

**ANEJO 6. ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y DE
MATERIALES**



SERGEYCO
CASTILLA LA MANCHA, S.L.
SERVICIO DE GEOTECNIA
Y CONTROL DE CALIDAD

Pol. Ind. de Nambroca. C/ Diamante, 8. 45190 Nambroca, Toledo. Tel.: 925 366894; Fax: 925 364347. e-mail: angeles.hernandez@sergeycocastillalamancha.com

**ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO, DE PROSPECCIÓN DE
MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS
EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y
MASCARAQUE (TOLEDO).**



SEPTIEMBRE DE 2021
Informe Ref.: 153/21
REV01



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.	6
1.1. INFORMACIÓN UTILIZADA.	7
2. MARCO GEOLÓGICO.	9
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.	9
2.1.1. <i>Estratigrafía</i>	11
2.1.2. <i>Rocas Ígneas</i>	14
2.1.3. <i>Tectónica</i>	16
2.1.4. <i>Características geotécnicas generales</i>	18
2.1.5. <i>Hidrogeología</i>	20
2.2. RIESGOS GEOLÓGICOS.	22
2.2.1. <i>Riesgo sísmico</i>	22
2.2.2. <i>Riesgo por hundimiento</i>	23
2.2.3. <i>Riesgo por expansividad</i>	24
2.2.4. <i>Riesgo por agresividad de suelos</i>	24
2.2.5. <i>Nivel freático</i>	24
2.2.6. <i>Protección frente a la exposición al radón. DB HS 6 CTE</i>	24
2.3. GEOLOGÍA-GEOTECNIA LOCAL-BALSA DE REGULACIÓN.	25
2.3.1. <i>Geología local de detalle</i>	26
2.3.2. <i>Hidrogeología local</i>	27
2.3.3. <i>Trabajos de campo</i>	27
2.3.4. <i>Trabajo de Laboratorio</i>	30
2.3.5. <i>Características geotécnicas de los materiales</i>	33
2.3.6. <i>Excavabilidad y estabilidad</i>	46
2.3.7. <i>Características constructivas</i>	53
2.3.8. <i>Conclusiones</i>	61
2.4. GEOLOGÍA-GEOTECNIA LOCAL-BALSA DE COTA.	66
2.4.1. <i>Geología local de detalle</i>	67
2.4.2. <i>Hidrogeología local</i>	68
2.4.3. <i>Trabajos de campo</i>	69
2.4.4. <i>Trabajo de Laboratorio</i>	74
2.4.5. <i>Características geotécnicas de los materiales</i>	74
2.4.6. <i>Excavabilidad y estabilidad</i>	85



2.4.7.	<i>Características constructivas</i>	89
2.4.8.	<i>Conclusiones</i>	96
2.5.	GEOLÓGIA-GEOTECNIA LOCAL-RED DE TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN.....	102
2.5.1.	<i>Geología local</i>	102
2.5.2.	<i>Hidrogeología local</i>	105
2.5.3.	<i>Trabajos de campo</i>	105
2.5.4.	<i>Trabajo de Laboratorio</i>	107
2.5.5.	<i>Características geotécnicas de los materiales</i>	107
2.5.6.	<i>Excavabilidad y estabilidad</i>	127
2.5.7.	<i>Conclusiones</i>	130
2.6.	ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIALES EN EL PUNTO DE TOMA.....	133
2.6.1.	<i>Resultados de los análisis</i>	134
2.6.2.	<i>Grado de cumplimiento con el R.D. 1620/2007</i>	135
2.6.3.	<i>Recomendaciones para su almacenamiento en una balsa a cielo abierto a largo plazo</i> <i>140</i>	
2.6.4.	<i>Recomendaciones y problemática para su uso agronómico</i>	141
3	ESTUDIO DE MATERIALES	144
3.1.	EXCAVABILIDAD, TALUDES Y APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES.....	144
3.1.1.	<i>Balsa de Regulación</i>	144
3.1.2.	<i>Balsa de Cota</i>	145
3.1.3.	<i>Red de tuberías</i>	147
3.2.	VALORES ESTIMADOS DE LOS MATERIALES OBTENIDOS.....	148
3.3.	YACIMIENTOS Y CANTERAS.....	151



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de situación general.	7
Figura 2. Plano geológico del área de estudio general (IGME, Hoja nº 658 (Mora) serie Magna).	10
Figura 3. Esquema Geológico Regional (Serie Magna Hoja nº658 Mora, IGME).	11
Figura 4. Esquema Tectónico Regional (Serie Magna Hoja nº658 Mora, IGME).	16
Figura 5. Plano geotécnico escala 1:200.000 Hoja nº53 (Toledo), IGME.	18
Figura 6 Mapa de situación de las masas de agua subterránea	20
Figura 7 Mapa de permeabilidad (detalle zona de estudio)	21
Figura 8. Mapa de Peligrosidad Sísmica.	23
Figura 9. Mapa zonal de grados de exposición al radón.	25
Figura 10. Plano geológico de detalle de la zona de la Balsa de Regulación.	26
Figura 11. Calicatas zona de Balsa Regulación.	28
Figura 12. Sonda de perforación utilizada.	29
Figura 13. Perfiles de meteorización para rocas ígneas y metamórficas.	36
Figura 14. Clasificación del grado de meteorización según la ISRM.	36
Figura 15. Curva granulométrica media (verde) del jabre, Balsa Regulación.	39
Figura 16. Esquema fuerzas resultantes que actúan sobre la masa deslizante.	49
Figura 17. Sistema de fuerzas actuantes en una rebanada.	49
Figura 18. Método de Janbu.	50
Figura 19. Superficie de rotura y FS (Bishop) talud 1H:5V y 12,8 m. de altura máx. Balsa Regulación.	53
Figura 20. Asientos generales admisibles según la Norma de Acciones en la Edificación NBE-AE/88.	58
Figura 21. Relación entre el empuje del terreno y los movimientos necesarios para su desarrollo.	60
Figura 22. Plano geológico de detalle de la zona de la Balsa de Cota.	67
Figura 23. Calicata zona de Balsa de Cota.	69
Figura 24. Realización de plataforma para el sondeo Sr-2.	70
Figura 25. Sonda de perforación utilizada.	71
Figura 26. Ubicación de la estación geomecánica (E-1).	72
Figura 27. Familias de discontinuidades del afloramiento de pizarras de la E-1.	73
Figura 28. Curva granulométrica de las pizarras meteorizadas, Balsa de Cota.	80
Figura 29. Superficie de rotura y FS (Bishop) talud 1H:5V y 14,8 m. de altura_Balsa Cota.	89
Figura 30. Asientos generales admisibles según la Norma de Acciones en la Edificación NBE-AE/88.	94
Figura 31. Relación entre el empuje del terreno y los movimientos necesarios para su desarrollo.	95
Figura 32. Plano geológico de detalle de la zona de la red de tuberías de distribución.	102
Figura 33. Caracterización de grupos de materiales en la red de tuberías.	103
Figura 34. Calicatas zona de Red de Tuberías.	106
Figura 35. Curva granulométrica media (rojo) de los sedimentos, Red de Tuberías.	110
Figura 36. Imagen de talud de jabre sobre traza de red de tuberías (cerca de la calicata C-6)	114
Figura 37. Curva granulométrica media (verde) del jabre, Red de tuberías.	116
Figura 38. Afloramientos rocosos junto a San Marcos en el Arroyo Prado Redondo (Mora) sobre traza de red de tuberías.	119
Figura 39. Afloramientos de Mármoles en Mascaraque, red de tuberías.	125



Figura 40. Arroyo Prado Redondo aguas abajo de la zona de vertido de la E.D.A.R. 133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles freáticos en Sr-1.	27
Tabla 2. Tabla resumen de las calicatas	28
Tabla 3. Resumen del sondeo y muestras recogidas en la zona de Balsa de Regulación.	30
Tabla 4. Espesores del terreno vegetal/tierra de labor.	34
Tabla 5. Características geotécnicas de los Granitoides Meteorizados.	37
Tabla 6. Espesores detectados en los granitoides meteorizados (jabre).	38
Tabla 7. Valores de Plasticidad. Granitoides meteorizados (jabre).	40
Tabla 8. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre).	40
Tabla 9. Resistencia al Corte. Granitoides meteorizados (jabre).	41
Tabla 10. Valores de SPT. Granitoides meteorizados (jabre).	41
Tabla 11. Compacidad de suelos. Tabla D.2 del DB SE-C	42
Tabla 12. Características del granitoide menos meteorizado recuperado en el sondeo.	43
Tabla 13. Presiones admisibles de los Macizos Rocosos.	44
Tabla 14. Espesores de los granitoides y migmatitas menos meteorizados.	44
Tabla 15. Ensayo de compresión simple en testigo de roca.	45
Tabla 16. Valores de SPT en granitoide menos alterado/sano.	45
Tabla 17. Presiones admisibles para diferentes tipos de rocas.	56
Tabla 18. Tabla D.22 (CTE) de clasificación de la agresividad química (EHE)	59
Tabla 19. Tabla resumen de las calicatas	70
Tabla 20. Resumen del sondeo y muestras recogidas en la zona de Balsa de Regulación.	71
Tabla 21. Espesores del terreno vegetal/tierra de labor.	75
Tabla 22. Espesores del terreno derrubios de ladera-coluvión.	76
Tabla 23. Valores de SPT. Sedimentos cuaternarios-Derrubios de ladera.	77
Tabla 24. Características geotécnicas de las Pizarras Meteorizadas.	79
Tabla 25. Espesores detectados en las pizarras meteorizadas.	79
Tabla 26. Valores de Plasticidad. Pizarras meteorizadas.	81
Tabla 27. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre).	81
Tabla 28. Características de las pizarras menos meteorizadas recuperadas en el sond.	83
Tabla 29. Presiones admisibles de los Macizos Rocosos.	83
Tabla 30. Espesores de las pizarras menos meteorizados.	83
Tabla 31. Valores de SPT en pizarras menos alteradas/sanas.	84
Tabla 32. Presiones admisibles para diferentes tipos de rocas.	92
Tabla 33. Nivel freático en C-4.	105
Tabla 34. Tabla resumen de las calicatas (Red de tuberías).	106
Tabla 35. Espesores de los sedimentos de la red de tuberías en las calicatas.	108
Tabla 36. Características geotécnicas de los sedimentos de la red de tube.	109
Tabla 37. Valores de Plasticidad. Sedimentos en red de tuberías.	111
Tabla 38. Valores de humedad y densidad. Sedimentos en red de tuberías.	112
Tabla 39. Características geotécnicas de las rocas Ígneas, Granitoide y Migmatitas meteorizadas de la red de tuberías.	114
Tabla 40. Espesores detectados en rocas ígneas y granitoide y migmatitas meteorizados (jabre).	115
Tabla 41. Valores de Plasticidad. Granitoides meteorizados (jabre) en red de tuberías.	117



Tabla 42. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre) en red de tuberías.	117
Tabla 43. Características del granitoide menos meteorizado en la red de tuberías.	120
Tabla 44. Espesores de los granitoides y migmatitas menos meteorizados en la red de tuberías.	121
Tabla 45. Características geotécnicas de las Pizarras Meteorizadas.	122
Tabla 46. Características de las pizarras sanas en la red de tuberías.	124
Tabla 47. Propiedades geotécnicas de los mármoles de la red de tuberías.	126
Tabla 48. Resumen excavabilidad y estabilidad de los principales materiales de la zona de red de tuberías.	128
Tabla 49. Resultados de los análisis Microbiológicos de las aguas del Arroyo Prado Redondo.	134
Tabla 50. Resultados de los análisis Agronómicos y Parámetro Nutricionales de las aguas del Arroyo Prado Redondo.	135
Tabla 51. Criterios de calidad para las aguas de depuradoras para diferentes usos agrícolas (RD 1620/2007).	136
Tabla 52. Cumplimiento de algunos parámetros del RD 1620/2003 según Calidad 2.3 (Uso Agrario).	137
Tabla 53. Resultados de la calidad agronómica del agua (1/2).	138
Tabla 54. Resultados de la calidad agronómica del agua (2/2).	139
Tabla 55. Frecuencia mínima de muestreo y análisis de cada parámetro.	140
Tabla 56. Tratamientos de regeneración propuestos sin desalación (Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007)	141
Tabla 57. Tratamientos de regeneración propuestos con desalación (Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007)	142
Tabla 58. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Balsa de Regulación.	145
Tabla 59. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Balsa de Cota.	146
Tabla 60. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Red de Tuberías.	148
Tabla 61. Tabla resumen de los parámetros geotécnicos de los materiales.	150
Tabla 62. Resumen de las canteras y yacimientos (IGME, serie MAGNA nº658, Mora).	153



1. INTRODUCCIÓN.

Sergeyco CLM S. L., ha realizado el Estudio Geológico-Geotécnico para el Proyecto de puesta en riego de 214 ha. de cultivos leñosos (olivar y viñedo) mediante la instalación de riego por goteo.

El objetivo del presente estudio es la caracterización y descripción geológica y geotécnica, caracterización de los materiales, análisis de aguas en la zona de la toma de agua para las balsas propuestas, así como recomendaciones constructivas para el proyecto.

De forma general el proyecto contempla la construcción de los siguientes elementos:

- Balsa de regulación junto a la E.D.A.R. de Mora.
- Una cántara de bombeo junto a la balsa de regulación.
- Estación de bombeo junto a la balsa de regulación.
- Balsa de cota.
- Red de distribución de tuberías para el suministro a la zona regable.

En base a la campaña de campo se analizarán los siguientes puntos:

- Características geotécnicas de los materiales existentes en las zonas de ubicación de elementos a construir (balsas, edificaciones/infraestructuras anexas y red de tuberías).
- Análisis de aguas superficiales del Arroyo Prado Redondo para comprobar la idoneidad del agua para su uso agronómico y su almacenamiento.
- Estudio de materiales para el rellenos y excavación de las zanjas de tuberías y para las zonas de construcción de las balsas.

En los apartados sucesivos se exponen los métodos de prospección e investigación utilizados, las características de los materiales presentes en la zona, los resultados de los ensayos “in situ” y de laboratorio.



A continuación, se muestra el plano general donde se puede observar la ubicación de la balsa de regulación y cota, así como la distribución general de la red de tuberías, plano que se puede consultar con mayor detalle en los Anexos del presente informe.

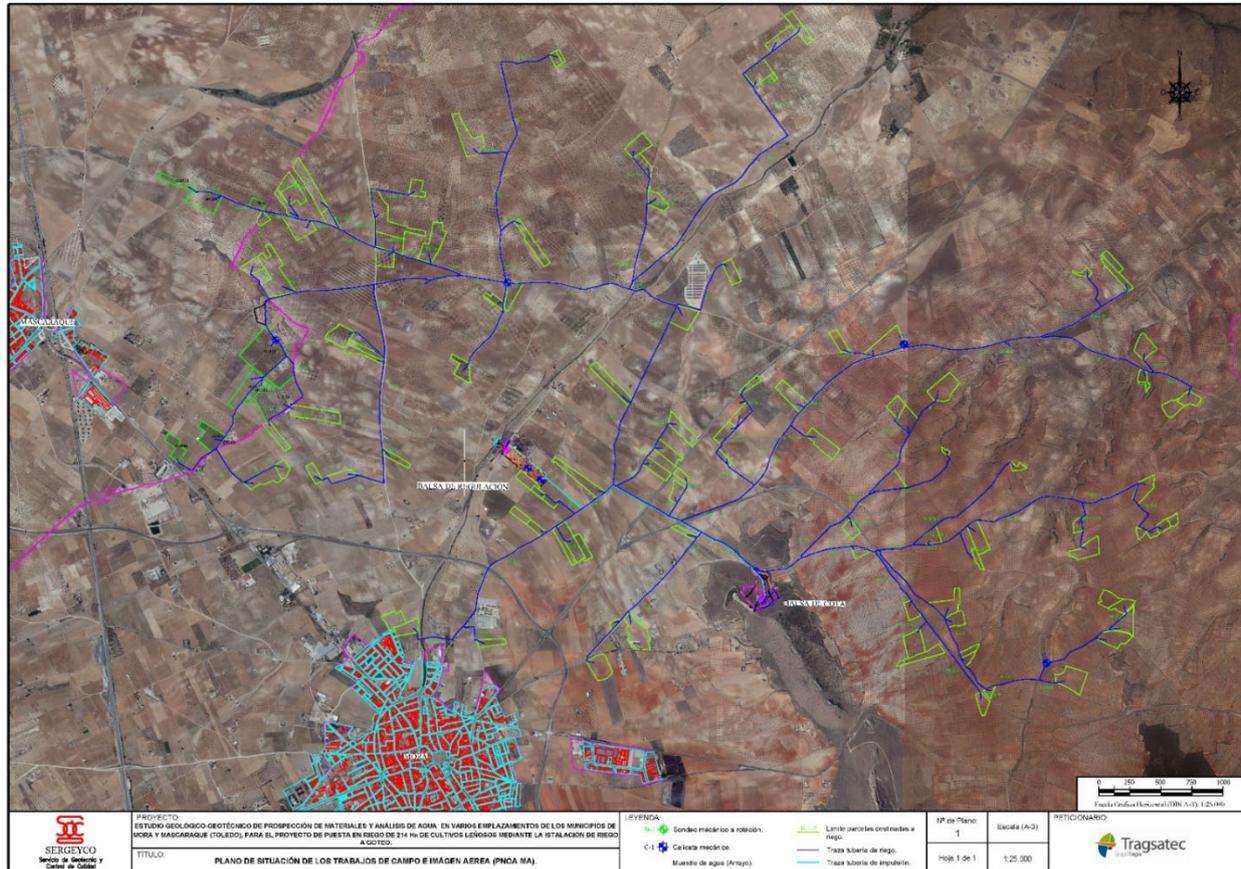


Figura 1. Plano de situación general.

