDOILLE
ESCALA 1:100



 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería de Tecnologías Mineras			ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO		
	Fecha	Firma		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-01-2015				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala	Designación	Número			
PLANO DE EMBOQUILLADO DE TÚNEL					
		Sustituye a			
		Sustituido por			
1/100					



DOCUMENTO N°3:

PLIEGO DE

CONDICIONES



1. EXCAVACIONES EN TÚNELES Y EMBOQUILLES

1.1. Definición y condiciones generales

1.1.1. Definición

Son las operaciones de excavación de túneles en avance y en destroza con medios mecánicos o con explosivos. Se incluyen también las operaciones y tratamientos en el entorno de las bocas de los túneles.

1.1.2. Condiciones generales

Debido a razones geotécnicas y por problemas constructivos (altura), la excavación del túnel se efectuará en fases sucesivas correspondientes a avance (media sección superior), la destroza (media sección inferior), definidas geométricamente en los correspondientes planos. Durante la ejecución de la obra se podrían subdividir estas unidades en secciones parciales, cuando las características del terreno así lo exigieran para garantizar la estabilidad de las secciones excavadas.

En los planos se define la situación y características del tipo de sostenimiento proyectado y, para cada uno de ellos, las líneas que servirán de referencia para la medición y abono de las unidades de excavación, que incluyen la previsión de tolerancias de sobreexcavaciones.

Para la medición y abono de la excavación y el sostenimiento, se han clasificado los diferentes terrenos a excavar en túnel, tomando con carácter orientativo el índice geomecánico RMR de Bieniawski (1989).

El gálibo de abono de excavación será el definido en los planos para cada tipo de terreno.



Todas la sobreexcavaciones resultantes del proceso propio excavación se considerarán incluidas en los volúmenes de excavación de las secciones que se definen, sin perjuicio de que sobreexcavaciones anormales o excesivas puedan ser penalizadas con la correspondiente colocación de sostenimientos al margen de los definidos que garanticen la rigidez y la continuidad del sostenimiento.

Si se produjeran desprendimientos localizados, como de un volumen superior a 5 metros cúbicos, y su origen se debiera a causas que no son imputables al Contratista, serán de abono las medidas destinadas a su reparación, con las correspondiente especificaciones y precios indicados en el Artículo correspondiente de este Pliego.

1.2. Excavaciones

1.2.1. Condiciones del proceso de ejecución

1.2.1.1. Excavación con explosivos

A) Generalidades

Se prescribe el uso preferente de excavación con explosivos en la zona en la que se atraviesa roca, siendo todo el túnel. La eventual propuesta del Contratista de realizar la excavación mediante métodos mecánicos en este tipo de terreno, será únicamente considerada por la Dirección de la Obra si la maquinaria ofertada para ello (rozadora) reúne las características mínimas propias de 300 (trescientos) KW en cabeza de corte y peso propio superior a 80 (ochenta) toneladas.

Antes de inicio de los trabajos de excavación, el Contratista propondrá a la Dirección de Obra, para su aceptación, los esquemas de tiro que se deseen utilizar. El plan de tiro inicial podrá ser modificado según la experiencia adquirida durante la ejecución de la obra, previa aprobación de la Dirección de Obra, por escrito.

El plan de tiro deberá analizar en particular:



-
- Los tipos y características técnicas de los explosivos previstos.
 - El reparto de las cargas de barrenos.
 - El diámetro y longitud de los barrenos.
 - La distancia entre barrenos.
 - Los retardos y micro-retardos previstos.
 - Las cargas instantáneas y cargas totales.

Al establecer las cargas a aplicar se valorará la proximidad de estructuras que puedan resultar afectados por las voladuras (en este caso no hay edificios próximos).

El contratista deberá cuidarse del buen recorte de la sección en cualquier tipo de terreno. Evitará en particular la dislocación de la roca en el entorno de la excavación y las irregularidades del recorte. Por eso deberá utilizarse un recorte fino.

B) Plan de tiro. Recorte fino.

Los barrenos de contorno o de perfil deberán ser rigurosamente paralelos y también equidistantes (desviación máxima tolerada de tres centímetros por metro).

La distancia (E) entre los barrenos del perfil no sobrepasará quince veces el diámetro del barreno. La relación entre la distancia E y la distancia V entre la línea de perfil y la línea de barrenos contigua estará comprendida entre 0,5 y 0,8 ($0,5 < E/V < 0,8$).

El tipo de explosivo se seleccionará entre los más adecuados para dicho trabajo, dentro de los existentes en el mercado.



El explosivo se repartirá uniformemente en toda la longitud del barreno y el diámetro de las cargas será la mitad del diámetro de los barrenos, aproximadamente.

Los barrenos del perfil se tirarán simultáneamente y en la última fase de la voladura.

1.2.1.2. Excavación con rozadora.

Este método podrá utilizarse en el mismo terreno que la excavación mediante voladura, y como sustitutivo de éste método, aunque lo normal es que no llegue a utilizarse. Se hará siempre que las condiciones sean las citadas anteriormente: características mínimas de 300 (trescientos) KW en cabeza de corte y peso propio superior a 80 (ochenta) toneladas.

El abono de los trabajos se realizará mediante el precio de metro cúbico excavado para cada tipo de terreno, independientemente de la ubicación en la sección (avance o destroza).

1.2.1.3. Saneo

Después de la excavación de cada avance y previamente a la colocación de la capa de sellado y el inicio de los sostenimientos, se procede al saneo de la sección excavada para eliminar los bloques potencialmente inestables y la parte de materiales fracturados no desprendidos de la sección. Esta operación será importante en los tramos excavados mediante voladura.

El saneo se realizará (tanto en las fases de avance como de destroza), con la inclusión de sus respectivos frentes de avance, donde se llevará a cabo con meticulosidad por tratarse de zonas peligrosas, desprovistas normalmente de sostenimiento, donde se realizan diferentes operaciones de obra.



Se realizará un primer saneo con un cazo provisto de dientes, eliminando después salientes y los bloques de estabilidad dudosa con martillo hidráulico, barras, etc.

La operación de saneo estará vigilada por un capataz experto evitando en todo momento (y especialmente en terrenos muy fracturados) que se produzca el descalce de bloques o el aumento de irregularidades en la sección excavada, que repercutan desfavorablemente en la estabilidad de la sección.

Las operaciones descritas en este apartado se considerarán incluidas en los respectivos precios de excavación.

1.2.1.4. Longitud de avance y excesos o defectos en la excavación

La longitud de avance especificada en el Proyecto o, en su caso, la establecida por la Dirección de Obra según la experiencia del propio túnel, habrá de ser rigurosamente respetada por el Contratista, por constituir uno de los parámetros básicos en la seguridad de la realización de la obra, influye en la calidad del perfilado y en el volumen de sobre-excavación, y por tanto afecta a la efectividad de los sostenimientos.

La responsabilidad y riesgo por los excesos que se produjesen en la excavación recaerán sobre el Contratista y será a su cargo el correspondiente coste de los elementos de sostenimiento adicionales necesarios para garantizar, a juicio de la Dirección de Obra, la rigidez del sostenimiento previsto.

No se permitirá en ningún caso en el perfil final de la excavación la existencia de entrantes o concavidades de formas agudas, y el contratista estará obligado a regularizar estas partes de la sección con capas adicionales de hormigón proyectado, colocadas a su cargo, hasta que cualquier línea sobre dicho perfil resulte con un ángulo inferior a 30° respecto a la teórica. Análogamente deberán recortarse las propias protuberancias que incidan sobre el perfil teórico.



En el caso de diferencias importantes entre los perfiles de excavación y los teóricos, le corresponderá a la Dirección de Obra decidir si el relleno se hace con el material de sostenimiento o, en parte, con el hormigón de revestimiento.

En solera, correrán a cargo del Contratista los mayores espesores de hormigón, material de filtro o regularización que sean ocasionados por los excesos de excavación.

La adopción por el Contratista de longitudes de avance inferiores a las especificadas en el Proyecto, y no autorizadas por la Dirección de Obra, no tendrá efecto sobre la clasificación del terreno a efectos de abono.

Los defectos de excavación correspondientes al perfilado de la sección transversal, deberán ineludiblemente ser subsanados por el Contratista, manteniéndose el gálibo libre definido en Planos. A fin de realizar la comprobación y recuperación de la sección, se tendrán que hacer coincidir las labores de saneo con el picado de las partes salientes con martillo rompedor.

En caso de subsistir defectos de gálibo o las diferencias respecto al perfil teórico tras la colocación de sostenimientos, el Contratista estará obligado a la correspondiente demolición de las partes afectadas, sustituyendo todos los elementos del sostenimiento en idéntica cantidad y espesor, con la propia inclusión de los elementos adicionales que la Dirección de Obra juzgue oportunos para recuperar la funcionalidad de los sostenimientos, en la medida que éstos puedan ser afectados por los trabajos de repicado y reposición (como las discontinuidades en la capa de hormigón proyectado, la anulación de la efectividad de soleras y contrabóvedas, etc.). Todos los trabajos de reposición del sostenimiento, más los adicionales, correrán a cargo del Contratista sin derecho a reclamación.



1.2.1.2. Ordenación de las fases de excavación

Es admisible ejecutar la destroza después de completar el avance del túnel en zonas de aplicación de los sostenimientos tipo más ligeros. Pero en las zonas de peor calidad geotécnica es necesario llevar ambos tajos muy próximos con objetivo de proceder a un rápido cierre de la sección.

En caso de características del terreno imprevistas, será el Director de Obra quien fije las fases de la excavación y la distancia entre las mismas.

Los precios serán los señalados en el Cuadro de Precios N° 1 del Presupuesto para las fases que se describen.