1.1. INFORMACIÓN UTILIZADA.

El documento utilizado como base ha sido el plano catastral y foto aérea (Google Earth-NOAA) así como los planos en planta del proyecto facilitados por TRAGSATEC.

También se utilizó la siguiente documentación:

- Hoja nº 53 (Toledo) del Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000.
- Hoja nº 53 (Toledo) del Mapa Geotécnico de España. Escala 1:200.000.
- Hoja nº 53 (Toledo) del Mapa Hidrogeológico de España. Escala 1:200.000.



- Hoja nº 658 (Mora) serie MAGNA del Mapa Geotécnico de España. Escala 1:50.000.
- Informes geotécnicos realizados por nuestra empresa en la zona y en los mismos materiales con profundidades de investigación de hasta 20 metros.
- Código técnico de la edificación (CTE). Documento Básico Seguridad Estructural y Cimientos (DB SE-C 2019).
- 1976. Jiménez Salas, J.A., Justo Alpañés, J.L. Y Serrano González, A.A. Geotecnia y Cimientos II. Mecánica del suelo y de las rocas. Ed. Rueda. Madrid. 814 pp.
- 1996. Rodríguez Ortiz, J.M., Serra Gesta, J. y Oteo Mazo, C. Curso aplicado de cimentaciones. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 7ª Edición. Madrid. 267 pp. Cuadros 1.12, 1.13, 1.14, 4.2, 4.3.
- 2002. González de Vallejo, L.I., Ferrer, M, Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. Ed. Prentice Hall. Madrid. 744 pp. Cuadros 2.1, 2.2, 2.3, 2.5, 2.6.
- Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.



2. MARCO GEOLÓGICO.

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.

Desde el punto de vista geográfico la zona de estudio se sitúa al nordeste de los Montes de Toledo y al Sur del Río Tajo, las cotas topográficas máximas son de 967 m. en el Cerro del Castillo y de 964 m. la Sierra del Buey.

La red de drenaje es escasa y dispersa, constituida principalmente por el río Algodor y otros arroyos de menor envergadura, pertenecientes a la Cuenca del Tajo.

Geológicamente la zona está dividida en dos sectores principales, el sector occidental constituido por materiales de la Zona Centro-Ibérica afectados por la Orogenia Hercínica y el sector oriental constituido por materiales Terciarios afectado por la Orogenia Alpina.

Los materiales hercínicos se pueden dividir en dos dominios diferentes separados por un gran accidente extensional (Banda Milonítica) con dirección aproximada E-O, desde Mora hacia el Oeste, con una longitud de decenas de kilómetros y que hunde los materiales situados al sur de este:

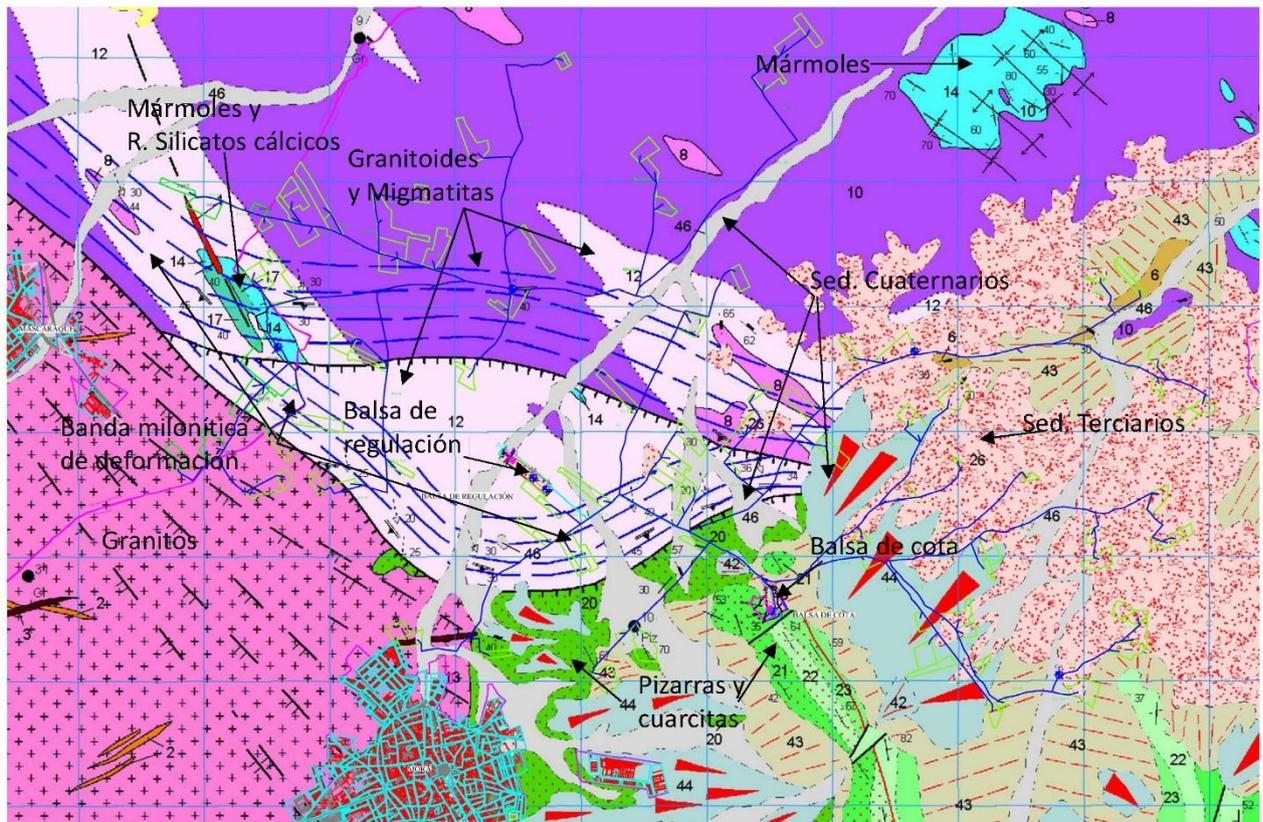
- Dominio Migmatítico de Toledo al norte (Banda Monolítica y Unidad Migmatítica)
- Dominio de los Montes de Toledo al sur (Rocas metamórficas e ígneas)

Al Norte de la Banda Milonítica aparecen materiales que han sufrido deformación meso-catazonales constituidos principalmente por granitoides inhomogéneos y migmatitas de origen orto como paraderivado.

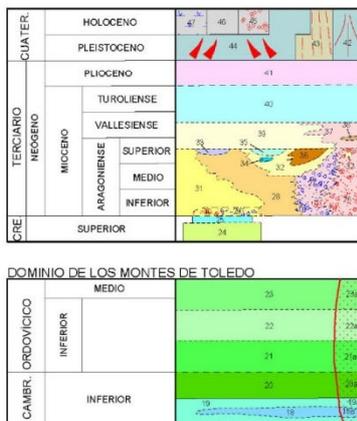
Al Sur de esta banda Milonítica se encuentran los materiales Paleozoicos (Cámbrico inferior-Ordovícico medio) constituidos por pizarras y cuarcitas, intruidos por el batolito granítico Mora-Las Ventas con desarrollo de aureola de contacto.

La parte oriental de la Hoja esta, como se ha indicado anteriormente, cubierta por materiales Terciarios y Cuaternarios.

A continuación, se muestra el esquema de geología regional de la zona, según el plano geológico Magna del IGME:

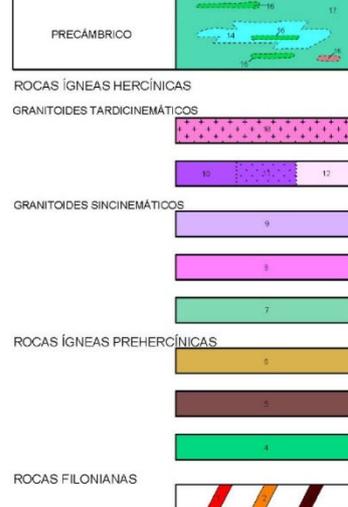


LEYENDA



- 47 Zonas encharcadas
- 46 Aluvial, Fondo de Valle
- 45 Terrazas
- 44 Glicis
- 43 Derrubios de ladera
- 42 Conos de deyección
- 41 Arcillas y yesos arcillosos
- 40 Calizas compactas grises (Facies "Páramo")
- 39 Yesos masivos tabulares y yesos con arcillas
- 38 Arenas y areniscas calcáreas
- 37 Calizas arenosas, margas y arcillas con yeso
- 36 Arcillas yesíferas y yesos
- 35 Calizas compactas grises y costras carbonatadas
- 34 Calizas arenosas bioturbadas
- 33 Calizas y margas arenosas
- 32 Arcillas y arenas rojas con yeso disperso
- 31 Conglomerados, arenas y bloques polimícticos
- 30 Conglomerados, arenas y bloques de naturaleza migmatítica
- 29 Arenas, arcillas y cantos arcóscicos (procedentes de migmatitas)
- 28 Arenas, arcillas y cantos polimícticos
- 27 Conglomerados, arenas y cantos litoteniáticos
- 26 Conglomerados, arenas y bloques de naturaleza cuarcítica
- 25 Calizas micríticas tabulares, arcillas y yesos
- 24 Areniscas, arcillas y gravas
- 23 Cuarzitas, areniscas y pizarras (serie Pochico)
- 22 Ortocuarcitas (Facies Armoricana)

DOMINIO MIGMATÍTICO DE TOLEDO

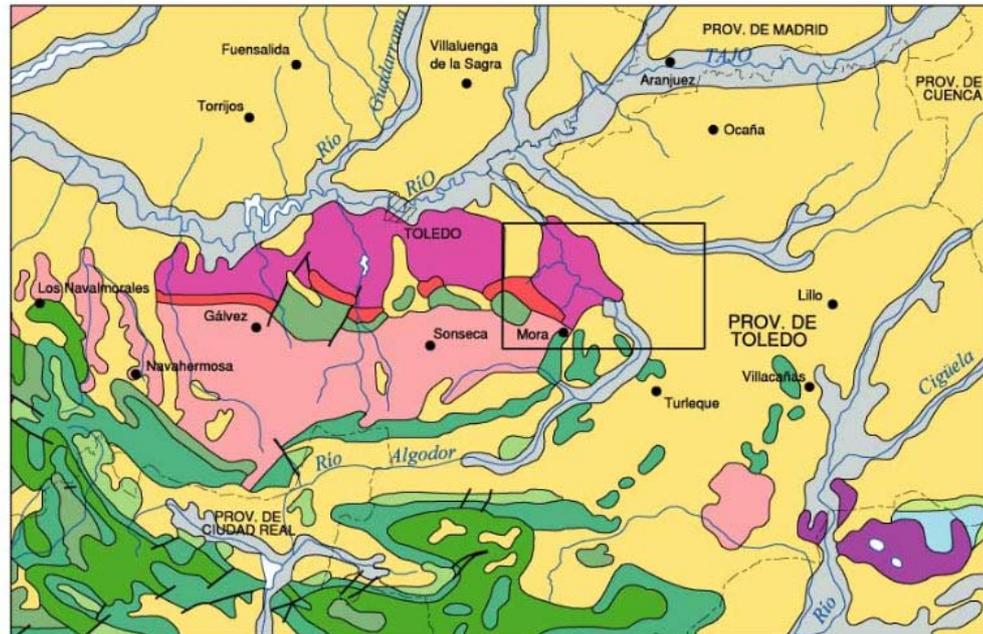


- 21 Cuarzitas, areniscas y pizarras (Serie Purpura)
- 20 Pizarras, limolitas, calizas y areniscas
- 19 Pizarras y limolitas (Formación Pusa)
- 18 Niveles carbonatados
- 17 Esquistos y metaareniscas feldespáticas
- 16 Cuarzitas
- 15 Metaconglomerados
- 14 Mármoles y rocas calcosilicadas
- 13 Monzogranito de grano medio-grueso con megacrístales ± Cordierita (Tipo Mora / Menisaltas)
- 12 Granitoides inhomogéneos y migmatitas. Facies leucocráticas con Cordierita
- 11 Granitoides inhomogéneos y migmatitas. Facies con Biotita y granito
- 10 Granitoides inhomogéneos y migmatitas. Facies oscuras con Biotita + Cordierita
- 9 Granitos porfíricos gruesos (Tipo Moncloa)
- 8 Aciarnelitas y/o Granodioritas porfíricas deformadas (Tipo Argés - Guadamur y Sotera)
- 7 Gábrros anfibólicos deformados
- 6 Ortogneises melanocráticos leucocráticos
- 5 Ortogneises biotíticos bandeados
- 4 Ortoanfibolitas
- 3 Porfidos
- 2 Aplitas
- 1 Cuarzo

Figura 2. Plano geológico del área de estudio general (IGME, Hoja nº 658 (Mora) serie Magna).



ESQUEMA REGIONAL



Escala 1: 1.000.000



Figura 3. Esquema Geológico Regional (Serie Magna Hoja nº658 Mora, IGME).

2.1.1. ESTRATIGRAFÍA

2.1.1.1 Metasedimentos del Dominio Migmatítico

Aparecen como afloramientos dispersos de pequeña entidad enclavados en una amplia zona de granitoides inhomogéneos y migmatitas.

- Esquistos y metaareniscas feldespáticas (17), metaconglomerados (15) y cuarcitas (16): los esquistos y metaareniscas aparecen como rocas oscuras con abundantes micas dispersas en pequeños afloramientos muy relacionado con los mármoles (14). Las cuarcitas de tonos blancos y grisáceos aparecen intruidas entre los anteriores y los mármoles (14) y los metaconglomerados aparecen de forma dispersa.



- Mármoles y rocas de Silicatos Cálcidos (14): son los metasedimentos más representados en la Hoja, con afloramientos de mayor entidad constituidos por mármoles puros de tono blanquecinos a grisáceos y a veces con pasadas de rocas de silicatos cálcidos que dan tonalidades verdosas, suelen estar en algunas zonas recristalizados con tamaños de grano grueso.

2.1.1.2 *Paleozoico del Dominio de los Montes de Toledo*

Los materiales del Paleozoico se agrupan en dos conjuntos bien diferenciados, materiales del Cámbrico Inferior y materiales del Ordovícico Inferior y Medio.

- Cámbrico Inferior: los más antiguos se denominan niveles carbonatados (18) y limolitas de la *formación Pusa* (19), formada por pelitas, limolitas y areniscas y bancos calizos de espesor variable, intruidas por el granito y a techo afectadas por la discordancia Sárdica. Posteriormente en edad aparecen las Pizarras, limolitas, calizas y areniscas (20), aflorando en las proximidades de Mora cubiertos por sedimentos cuaternarios (glacis) y constituido por pizarras con intercalaciones de areniscas, limolitas y calizas.
- Ordovícico Inferior-Medio: a base afloran unas cuarcitas, areniscas y pizarras de la *Serie Púrpura* (21), separadas del Cámbrico por la discordancia Toledánica, formada por series de pizarras, areniscas y cuarcitas bien estratificadas, con tonalidades moradas a grises en las pizarras. Posteriormente aparecen las cuarcitas de la *formación Armoricana* (22) con un espesor medio de 200 m. Se trata de cuarcitas de tonalidades grises y tono rojos, constituyendo los mayores relieves de la zona. La serie Ordovícica termina en las cuarcitas, areniscas y pizarras de la *Serie Pochico* (23) en los relieves al Oeste de Mora constituida por cuarcitas, areniscas y pizarras, disminuyendo a techo las cuarcitas y aumentando las pizarras.