Los desfases en el tiempo entre las distintas etapas de excavación no supondrán modificación de los precios, aunque no coincidan con lo establecido en el proyecto.

1.2.1.3. Medición y abono

Además de considerar un único precio para las fases de avance, destroza y, cuando sea el caso, contrabóveda, se establecerán distintos precios unitarios de excavación, dependiendo de cada tipo de terreno y de los medios que sea necesario utilizar en cada caso.

La tramificación de cada tipo de terreno y cada tipo de sostenimiento, indicados en el perfil geotécnico longitudinal, es bastante indicativa y las longitudes de cada uno de ellos se medirán de acuerdo a la propia realidad, sin que puedan dar lugar a ninguna reclamación sobre las eventuales variaciones de longitud en más o en menos respecto a la previsión inicial.

Por tanto, la longitud de avance ni los sostenimientos se pueden considerar fijos y la Dirección de Obra tendrá capacidad para ser modificados por los que a su juicio se



adapten mejor a las características reales del terreno, bien sea atendiendo a las razones de seguridad inmediata o por conveniencia a largo plazo.

A la Dirección de Obra corresponde dar su conformidad por escrito a la calificación del terreno que se haya asignado a partir las observaciones que hayan sido realizadas "in situ", especificando los puntos kilométricos de su aplicación a efectos de la longitud de pase y los sostenimientos previstos.

La medición de la excavación se efectuará por metros cúbicos (m^3) de material excavado, siendo calculado como producto de la sección teórica que figura en los Planos para cada tipo de terreno por la longitud del túnel realmente avanzada medida a lo largo del eje de la misma.

En ningún caso serán de abono las sobre-excavaciones existentes por encima de la línea de abono marcada en los Planos para cada sección tipo. Únicamente serán de abono separado las sobre-excavaciones que tiendan a la compensación de grandes convergencias en el túnel.

Tampoco serán de abono los gastos ocasionados por la instalación y funcionamiento de instalaciones complementarias encaminadas a conseguir:

- Agotamiento de las aguas de infiltración procedentes del macizo excavado.
- Ventilación y una iluminación adecuadas de los túneles en general y de los frentes de trabajo en particular.
- Suministro permanente en los frentes de trabajo de agua, electricidad y aire comprimido para el funcionamiento de las herramientas y la maquinaria.

Si se produjeran caídas de material por causas fortuitas no achacables al Contratista, será de abono la propia retirada y vertido del escombro resultante y el relleno del hueco y la aplicación de un sostenimiento adicional que apruebe la Dirección de Obra.



A los efectos de abono de la excavación y del sostenimiento, el tipo de sostenimiento vendrá determinado por las instrucciones escritas que la D.O. remita al Contratista durante la obra, en las que se especificará exactamente en el punto del túnel que cambia el tipo de sostenimiento.

El abono de las obras se efectuará con la aplicación a la medición obtenida el precio adecuado de los contenidos en el Cuadro de Precios nº1. Dichos precios incluyen todo lo que respecta los materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para la excavación del material, su carga, transporte a vertedero y el canon de vertido si existiere.

1.3. Emboquilles

1.3.1. Paraguas de protección

Los paraguas estarán constituidos, como indican los Planos, por micropilotes armados mediante el propio tubo de perforación-inyección. El conjunto quedará inyectado con lechada de cemento. La lechada irá conducida por el interior de la tubería, prolongando esta inyección hasta el retorno de la misma por el espacio anular entre la tubería y taladro.

Además, los taladros se ejecutarán siguiendo el contorno de la excavación, a la distancia que marcan los planos entre ejes y respecto al perfil teórico de la sección libre, con una ligera pendiente (2%) que se garantice que taladros desviados no afecten a la sección.

El total de unidades previstas se modificará por la Dirección de Obra, a la vista de las características reales de los terrenos excavados.



1.3.2. Bulones

Tanto los bulones anclados formando malla sobre el talud frontal como los que se dispongan en corona circular, formando aureola de protección alrededor de la boca del túnel, se colocarán a las distancias que especifiquen los Planos y se fijarán con lechada de cemento.

Las características de los bulones serán similares a los descritos para el sostenimiento del túnel por lo que en todo caso se aplicarán los conceptos de ejecución, control y medición definidos en el capítulo de sostenimiento.

1.3.3. Malla de acero

La malla cosida a la pared del desmonte mediante los bulones, deberá adaptarse al máximo posible a las irregularidades del terreno, para lo que se utilizará la densidad de clavos de fijación que sea necesaria.

1.3.4. Hormigón proyectado

Será de las mismas características que las definidas para los sostenimientos del túnel. La capa de hormigón proyectado se tendrá que extender recubriendo toda la corona reforzada de bulones y mallazo.

1.4. Medición y abono

La forma de medición y el abono de los diferentes precios correspondientes a los trabajos desarrollados en los emboquilles de los túneles se describen así:

- Los bulones para sostenimiento de los taludes provisionales de emboquille se medirán y abonarán por el metro lineal (m) de bulón instalado con las condiciones descritas en los Planos de Proyecto, según el precio



correspondiente del Cuadro de Precios n° 1. El precio incluye la perforación, eventual entubación, materiales, cementación o resinado y medios auxiliares para el acceso a cada punto y la instalación, terminación y anclaje del bulón.

- La malla de triple torsión y la malla electrosoldada para sostenimiento de los taludes provisionales de emboquille se medirán y también se abonarán por metro cuadrado (m^2) de malla realmente instalada con las condiciones y mediciones teóricas descritas en los Planos de el Proyecto, según los precios respectivos del Cuadro de Precios n° 1. Los precios también incluyen los materiales y medios auxiliares para su correcta colocación sobre los taludes, así como la parte proporcional de solapes, recortes, etc.
- El hormigón proyectado se medirá por metros cúbicos (m^3) colocados, aplicando las mediciones teóricas obtenidas de los Planos. No se aplicarán las dimensiones reales del perfil de excavación realmente ejecutado ni será de abono el volumen de hormigón proyectado que no quede adherido y caiga o rebote de la superficie del talud. Igualmente, además tampoco será de abono la retirada de este material de rechazo al vertedero. El abono de hormigón proyectado se efectuará aplicando el correspondiente precio indicado en el Cuadro de Precios n° 1, a la medición obtenida siguiendo el procedimiento indicado anteriormente.
- Los micropilotes de emboquille de túnel se medirán y abonarán por metro lineal (m) de micropilote colocado con los criterios establecidos en los Planos de Proyecto, según el precio correspondiente que se indica en el Cuadro de Precios n° 1. El precio incluye perforación, eventual la entubación del taladro, inyección y materiales colocados, aplicado a la longitud de micropilote realmente ejecutada.



2. SOSTENIMIENTOS EN TÚNELES

2.1. Definición y Condiciones Generales

2.1.1. Definición

Son las operaciones de contención y apuntalamiento de las excavaciones en túneles, que son aplicables en las fases de avance y de destroza, utilizando los elementos usuales para estos fines como bulones, mallazo, hormigón proyectado, cerchas, etc.

2.1.2. Condiciones generales

2.1.2.1. Tipos de sostenimientos

Dentro del conjunto de elementos a colocar en la sección del túnel para garantizar la estabilidad se establece una diferenciación entre sostenimientos ordinarios colocados durante la propia excavación del túnel y elementos singulares o de refuerzo. Estos últimos son aquellos que se colocan, previa autorización de la Dirección de Obra, en secciones ya excavadas o sostenidas pero cuyo comportamiento, determinado a través de las correspondientes medidas de convergencia o mediante inspección de fallos y grietas, aconseja los refuerzos adicionales.

2.1.2.2. Normas generales de ejecución

Como consideraciones generales para todos los tipos de sostenimiento se establecen las siguientes:



-
- La proyección de una capa de hormigón proyectado de unos 3-5 cm de espesor (capa de sellado) se ejecutará una vez que ha sido saneada la excavación para garantizar a corto plazo la estabilidad de la sección, evitando con ello los fenómenos de venteo y alteración que pudieran originar desprendimientos de los fragmentos en la zona de trabajo.
 - Los espesores de la capa de sellado se considerarán incluidos dentro del espesor total del hormigón proyectado que en cada caso se haya especificado, y serán, para cada sostenimiento tipo, los indicados en los planos correspondientes.
 - Los bulones para el cosido del terreno (sin placa), habrán de colocarse después de la capa de sellado. La malla metálica se colocará en la fase especificada siendo las placas de los bulones las que servirán de fijación.

Si con el número de bulones colocados no se consigue una adaptación correcta del mallazo a la superficie del terreno o capa de sellado, se colocarán los clavos necesarios para conseguir una buena adaptación de la malla a la sección excavada.

- Las cerchas, preformadas y dobladas según la sección del túnel, deberán colocarse con el hueco del perfil metálico hacia el túnel de forma que pueda quedar relleno por el hormigón proyectado. Se utilizarán para fijarlas al terreno al menos tres bulones en la sección de avance y otras dos en la de destroza, para lo cual se ejecutarán en ellas los taladros correspondientes que habrán de tener el tamaño mínimo necesario para esta instalación, razón por la que se ejecutarán con soplete, quedando así prohibida la utilización de cortadoras de tipo radial.
- El sostenimiento se bajará hasta el fondo, en contacto con el terreno natural, tanto en avance como en destroza, para lo que se exigirá una certera limpieza de estas partes de la excavación.
- En la parte inferior del sostenimiento en avance se permitirá un adelgazamiento paulatino de la capa de gunita en una altura de 0,7 a 1 m, hasta que sea



visible la capa de mallazo, generando así la superficie de unión entre los sostenimientos de avance y destroza.