2.1.1.3 *Cretácico Superior*

- Cretácico Superior: afloran de forma muy puntual al norte de la Hoja y presentan unas características muy diferenciadas al resto, constituidos por sedimentos detríticos y carbonatados, separados a techos y muro por discordancias, al muro aparecen areniscas, arcillas y gravas (24) y a techo calizas micríticas tabulares, arcillas y yesos (25).



2.1.1.4 Neógeno

- Aragoniense (Mioceno Medio): a base está constituido por una serie de materiales detríticos de facies proximales y medias y aluviales que de muro a techo son conglomerados, arenas y bloques polimícticos (31), conglomerados cuarcíticos-Rañas (26), conglomerados migmatíticos (30), arenas, arcillas y cantos polimícticos (28), litoarenitas (27) y arcósicos (29), arcillas y arenas rojas con yeso disperso (32), está última como facies distales de los abanicos, calizas y margas arenosas (33) en las zonas de relieves de mármoles, calizas y margas arenosas (33) asociada a facies distales y laterales de la unidad 28, calizas arenosas bioturbadas (34) de ambiente palustre, calizas compactas grises y costras carbonatadas (35) relacionados con el techo de la unidad 32 y en relieves de "mesas" y arcillas yesíferas y yesos (36). En las zonas próximas a Mora destacan las facies proximales detríticas principalmente los conglomerados cuarcíticos -Rañas (26).
- Aragoniense Superior-Vallesiense: constituido por calizas arenosas, margas y arcillas con yeso (37), arenas y areniscas calcáreas (38) y Yesos masivos tabulares y yesos con arcillas (39), aflorando al NE de la Hoja.
- Vallesiense-Turolense: calizas compactas grises (*facies Páramo*, 40), episodio lacustre que culmina la sedimentación terciaria, "calizas del páramo". Son episodios lacustres de sedimentación endorreica de la Cuenca del Tajo.
- Plioceno: constituido por arcillas y yesos arcillosos (41) de forma alterada y como afloramientos de poca entidad.

2.1.1.5 Cuaternario

- Conos de deyección (42): aparecen en los márgenes de cursos fluviales, en cárcavas, barrancos y arroyos y su composición depende del área fuente.
- Derrubios de ladera (43): materiales heterométricos relacionados con los relieves Paleozoicos, presentan poco transporte (gravitacionales y arroyada).
- Glacis (44): gravas, arenas y arcillas poco organizadas de depósitos de arroyada y ladera con fondo de valle cuya génesis está relacionada con el encajamiento de la red fluvial cuaternaria.
- Terrazas (45): poco representadas en la Hoja reducidas al Arroyo del Derramadero al norte con sedimentos polimícticos, heterogéneos con grava, arena y arcilla.



- Aluvial, fondo de valle (46): sedimentos ligados a los cursos fluviales estacionales o permanentes, constituidos por arenas, cantos y gravas y de composición heterogénea, dependiendo de los materiales que atraviese y el área fuente.
- Zonas encharcadas (47): son depósitos detríticos finos que se sedimentan en zonas deprimidas y mal drenadas, y suelen tener abundante materia orgánica. Aparecen en Tembleque en La Laguna de La Vega.

2.1.2. ROCAS ÍGNEAS.

Las rocas ígneas han sido agrupadas en base a sus relaciones respecto a las fases de deformación y a las características petrográficas y mineralógicas que presentan.

Se diferencian:

- Rocas ígneas prehercínicas
- Rocas hercínicas: a) Granitoides sin-cinemáticos y b) Granitoides tardio-cinemáticos

También se agrupan los diques ígneos o de relleno hidrotermal como rocas filonianas.

2.1.2.1 Rocas Ígneas pre-hercínicas

Son aquellas que hicieron intrusión en etapas previas a la Orogenia Hercínica, y posteriormente ha sufrido cambios mineralógicos y texturales con fabricas gnéisicas (deformaciones) tras sufrir la Orogenia Hercínica. Se diferencian los siguientes materiales:

- Ortoanfíbolitas (4): son rocas oscuras de grano medio-fino que muestran una foliación penetrativa que afloran muy puntualmente en la Hoja.
- Ortogneises biotíticos bandeados (5): textura gnéisica, bandeadas, oscuras, de grano fino-medio, a veces porfiroides, con ocelos de feldespato milimétrico. Presenta foliación muy penetrativa y granates de vario mm.
- Ortogneises metagraníticos leucocráticos (6): aparecen de forma puntual al NE de Mora y están constituidos por rocas cuarzo-feldespáticas leucocráticas de grano fino a medio y foliación penetrativa.

2.1.2.2 Rocas Ígneas hercínicas

Incluyen las rocas cuya génesis está directamente relacionada con los eventos tectono-metamórficos de la Orogenia Hercínica.



Dependiendo la edad y de su génesis se agrupan en sin-cinemáticos y tardi-cinemáticos.

- Granitoides sincinemáticos: destacan los gabros anfibolíticos deformados (7) que afloran en las proximidades de Villanueva de Bogas, Adamellitas y/o granodioritas porfídicas deformadas (8) aflorando como enclaves de tamaño variable dentro de los granitoides inhomogéneos y migmatitas con orientación NO-SE, Granitos porfídicos gruesos (Tipo Moncloa (9)) igualmente afloran como enclaves de diversa entidad orientado NO-SE en los granitoides inhomogéneos y migmatitas.
- Granitoides tardihercínicos: destacan por magnitud de afloramientos los granitoides inhomogéneos y migmatitas (10-12), separándose varios tipos según su composición y deformación en facies oscuras y facies leucocráticas. Plutón Mora-Gálvez, constituidos por Monzogranitos de grano medio-grueso con megacrístales con cordierita (13) que ocupan igualmente una gran extensión horizontal, generando metamorfismo de contacto en los materiales Paleozoicos y en la zona de la falla normal de Toledo generan deformación frágil a cataclásica.

2.1.2.3 Rocas Filonianas

Se han diferenciado pórfidos, aplitas y filones de cuarzo.

- Pórfidos graníticos (3): son dique de composición ácida que intruyen a los monzogranitos y leucogranitos con una orientación N 60°-80° E.
- Pórfidos dioríticos: están escasamente representados en la Hoja y presentan orientaciones N 160° E.
- Aplitas (2): aparecen el sector NE de la Hoja con orientaciones NE-SO y ESE-ONO, y son aplitas o leucogranitos de dos micas y a veces moscovíticos de grano fino.
- Filones de cuarzo: se observan dos, unos al NE de Almonacid con orientación N 10° E, y otro al NE de Mascaraque con orientación N 160° E.

2.1.3. TECTÓNICA.

Desde el punto de vista estructural los materiales pueden dividirse en dos grandes conjuntos: materiales afectados por la orogenia Hercínica y depósitos marinos y continentales, ambos conjuntos afectados por la Orogenia Alpina.

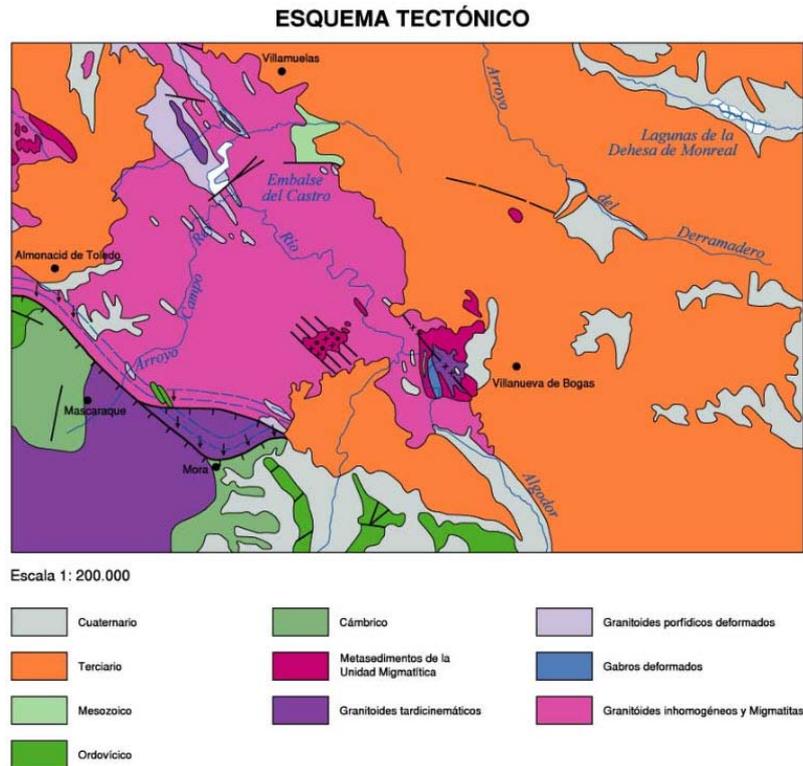


Figura 4. Esquema Tectónico Regional (Serie Magna Hoja nº658 Mora, IGME).

Otra etapa de deformación apreciable en la Hoja en la etapa Sárdica afectando a los materiales Pre-Cámbricos.

A continuación, se hace un resumen descriptivo de las principales etapas de deformación de los materiales.

2.1.3.1 Deformaciones Prehercínicas

Se pueden reconocer dos eventos deformacionales anteriores al Hercínico, enmascarados con las deformaciones posteriores Hercínica y Alpina.

- Deformación Precámbrica: se reconoce en el Dominio de Los Montes de Toledo representada con una discordancia que separa el Cámbrico Inferior



(Pizarras de Pusa) de los materiales superiores. Esta caracterizada por un conglomerado brechoide de cantos de caliza debido a un evento sísmico.

- Deformación Sárdica: esta deformación pone en contacto las rocas de la Serie Púrpura con varios materiales Cámbricos, mediante un ligero basculamientos.

2.1.3.2 Orogenia Hercínica

Se han diferenciado hasta 3 fases de deformación, dos replegamientos suaves y dos de fracturación tardía.

La Orogenia Hercínica se encuentra representada por los Dominios de Los Montes de Toledo y el Dominio Migmatítico, ambos separados por la Banda Milonítica.

- Dominio Migmatítico: aparece en la zona septentrional y sobre rocas de carácter fundamentalmente ígneo, migmatitas y granitoides.
- Dominio de Los Montes de Toledo: Está situado al sur y afecta a rocas sedimentarias del Cámbrico y el Ordovícico, y conjunto de granitoides. Presentan un metamorfismo y deformación de baja intensidad, con plegamientos y generación de la pizarrosidad de los materiales más finos.

-

La falla normal de Toledo en un importante accidente extensional tardihercínico que separa los dos dominios descritos anteriormente (Aparicio (1970-1971), Santa Teresa (1982), Santa Teresa et al. (1983) y Casquet et al. (1988) y Hernández Enrile (1976, 1981 y 1991)). La falla tiene un trazado sinuoso, continuándose hacia el Oeste decenas de kilómetros y perdiéndose al sur bajo los sedimentos Terciarios.

2.1.3.3 Tectónica Alpina

Se han diferenciado fallas inversas de dirección aprox. E-O y un ligero basculamiento en toda el área.

En el Aragoniense se produce una intensa actividad tectónica debido a los sedimentos sinorogénicos provocados por la estructuración del borde Sur de la cuenca del Tajo, con dirección E-O.

2.1.3.4 Neotectónica

A parte de los escarpes relictos (E-O y NE-SO), en las plataformas de los páramos y de algunos cauces rectilíneos, no se ha encontrado ningún tipo de anomalía que denote una posible actividad neotectónica.

2.1.4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES.

Se han diferenciado varias zonas geotécnicas según el tipo de rocas o sedimentos, la morfología y la hidrogeología.

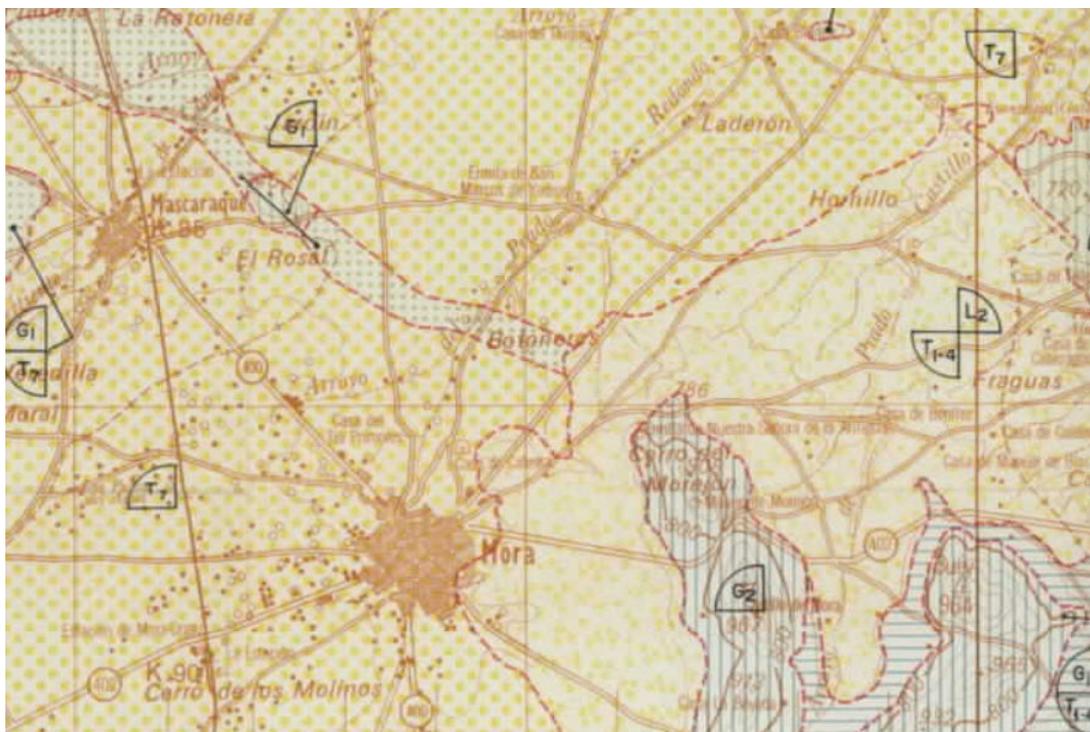


Figura 5. Plano geotécnico escala 1:200.000 Hoja nº53 (Toledo), IGME, zona de estudio.

Como se puede ver en la imagen anterior gran parte de los **materiales ígneos**, tanto tardicinemáticos como sincinemáticos están constituidos por la zona **T₇** que presenta problemas geotécnicos por recubrimientos de materiales inferiores a 1 m. sobre sustrato rocoso. Presenta morfologías llanas, alomadas suaves y zonas redondeadas típicas de erosión de rocas ígneas. Hidrogeológicamente son zonas impermeables con zonas puntuales de mayor permeabilidad por fracturación, presentando una marcada red de drenaje superficial. Son materiales de alta carga admisible y ripables, disminuyendo dicha



carga en las zonas de mayor meteorización y disminuyendo la ripabilidad al reducirse dicha meteorización.

Las zonas de **sedimentos de tipo coluvión-aluvial cuaternarios y rañas del terciario** se ubica en la denominación **L₂-T₁₋₄**, caracterizadas por variabilidad composicional y geotécnica. Se trata de zonas de cargas admisibles medias y asentamientos medios ante una construcción. Están constituidos por conglomerados, arenas y bloque polimícticos en general. Son zonas permeables con drenaje por infiltración y escorrentía, presentando cargas admisibles medias-bajas y asentamientos muy variables.

En las zonas próximas a los relieves montañosos del Paleozoico, cuya pendiente es acusada, tenemos la zonación **L₂-T₁₋₄-G₁**, de similares características que la anterior, pero con el agravante de pendiente entre el 7-15%, formado principalmente por sedimentos cuaternarios tipo coluvión

Los relieves montañosos del Paleozoico (**Pizarras y Cuarcitas**) se han delimitado con la terminología **G₂**, que puede presentar problemas geomorfológicos por pendiente del 15-30%. Los materiales rocosos de estas formaciones representan en general una elevada carga admisible y bajos asentamientos, dependiendo de zonas puntuales recubiertas de sedimentos gruesos del cuaternario y alteración de las pizarras, considerando las cuarcitas en estado sano en general. La permeabilidad es baja solo aumentando en las pizarras por su alteración superficial y las numerosas fracturaciones de las pizarras y cuarcitas. La ripabilidad de las formaciones pizarrosas es media posiblemente se recomienda la utilización de métodos auxiliares o maquinarias pesadas mientras que las cuarcitas no son ripables.

Otra zona geotécnica diferenciable es la zona de la falla normal de Toledo o **Banda Milonítica** con una clasificación **G₆-T₇**, que pueden presentar problemas geomorfológicos por disgregación o tectonificación de materiales y problemas geotécnicos por escaso espesor de sedimentos superficiales antes de llegar a la roca. Las permeabilidades son bajas a medias debido a la existencia de rocas, aunque al estar tectonizadas y alteradas pueden presentar zona de mayor permeabilidad por fracturación. No presentan problemas de asentamientos y tienen cargas admisibles altas.

Los afloramientos de **mármoles** al E de Mascaraque presentan una zonificación del tipo **G₁**, con posibles problemas geomorfológicos debido a pendientes del 7-15%. Dichos mármoles son rocas muy duras con altas cargas admisibles y sin problemas de asentamientos, de baja ripabilidad y permeabilidad baja.



2.1.5. HIDROGEOLOGÍA.

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca del Tajo, esta se sitúa en la zona central de la Península Ibérica compartiendo sus dominios España y Portugal.

Los límites de la demarcación hidrográfica del Tajo son por el norte la cuenca del Duero, por el sur la cuenca del Guadiana, por el este las cuencas del Ebro y Júcar y por el oeste limita con Portugal.

Las aguas superficiales son tributarias del Río Tajo, principalmente a través del Río Algodor y afluentes como el arroyo Cedrón y Piedra Redonda, entre otros.

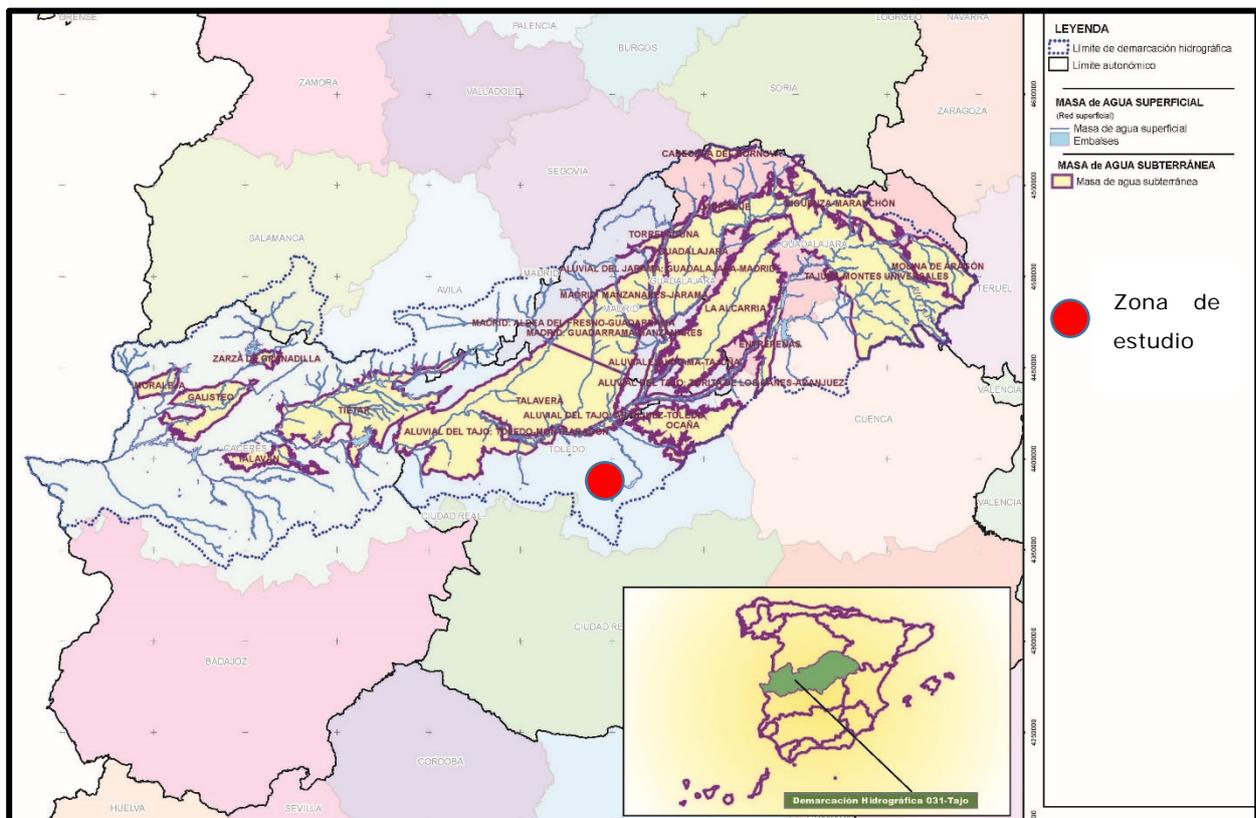


Figura 6. Mapa de situación de las masas de agua subterránea

En la cuenca del Tajo se han definido (artículo 5 de la DMA) 24 masas de agua subterránea.

La zona de estudio no se encuentra dentro de alguna de estas 24 Masas subterráneas, ya que no existen acuíferos de interés en esta zona.

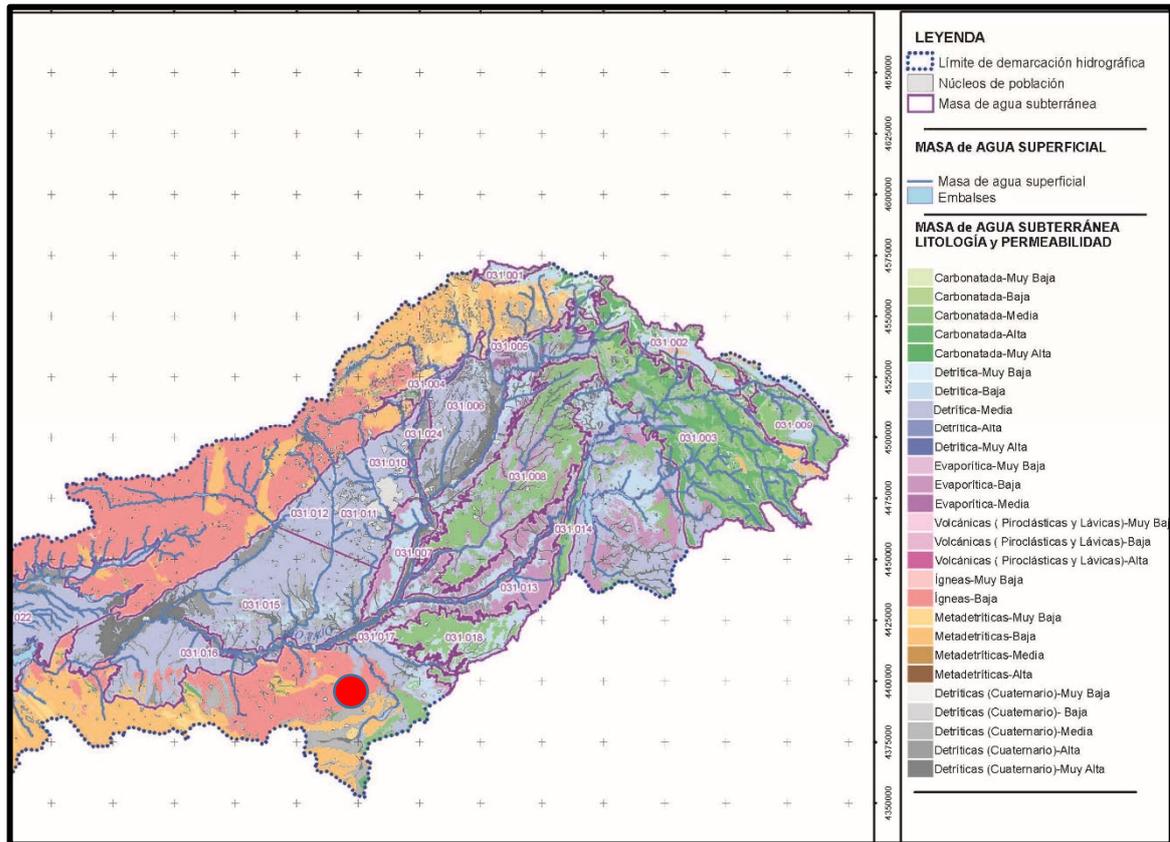


Figura 7. Mapa de permeabilidad (detalle zona de estudio)

En el área de estudio los acuíferos son locales, de escasa entidad. Podemos encontrar acuíferos en los materiales detríticos cuaternarios y terciarios, pero no de mucho interés y de uso local.

Sobre los materiales ígneos y metamórficos, encontramos algo de permeabilidad a favor de las fracturas. Es en estas fracturas donde se encuentran los sondeos particulares en la zona.

La calidad química de las aguas subterráneas es variable, en respuesta lógica a la acusada heterogeneidad litológica. La variabilidad que se presenta es notable, tanto en el espacio como en el tiempo.

Las aguas en los *granitos* se pueden calificar de duras a extremadamente duras, de facies sulfatadas - cálcicas. La conductividad es siempre superior a 1.600 $\mu\text{S}/\text{cm}.$, lo que indica un alto contenido en sales.



En el *acuífero Terciario*, el contenido en sales es superior, como indica su conductividad de 3.324 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el aumento de pH. Su naturaleza es sulfatada - cálcica, lo que podría indicar una interconexión entre ambos.

Es notable el contenido en *nitratos* de estas aguas, superior en todos los casos a 50 mg/l. Esto es atribuible a vertidos incontrolados y a la tendencia creciente de fertilizantes químicos en las prácticas agrícolas.

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Se ha consultado la base de datos del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Tajo y no existe ningún punto de agua en la base de datos.

Los sondeos más cercanos se han localizado en la cabecera del embalse de Finisterre (sondeos de unos 30 metros en Pliocuaternario y Cuarcitas Silúricas).

2.2. RIESGOS GEOLÓGICOS.

A continuación, se detallan algunos aspectos generales de los *riesgos geológicos* que pueden tener una especial incidencia en el estudio.

2.2.1. RIESGO SÍSMICO.

Según la Normativa Sismorresistente PDS-1 de 1974, desde el punto de vista sísmico y para el cálculo de estructuras, el área de estudio se encuentra enclavada en un *área de intensidad sísmica de Grado Bajo*, $G < V$, según la Escala Internacional Macrosísmica (MKS). La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, a esta información puede añadirse que dicha área tiene asignado un valor de aceleración sísmica básica a_b menor de 0,04 veces la aceleración de la gravedad ($a_b < 0,04 \text{ g}$), índice que representa la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un período de retorno de 500 años.

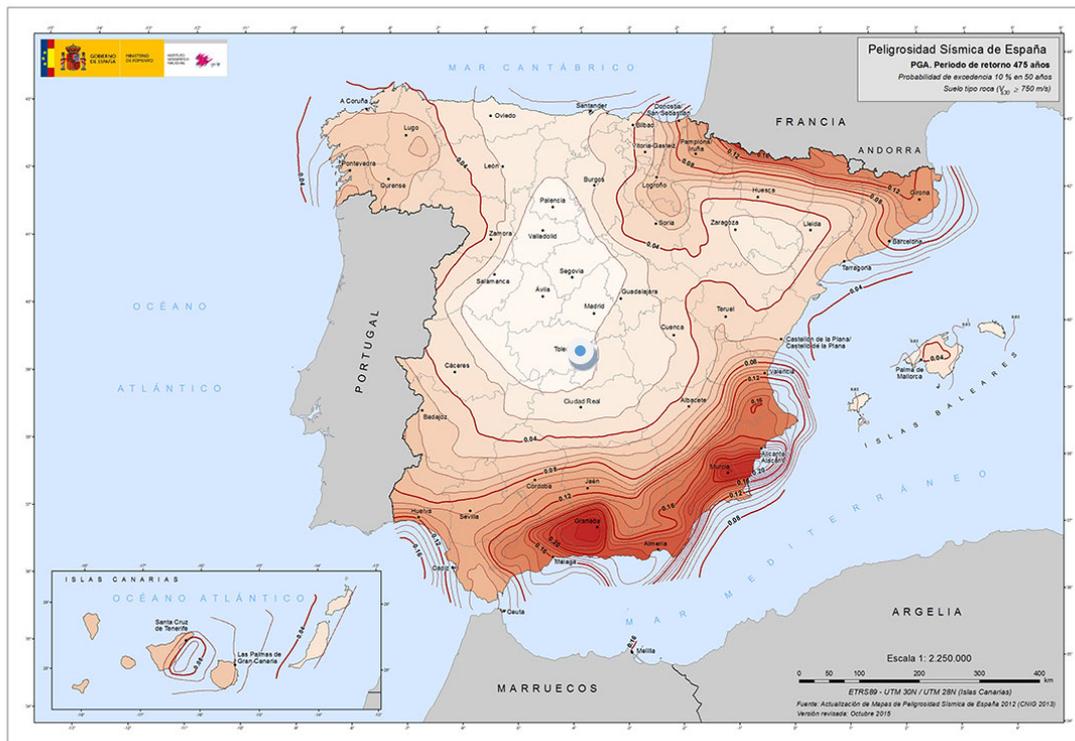


Figura 8. Mapa de Peligrosidad Sísmica.

La aceleración sísmica de cálculo dependerá del período de vida para el que se proyecte la construcción. Para un período de 50 años, construcción de normal importancia ($\rho = 1,0$), la aceleración sísmica de cálculo, a_c , coincidirá con la aceleración sísmica básica ($a_c < 0,04$ g), mientras que, si se adopta un período de 100 años, construcción de especial importancia, habrá que aplicar a aquella un coeficiente adimensional de riesgo (ρ) de valor 1,30 ($a_c > 0,052$ g).

La normativa citada no es de aplicación cuando el valor de la aceleración sísmica de cálculo es inferior a 0,04 g ($a_c < 0,04$ g) como es el caso que nos ocupa, y así queda reflejado en el mapa de peligrosidad sísmica.

2.2.2. RIESGO POR HUNDIMIENTO.

El riesgo de hundimiento en la zona de estudio puede presentarse en los materiales contemporáneos sin consolidar (rellenos antrópicos y sedimentos cuaternarios flojos, suelos vegetales o tierras de labor), siendo *nulo-bajo* pues estos materiales serán retirados y no se apoyará ningún elemento estructural.



En la zona de estudio se han detectado espesores submétricos de este tipo de materiales, concretamente hasta 0,40 m., suponiendo un riesgo si se apoya cualquier tipo de cimentación sobre ellos.

Si se detectaran zonas con un mayor espesor de estos materiales, habrá que sanear y retirar estos niveles poco compactados, y no apoyar la cimentación directamente sobre ellos.

2.2.3. RIESGO POR EXPANSIVIDAD.

El peligro que conlleva la expansividad afecta exclusivamente a suelos cohesivos de naturaleza arcillosa, cuando su textura se ve alterada por diferencias en la concentración de humedad.

Para el actual proyecto, el riesgo de expansividad se considera *nulo*, como se observa en los ensayos de laboratorio

2.2.4. RIESGO POR AGRESIVIDAD DE SUELOS.

Los terrenos del presente estudio no contienen sulfatos solubles en su composición en cantidades agresivas, por tanto, el riesgo de agresividad frente a los hormigones será *nulo*.

2.2.5. NIVEL FREÁTICO.

Durante los trabajos de campo, en el conjunto de las prospecciones desarrolladas en la zona de estudio y en las fechas de su ejecución, *se detectó* la presencia de agua o humedad en los ensayos realizados hasta unas profundidades de **4,50-4,40 m.**

Hay que destacar que el nivel freático puede fluctuar, pasando a cotas algo superiores y/o inferiores, sobre todo en épocas de lluvia y/o sequía.

2.2.6. PROTECCIÓN FRENTE A LA EXPOSICIÓN AL RADÓN. DB HS 6 CTE

El *DB HS6* indica que los edificios dispondrán de medios adecuados para limitar el riesgo previsible de exposición inadecuada a radón procedente del terreno en los recintos cerrados. El radón presente en el interior de los edificios procede principalmente del terreno. El radón del terreno puede penetrar al interior de los edificios a través de las grietas y juntas de los cerramientos del edificio en contacto con el terreno (muros de sótano, soleras, etc.), e incluso a través de la masa de los materiales porosos que forman los propios cerramientos. Al provenir el radón del terreno, las mayores concentraciones en un edificio se localizan en las plantas inferiores, como son los sótanos y las plantas bajas, pues la densidad del radón es además superior a la del aire.