- Se asegurará continuidad del sostenimiento entre avance y destroza, para lo cual se solaparán las cerchas, donde existan, con las distancias exigidas, y se solaparán el propio mallazo y hormigón proyectado en una anchura de 0,7-1 m, sobre la junta previamente preparada en el avance. En la distribución de los bulones de las secciones de Avance y Destroza, la fila superior de los bulones de destroza se habrá de fijar muy próxima a la junta para que de este modo se cosan las capas de mallazo y de hormigón proyectado.
- En las operaciones de desescombro y limpieza, el Contratista deberá tener especial cuidado en no deteriorar las partes bajas de los sostenimientos colocados (bulones, mallazo y cerchas) pudiendo exigir la sustitución, a su cargo, de los elementos afectados. Esto es también aplicable a las cunetas de drenaje temporal de la excavación, resultando aconsejable dejar una pequeña berma entre cuneta y la zona final del sostenimiento.

2.1.2.3. Precauciones especiales

Al margen de lo ya señalado en el capítulo anterior de Excavación sobre los sostenimientos mínimos a ejecutar antes de una nueva operación de pase, se establecen las siguientes precauciones adicionales:

- Para un avance determinado, se tendrá que acabar en el mismo turno (o en cualquier caso sin que haya discontinuidad en el tiempo) toda capa de hormigón proyectado.
- El turno que preceda a una interrupción de la obra de varias horas o días (fines de semana, etc.) deberá de acabar en su totalidad el sostenimiento del nuevo avance, según las definiciones establecidas. Además, se procederá en los terrenos en que así se haya previsto en las secciones tipo, a la proyección del propio frente con un



espesor mínimo de 5 cm de hormigón proyectado u otros eventuales sostenimientos temporales.

- En caso de detenciones prolongadas (vacaciones, paradas, etc.) además de lo ya especificado, la Dirección de Obra tendrá que analizar el comportamiento de los tramos ya excavados y los tramos sometidos a especial vigilancia, proponiendo con antelación suficiente los refuerzos que fuesen necesarios para garantizar la propia estabilidad de la excavación durante todo el tiempo que dure la parada.
- Se considerarán faltas graves, la ejecución de pases o voladuras sin los sostenimientos previos especificados y el incumplimiento de lo señalado para detenciones muy prolongadas, pudiéndose exigir al Contratista, a su cargo, la colocación de sostenimientos específicos para poder recuperar la estabilidad de las secciones afectadas, al margen de poder proceder a la recusación de los responsables de estas actuaciones.
- En el caso de malos recortes, la eficacia de los sostenimientos puede quedar muy limitada por las discontinuidades o irregularidades en el perfil, por lo que la Dirección de Obra podrá ordenar colocar los elementos adicionales de sostenimiento, como bulones de mayor longitud en el entorno de la sobre-excavación y mayor número de capas de mallazo y gunita, que garanticen la estabilidad de la sección.
- El Contratista estará, además, obligado a conseguir buenos recortes quedando a su cargo la ejecución de estos trabajos complementarios cuando se deriven de defectos o incumplimientos en la ejecución de la excavación.

2.1.2.4. Refuerzos

Al margen de los sostenimientos habituales que se tengan que colocar en el frente, cuando un tramo de túnel ya construido presente problemas de estabilidad se procederá a reforzarlo aumentando la cuantía de los elementos del sostenimiento o con la colocación de los nuevos elementos.



El criterio para la ejecución de estos refuerzos será el seguimiento técnico de la excavación y también del sostenimiento de túnel y los datos de auscultación.

La parte de la sección que se haya de reforzar y la longitud del túnel afectado será decisión de la Dirección de Obra, si bien, en casos de inestabilidad repentina observada en ausencia de la Dirección de Obra, será el Contratista quien estará obligado a tener que colocar los refuerzos inmediatos que a su juicio considere necesarios, justificando posteriormente su decisión a la Dirección de Obra.

Ante estas posibles actuaciones, el Contratista estará así obligado a equipar el túnel o equiparse con los elementos accesorios necesarios para poder así actuar con rapidez en cualquier tramo y parte de la sección del túnel, donde los refuerzos fuesen requeridos.

La medición y el abono de los refuerzos se realizará por las unidades realmente ejecutadas aplicándose el precio de los elementos de refuerzo establecidos para la aplicación en sí, sin que tenga el Contratista derecho a ningún tipo de abono o compensación por dichos conceptos.

2.2. Condiciones del Proceso de ejecución

2.2.1. Bulones

El bulonaje a emplear será de anclaje continuo con lechada de cemento. Los bulones podrán ser eventualmente de tipo activo en algunos tramos del túnel si las condiciones así lo aconsejan, a criterio de la Dirección de Obra. La Dirección de Obra se reserva la facultad de cambiar a un anclaje a la resina o de cualquier otro tipo, en función de los resultados obtenidos de los ensayos efectuados en obra.



- **Bulones de fricción**

Los bulones que se tendrán utilizar serán del tipo de anclaje mecánico continuo por expansión. El diámetro exterior de los bulones proyectados es 36 mm y el espesor de acero empleado 3 mm. La carga mínima de rotura será de 200 kN. Las placas de asiento serán rectangulares y con dimensiones de 150 x 150 x 7 mm.

2.2.1.2. Puesta en obra

El Contratista respetará rigurosamente las instrucciones sobre espaciamiento y densidad del bulonado aprobadas por la Dirección de Obra para lo que, en cada avance, dejará referencias (bulones sin gunitar) que le marquen ubicación de los últimos trabajos efectuados.

El incumplimiento repetido en este concepto podrá ser causa de la solicitud de cambio o recusación de los responsables de tajo.

- **Perforación**

La perforación para la colocación de bulones se iniciará lo más pronto posible después de la excavación, y del saneo y después de la proyección de una primera capa de hormigón, eventualmente sobreacelerado, de unos 3 a 5 cm de grosor (capa de sellado).

La maquinaria y el material de perforación deberán permitir que sea fácil ejecución de las perforaciones en cualquier posición y ángulo de ataque.

El diámetro de la barrena excederá entre 4 y 8 mm el diámetro de la barra a colocar y la longitud de perforación será también inferior en 10 cm a la longitud del bulón a colocar, siendo éste un parámetro especialmente vigilado pues no conduce sino a pérdidas inútiles de la resina y a una disminución de la capacidad resistente del bulón.



A estos efectos se marcarán debidamente las barrenas de perforación, con las pinturas reflectantes, con las referencias que aseguren una perforación a la distancia adecuada.

Salvo en los casos en que se autorice por la Dirección de Obra, la orientación de las perforaciones se hará perpendicular a la pared de la excavación.

Una vez acabada la perforación, se limpiarán cuidadosamente los taladros, con agua a presión o con aire comprimido si se aprecia inestabilidad de alguno de ellos. Este tratamiento no se empleará en suelos o formaciones blandas.

- Colocación de los bulones de fricción

Durante la colocación de los bulones de anclaje por expansión, deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- La presión de inflado será la indicada por el fabricante del bulón y se utilizará el tipo de bomba recomendada por éste.
- Se mantendrá la presión en la bomba hasta que dicho bulón no admita más entrada de agua.

2.2.1.3. Ensayos y controles

Antes del inicio de la obra se realizarán pruebas de bulonajes con bulones de longitudes diferentes y con diferente velocidad de endurecimiento. En principio, para cada ensayo, según las especificaciones dadas por la Dirección de Obra, se realizarán dos series de pruebas con longitudes de bulones de 2, 3, 4 y 5 m. Se dibujara el gráfico esfuerzo-deformación a partir de lecturas de los comparadores que miden el desplazamiento del bulón en función de las cargas aplicadas. La metodología precisa de los ensayos, así como la definición de los esfuerzos máximos de tracción a alcanzar durante la obra en los distintos tipos de terrenos, serán definidos así por la Dirección de obra.



Para asegurarse de la buena calidad de los bulones colocados en obra, se efectuarán los ensayos y controles siguientes:

- Control de calidad de los materiales y, si es el caso, control constante del estado de conservación de las cargas de resina, que deberán de llevar su fecha máxima de utilización.
- Control estadístico de la longitud libre (no anclada) del bulón en cabeza, mediante la introducción de un alambre. Se efectuará un control por 10 bulones colocados. Esta longitud no será nunca superior a 20 cm en bulones de cualquier longitud.
- Ensayos de tracción de bulones colocados normalmente (y no de bulones colocados especialmente para ensayos) mediante gato hueco que permita ejercer una tracción sobre el bulón, apoyándose en la pared. La definición de los esfuerzos máximos de tracción a alcanzar en los diferentes terrenos lo definirá la Dirección de obra según los ensayos previos. Se consideran aceptables resistencias tangenciales del orden de 4 Kp/cm² en materiales rocosos de calidad de tipo media. Se efectuarán controles sobre un promedio de 5% de los bulones instalados con periodicidad de 1 a 3 días, escogiendo así de modo aleatorio los pases a ensayar y los bulones dentro de éste.

No se permitirán fallos, tanto en la longitud libre no cementada como en la resistencia al arranque, en un porcentaje superior al 20% de los bulones ensayados, en cuyo caso se sancionará al Contratista con una penalización del 20% sobre la medición de los bulones colocados desde el último punto de control; y, si este porcentaje alcanzara o superara el 40%, la Dirección de Obra podrá exigir, desde la reposición de los bulones defectuosos, hasta la reposición de todos los elementos colocados desde el último punto de control en función de la gravedad de las faltas sobre los mínimos estipulados.



El Contratista estará obligado a facilitar los medios mecánicos de elevación necesarios para la ejecución de los ensayos, aceptando los tiempos de parada que se deriven de la ejecución de los mismos.

2.2.2. Mallazo

El mallazo constituye la armadura del hormigón proyectado, cuando éste no lleve incorporada fibras.

La Dirección de Obra podrá definir a lo largo de toda la obra la cantidad de mallazo a colocar, modificada de la reflejada en los planos, tanto en aplicación ordinaria como en el refuerzo.

2.2.2.1. Materiales

El mallazo será electrosoldado, de retícula y diámetros de alambre. Se utilizará acero de elevado límite elástico.

2.2.2.2. Puesta en obra

La distancia entre la malla de acero y la pared (terreno o capa de hormigón proyectado) estará comprendida entre 3 y 7 cm.

La última capa de mallazo del sostenimiento estará recubierta con un grueso mínimo de 3 cm de hormigón proyectado.

El número de puntos de sujeción de la malla a la pared será como mínimo de 2 por m², a fin de evitar las vibraciones de la malla durante la proyección de hormigón. Cuando la malla se aplique sobre hormigón proyectado a roca de buena calidad, la sujeción se podrá efectuar con clavos “spit” y aprovechando las cabezas de los bulones disponibles.



Si los clavos “spit” no permitan una sujeción correcta de la malla en terrenos blandos, se recurrirá a anclajes cortos de 20 a 30 cm de largo y 8 mm de diámetro.

El solapamiento entre dos capas de mallazo contiguas será de 20 cm o dos cuadrículas.

2.2.3. Fibras de acero

Mejora las características resistentes del hormigón proyectado. Deben tener una resistencia mínima a la tracción de 1.100 N/mm^2 y longitud no inferior a 40 mm, presentando una superficie limpia para conseguir una correcta mezcla y adherencia al hormigón. Su cuantía será la indicada en los Planos, con un mínimo tolerable de 40 kg/m^3 .

2.2.4. Hormigón proyectado

Las características básicas del hormigón proyectado a utilizar en la presente obras son las siguientes:

- Hormigón proyectado por vía húmeda, de flujo denso
- Resistencia característica a 28 días, 300 kg/cm^2
- Proyección mecanizada
- Aditivos: fluidificantes, inhibidores/retardadores, acelerantes/activadores y humo de sílice.

Prevía autorización de la D.O. se incorporará a la mezcla fibras de acero, comprobando que se mantiene, al menos, la resistencia prevista.



La correcta puesta en obra del sostenimiento presupone un dominio perfecto de la tecnología del hormigón proyectado por parte del Contratista. En el caso que la Dirección de Obra considerase insuficiente la experiencia del Contratista, éste deberá proceder a la inclusión de personal experimentado en sus equipos, a diferentes niveles, previa aprobación de la Dirección de Obra durante el tiempo necesario para la perfecta formación del personal.

Será de libre elección del Contratista la procedencia y el tipo de maquinaria a utilizar en la puesta en obra del hormigón proyectado. No obstante, el Contratista, antes de empezar las obras deberá presentar la documentación precisa que defina aquellas características de la maquinaria y los procedimientos de construcción para su aprobación por la Dirección de Obra, quién comprobará que se ajusta a la “filosofía” y bases establecidas en el presente Pliego. En principio, y por razones de seguridad, se preferirá la aplicación con “robot” dirigido a distancia.

Antes de la primera aplicación en obra se llevará a cabo una serie de ensayos previos, en el exterior del túnel para entrenamiento de los operarios, puesta a punto de los equipos y para ajuste de la dosificación sobre la base de la orientativa o inicial reflejada en el presente Pliego. Finalizados los ensayos (estimados en 3 ó 5) y con las correcciones pertinentes, la Dirección de Obra autorizará el inicio de las operaciones en el túnel.

Una vez conseguida la regularidad en la utilización del hormigón proyectado, se llevará a cabo en una de las labores ordinarias de puesta en obra en el túnel la prueba de rechazo que servirá para comprobar la idoneidad de los trabajos ejecutados, y sus resultados, contrastados y firmados por el Contratista y Director de Obra, como documento contractual, en la medición de espesores de gunita que puedan quedar al margen de los sistemas ordinarios de control de espesor, como ocurre en aplicaciones de refuerzo.



2.2.4.1. Materiales básicos

Todos los materiales constitutivos del hormigón deberán ser aprobados por la Dirección de Obra a propuesta del propio Contratista, quien deberá aportar los datos y ensayos pertinentes que garanticen su idoneidad dentro de lo establecido en el presente Pliego.

- **Cemento**

Se ajustará al vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos.

Se empleará el cemento tipo CEM I-52,5R. En caso de que circunstancias especiales aconsejen la utilización de otro tipo de cemento, será la Dirección de Obra quien determinará el tipo y categoría del cemento a emplear en cada caso, sin que esto suponga modificación alguna sobre los precios a aplicar en el hormigón proyectado. El contratista facilitará igualmente a los medios necesarios para la ejecución de todos los ensayos que fuera preciso realizar motivados por este cambio.

El cemento a emplear en todos los hormigones de la obra de los túneles tendrá características sulforesistentes.

- **Agua**

Cumplirá en cuanto a su idoneidad química y contenido de residuos orgánicos lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08

La toma de muestras y ensayos correspondientes la determinará la Dirección de Obra en función de las garantías de calidad y uniformidad en el abastecimiento a la planta de hormigonado, ajustándose así a las normas UNE vigentes al respecto.

- **Áridos**



Las características de los áridos se ajustarán a las especificaciones de carácter general de la Instrucción EHE-08.

Los áridos a utilizar en el hormigón proyectado se obtendrán mediante selección y clasificación de materiales naturales o procedentes de machaqueo, o bien con una mezcla de ambos, aunque con preferencia se deberán servir los áridos rodados, que disminuyen notablemente el mantenimiento de la máquina de proyección.

El tamaño máximo del árido será de 12 mm y las curvas granulométricas se ajustarán al huso elegido para la dosificación.

Como control rutinario y rápido de estos materiales se utilizará el ensayo de equivalente de arena que será como mínimo de 80.

En la dosificación del agua del amasado se tendrá en cuenta la humedad de los áridos en planta, para realizar las correcciones pertinentes.

- Humo de sílice

Conociendo los efectos beneficiosos que el humo de sílice produce sobre la durabilidad y permeabilidad del hormigón, al margen de otros efectos beneficiosos como la disminución del rebote y una mejor trabajabilidad, se establece el uso continuado de este aditivo en un porcentaje de 35 kg/m³ (aprox. 7-8% respecto al peso del cemento).

- Aditivos

Este apartado se refiere a la utilización de acelerantes, inhibidores, fluidificantes, activadores, etc., necesarios para la colocación del hormigón proyectado. Estos se ajustarán a las prescripciones de la Instrucción EHE-08, siendo las normas UNE vigentes las de referencia a efectos de su caracterización.



Como en el caso de la maquinaria se dejará a la libre elección del Contratista el tipo y procedencia de los aditivos a utilizar debiendo presentar la documentación pertinente para el análisis y aprobación por la Dirección de Obra, de acuerdo a las bases y conceptos del presente Pliego.

Los aditivos a utilizar deberán ser compatibles con el cemento, áridos y humo de sílice. No serán corrosivos a las armaduras, dañinos para la salud, ni afectar a la durabilidad de las obras, además de cumplir con los requisitos mínimos exigidos en cuanto a los controles de calidad ejecutados en obra.

La proporción óptima de los aditivos se obtendrá sobre la pauta de las recomendaciones del fabricante en los ensayos previos. Cualquier cambio en el tipo y procedencia de los aditivos conllevará un proceso similar y su utilización no estará permitida sin la aprobación de Dirección de Obra.

2.2.4.2. Requisitos requeridos

La consistencia del hormigón fresco se medirá al vertido de la cuba en el momento de su puesta en obra mediante el Cono de Abrams (UNE 83-313-90), aceptándose valores de asiento entre 100-150 mm. Deberá tenerse en cuenta que los valores del cono en general serán superiores, a efectos de prever la influencia del transporte y de las condiciones climatológicas durante el mismo.

Para el hormigón endurecido se evaluarán las propiedades siguientes:

- Resistencia a compresión.
- Módulo de elasticidad.
- Coeficiente de permeabilidad.



2.2.4.3. Dosificación de referencia

En principio se considerará una dosificación inicial de cemento de 475 kg/m³, estimada suficiente para alcanzar las resistencias exigidas.

A partir de ella, teniendo en cuenta otras relaciones habituales en la ejecución de hormigón proyectado por vía húmeda como:

- Relación agua/cemento. Comprendida entre 0,40 y 0,45 (para el tamaño máximo de árido utilizado, 12 mm).
 - Relación áridos/cemento. Comprendida entre 3,5 y 4 y de acuerdo al uso granulométrico señalado, se establece la siguiente dosificación de referencia en la que se omiten por las razones antes comentadas los tipos y dosificaciones de los aditivos fluidificantes, activadores, etc.
-
- Cemento (CEM I-52,5R) 400 kg/m³
 - Áridos 0/6 1.400 kg/m³
 - Áridos 6/12 400 kg/m³
 - Relación a/c 0,45
 - Humo de sílice 16-32 kg/m³

En caso de no alcanzarse las resistencias esperadas se procederá a la optimización de la dosificación de la mezcla y al aumento de la cantidad de cemento hasta que se alcancen las resistencias exigidas. Análogamente se admiten variaciones en sentido contrario.

Este cambio no supondrá modificación alguna sobre los precios de hormigón proyectado establecidos.



Previa autorización de la D.O., se utilizará la incorporación de fibras de acero, en dosificación de 45 kg/m³, a la mezcla de hormigón proyectado como sustitución del mallazo.

2.2.4.4. Puesta en obra

La proyección del hormigón se efectuará mediante equipos automatizados (robots). El Contratista adoptará las medidas pertinentes para asegurar la continuidad del suministro del hormigón durante el proceso de hormigonado.

El rendimiento mínimo será de 6 m³/hora y en su utilización se mantendrán las recomendaciones del fabricante respecto al caudal y presión del aire comprimido, tipos de boquillas, etc.