Términos municipales en los que, en base a las medidas realizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear, se considera que hay una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos sin soluciones específicas de protección frente al radón presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia de 300 Bq/m³.

El DB HS6 se aplica a todos los edificios de nueva planta que se construyan en estos términos municipales (zona I y zona II) y también a los edificios existentes en estas zonas en los que se vaya a realizar una intervención de reforma que afecte a algún elemento constructivo que influya en la concentración de radón, así como a las ampliaciones y a las zonas del edificio afectadas por un cambio de uso.

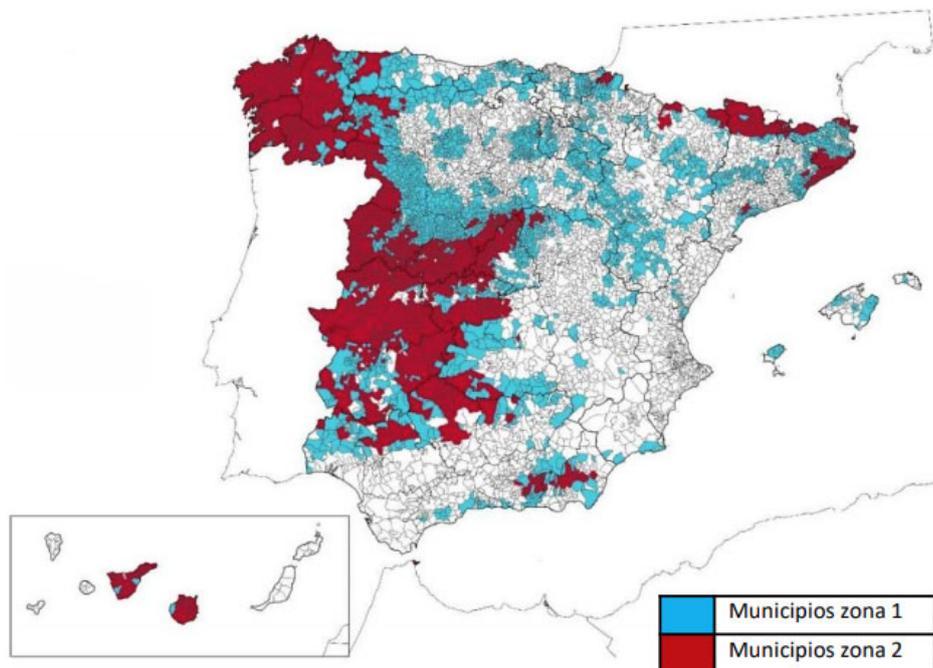


Figura 9. Mapa zonal de grados de exposición al radón.

La localidad toledana de Mora y Mascaraque se encuentra situadas en la **zona II** según las tablas por localidades del **DB HS 6 CTE**.

2.3. GEOLOGÍA-GEOTECNIA LOCAL-BALSA DE REGULACIÓN.

Á partir de los trabajos de campo, junto con la información geológica previa, se ha realizado un plano geológico de la zona de ubicación de la balsa de regulación.

2.3.1. GEOLOGÍA LOCAL DE DETALLE.

Se ha realizado un plano geológico a escala 1:2.000 (A-3) con el fin de describir los materiales que aparecen en la zona de estudio, basándonos en las anotaciones de campo, fotointerpretación, mapa geológico 1:50.000 (serie Magna) nº658 de Mora (IGME), trabajos de campo (sondeo y calicatas) así como el resultado de los ensayos de laboratorio.

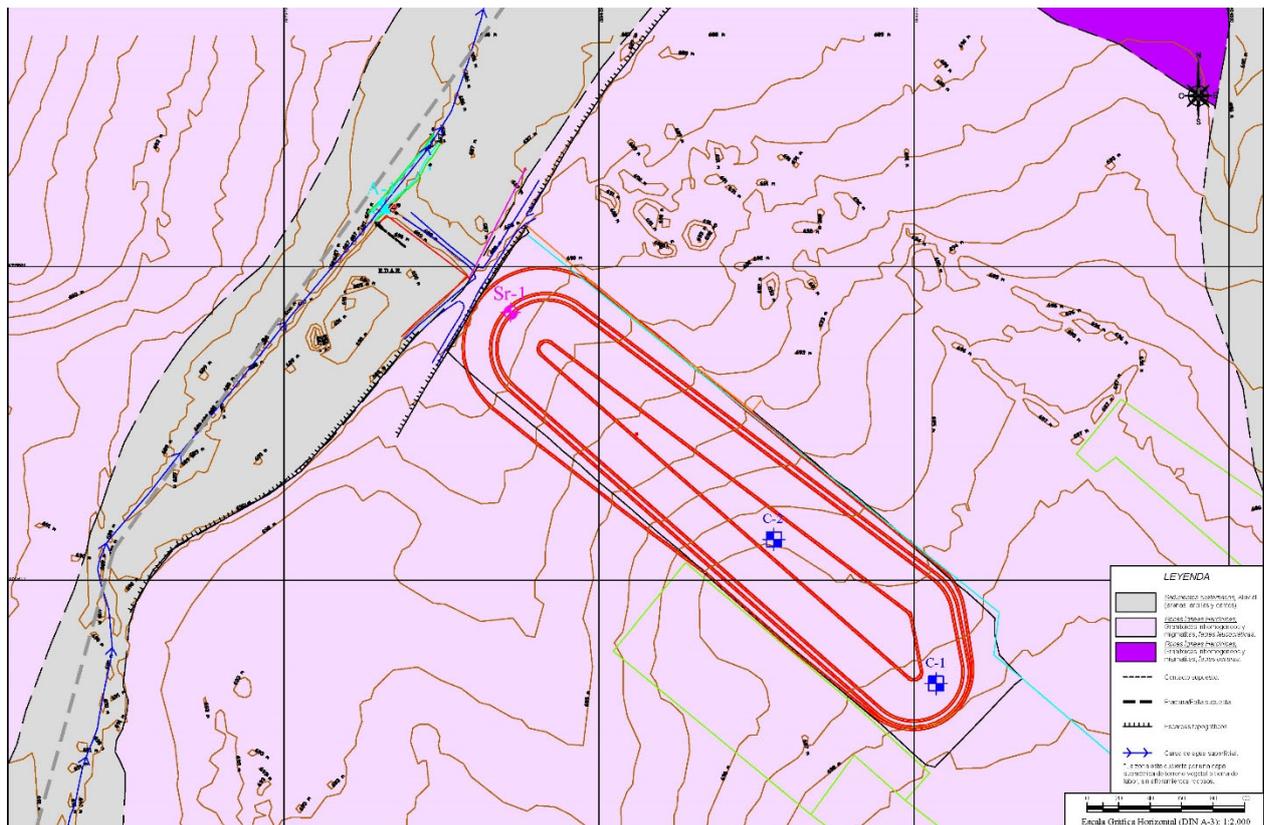


Figura 10. Plano geológico de detalle de la zona de la Balsa de Regulación.

El área de estudio está constituida por *Granitoides* y *Migmatitas* sin afloramientos visibles en la zona y puntuales en zonas próximas, debido al alto grado de meteorización que presentan. Al estar muy meteorizada (G.M. V-VI) es fácil su erosión y modelado por los agentes atmosféricos y la red de drenaje superficial, generando unas superficies planas a onduladas, cubiertas por tierras de labor, para pasar en profundidad al sustrato rocoso totalmente meteorizado (jabre), disminuyendo el grado de meteorización con la profundidad.

En un pequeño enclave al norte del plano, y solo mediante datos comparativos con el mapa geológico Magna (IGME), se detecta una zona de Granitoides y Migmatitas de facies oscuras de similares características geotécnicas que las rocas anteriores.



La red de drenaje está representada por el arroyo Prado Redondo, encajándose de forma rectilínea con dirección NE-SO, posiblemente en una zona de fractura tardihercínica, cubriendo una franja con materiales cuaternario de tipo aluvial, constituidos por arenas, limos, arcillas y cantos dispersos de cuarcita y granitoide.

2.3.2. HIDROGEOLOGÍA LOCAL.

Los materiales que constituyen la zona de estudio son rocas de tipo Granitoide y Migmatitas de carácter impermeable cuando presentan grados de meteorización bajos, aumentando en las zonas de fracturas.

Superficialmente estos materiales están cubiertos por suelo vegetal/terra de labor y posteriormente suelos residuales productos de la meteorización de la roca Infrayacente, los cuales presentan unas permeabilidades altas debido a su carácter granular. El techo de la roca sana y los materiales permeables superficiales antes citados pueden producir de forma puntual zonas de acumulación de agua sobre la superficie de la roca alterada y suelos superficiales que hacen de capa almacén.

Los sedimentos cuaternarios de tipo aluvial detectado presentan unas permeabilidades medias a altas.

Durante los trabajos de campo se ha detectado nivel freático en el sondeo realizados. En la tabla siguiente se expresa su seguimiento.

Sondeo	Nivel Freático (metros)	Fecha de la medida
SR-1	4,50	12/07/2021
Sondeo	Nivel Freático (metros)	Fecha de la medida
SR-1	4,40	21/07/2021

Tabla 1. Niveles freáticos en Sr-1.

2.3.3. TRABAJOS DE CAMPO.

La campaña de campo para la zona de la Balsa de Regulación consta de *dos (2) calicatas mecánicas y un (1) sondeo mecánico a rotación con recuperación de testigo.*

La ubicación de los trabajos aparece en el Plano de situación de los trabajos de campo (Anexos).



2.3.3.1 Calicatas Mecánicas

Se han realizado *dos (2) calicatas de forma mecánica*, con la finalidad de determinar la tipología estratigráfica del suelo, definiendo los espesores de los materiales y apreciar, si lo hubiera, la existencia de nivel freático.



Máquina: Retroexcavadora mixta

Nº de calicatas: Dos (2)

Profundidad mínima: 1,80 metros

Profundidad máxima: 2,50 metros

Excavabilidad: Suelos fácilmente excavables a excepción de la roca en profundidad.

Estabilidad: Paredes inestables en los suelos vegetales y estables en el jabre.

Nivel freático: No se detecta (hasta las profundidades excavadas)

Figura 11. Calicatas zona de Balsa Regulación.

La profundidad de las calicatas está condicionada por la dureza del terreno excavado.

La situación de las calicatas, así como su descripción estratigráfica pueden consultarse en los anexos del presente informe.

En ninguna de las calicatas realizadas se ha detectado la presencia del nivel freático, hasta su profundidad final de excavación.

La tabla siguiente marca la profundidad de las calicatas excavadas, así como las muestras de saco alteradas tomadas en los diferentes niveles geotécnicos detectados.

Calicata	Profundidad	Nº de muestras de saco
C-1	2,50 metros	2
C-2	1,80 metros	1

Tabla 2. Tabla resumen de las calicatas



2.3.3.2 Sondeo mecánico.

Se ha realizado un (1) sondeo mecánico a rotación con extracción continua de testigo. Para su ejecución se ha utilizado una sonda modelo Tecoinsa TP-30, montada sobre un Land Rover.

La perforación se realiza con baterías tipo B, con coronas de widia con un diámetro de perforación de 86 mm. La profundidad alcanzada fue de 13,0 m., considerando esta profundidad suficiente para las solicitudes del proyecto.

Para la caracterización geomecánica de los suelos se recogieron muestras inalteradas y ensayos S.P.T. con cuchara normalizada, con objeto de caracterizar geotécnicamente las diferentes litologías, estimando así, la resistencia de los citados materiales litológicos.

Se ha realizado un levantamiento litoestratigráfico, en el que se han apuntado los diferentes materiales perforados en cada punto de ensayo, sus características litológicas, espesor, profundidad de cada nivel identificado, recuperación del testigo, así como el número y profundidad de las muestras tomadas en cada perforación.

Dichos levantamientos, así como las fotografías de las cajas portatestigos, se adjuntan en los Anejos del presente informe (Anejos II).



Sonda: TP-30

Peso del equipo: 1320 kg.

Mástil elevación: 3860 mm.

Carrera del cabezal: 1500 mm.

Tracción máxima: 2700 kg.

Motor: 667 cc.

Mordazas hidráulicas.

Unidad de golpeo automático SPT.

Angulo de perforación: 0°-90°.

Figura 12. Sonda de perforación utilizada.

Los resultados de los ensayos de laboratorio de cada muestra analizada han sido incluidos en los anejos del presente informe.



La cota de ejecución del sondeo es 669,5 m. que se corresponde con la cota de la finca en las fechas de su ejecución. Existe un plano topográfico suministrado por el cliente. (ver planos, Anexos).

El cuadro siguiente resume el número de muestras tomadas en el sondeo, tanto muestras inalteradas (MI), ensayos de penetración estándar (SPT) así como testigos parafinados (TP) y muestras de agua (MA).

Sondeo	Profundidad (metros)	Número de muestras			
		SPT	MI	TP	MA
Sr-1	13,0	10	1	3	-

Tabla 3. Resumen del sondeo y muestras recogidas en la zona de Balsa de Regulación.

2.3.4. TRABAJO DE LABORATORIO.

El trabajo de laboratorio ha consistido en una serie de ensayos, que pueden agruparse en los siguientes apartados.

2.3.4.1 Identificación y Estado.

Los ensayos de identificación nos definen la granulometría, plasticidad (límites de Atterberg) y estado natural del suelo.

- El **análisis granulométrico por tamizado (UNE - 103.101/95)** se realiza tamizando o cribando una determinada cantidad de suelo, en peso, a través de una serie de tamices, pesándose el porcentaje retenido en cada uno de ellos. Conocido lo retenido en cada tamiz, se puede obtener el tanto por ciento de partículas de diámetro inferior al considerado en cada caso.
- Los **Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 - 103.104/94)** determinan las humedades características de las partículas finas, definiéndose al Límite Líquido como la humedad necesaria para que el suelo pase de un estado plástico a un estado fluido, y al Límite Plástico a la humedad necesaria para que el suelo pase de un estado semisólido a un estado plástico. El Índice de Plasticidad se define como la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico.



El estado natural del suelo viene definido por:

- El contenido de **humedad natural (UNE 103.300/93)**, que se obtiene mediante el secado en estufa de una fracción de la muestra, calculando la pérdida de peso en agua.
- La **densidad aparente, seca y húmeda (UNE-EN 1097-3)** es otro parámetro que define el estado natural del suelo y proporciona una medida del peso material con relación a la cantidad de espacio que ocupa.

2.3.4.2 Expansividad.

- **Hinchamiento libre UNE 103.602/96.** Este ensayo se realiza en el aparato edométrico. Se somete una muestra a una inundación con agua y se deja que el suelo hinche libremente hasta su estabilización.

2.3.4.3 Compactabilidad y Capacidad Portante.

- **Ensayo Apisonado Próctor normal y/o modificado UNE 103.500/94 y UNE 103.501/94.** El método del ensayo se basa en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones, pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada. Se obtiene la humedad óptima que es aquella con la cual se consigue la máxima densidad seca.

2.3.4.4 Componentes Secundarios.

- **Contenido en Sulfatos solubles. UNE 103.201/96.** Su determinación consiste en obtener la proporción de sulfatos solubles en agua, pasándolos a disolución mediante agitación con agua y precipitando luego los sulfatos disueltos (procedentes del suelo) con una disolución de cloruro bórico. El procedimiento seguido es el habitual en cualquier gravimetría.
- **Contenido en materia orgánica. UNE 103.204/93.** Para la determinación del contenido en materia orgánica oxidable de un suelo, se ha utilizado el método del permanganato potásico.



2.3.4.5 Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos permiten conocer el comportamiento de los suelos cuando se ven sometidos a esfuerzos y por lo tanto evaluar sus características mecánicas.

- **Ensayo de Corte Directo (UNE 103.401/98).** Este ensayo tiene por objeto la determinación de los parámetros resistentes, cohesión (c) y ángulo de rozamiento interno (f), de una muestra de suelo sometida a esfuerzo constante. El ensayo se realiza sobre tres probetas de una misma muestra de suelo, sometida cada una de ellas a una presión normal diferente, obteniéndose la relación entre la tensión tangencial en la rotura y la tensión normal aplicada. Para determinar los parámetros resistentes de una muestra de suelo, se utiliza un equipo de corte directo, en donde una probeta, obtenida de una muestra de suelo, de forma cilíndrica o prismática cuadrangular que se encuentra restringida lateralmente por las paredes rígidas de una caja, se corta por un plano horizontal mientras se encuentra sometida a una presión normal a dicho plano. El ensayo no consolidado no drenado con rotura rápida (UU), nada más aplicar la presión externa se procede a la rotura a compresión en condiciones no drenadas. De este ensayo se obtienen los parámetros resistentes en tensiones totales.