La distancia de proyección será de 1 m, mantenida de modo regular, con proyección perpendicular a las paredes de la excavación, excepto en el caso de sostenimientos con cerchas en que se utilizará una proyección oblicua para el correcto llenado en el trasdós de las mismas.

Antes de cada aplicación, y en el caso de macizos rocosos, habrá de limpiarse con agua o aire a presión toda la superficie a proyectar, eliminando de ella elementos extraños tales como hollín, polvo o fangos proyectados por las voladuras, pudiendo exigir la Dirección de Obra, la sustitución de operarios y responsables de tajo, por incumplimientos de este tipo.

El grueso máximo de una capa de hormigón ejecutada en una sola fase no podrá exceder de 10 cm, excepto en las zonas bajas de la excavación donde no existe la posibilidad de despegue de las capas de gunita. En hormigonados a ejecutar en tiempo frío, sobre todo en el tajo de destroza que se efectúen a túnel calado, se tendrán en cuenta las recomendaciones al respecto contenidas en la Instrucción EHE-08.



En el caso de preverse temperaturas extremas durante el hormigonado, el Contratista propondrá las medidas especiales que deberán adoptarse, las cuales se someterán a la aprobación de la Dirección de Obra.

2.2.4.5. Control y ensayos

La calidad del hormigón proyectado se controlará permanentemente durante la ejecución de la obra.

El tipo de control se extenderá desde los materiales hasta la calidad y el espesor de los hormigones ejecutados.

Dentro de los materiales, los cementos, microsílíce, aditivos, etc. procedentes de un proceso de elaboración industrial, no serán objeto de seguimiento específico, siendo la Dirección de Obra la que en su momento determine las verificaciones y comprobaciones oportunas.

Se llevará un control periódico de la calidad de los áridos en la planta de hormigonado, ejecutándose muestreos para el ensayo de equivalente de arena cada 20 m³ de hormigón fabricado, y muestreos para análisis granulométrico cada 60 m³ de hormigón fabricado.

Las características de resistencia de los hormigones se controlarán mediante muestras en tajos ordinarios de gunita del túnel. El muestreo comprenderá 3 probetas cúbicas de 10 cm de lado para ensayos de 25 horas y una artesa o placa de 50 x 50 cm de lado y 15 cm de profundidad, de la que se extraerán 12 probetas de 6 cm de diámetro y 15 cm de altura, para ensayar en grupos de 3, a 3, 7, 28 y 90 días. La resistencia a períodos menores como 1 día o 4 horas se establecerá por extrapolación. La densidad del muestreo se establece en 1 de cada 60 m³ de hormigón consumido en los primeros 200 m de excavación y 1 cada 100 m³ en los restantes.



En la toma de muestras, tanto los cubos como artesa, estarán subverticales, con las aberturas dirigidas perpendicularmente a lanza de proyección. Los resultados obtenidos servirán para controlar la resistencia de los hormigones respecto a los mínimos especificados.

Las resistencias obtenidas habrán de ser superiores o iguales a las exigidas y en caso de que se observen resultados inferiores, la Dirección de Obra tomará las medidas oportunas, como la ejecución de sostenimientos adicionales, no abonables, en todo el tramo que se considere afectado, además de ordenar la comprobación y cambios de las dosificaciones en planta y obra para recuperar las resistencias exigidas.

A estos efectos, la Dirección de Obra obtendrá, a través del Contratista, acceso libre a la planta de hormigonado para seguir y controlar, tanto los datos de las amasadas como los volúmenes suministrados.

El control de los espesores reales de gunita colocados en el túnel se llevará a cabo, independientemente para las fases de Avance y Destroza, mediante la obtención de testigos del sostenimiento recogidos de forma aleatoria dentro del mismo, a razón de 1 testigo cada 5 m de túnel. Alternativamente, se podrá hacer mediante clavos o vástagos fijados previamente a la superficie excavada.

Los datos obtenidos se considerarán contractuales y su tratamiento estadístico, junto con los datos de los sostenimientos ejecutados, servirán para cuantificar los posibles déficits de hormigón proyectado, respecto a los estipulados, a efectos de su reposición o descuento si se trata de volúmenes considerados estructuralmente como poco importantes, en este último caso con una penalización del 20% sobre la medición de los volúmenes afectados.



2.3. Medición y abono

El hormigón proyectado se medirá por metros cúbicos (m^3) colocados, aplicando las mediciones teóricas obtenidas de los Planos. En ningún caso se aplicarán las dimensiones reales del perfil de excavación realmente ejecutado. El precio incluido en el Cuadro de Precios nº 1 tiene en cuenta el incremento de medición real debido al contorno irregular de la excavación.

En aquellos casos en que la D.O. ordene la colocación de hormigón proyectado no previsto en los Planos, la medición se efectuará multiplicando la superficie proyectada de acuerdo con dichas instrucciones por el espesor indicado por la Dirección de Obra.

En ningún caso será de abono el volumen de hormigón proyectado que no quede adherido y caiga o rebote de hastiales y bóveda (rechazo). Igualmente, tampoco será de abono la retirada de este material de rechazo al vertedero.

Los precios indicados incluyen la ejecución y los medios necesarios para la misma, así como el material de rechazo y los excesos debidos a un contorno irregular de la excavación del túnel.

El abono de hormigón proyectado se efectuará aplicando el precio correspondiente indicado en el Cuadro de Precios nº1, a la medición obtenida siguiendo el procedimiento indicado anteriormente.

El abono de hormigón proyectado con fibras metálicas se efectuará aplicando el precio correspondiente indicado en el Cuadro de Precios nº 1.

La malla de acero colocada en sostenimiento se medirá por metros cuadrados (m^2) colocados, aplicando las dimensiones teóricas obtenidas de los Planos. En ningún caso se utilizará el contorno real de la excavación para calcular la medición del mallazo.



En el caso de malla colocada por orden de la Dirección de Obra, y que no aparece en los Planos, se medirá por metros cuadrados de superficie de túnel teórica a cubrir, según dichas instrucciones de la Dirección de Obra.

El abono del mallazo se efectuará aplicando a las mediciones obtenidas el precio correspondiente señalado en el Cuadro de Precios nº 1.

La armadura de contrabóveda de túnel y galerías se medirá por kilogramos (Kg) de acero realmente colocados de acuerdo con las instrucciones del Artículo 803 de este Pliego. El abono se efectuará aplicando el precio correspondiente incluido en el Cuadro de Precios nº 1.

Este precio incluye las pérdidas por despuntes, mermas y solapes, que no serán de abono separado. También están incluidos los separadores, rigidizadores, alambres, etc necesarios para la correcta colocación de la armadura.

Los bulones se medirán por metros lineales (m) de bulón colocados, obtenidos como producto del número de bulones realmente colocados por la longitud de los mismos que aparece en los Planos, en la disposición y características definidas en los mismos o especificadas por la D.O.

Cuando la Dirección de Obra ordene la colocación de bulones de longitudes no previstas en los Planos, éstos se medirán como producto del número de bulones realmente colocados por la longitud especificada por la Dirección de Obra.

Para su abono, a la medición obtenida se le aplicará el precio correspondiente incluido en el Cuadro de Precios nº 1.

Estos precios incluyen los materiales y los medios necesarios para su completa instalación. Tal y como se ha indicado anteriormente, no serán de abono aquellos bulones adicionales que se hayan instalado a indicación de la D.O. por causa de resultados insuficientes en los ensayos de tracción.



En ningún caso se utilizará la longitud real del contorno de excavación. En los precios aplicables está tenido en cuenta el exceso de medición debido a las irregularidades del contorno de la excavación.

En el precio se incluye la parte proporcional de tresillones de unión, grapas, solapes y otros elementos de sujeción de la chapa al terreno, así como las operaciones de colocación.

El hormigón se medirá por metros cúbicos (m^3) colocados, obtenidos como producto de la superficie teórica que aparece en los Planos por la longitud del túnel en la que se coloque medida a lo largo de su eje.

El abono de hormigón se efectuará aplicando los Precios que figuran en el Cuadro de Precios n° 1 para tipo de hormigonado de sostenimiento.

3. CONTROL Y AUSCULTACIÓN DE TÚNELES

3.1. Definición y Condiciones generales

3.1.1. Definición

Las mediciones geomecánicas o auscultación, forman parte del proceso constructivo del túnel, y se deben llevar a cabo dentro de las demás labores de excavación y sostenimiento.

Su utilidad básica es comprobar cómo se adecúa el sostenimiento empleado a cada tipo de roca y también servir de señal de alarma frente a posibles inestabilidades.

Los sistemas de auscultación que se proyectan para su uso durante la construcción del túnel son los siguientes:

- Medidas de convergencia en bóveda, hombros y hastiales de la sección.



-
- Hitos de nivelación en clave de la sección.
 - Extensómetros colocados en la zona de bóveda.
 - Células de presión entre sostenimiento y revestimiento y en revestimiento.

Las mediciones consistirán en medidas de convergencia y nivelación, por una parte, y en secciones completas de medida por otra. Las secciones de medida de convergencia y nivelación se instalarán y leerán de forma sistemática a lo largo de todo el túnel, mientras que las secciones completas están reservadas para puntos en que son de esperar mayores complicaciones.

Los criterios que deben emplearse para la ubicación de cada uno de los tipos de secciones de auscultación es la siguiente:

- Las secciones de medición de convergencias se colocarán cada 25 m, como término medio, a lo largo de todos los túneles. En zonas de características geológicas especialmente malas, o para controlar ensanches, entronques con galerías, etc.. es conveniente colocar secciones de medida a un espaciado inferior, mientras que en zonas de túnel con terreno de buena calidad pueden separarse más.
- Las secciones completas constarán, además de medida de convergencias, de tres extensómetros de interior de tres varillas cada uno, colocados en el avance.