Con los datos obtenidos se clasifican los suelos, según la clasificación unificada U.S.C.S, la clasificación H.R.B revisada y adoptada por la A.A.S.H.T.O. como norma M-145, y la clasificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3. Los ensayos de laboratorio realizados en el presente estudio para la Balsa de Regulación han consistido en la ejecución de:

4 análisis granulométrico por tamizado UNE 103.101.

4 límites de Atterberg, UNE 103.103 - 103.104.

4 determinaciones de humedad natural UNE 103.300.

2 determinaciones de densidad aparente UNE 103.301.

1 determinación de peso específico UNE 103.302.

2 determinación cuantitativa de sulfatos UNE 103.201.

1 determinaciones de sales solubles UNE 103.205.

1 determinación cuantitativa de materia orgánica UNE 103.204.



1 determinaciones cuantitativas de carbonatos UNE 103.200.

1 ensayos de apisonado Próctor Normal UNE 103.500.

1 ensayo de corte directo UNE 103.401/98.

1 ensayo de compresión simple en roca UNE 103.400.

Los resultados de estos ensayos aparecen en los Anexos del presente informe.

2.3.5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

A partir de la geología de la zona, los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación.

Para cada unidad geotécnica considerada se analizarán los siguientes aspectos:

- Localización de aparición de la unidad natural en la zona de estudio.
- Estudio de los parámetros geotécnicos para determinar la carga admisible de la unidad de apoyo.
- Estudio de la deformabilidad de los materiales (asientos) que forma el apoyo de los elementos estructurales de cimentación.

A partir de las características estratigráficas, litológicas y geotécnicas, se ha diferenciado tres (3) unidades geotécnicas.

Superficialmente en la parcela encontramos suelo vegetal y/o tierra de labor, con espesores variables y submétricos.

En cuanto al terreno natural de la zona, está formado por un primer nivel que aparece en los alrededores del cauce del arroyo Piedra Redonda y en otra vaguada al W de sedimentos cuaternarios (aluvial), para pasar en profundidad en toda la zona al sustrato rocoso ígneo deformado, el cual en sus niveles más superficiales se encuentra en estado meteorizado y en profundidad sano (granitoides migmatíticos).

2.3.5.1 Suelo vegetal / Tierra de Labor.

Es la unidad geotécnica más superficial que podemos detectar en la zona y *debe evitarse como nivel apto para cualquier tipo de cimentación.*

Están constituidos por arenas marrón oscuras con restos de cantos de granitoide, materiales antrópicos, restos vegetales, materia orgánica, ...



A continuación, se presenta una tabla con el espesor detectado en los sondeos mecánicos y en las calicatas.

Sondeo/ Calicatas	Profundidad (metros)	Espesor (metros)
Sondeo Sr-1	0,00-0,30	0,30
Calicata C-1	0,00-0,40	0,40
Calicata C-2	0,00-0,35	0,35

Tabla 4. Espesores del terreno vegetal/tierra de labor.

Los materiales correspondientes a esta unidad podrán ser excavados mediante medios mecánicos tradicionales (máquinas excavadoras), presentando una estabilidad de las paredes de excavación baja.

Geotécnicamente, estos niveles no se consideran aptos para soporte de ningún tipo de cimentación ni apoyo de ningún tipo de estructura.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales, según los resultados obtenidos en el laboratorio en estudios próximos realizados, así como la bibliografía consultada y comparándolo con estudios anteriores realizados por nuestra empresa en la zona, son:

- Cohesión $c = 0,0 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi = 30-35^\circ$.
- Densidad seca $\delta = 1,4-1,6 \text{ t/m}^3$.
- Densidad húmeda $\delta = 1,6-1,7 \text{ t/m}^3$.
- Módulo de deformación $E = <80 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 8-15 \text{ MN/m}^3$ (placa $0,30 \times 0,30 \text{ m}$).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,30-0,35$.

2.3.5.2 Sedimentos cuaternarios - Aluvial.

Esta unidad aparece en las zonas deprimidas de la red fluvial, principalmente en la zona del arroyo Prado Redondo.

Esta litología está compuesta por intercalaciones de arenas, limos arenosos, y limos arcillosos con cantos. Debido a que se intercalan diferentes materiales, tantos en la vertical



como en la horizontal, se ha determinado por unificar en una misma unidad geotécnica todos estos materiales cuaternarios procedentes de las terrazas y llanura de inundación del arroyo.

De forma general, nos encontramos con arenas más o menos limosas y a veces arcillosas, de compacidad media, con cantos dispersos. Son materiales fácilmente excavables. Las paredes de excavación son de baja a media estabilidad, dependiendo del contenido en finos que le darán mayor o menor cohesión a la unidad, así como la presencia del nivel freático que reduce considerablemente la estabilidad de las paredes en las excavaciones en la unidad.

No se han realizado ningún ensayo de campo sobre estos materiales en la zona de la Balsa de Regulación, estimándose unos espesores variables desde el borde de la unidad aumentando al centro con espesores hasta métricos en la parte central.

- **Permeabilidad.**

Son materiales considerados *permeables*, por lo que son susceptibles de captar las aguas de lluvias.

- Tramos limosos: Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-2} - 10^{-7}$ m/s.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos, según los estudios próximos realizados, así como la bibliografía consultada son:

- Cohesión $c = 0,00-0,1$ kg/cm².
- Ángulo de rozamiento $\phi = 25-30^\circ$.
- Densidad seca $\delta = 1,5-1,7$ t/m³.
- Densidad húmeda $\delta = 1,6-1,8$ t/m³.
- Módulo de deformación $E = 80-300$ kp/cm².
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 10-30$ MN/m³ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,20-0,35$.

2.3.5.3 Granitoides y Migmatitas.

Las rocas que se encuentran en esta zona son rocas ígneas deformadas, concretamente granitoides y migmatitas.

Al hablar del sustrato rocoso se debe tener en cuenta el grado de fracturación, desintegración y decoloración de la roca. De esta forma hablaremos de varios niveles dentro de los granitoides existentes.

En la Figura adjunta, se representa un modelo teórico de los niveles desarrollados y/o encontrados en ambientes rocosos de tipo metamórfico e intrusivo (ígneo).

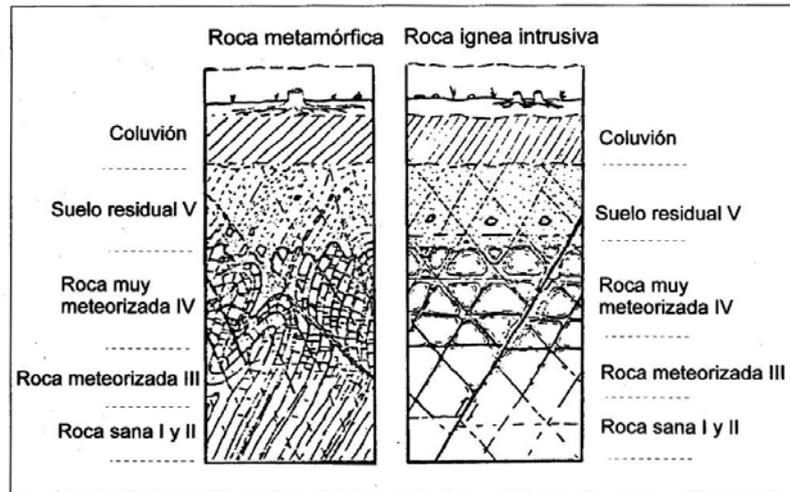


Figura 13. Perfiles de meteorización para rocas ígneas y metamórficas.

Para entender el grado de meteorización, se utiliza la tabla siguiente (ISRM).

Grado de meteorización	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva intacta la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material.

Figura 14. Clasificación del grado de meteorización según la ISRM.

El sustrato rocoso se encuentra altamente meteorizado desde los primeros metros de perforación. A continuación, pasamos a definir las características geotécnicas de cada estado del terreno natural.



Granitoide y Migmatitas alteradas (jabre). Roca meteorizada.

Es el estado de mayor meteorización del sustrato rocoso, concretamente en grado meteorización VI y V donde la roca está totalmente descompuesta en suelo o suelos con fragmentos de roca.

Son arenas limosas grisáceas a blanquecinas con o sin fragmentos de la roca madre (granitoide). Estos materiales aparecen en la calicata C-1 y C-2 así como en el sondeo Sr-1, con espesores métricos en todos ellos.

El grado de meteorización de la roca se debe principalmente a procesos químicos que han desintegrado la roca manteniendo la fábrica original. Existen signos de decoloración (coloración marrón-rojiza) y de descomposición parcial o total de los minerales que la componen.

A medida que profundizamos en el sondeo, este primer tramo se va convirtiendo en un material más denso y compacto donde la tonalidad del material es la tonalidad original del sustrato formado por fragmentos de roca (gravas) cada vez de mayor tamaño. En este tramo, la roca es clasificada como roca meteorizada de grado V-IV.

Se trata un nivel de alteración y descomposición de la roca madre que a medida que se profundiza se hace más compacto (arenas gruesas y fragmentos de roca) hasta que alcanza el nivel de roca prácticamente sana.

Este nivel presenta una muy buena estabilidad en el talud. La excavabilidad en este terreno es dificultosa a medida que se alcanza mayor profundidad.

<i>Excavabilidad</i>	<i>Fácil (suelos excavables) siendo dificultosa con la profundidad.</i>
<i>Estabilidad frente a la excavación</i>	<i>Muy Buena</i>
<i>Tensión admisible asociada</i>	<i>2,0 - 4,0 kp/cm²</i>

Tabla 5. Características geotécnicas de los Granitoides Meteorizados.

El contacto entre este material y la roca sana es irregular y gradual, por lo que no se puede definir puntualmente una cota de afloramiento de la roca sana para toda la superficie de actuación.



El espesor detectado en el sondeo y las calicatas se especifica en la siguiente tabla.

Sondeo/Calicatas	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-1	0,30-2,50	2,20
Calicata C-1	0,40-2,50	2,10
Calicata C-2	0,35-1,80	1,45

Tabla 6. Espesores detectados en los granitoides meteorizados (jabre).

El límite de esta unidad en las calicatas realizadas queda marcado por la dificultad de excavación que presenta, marcando el techo del granitoide menos meteorizado cuando se detectan resistencia a la excavación (asumiendo granitoides en G.M. V-IV a partir de ese momento).

Se han ensayado *cuatro (4) muestras* representativas de estos niveles que se corresponde con:

- Muestra inalterada MI-1 del sondeo Sr-1, tomada a una profundidad de 0,60-1,20 m. (muestra **S-24-07-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-1, tomada a una profundidad de 1,00-1,20 m. (muestra **S-16-06-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-1, tomada a una profundidad de 2,30-2,50 m. (muestra **S-28-06-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-2, tomada a una profundidad de 1,00-1,50 m. (muestra **S-17-06-21**).

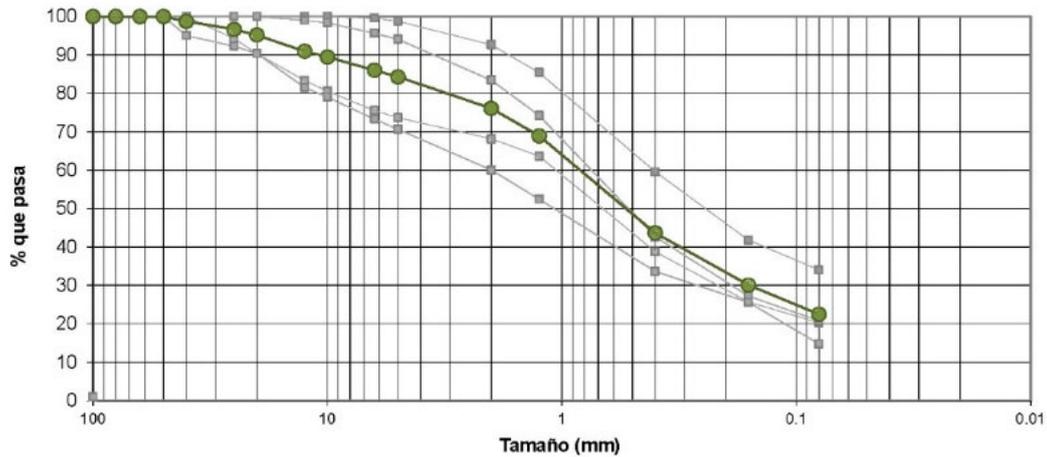
• **Granulometría y Clasificación.**

Los ensayos realizados en las muestras alteradas e inalteradas determinan una textura granulométrica formada por un 0,0-9,6% de grava gruesa, un 0,4-17,1% de grava media, un 6,9-13,3% de fracción tamaño gravilla, un 4,5-9,2% de fracción tamaño arena gruesa, un 26,8-47% de fracción tamaño arena media, un 5,5-10,8% de fracción arena fina y un 14,88-34,1 % de finos de naturaleza fundamentalmente limosa de plasticidad nula.



Estos suelos se clasifican como arena mal graduada con limo, tipo **SM**, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Clasificándose, como suelos arenosos con fragmentos de roca de tipo **A-1-b y A-2-4**, según la clasificación A.A.S.H.T.O.



Tamices UNE	IV	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	S-24-07-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	93	85.4	59.6	41.8	34.1
% pasa	S-16-06-21	100	100	100	100	100	100	100	99	98	96	94	83	74.3	42.7	27.3	20.8
% pasa	S-28-06-21	100	100	100	100	95	92	90	81	79	73	71	60	52.5	33.7	25.6	14.8
% pasa	S-17-06-21	100	100	100	100	100	94	90	83	81	76	74	68	63.7	38.8	25.7	20.3
	MEDIA	100	100	100	100	99	97	95	91	90	86	84	76	69	44	30	22

Figura 15. Curva granulométrica media (verde) del jabre, Balsa Regulación.

- **Plasticidad.**

Los suelos expansivos son generalmente suelos arcillosos preconsolidados con apreciables cambios de volumen por variaciones de humedad. Las 4 muestras ensayadas se clasifican como No Plásticas.

Los Límites de Atterberg de la muestra ensayada se exponen en el cuadro siguiente.



Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 y 103.104/93)			
Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
S-24-07-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico
S-16-06-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico
S-28-06-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico
S-17-06-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico

Tabla 7. Valores de Plasticidad. Granitoides meteorizados (jabre).

- **Ensayos de estado (humedad y densidad).**

Los resultados de los ensayos de estado se exponen en la siguiente tabla:

Ensayos de estado: Humedad (UNE 103.300/93) y densidad (UNE 103.301/94)			
Muestra	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad húmeda (g/cm³)
S-24-07-21	14,70	2,02	2,31
S-16-06-21	9,89	1,89	2,07
S-28-06-21	7,22	-	-
S-17-06-21	9,29	-	-

Tabla 8. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre).

- **Componentes secundarios.**

En los análisis químicos efectuados no se han detectado concentraciones importantes de sulfatos, por lo que **no** será necesaria la utilización de aditivos sulforresistentes en los hormigones de la cimentación.

- **Ensayo de resistencia (Corte directo)**

Para la obtención de los parámetros de corte, se ha un (1) ensayo de corte directo, del cual se ha obtenido una cohesión y ángulo de rozamiento:



Ensayos de Resistencia al Corte UU (UNE 103.401/98)			
Muestra	Profundidad (metros, Sondeo)	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de Rozamiento (°)
S-24-07-21	0,60-1,20 (Sr-1)	0,24	33

Tabla 9. Resistencia al Corte. Granitoides meteorizados (jabre).

- **Compactabilidad Próctor Normal:**

- W óptima = 10,42 %.
- Densidad máxima = 1,96 t/m³.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* debido a su textura granular.

- Coeficiente de permeabilidad **K** = 10⁻⁵ - 10⁻² m/s.

- **Ensayos SPT.**

Estos niveles presentan una compacidad media. Los resultados de los ensayos SPT de los sondeos se exponen en la siguiente tabla:

Sondeo	Ensayo SPT	Profundidad (m)	Golpeo	N ₃₀
Sr-1	SPT 1	1,20-1,80	6-6-8-14	14

Tabla 10. Valores de SPT. Granitoides meteorizados (jabre).

Según el resultado de los ensayos expresados en la tabla anterior y comparados con las tablas D.2 correspondientes a la compacidad de suelos (arenoso) según el DB de SE-C del Código Técnico de la Edificación (tabla 11), que clasifican los suelos en función del golpeo, estos suelos se clasifican como suelos de compacidad **media**, teniendo en cuenta que se ha estimado terrenos tanto granulares como finos.



Clasificación	Índice N_{SPT}
Muy floja	< 4
Floja	4 - 10
Media	11 - 30
Densa	31 - 50
Muy densa	> 50

Tabla 11. Compacidad de suelos. Tabla D.2 del DB SE-C

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos, según los resultados de laboratorio, así como la bibliografía consultada son:

- Cohesión $c = 0,10-0,30$ (0,24) kg/cm^2 .
- Ángulo de rozamiento $\phi = 33^\circ-38^\circ$ (33°).
- Densidad seca $\delta = 1,89-2,02$ t/m^3 .
- Densidad húmeda $\delta = 2,07-2,31$ t/m^3 .
- Módulo de deformación $E = 440-640$ kp/cm^2 .
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 12-30$ MN/m^3 (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,25-0,28$.

Granitoide y Migmatitas sanas/menos meteorizadas. Roca.

El contacto entre roca meteorizada y roca sana es irregular y gradual, y en la zona de la Balsa de Regulación no se han detectado afloramientos rocosos de roca sana en superficie.

El sustrato rocoso estaría constituido por materiales ígneos deformados (granitoides y migmatitas) de gran dureza y continuidad. Este material se caracteriza por ser una unidad muy compacta, siendo la excavación muy dificultosa.

Tomamos como referencia la poca excavabilidad de estos materiales rocosos por parte de la máquina excavadora para marcar el límite, situándola donde la roca empiece a presentar problemas de excavabilidad debido a la dureza.

Con respecto al granitoide alterado, estos materiales en profundidad van recuperando sus propiedades originales, tanto en el color (disminuye la decoloración) como en la textura y e integridad de la roca original.



El grado de meteorización es mucho menor, no se observa decoloración o si la hay es mínima, ni descomposición del macizo.

El sustrato rocoso en estados más sanos aparece como una unidad que mantiene la estructura original observándose planos de fractura de tonalidad rojiza (decoloración: oxidación de los minerales ferrosos que componen la roca), así como rellenos de arcilla, con tramos en los que se la roca no muestra ningún signo de alteración, presentando un *grado de meteorización III*.

Este nivel se caracteriza por ser una unidad muy compacta, siendo la perforación muy dificultosa.

Tomamos como referencia la perforación realizada en el sondeo hasta 13 m. para definir unas características geotécnicas similares para toda la zona de estudio.

<i>Excavabilidad</i>	Dificultosa a muy dificultosa. Ripable a media ripabilidad en profundidad.
<i>Estabilidad frente a la excavación</i>	Muy Buena.
<i>Tensión admisible asociada</i>	Variable entre 3,0 - 5,0 kp/cm ²

Tabla 12. Características del granitoide menos meteorizado recuperado en el sondeo.

En este caso, el límite entre la roca alterada (en sus diferentes grados) y la roca sana no se puede indicar de forma neta, ni se ha detectado hasta los 13 m. perforados en el sondeo, alcanzando un G.M. III-IV al final de este. En cada zona, este paso es gradual y variable encontrando zonas donde la roca sana aflora relativamente a cotas más o menos superficiales y otras en las que se encuentra a mayor profundidad.

Existen valores normativos para las presiones admisibles de los distintos tipos de rocas, como se apunta en la tabla siguiente.

En el caso de los granitoides existentes en la zona, al tratarse de un macizo rocoso cristalino con evidencias de alteración, la resistencia teórica según este cuadro es de **15 kp/cm²**.



ESTADO DEL MACIZO ROCOSO	ROCA SANA O POCO ALTERADA	ROCA CON HUELLAS DE ALTERACION
HOMOGENEO	40 Kp/cm ²	15 Kp/cm²
ESTRATIFICADO	20 Kp/cm ²	10 Kp/cm ²

Tabla 13. Presiones admisibles de los Macizos Rocosos.

El espesor detectado en los sondeos y las calicatas se especifica en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el límite de excavación de las calicatas fue el contacto entre la roca muy meteorizada y la roca menos meteorizada por lo que no se presenta un espesor en las calicatas.

Sondeo/Calicatas	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-1	2,50-13,00	10,50 metros
Calicata C-1	>2,50	-
Calicata C-2	>1,80	-

Tabla 14. Espesores de los granitoides y migmatitas menos meteorizados.

- **Permeabilidad.**

Estos materiales se clasifican como impermeable. La circulación de aguas sólo se hace posible a través de la fracturación que

Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-14} - 10^{-15}$ m/s.

- **Resistencia a la compresión simple del sustrato rocoso.**

Se ha realizado un ensayo de compresión simple (UNE 103.400/93) en un testigo parafinado (TP-2) a una cota de 5,5-5,8 m. El resultado es el siguiente:



Sondeo	Cota (m.)	muestra	Humedad (%)	Deformación (%)	Densidad (g/cm ³)		Resistencia (Kp/cm ²)
					Seca	Húmeda	
Sr-1	5,5-5,8	S-26-07-21	7,9	5,3	2,02	2,18	8,93

Tabla 15. Ensayo de compresión simple en testigo de roca.

- **Ensayos SPT.**

Estos niveles presentan una compacidad muy alta, alcanzando el rechazo en todos los ensayos SPT realizados sobre esta unidad.

Sondeo	Ensayo SPT	Profundidad (m)	Golpeo	N ₃₀
Sr-1	SPT 2	3,30-3,65	24- 42-50	R
	SPT 3	5,10-5,45	31- 45-50	R
	SPT 4	6,50-6,60	50	R
	SPT 5	7,50-7,70	46- 50	R
	SPT 6	8,30-8,40	50	R
	SPT 7	9,50-9,60	50	R
	SPT 8	10,50-10,55	50	R
	SPT 9	11,50-11,60	50	R
	SPT 10	12,50-12,60	50	R

Tabla 16. Valores de SPT en granitoide menos alterado/sano.

- **Parámetros geotécnicos teóricos.**

Los parámetros geotécnicos de este nivel son:



- Cohesión $c \approx 80-350 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi \approx 45^\circ-58^\circ$.
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,22$.
- Módulo de elasticidad $E = 300.000-800.000 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 300-5000 \text{ MN/m}^3$ (Rocas alteradas/sanas).
- $Q_u=8,93 \text{ kg/cm}^2$ (testigo muy meteorizado).

2.3.6. EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD.

2.3.6.1 Introducción

Según información facilitada, se pretende realizar una excavación entre 3,6 m. a 12,80 m., la cota más baja de excavación coincide con el lado topográficamente más bajo de la parcela (NO) y el lado de mayor excavación coincide con limite SE de la parcela, donde se encuentran las cotas topográficas más altas.

- Cota de fondo: 685,6 m.
- Cota de coronación: 698,75 m.
- Excavación: entre 3,60 y 12,80 m.

Con estas premisas, se han analizado las características geotécnicas del terreno en esta área en general, para que la empresa peticionaria valore cada zona con las características concretas.

La elección del método de excavación debe tener en cuenta la excavabilidad de los materiales, la estabilidad de las paredes de la excavación y la estabilidad de los elementos actuales.

La cohesión y rozamiento del terreno natural en la zona de ubicación de la balsa es muy estable tanto para los granitoides meteorizados (jabre) como para los granitoides menos meteorizados, mientras que los suelos vegetales y tierra de labor presenta una estabilidad baja.

2.3.6.2 Análisis de Estabilidad

En los taludes o en las paredes de excavación en suelos incoherentes, las roturas se pueden producir a través de su masa. Si son rellenos, suelos vegetales o tierra de labor, la superficie de deslizamiento se puede asemejar a la cara cóncava de una concha, de modo



que, en perfil paralelo a la dirección del movimiento, la sección de esta superficie es circular.

Por tanto, habrá que prestar especial atención al terreno superficial poco competente (suelo vegetal y tierra de labor), por ser susceptibles de provocar derrumbes en la excavación, por la incoherencia de estos niveles. El espesor más desfavorable detectado son 0,40 metros en la calicata C-1, por lo que presentan espesores submétricos.

Habrà que prestar atención al nivel freático el cual se ha detectado a una profundidad de 4,50/4,40 m. en el sondeo Sr-1, pues puede producir derrumbes de las paredes de excavación, pudiendo ser necesaria la utilización de otros métodos como bombeo de agua o impermeabilizaciones.

2.3.6.3 Excavación y Excavabilidad

En cuanto a la excavabilidad, hasta llegar al terreno natural, los suelos encontrados están formados por el suelo vegetal y tierra de labor superficial, que son de fácil ripabilidad; su naturaleza es fundamentalmente detrítica y más fina con la profundidad, de tal manera que los trabajos de excavación se podrán realizar con retroexcavadoras mixtas, sin necesidad de la utilización de medios auxiliares (martillo neumático

De igual forma, los *sedimentos naturales (granitoides meteorizados-jabre)* serán **fácilmente excavables** y/o **ripables**.

El sustrato rocoso irá perdiendo grado de meteorización al profundizar la excavación, por lo que según se profundice será más difícil la excavación (**excavabilidad media a muy baja**), paso que, al ser progresivo, es difícil de marcar una profundidad para toda la zona de excavación.

2.3.6.4 Estabilidad de taludes.

En el actual proyecto se van a realizar taludes de hasta 12,8 m, así como en el aporte de material para los diques de cierre de la balsa de regulación hasta la cota de coronación de 9,55 m.

En el análisis de la estabilidad de taludes se puede distinguir de forma genérica entre análisis basados en el método de equilibrio límite, y análisis numéricos basados en el



método de los elementos finitos. De estos dos tipos de análisis, el primero es el que de forma general se ha venido empleando en el análisis de inestabilidades superficiales y es el que se ha empleado en este informe.

En los métodos basados en equilibrio límite, el suelo se supone con un comportamiento rígido-plástico, de forma que la única información que se obtiene del análisis se refiere a la rotura, y en ningún caso a las deformaciones o tensiones que se producen en el talud hasta llegar a dicha situación. De este modo, los métodos basados en equilibrio límite analizan el talud suponiendo una determinada situación de rotura. Se trata de un método a aplicar para conocer factores de seguridad frente a rotura, pero en ningún caso para analizar situaciones en servicio.

El análisis de la estabilidad de los terraplenes existentes en el proyecto se ha realizado aplicando el mecanismo de rotura de taludes, conocido como rotura circular.

Las condiciones en las que se da normalmente la rotura circular son aquellas en que el tamaño de las partículas del suelo o la masa rocosa es muy pequeño en comparación con las dimensiones del talud.

Para analizar la estabilidad de un talud determinado, excavado en un material de características resistentes conocidas, se necesita determinar la posición del centro y el diámetro del círculo por donde se va a producir el deslizamiento. Este círculo conocido como círculo crítico, debe satisfacer la condición de que la relación entre la resistencia al corte del suelo o material equivalente a lo largo de la superficie de deslizamiento y los esfuerzos tangenciales que tienden a producirlo sea mínimo.

Excepto en casos simples, en que el círculo crítico puede determinarse por métodos analíticos, en general su posición se obtiene mediante tanteos automáticos del software (optimización).

Como se observa en la Figura siguiente, las fuerzas que actúan sobre una masa deslizante son: su peso, W , la resultante de las fuerzas exteriores que gravitan sobre ella, A , la resultante de las fuerzas efectivas normales a la línea de rotura, \tilde{N} , la resultante de las tensiones tangenciales a lo largo de la línea de rotura, T , y la resultante de las presiones intersticiales sobre dicha línea, U .

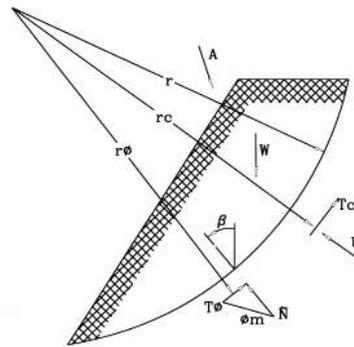


Figura 16. Esquema fuerzas resultantes que actúan sobre la masa deslizante.

Existen una serie de métodos generales para estudiar este tipo de rotura de taludes.

Uno de ellos es el método de las fajas basado en la hipótesis de que los esfuerzos normales se concentran en un punto único del arco de deslizamiento.

En aquellos casos en que la superficie del talud es muy irregular o las superficies de rotura intersectan materiales con características geotécnicas diferentes, es necesario analizar la estabilidad del talud mediante otros métodos que se basan todos ellos en el denominado método de las fajas.

En el método de las fajas, la masa deslizante se divide en un determinado número de rebanadas verticales y se considera el equilibrio de cada una de ellas. La figura siguiente, muestra una faja con el sistema de fuerzas actuantes.

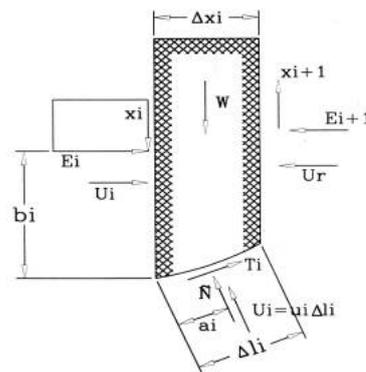


Figura 17. Sistema de fuerzas actuantes en una rebanada.

El análisis de los taludes de los desmontes se ha realizado siguiendo el método de Jambu y Bishop, que es una simplificación del método de las fajas.

Según el método de Jambu el factor de seguridad del círculo analizado se define en función de los momentos de las fuerzas resistentes y volcadoras respecto del centro del círculo de deslizamiento.

$$F = \frac{\text{Momento de las fuerzas resistentes a lo largo del arco}}{\text{Momento de las fuerzas volcadoras}}$$

En la figura nº 5 se muestra la descomposición en rebanadas de un talud para el análisis mediante el equilibrio límite de la rotura circular mediante el método de Jambu.

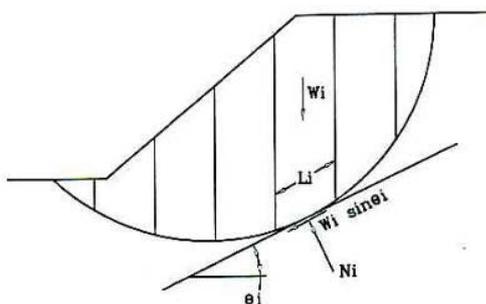


Figura 18. Método de Janbu.

El método simplificado de Bishop supone cero fuerzas Xi entre bloques (bloque de material que desliza a partir de la superficie circular). El método se basa en satisfacer la ecuación de equilibrio del momento y la ecuación de equilibrio de la fuerza vertical.

El factor de seguridad F se obtiene según la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \cdot \sin \alpha_i}{FS}}$$

Donde:

- u_i Presión de poros.
- c_i, φ_i Valores efectivos de los parámetros del suelo.
- W_i Peso del bloque.
- α_i Inclinación del segmento de superficie de deslizamientos del bloque.
- b_i Ancho horizontal del bloque.



El análisis se ha realizado con ayuda del programa **GEO5 (Geostructural Analysis)**.

Este programa calcula el equilibrio plástico que se da en un círculo de rotura predeterminado. Los datos que requiere el programa son:

- Cohesión, ángulo de rozamiento y densidad de los terrenos.
- Geometría del talud. Es posible adaptar la geometría prácticamente sin limitaciones, así como considerar distintos terrenos, cada uno de ellos con su geometría y propiedades.
- Nivel freático de geometría libre si lo hubiera.

El programa permite analizar la estabilidad bajo el efecto de sismo, aplicando el coeficiente de intensidad sísmica horizontal K_h y el coeficiente de intensidad sísmica vertical K_v , que en la zona de estudio no se considera al ser muy bajo.

El programa GEO5, calcula para diferentes autores como los dos nombrados anteriormente (Janbu y Bishop) mediante una optimización de diferentes círculos de rotura a partir de uno central dado por el usuario.

Se ha efectuado el cálculo para alturas de talud de 12,8 m. (las máximas de proyecto para la Balsa de Regulación) con una pendiente máxima de **1H:5V** (80°) para taludes excavados en Jabre y roca sana (granitoide).

Hemos considerado taludes estables cuyo factor de seguridad sea **F.S. ≥ 1.5** .

La excavación de los taludes se realizará principalmente sobre una primera capa de 0,40 m. de terreno vegetal/tierra de labor, posteriormente 2,2-2,5 m. de jabre y el resto hasta los 12,80 m. de granitoide más o menos alterado (G.M. V-IV-III).

Se ha considerado nivel freático a 4,5 m. desde la superficie de excavación, tomando este valor como el más desfavorable, debido a que realmente el N.F. en la zona de mayor excavación estará más abajo.