Posteriormente, al hormigonar el revestimiento, se dejarán embebidas en el hormigón tres parejas de células de presión radiales y tangenciales. Se ha previsto la colocación de dos de estas secciones por tubo, pero esta disposición deberá adecuarse a las características concretas del terreno que se encuentre.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia, toma de lecturas y registros de los instrumentos deberá ser personal cualificado y



con experiencia en el campo de instrumentación para túneles, a satisfacción de la Dirección de Obra.

Con periodicidad mensual, el Contratista emitirá un informe donde se resuman todas las medidas efectuadas durante el mes anterior, correlacionadas con la geología atravesada, y donde proponga modificaciones a introducir en el sistema de excavación y sostenimiento. De este informe se entregará copia a la Dirección de Obra. La redacción de informe de auscultación no será de abono separado, pues su coste va incluido dentro de los diversos precios de este capítulo.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios deberán ser suministrados por el Contratista, debiendo estar disponibles a pie de obra con anterioridad al comienzo de las obras de construcción del túnel. De igual modo, con anterioridad al comienzo de las obras, el contratista deberá presentar a la D.O. el método y un programa preliminar que se adoptará para la instalación de los instrumentos.

La disposición de la instrumentación que figura en los Planos debe tomarse como orientativa, tanto en número como en ubicación de los distintos controles. En función de las características concretas de los terrenos encontrados al excavar el túnel, el Contratista podrá proponer modificaciones en la auscultación a la Dirección de Obra, que las aprobará si lo estima conveniente.

3.2. Medidas de Convergencias

3.2.1. Definición

La medida de convergencias consiste en la medición de los movimientos del contorno del túnel a lo largo del tiempo en una serie de secciones transversales de éste, denominadas secciones de medida.



Para ello se sitúan, en cada una de las secciones de medida en que se vaya a realizar el control, unos puntos anclados a la roca o al sostenimiento. Mediante una cinta extensométrica se mide periódicamente la distancia entre pares de puntos.

La medida de las convergencias se enmarca dentro de las medidas para el control del comportamiento del sostenimiento primario y del terreno. El presente Pliego y los Planos de Proyecto especifican la manera en que estas medidas deben realizarse.

3.2.2. Ejecución

Para la medida de la convergencia se utilizará la cinta extensométrica de ínvar con dispositivo de tensionado automático, con un rango de 0 a 20 m y una precisión de 0,05 mm. Como dispositivo de lectura es aconsejable el calibre de cuadrante.

Las secciones de convergencia se colocarán en principio según lo dispuesto en los Planos, a una distancia aproximada entre sí de 25 metros. En zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno o debido a entronques, intersecciones, ensanches, etc, no previstos, y con autorización de la D.O., se podrán instalar secciones adicionales. En ningún caso se instalarán un menor número de secciones que las estipuladas en el Proyecto, salvo expreso deseo de la D.O.

A menos que la D.O. disponga otra cosa, cada una de las secciones de medida estará formada por 5 pernos de convergencia rígidamente unidos a la roca o al hormigón proyectado. Los pernos serán tipo argolla. Los pernos se situarán: uno en clave, dos en la base de los hastiales de la sección de avance y los otros dos en la base de los hastiales de la sección completa. La distancia mínima entre la solera y el punto de medida será de 150 cm.

Los clavos se deben colocar los más rápidamente posible tras la excavación, y como máximo a las 24 horas del paso del frente de excavación por la respectiva sección. En el momento de la instalación de los pernos se efectuará una lectura, que se establecerá como el origen de las medidas.



Las medidas a realizar serán:

- Cuerda horizontal H entre los puntos situados en la base de la sección de avance y en la base de la sección de destroza,
- Diagonales entre éstos y el punto de clave.
- Asiento en clave F del punto de clave, medido por medios topográficos.

En secciones partidas o por galerías, se definirán puntos de control en las secciones parciales.

La distribución de medidas a realizar en el tiempo dependerá de la calidad del terreno, de la velocidad de deformación y de la magnitud de ésta, así como de las operaciones a realizar en el túnel. En principio y salvo otra indicación de la D.O., se realizarán medidas diarias hasta la estabilización de la curva de deformación-tiempo y un mínimo de 2 semanas, y, a partir de dicho momento, mediciones mensuales de comprobación. Esta frecuencia de lecturas se aplicará tanto a la sección de avance como de destroza. En cualquier caso, las medidas diarias se prolongarán como mínimo hasta que el frente de excavación se aleje dos diámetros de la sección de medida.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios para el estudio de las convergencias deberán ser suministrados por el Contratista, debiendo estar disponibles a pie de obra con anterioridad al comienzo de las obras de construcción de los túneles.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia, toma de lecturas y registros de los instrumentos deberá ser personal cualificado y con experiencia en el campo de instrumentación para túneles, a satisfacción de la Dirección de Obra.

Los instrumentos empleados en la medida de convergencias, deberán ser probados durante el proceso de instalación. Será necesario adoptar todo tipo de precauciones, especialmente frente a las labores de ejecución del túnel. Se protegerán los clavos de medida para evitar posibles choques de la maquinaria, así como la proyección de hormigón sobre aquéllos.



Cualquier instrumento que no funcione debidamente al término de la instalación, habrá de ser instalado de nuevo o será sustituido, según establezca la Dirección de Obra.

Con anterioridad al comienzo de las obras, el Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra el método y un programa preliminar que se adoptará para la instalación de los instrumentos.

Asimismo, el Contratista mantendrá todos los instrumentos para la medida de convergencias en perfectas condiciones de trabajo durante el transcurso de las obras. En caso de que algún instrumento resultase dañado por las operaciones efectuadas por el Contratista, éste habrá de sustituirlo, siendo responsable del coste económico adicional.

La Dirección de Obra, podrá exigir que el Contratista interrumpa la construcción en las proximidades de los instrumentos dañados hasta que éstos sean sustituidos y estabilizados.

3.2.3. Medición y abono

Los pernos para control de convergencia se medirán por unidades realmente instaladas con los criterios establecidos en el presente Pliego, y se abonarán de acuerdo con el precio correspondiente que figura en el Cuadro de Precios nº 1.

No serán de abono separado las operaciones, medios y materiales necesarios para la correcta instalación de los mencionados instrumentos, así como su lectura y control. En el precio antes señalado va incluida la parte proporcional de la cinta extensométrica de lectura.



3.3. Extensómetros

3.3.1. Definición

Los extensómetros son instrumentos que permiten medir el movimiento del interior del terreno en la dirección longitudinal en que éstos están colocados. Pueden instalarse tanto desde el exterior como desde el interior de la excavación. En general se utilizarán los extensómetros de varillas, salvo que el Contratista justifique sobradamente otro sistema, que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

La precisión exigida a estos aparatos será de 0,01 mm.

Los extensómetros se colocarán en los puntos indicados en el Proyecto, y además, en zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno y no previstas en los Planos, siendo necesario en este caso la autorización correspondiente por parte de la D.O. Salvo que la D.O. especifique lo contrario, no se instalará menor número de extensómetros que los estipulados en el Proyecto. Los puntos de anclaje de cada varilla serán igualmente los señalados en el Proyecto. Se instalarán lo más rápido posible tras la excavación. No deberán transcurrir más de 3 días desde el momento de la excavación hasta el momento de la primera lectura.

La instalación se efectuará del siguiente modo: en primer lugar se efectuará una perforación del diámetro suficiente para albergar la varilla prevista. Posteriormente se introducirán éstas en el taladro, protegidas con un tubo de PVC que las permite desplazarse libremente en la dirección de su eje, salvo en el extremo, donde irán soldadas a un trozo de acero corrugado.

Se procederá a inyectar el taladro con lechada de cemento y por último se instalará la cabeza del extensómetro, procediéndose a realizar la lectura inicial.



La lectura puede realizarse manualmente con un calibrador, aunque se recomienda la lectura eléctrica centralizada mediante potenciómetro, cuerda vibrante o cualquier otro método similar.

Las deformaciones en los extensómetros comenzarán a medirse inmediatamente tras su instalación. Se realizarán medidas cada dos días hasta que el frente se aleje de la sección de control un mínimo de 30 metros, o más, si la lectura no se estabiliza. Posteriormente se efectuarán medidas semanales hasta su estabilización, y cada mes en el resto de la obra.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios deberán ser suministrados por el Contratista, debiendo estar disponibles a pie de obra con anterioridad al comienzo de las obras de construcción del túnel.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia y toma de lecturas y registros de los instrumentos, deberá ser personal cualificado y con experiencia en el campo de la instrumentación para túneles, a satisfacción de la D.O.

Los instrumentos empleados deberán ser probados durante el proceso de instalación. Cualquier instrumento que no funcione debidamente al término de la instalación, habrá de ser instalado de nuevo o será sustituido, según establezca la D.O.

Todos los instrumentos deberán ser fijados de manera firme y cuidadosa, debiendo ser protegidos para asegurarse de que no reciban daño alguno durante el transcurso de las operaciones de excavación del túnel.

Con anterioridad al comienzo de las obras, el Contratista deberá presentar a la D.O. el método y un programa preliminar que se adoptará para la instalación de los instrumentos.

Asimismo, el Contratista mantendrá todos los extensómetros en perfectas condiciones de trabajo durante el transcurso de las obras. En caso de que algún instrumento resultase dañado por las operaciones efectuadas por el Contratista, éste



habrá de sustituirlo, siendo responsable del coste económico adicional. La D.O. podrá exigir que el Contratista interrumpa la construcción en las proximidades de los instrumentos dañados hasta que éstos sean sustituidos y reinstalados.

3.3.2. Mediciones y abono

Los extensómetros se medirán por unidad (ud) realmente instalada habiendo seguido las normas del presente Pliego. Se abonarán de acuerdo con el precio correspondiente, que figura en el Cuadro de Precios nº 1.

3.4. Células de presión

3.4.1. Definición

Las células de presión se utilizarán para medir y controlar las tensiones a las que está sometido el anillo de hormigón encofrado del revestimiento. Se distinguen dos tipos de células de presión: radiales y tangenciales. Las radiales se colocarán entre el sostenimiento y el revestimiento y medirán la presión radial que ejercerá la roca contra el revestimiento. Las células tangenciales se colocarán dentro del hormigón de revestimiento, embebidas en éste, y medirán la tensión de trabajo del propio anillo de hormigón.

3.4.2. Ejecución

El rango de presiones será de 0-10 MPa para las células radiales y de 0-25 MPa para las transversales. La precisión en todo caso será como mínimo de $\pm 1\%$. Es recomendable instalar un sistema de medición a distancia mediante cuerda vibrante y centralita de lectura.

La colocación de las células habrá de ser lo más cuidada posible, pues defectos en su instalación generarán importantes errores en las tensiones suministradas por la



célula. Para ello es muy importante que el apoyo se encuentre perfectamente liso, y el hormigón envuelva perfectamente a la placa.

La distribución de medidas a realizar en el tiempo dependerá de la calidad del terreno, de la velocidad de deformación y de la magnitud de ésta, así como de las operaciones a realizar en el túnel. En principio y salvo otra indicación de la D.O., se realizarán medidas cada dos días hasta la estabilización de la curva de deformación – tiempo y, a partir de dicho momento, mediciones mensuales de comprobación.

Las células de presión se colocarán en los puntos indicados en el Proyecto, y además, en zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno, y no previstas en el Proyecto, siendo necesario en este caso la autorización correspondiente por parte de la D.O.

Dentro de cada sección, las células se dispondrán según lo indicado en el Proyecto. Generalmente se colocará tres parejas de células transversal/radial, una en clave y dos en hombros a cada lado.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios deberán ser suministrados por el Contratista, debiendo estar disponibles a pie de obra con anterioridad al comienzo de las obras de construcción del túnel.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia y toma de lecturas y registros de los instrumentos, deberá ser personal cualificado y con experiencia en el campo de la instrumentación para túneles, a satisfacción de la D.O.

Los instrumentos empleados deberán ser probados durante el proceso de instalación. Cualquier instrumento que no funcione debidamente al término de la instalación, habrá de ser instalado de nuevo o ser sustituido, según establezca la D.O.



Todos los instrumentos deberán ser fijados de manera firme y cuidadosa, debiendo ser protegidos para asegurarse de que no reciban daño alguno durante el transcurso de estas operaciones.

Con anterioridad al comienzo de las obras, el Contratista deberá presentar a la D.O. el método y un programa preliminar que se adoptará para la instalación de los instrumentos.

Asimismo, el Contratista mantendrá todos los instrumentos en perfectas condiciones de trabajo durante el transcurso de las obras. En caso de que algún instrumento resultase dañado por las operaciones efectuadas por el Contratista, éste habrá de sustituirlo, siendo responsable del coste económico adicional. La D.O. podrá exigir que el Contratista interrumpa la construcción en las proximidades de los instrumentos dañados hasta que éstos sean sustituidos y reinstalados.

Las células de presión se medirán por unidad (ud) de pareja de células radial/tangencial realmente instaladas de acuerdo con las normas del presente Pliego, y se abonarán de acuerdo con el precio correspondiente, que figura en el Cuadro de Precios nº 1.

No serán de abono separado las operaciones, medios y materiales auxiliares necesarios para la correcta instalación de los mencionados.



DOCUMENTO N°4:

PRESUPUESTO



1. Mediciones

EXCAVACIÓN

Código	UM	Descripción	Medición			
	m ³	Excavación de túnel de carretera en avance y destroza, con explosivos, rozadora o medios mecánicos, con largo de avance sin sostenimiento o por pega de hasta 5 m. definida por la Dirección de Obra, incluyendo la extracción y transporte de los productos resultantes a vertedero o lugar de uso, con los acopios intermedios que fuesen necesarios y el canon de vertido y mantenimiento de vertedero.	57933,54			
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel completo.	1	809,58	71,56			57933,54
				Total		57933,54



SOSTENIMIENTO

Código	UM	Descripción	Medición
	m	Bulón de anclaje de acero hueco tipo sweelex MN24 o similar, de 5 m de longitud, incluso perforación, colocación por expansión y parte proporcional de arandela y placa, en sostenimientos de túneles.	11334,12

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
ST-1	1	809,58	14,00	1,00		11334,12
Total						11334,12

Código	UM	Descripción	Medición
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microsilíce, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	9917,35

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
ST-1	1	809,58	24,50	0,50		9917,35
Total						9917,35

Código	UM	Descripción	Medición
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado, con fibras metálicas (45 Kg/m ³) en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microsilíce, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	991,73

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
ST-1	1	809,58	24,50	0,05		991,73
Total						991,73



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Medición		
	m³	Hormigón HM-15, en capas de limpieza y rellenos de contrabóveda de túnel, incluso suministro, puesta en obra, extendido, nivelación superficial y demás operaciones necesarias.	8,09		
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial
ST-1	1	809,58	0,10	0,10	8,09
				Total	8,09

Código	UM	Descripción	Medición		
	m ³	Hormigón HM-25 en afirmados, soleras, cimientos y rellenos, incluso preparación de la superficie de asiento, vibrado, regleado y curado, terminado.	1700,11		
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial
ST-1	1	809,58	14,00	0,15	1700,11
				Total	1700,11



BOCAS Y EMBOQUILLES

Código	UM	Descripción	Medición
	m ³	Excavación en zanjas, pozos o cimientos, en cualquier clase de terreno por medios mecánicos, incluso entibación y achique si fuera necesario, con carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo	1808,00

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	56,50	32,00	1,00		1808,00
Total						1808,00

Código	UM	Descripción	Medición
	m ²	Enrejado de triple torsión con alambre galvanizado reforzado de 2,7 mm. de diámetro, de malla hexagonal 8x10-16, para protección de taludes, incluyendo correa de hormigón para anclaje superior de sección 0,40x0,40 m.	1609,34

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	52,55	61,25	0,50		1609,34
Total						1609,34

Código	UM	Descripción	Medición
	m ³	Hormigón HM-30 proyectado en capa de 5 cm de espesor en tratamientos de taludes de emboquille.	1656,42

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	112,30	29,50	0,50		1656,42
Total						1656,42



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción				Medición
	Kg.	Acero corrugado B 500 S, colocado en cimentaciones o alzados de obras de fábrica, muros o estructuras de hormigón armado, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p/p de despuntes, alambre de atar y separadores, terminado.				16928,60
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	32,55	26,40	19,70		16928,60
					Total	16928,60

Código	UM	Descripción				Medición
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo visto.				1072,80
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	36,00	29,80	1,00		1072,80
					Total	1072,80

Código	UM	Descripción				Medición
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo no visto.				1072,80
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	36,00	29,80	1,00		1072,80
					Total	1072,80

Código	UM	Descripción				Medición
	m ²	Encofrado oculto en alzado de obras de fábrica o muros de hormigón armado, incluso clavazón y desencofrado, totalmente terminado.				597,60
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	36,00	16,60	1,00		597,60
					Total	597,60



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción				Medición
	m ²	Hidrosiembra HH en taludes, a base de una primera pasa con 30 kg/ha de semillas pratenses, 30 kg/ha de semillas leñosas.				516,80
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	32,30	16,00	1,00		516,80
					Total	516,80

Código	UM	Descripción				Medición
	m ³	Tierra vegetal en capa de 0,50 cm de espesor, incluso aprovisionamiento y traslado de materiales hasta la obra, extendido, compactación, perfilado y colocación.				1527,50
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	305,50	5,00	1,00		1527,50
					Total	1527,50

Código	UM	Descripción				Medición
	Ud	Sistema de micropilotes y bulones de emboquille.				2207,40
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
Túnel	1	78,00	56,60	0.50		2207,40
					Total	2207,40



AUSCULTACIÓN

Código	UM	Descripción			Medición
	Ud.	Perno tipo argolla, para medición de convergencia en túneles y galerías, incluso perforación, colocación, tapón de protección y parte proporcional de equipo de medida y lectura.			121,00
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial
	1	809,58	3,00	0,05	121,00
				Total	121,00

Código	UM	Descripción			Medición
	Ud.	Extensómetro de tres varillas de 3, 6 y 9 m de longitud, colocado en el interior del túnel, incluso cabezal, anclajes de fondo, elemento superior de acero inoxidable y centralita de lectura, totalmente instalado, incluso lectura periódica.			24,00
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial
	1	809,58	3,00	0,01	24,00
				Total	24,00

Código	UM	Descripción			Medición
	Ud.	Conjunto de dos células de presión total de cuerda vibrante con precisión 0,2% del fondo de escala, en acero inoxidable y rango adecuado a las presiones estimadas, para medida de presiones radiales y tangenciales sobre el revestimiento, incluso centralita, cableado y lectura.			24,00
Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial
	18	809,58	3,00	0,01	24,00
				Total	24,00



INYECCIÓN

Código	UM	Descripción	Medición
	Tn.	Mortero de cemento inyectado.	392,64

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
	1	809,58	9,70	0,05		402,74
					Total	402,74

Código	UM	Descripción	Medición
	m.	Taladro de diámetro mínimo de 50 mm para inyección.	388,59

Descripción	Ud.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	
	1	809,58	0,32	1,50		388,59
					Total	388,59



2. Cuadro de Precios

EXCAVACIÓN

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Excavación de túnel de carretera en avance, con explosivos, rozadora o medios mecánicos, con largo de avance sin sostenimiento o por pega de hasta 5 m. definida por la Dirección de Obra, incluyendo la extracción y transporte de los productos resultantes a vertedero o lugar de uso, con los acopios intermedios que fuesen necesarios y el canon de vertido y mantenimiento de vertedero.	Cuarenta y tres euros con setenta y nueve céntimos	43,69 €



SOSTENIMIENTO

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m	Bulón de anclaje de acero hueco tipo sweelex MN24 o similar, de 5 m de longitud, incluso perforación, colocación por expansión y parte proporcional de arandela y placa, en sostenimientos de túneles	Sesenta euros con tres céntimos	60,03 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microsilíce, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	Ciento noventa y cinco euros con cincuenta y seis céntimos	195,56 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado, con fibras metálicas (45 Kg/m ³) en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microsilíce, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	Doscientos cuarenta y ocho euros con tres céntimos.	248,03 €



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Hormigón HM-15, en capas de limpieza y rellenos de contrabóveda de túnel, incluso suministro, puesta en obra, extendido, nivelación superficial y demás operaciones necesarias.	Sesenta y cinco euros con cincuenta y seis céntimos.	65,56 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Hormigón HM-25 en afirmados, soleras, cimientos y rellenos, incluso preparación de la superficie de asiento, vibrado, regleado y curado, terminado.	Ochenta euros con setenta y nueve céntimos.	80,79 €



BOCAS Y EMBOQUILLES

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Excavación en zanjas, pozos o cimientos, en cualquier clase de terreno por medios mecánicos, incluso entibación y achique si fuera necesario, con carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo	Tres euros con sesena y ocho céntimos.	3,68 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ²	Enrejado de triple torsión con alambre galvanizado reforzado de 2,7 mm. de diámetro, de malla hexagonal 8x10-16, para protección de taludes, incluyendo correa de hormigón para anclaje superior de sección 0,40x0,40 m.	Diez euros con sesenta y ocho céntimos.	10,68 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Hormigón HM-30 proyectado en capa de 5 cm de espesor en tratamientos de taludes de emboquille.	Dieciocho euros con treinta y cinco céntimos.	18,35 €



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Kg.	Acero corrugado B 500 S, colocado en cimentaciones o alzados de obras de fábrica, muros o estructuras de hormigón armado, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p/p de despuntes, alambre de atar y separadores, terminado.	Noventa céntimos.	0,90 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo visto.	Cuarenta y siete euros con setenta y ocho céntimos	47,78 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo no visto..	Cuarenta y tres euros con setenta y ocho céntimos	37,78 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ²	Encofrado oculto en alzado de obras de fábrica o muros de hormigón armado, incluso clavazón y desencofrado, totalmente terminado..	Doce euros con veintiocho céntimos.	12,28 €



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ²	Hidrosiembra HH en taludes, a base de una primera pasa con 30 kg/ha de semillas pratenses, 30 kg/ha de semillas leñosas.	Un euro con cincuenta y seis céntimos.	1,56 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	m ³	Tierra vegetal en capa de 0,50 cm de espesor, incluso aprovisionamiento y traslado de materiales hasta la obra, extendido, compactación, perfilado y colocación.	Dos euros con cuarenta y tres céntimos.	2,43 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Sistema de micropilotes y bulón de emboquille.	Ciento treinta y seis con setenta y ocho céntimos.	136,78 €



AUSCULTACIÓN

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Perno tipo argolla, para medición de convergencia en túneles y galerías, incluso perforación, colocación, tapón de protección y parte proporcional de equipo de medida y lectura.	Cincuenta y tres euros con veinte y ocho céntimos.	53,28 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Extensómetro de tres varillas de 3, 6 y 9 m de longitud, colocado en el interior del túnel, incluso cabezal, anclajes de fondo, elemento superior de acero inoxidable y centralita de lectura, totalmente instalado, incluso lectura periódica.	Dos mil seiscientos setenta euros y tres con veinteseis céntimos.	2673,26 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Conjunto de dos células de presión total de cuerda vibrante con precisión 0,2% del fondo de escala, en acero inoxidable y rango adecuado a las presiones estimadas, para medida de presiones radiales y tangenciales sobre el revestimiento, incluso centralita, cableado y lectura.	Dos mil veintidós euros con cincuenta y nueve.	2022,59 €



INYECCIÓN

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Mortero de cemento inyectado.	Doscientos sesenta y un euros con veinticuatro céntimos.	261,24 €

Código	UM	Descripción	Importe en letra	Importe en cifra
	Ud.	Taladro de diámetro mínimo de 50 mm para inyección.	Treinta euros con treinta céntimos.	30,30 €



3. Presupuesto Parcial

EXCAVACIÓN

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Excavación de túnel de carretera en avance, con explosivos, rozadora o medios mecánicos, con largo de avance sin sostenimiento o por pega de hasta 5 m. definida por la Dirección de Obra, incluyendo la extracción y transporte de los productos resultantes a vertedero o lugar de uso, con los acopios intermedios que fuesen necesarios y el canon de vertido y mantenimiento de vertedero.	57933,54	43,69	2.531.116,3



SOSTENIMIENTO

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m	Bulón de anclaje de acero hueco tipo sweelex MN24 o similar, de 5 m de longitud, incluso perforación, colocación por expansión y parte proporcional de arandela y placa, en sostenimientos de túneles	11334,12	60,03	680.387,22

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microfílice, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	9917,35	195,56	1.939.436,96

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Hormigón en masa HM-30, proyectado, con fibras metálicas (45 Kg/m ³) en capa de cualquier espesor en túneles y galerías, con un 4% de microfílice, incluido colocación, parte proporcional de pérdida por rechazo y retirada a vertedero de la misma.	991,73	248,03	245.978,79



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Hormigón HM-15, en capas de limpieza y rellenos de contrabóveda de túnel, incluso suministro, puesta en obra, extendido, nivelación superficial y demás operaciones necesarias.	8,09	65,56	530,38

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Hormigón HM-25 en afirmados, soleras, cimientos y rellenos, incluso preparación de la superficie de asiento, vibrado, regleado y curado, terminado.	1700,11	80,79	137.351,88



BOCAS Y EMBOQUILLES

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Excavación en zanjas, pozos o cimientos, en cualquier clase de terreno por medios mecánicos, incluso entibación y achique si fuera necesario, con carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo	1808,00	3,68	6.653,44

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ²	Enrejado de triple torsión con alambre galvanizado reforzado de 2,7 mm. de diámetro, de malla hexagonal 8x10-16, para protección de taludes, incluyendo correa de hormigón para anclaje superior de sección 0,40x0,40 m.	1609,34	10,08	16.222,14

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Hormigón HM-30 proyectado en capa de 5 cm de espesor en tratamientos de taludes de emboquille.	1656,42	18,35	30.395,31

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Kg.	Acero corrugado B 500 S, colocado en cimentaciones o alzados de obras de fábrica, muros o estructuras de hormigón armado, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p/p de despuntes, alambre de atar y separadores, terminado.	16928,60	0,90	15235,74



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo visto.	1072,80	47,78	51.258,38

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ²	Encofrado y desencofrado curvo no visto..	1072,80	37,78	40.530,38

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ²	Encofrado oculto en alzado de obras de fábrica o muros de hormigón armado, incluso clavazón y desencofrado, totalmente terminado..	597,60	12,28	7.338,53

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ²	Hidrosiembra HH en taludes, a base de una primera pasa con 30 kg/ha de semillas pratenses, 30 kg/ha de semillas leñosas.	516,80	1,56	806,21

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	m ³	Tierra vegetal en capa de 0,50 cm de espesor, incluso aprovisionamiento y traslado de materiales hasta la obra, extendido, compactación, perfilado y colocación.	1527,50	2,43	3711,83



ANTEPROYECTO DE TÚNEL CARRETERO



Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Sistema de micropilotes y bulones de emboquille.	2207,40	136,78	301.928,17



AUSCULTACIÓN

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Perno tipo argolla, para medición de convergencia en túneles y galerías, incluso perforación, colocación, tapón de protección y parte proporcional de equipo de medida y lectura.	121	53,28	6.446,88

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Extensómetro de tres varillas de 3, 6 y 9 m de longitud, colocado en el interior del túnel, incluso cabezal, anclajes de fondo, elemento superior de acero inoxidable y centralita de lectura, totalmente instalado, incluso lectura periódica.	24	2673,26	64158,24

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Conjunto de dos células de presión total de cuerda vibrante con precisión 0,2% del fondo de escala, en acero inoxidable y rango adecuado a las presiones estimadas, para medida de presiones radiales y tangenciales sobre el revestimiento, incluso centralita, cableado y lectura.	24	2022,59	48542,16



INYECCIÓN

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Mortero de cemento inyectado.	392,64	261,24	102.730,29

Código	UM	Descripción	Medición	Precio(€)	Importe(€)
	Ud.	Taladro de diámetro mínimo de 50 mm para inyección.	388,59	30,30	11.774,28



4. Presupuesto de Ejecución Material

CAPÍTULO 1: EXCAVACIÓN	2.531.116,30 €
CAPÍTULO 2: SOSTENIMIENTO	3.003.685,23 €
CAPÍTULO 3: BOCAS Y EMBOQUILLES	474.080,13 €
CAPÍTULO 4: AUSCULTACIÓN	119.147,28 €
CAPÍTULO 5: INYECCIÓN	114.504,57 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJEC. MATERIAL	6.242.533,51 €



5. Presupuesto de Base de Licitación

P. E. M.	6.242.533,51 €
GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA (17 %)	1.061.230,69 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6 %)	374.552,01 €
21 % DE IVA	1.310.932,01 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	8.739.546,91 €