Los parámetros empleados para el cálculo de la estabilidad en *taludes excavados*, una vez comparadas las muestras (valores medios) para los diferentes materiales son:

- SUELO VEGETAL: Densidad seca/húmeda: 1,5/1,65 gr/cm³

Cohesión: 0,0 Kg/cm²

Ang. rozamiento: 30°



- JABRE: Densidad seca/húmeda: 1,89/2,02 gr/cm³
Cohesión: 0,25 Kg/cm²
Ang. rozamiento: 33°
- ROCA: Densidad seca/húmeda: 2,02 gr/cm³
Cohesión: 80 Kg/cm²
Ang. rozamiento: 50°

Taludes excavados de 12,8 metros con pendiente máx. de 1H:5V.

Las características geométricas de este talud son las siguientes:

Altura de talud $H \geq 12,8\text{m}$

Ángulo de talud $\psi_t = 79^\circ$ (estimado)

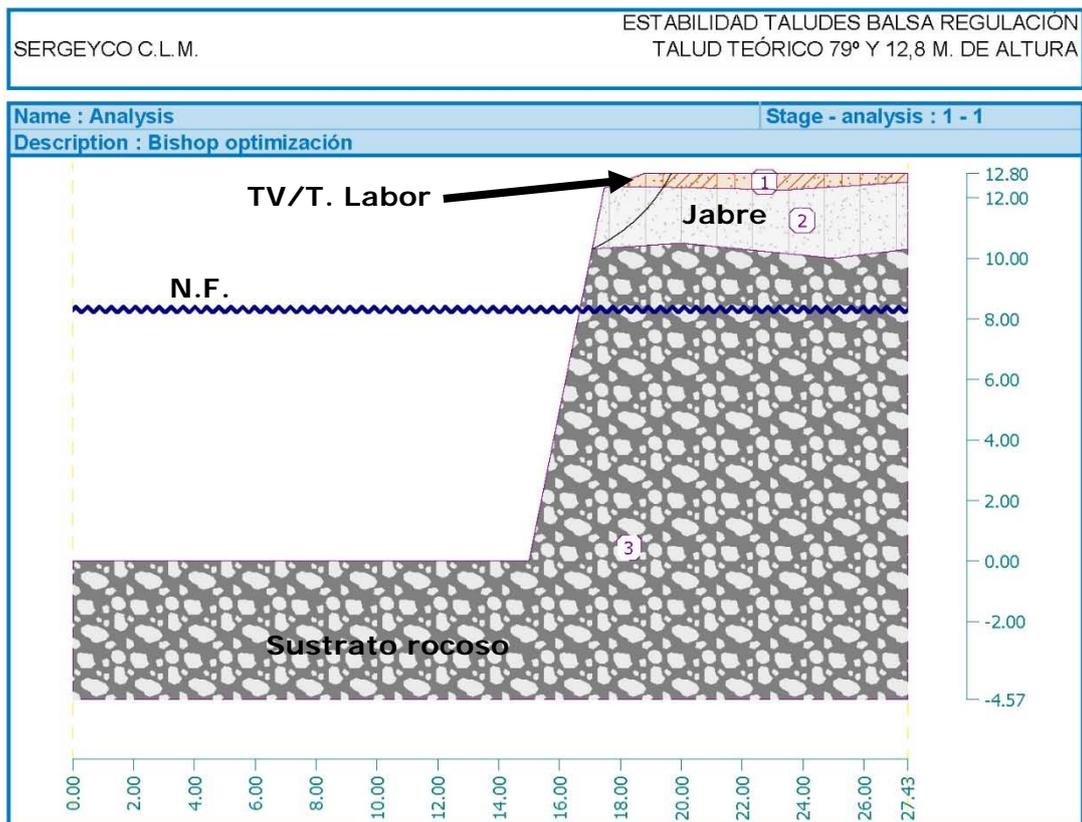
Para el cálculo del factor de seguridad de este talud se ha utilizado el programa GEO5 que permite el cálculo de FS mediante los métodos de Janbu (1954), Bishop (1955) y el de Morgenstern y Price (1965), entre otros. El programa permite el cálculo en condiciones drenadas y no drenadas.

Se observa también como las diferencias entre los métodos Janbu y Bishop son mínimas y el *FS son mayores que el definido como valor mínimo ($FS \geq 1.5$), Talud ESTABLE.*

Taludes estimados aceptables según materiales en la zona de la Balsa de Regulación:

- **Suelo vegetal-tierra de labor:** talud estimado **2H:1V-3H:1V**
- **Jabre:** talud estimado **1H-3V – 1H:5V**
- **Granitoide (G.M. V-IV-III):** **1H:5V**

A continuación, se presentan algunos de los esquemas con las superficies de rotura circular críticas, y las dovelas de los casos de menor FS para el método según las condiciones descritas. *Se ha limitado la exposición a los resultados del método de Bishop optimizado.*



Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 33.61$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 88.93$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 187.19$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 495.33$ kNm/m

Factor of safety = 2.65 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE

Figura 19. Superficie de rotura y FS (Bishop) talud 1H:5V y 12,8 m. de altura máx. Balsa Regulación.

2.3.7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

En este apartado se describen las características de los materiales existentes en la balsa de regulación. Se describen las propiedades geotécnicas como: carga admisible, asentamientos asociados, empujes de terreno sobre muros y agresividades al hormigón según EHE-08, para las diferentes obras a ejecutar la *balsa de regulación*, *una cántara de bombeo* y *una estación de bombeo*.



2.3.7.1 Criterio de Diseño de Cimentaciones.

La cimentación de carácter permanente de cualquier edificación debe apoyar sobre terrenos naturales competentes, los cuales deben ser identificados y analizados para predecir el comportamiento a corto y a largo plazo con la sobrepresión.

A la hora de valorar cualquier unidad como posible nivel de apoyo, debemos tener en cuenta los siguientes puntos.

- o Homogeneidad y espesor de la Unidad de apoyo.
- o Capacidad de carga del suelo bajo la cimentación.
- o Asentamiento del suelo bajo cimientos.

Se desconoce exactamente la cimentación definitiva, aunque se nos ha avanzado que se podría ejecutar una *cimentación superficial*.

Se indica a continuación, los métodos considerados para el cálculo de tensiones admisibles en la unidad de interés (granitoides) anotando los condicionantes favorables en dicha unidad.

Un aspecto muy importante es apoyar la cimentación sobre el mismo nivel y que éste tenga el suficiente espesor como para comportarse como una Unidad Competente

Carga Admisible.

- **Suelos, Fórmula de Brinch-Hansen (CTE, Jabre (granitoides meteorizados GM-VI-V)).**

La fórmula más frecuente para verificar la carga de hundimiento es la de Brinch-Hansen (fórmula polinómica) que se adapta a todo tipo de suelos.

$$Q_h = C_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{ok} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

donde:

Profundidad	D	Factor forma	sq
Angulo R. interno	φ	Factor inclinación	iq
Cohesión	Ck	Factor salud	tq
Nc	Nc	Ancho cimentación	B
Factor profundidad	dc	Largo cimentación	L
Factor forma	sc	Densidad	γk



Factor inclinación	ic	N_γ	N_γ
Factor talud	tc	Factor profundidad	d_γ
Presión vertical	q_{ok}	Factor forma	s_γ
N_q	N_q	Factor inclinación	i_γ
Factor profundidad	d_q	Factor talud	t_γ

Las cargas admisibles obtenidas vienen expresadas en apartados posteriores.

- **Suelos granulares. Cálculo mediante ensayo S.P.T. (CTE, Jabre (granitoides meteorizados GM-VI-V)).**

Dicho método de cálculo se ajusta en los terrenos granulares y es representativo en sus resultados.

Se puede calcular la presión admisible a partir del método simplificado propuesto por CTE (Documento básico) (para **B > 1,20 m**).

$$Q_{adm} = 8 N_{SPT} \{1 + D/3B\} (S_t / 25) (B + 0,3/B)^2 \text{ kN/m}^2$$

donde:

S_t = asiento total admisible, en mm.

N = Valor medio de los resultados N_{30} obtenidos a cota de cimentación.

D = Profundidad definida en el Anejo F.

B = Ancho de cimentación.

Los resultados de la carga admisible se han incluido en apartados posteriores del presente informe.

- **Carga del sustrato rocoso. Granitoides (GM IV-III).**

Los granitoides suponen un buen nivel de apoyo para cualquier cimentación. La problemática que presenta trabajar en estos materiales está relacionada con la dureza y su dificultad para realizar la excavación.

El macizo rocoso aparece a cotas relativamente superficiales, y según los criterios de presiones admisibles tanto del código inglés CP 2004/1972, y las normas DIN 1054, presenta una presión admisible superior a 5,0 kp/cm².



La roca constituye un excelente terreno de cimentación, dando lugar a ciertos problemas de excavación. **Para edificaciones normales se asegura una presión de trabajo suficiente de 3,0 kp/cm².**

El Código Inglés adopta para presión admisible en rocas (Q_{adm}) la siguiente fórmula:

$$Q_{adm} = 0,5 q_u$$

siendo q_u la resistencia a compresión simple de la roca.

Atendiendo a este código inglés y los ensayos de los distintos laboratorios oficiales, las presiones admisibles obtenidas en los distintos tipos de rocas son:

TIPO DE ROCA	Q_{adm} (kp/cm ²)
Granitos y migmatitas	100
Calizas	40
Esquistos y pizarras	30
Cuarcitas y areniscas	40

Tabla 17. Presiones admisibles para diferentes tipos de rocas.

Como se puede observar, la roca constituye un excelente terreno para cimentar sobre ella, estando ésta alterada o no.

Asientos admisibles.

- **Asientos en roca alterada (jabre). Método elástico. Steinbrenner (1936).**

Mediante el cálculo de los asientos admisibles se puede considerar y/o ajustar la tensión de trabajo. El comportamiento del sustrato se valora no sólo en función de la carga admisible sino también en función de los asientos estimados.

El cálculo de los asientos se utiliza el método elástico según Steinbrenner (1936) para los asientos máximos en zapata cuadrada teórica apoyada sobre la unidad estudiada (Unidad IIa).



La expresión por utilizar en este caso es la siguiente:

$$s = \frac{2 \cdot a \cdot p}{E} \cdot (1 - \nu^2) \cdot K_0$$

donde:

$2 \cdot a$ = Lado (B).

P = Tensión de trabajo.

E = Módulo de Young.

ν = Coeficiente de Poisson.

K_0 = coeficiente de forma y carga.

- **Asientos en roca sana (granitoides).**

Para el cálculo de asientos en roca sana en una cimentación superficial utilizamos modelos elásticos anisótropos.

$$S = P (1 - \sigma^2) / \delta z AE$$

donde:

P = carga total aplicada.

A = área de cimentación.

E = Módulo de elasticidad del macizo rocoso (granitoides = 300.000 - 800.000 kp/cm²).

σ = Coeficiente de Poisson estimado (0,22).

δz = coeficiente función de las dimensiones de la cimentación.

El asiento calculado en roca sana es inferior a 1 mm, siendo inferior al asiento máximo establecido según los criterios limitativos propuestos por Terzaghi y Peck (1956) y Polshin y Tokar (1957).

Se ha considerado unos *asientos generales admisibles* según las indicaciones de la Norma de Acciones en la Edificación **NBE-AE/88** así como en la **Norma MV-101** de 1966, que viene a decir prácticamente lo mismo.



Tabla 8.2 Asientos generales admisibles		
Características del edificio	Asiento general, máximo admisible en terrenos:	
	Sin cohesión mm	Coharentes mm
Obras de carácter monumental	12	25
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez	35	50
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez. Estructuras metálicas hiperestáticas.	50	75
Edificios con muros de fábrica.		
Estructuras metálicas isostáticas. Estructuras de madera. Estructuras provisionales	50	75 Comprobando que no se produce desorganización en la estructura ni en los cerramientos.

Figura 20. Asientos generales admisibles según la Norma de Acciones en la Edificación NBE-AE/88.

Para las cimentaciones superficiales que se consideran en este documento (mediante zapatas teóricas) se deben empotrar en los granitoides, tanto en su estado meteorizado a suelo (jabre) como en estado rocoso, tras la excavación de las zanjas de cimentación y retirada de los suelos vegetales y tierra de labor.

2.3.7.2 Agresividad frente al Hormigón

Suelos: Los análisis químicos realizados en varias muestras de suelo (jabre) indican una presencia de sulfatos en proporciones nulas y, por lo tanto, *no agresivas*, según la Norma EHE.

En conclusión, será el autor del proyecto quien estime finalmente el tipo de hormigón a utilizar según los datos proporcionados en el presente estudio geotécnico.



TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Q _a	Q _b	Q _c
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
AGUA	Valor del pH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ / l)	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ / l)	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ / l)	300 - 1.000	1.000 - 3.000	> 3.000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / l)	200 - 600	600 - 3.000	> 3.000
	Residuo Seco (mg / l)	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	Grado de acidez BAUMANN-GULLY	> 20	-(*)	-(*)
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco)	2.000 - 3.000	3.000-12.000	> 12.000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Tabla 18. Tabla D.22 (CTE) de clasificación de la agresividad química (EHE)

2.3.7.3 Cálculo de Empujes.

En el caso de realizar cualquier muro de contención, si fuera necesario, se deberá evaluar el **empuje activo "Ea"** de las tierras del trasdós a soportar, no sin tener en cuenta por ello, el sistema de ejecución y vaciado de la balsa, que incidirá en la valoración de esfuerzos inducidos en el proceso de interacción suelo-estructura.

- **Empuje activo "Ea"**

Se tienen en cuenta en este apartado los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio y los parámetros teóricos consultados en bibliografía y realizados por nuestra empresa en materiales similares:

TERRENO VEGETAL/TIERRA DE LABOR

- Material: arenas limosas con grava incoherentes (Terreno vegetal).
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,41.**

JABRE

- Material: Arenas limosas con abundantes fragmentos de roca.
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,27.**

SUSTRATO ROCOSO-GRANITOIDES

- Material: Roca meteorizada (GM IV-III).
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,0-0,13.**

También se proporcionarán los parámetros geotécnicos de cálculo necesarios para la valoración del empotramiento de la pantalla bajo la cota inferior de sótano el consecuente empuje pasivo " E_p " del equilibrio estático de Fuerzas y Momento inducido.

- **Empuje pasivo " E_p ".**

A partir de las cotas inferiores a sótano en adelante, se deberá compensar y equilibrar el empuje activo resultante con la reacción del empotramiento que proporciona un **empuje pasivo " E_p "**, y que se podrá valorar en función de las siguientes variables y parámetros geotécnicos.

- **Coefficiente de empuje pasivo (K_p) (JABRE) = 3,69.**
- **Coefficiente de empuje pasivo (K_p) (SUSTRATO ROCOSO) = 7,55.**

El empotramiento adoptado deberá ser el correspondiente al cálculo de esfuerzos de acción-reacción, y como mínimo $L_e = 3,00$ metros.

- **Empuje en reposo " K_0 ".**

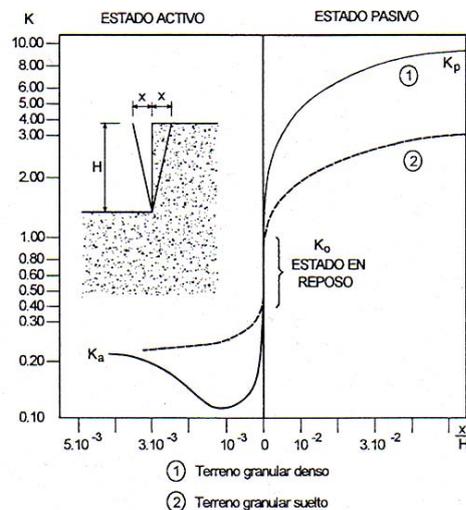


Figura 21. Relación entre el empuje del terreno y los movimientos necesarios para su desarrollo.

TERRENO VEGETAL/TIERRA DE LABOR:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,50$.

JABRE:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,43$.



SUSTRATO ROCOSO-GRANITOIDES:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,23$.

Los esfuerzos de los empujes dependerán del sistema constructivo previsto y de la hipótesis de cálculo.

2.3.8. CONCLUSIONES.

En el siguiente apartado se exponen las características de zona de la Balsa de Regulación, los trabajos realizados, los ensayos de campo y laboratorio, junto con los parámetros geotécnicos para el diseño de la cimentación, excavación y los posibles terraplenes.

- **Tipo de construcción en el entorno de la Balsa de Regulación:**
 - Una Balsa de Regulación.
 - Una Cántara de Bombeo.
 - Una Estación de Bombeo.
 - Zanjas de la red de tuberías.
- **Excavación:**
 - *Balsa de Regulación:* La excavación proyectada se sitúa entre 3,6-12,80 m, según los datos de cota de fondo (685,6 m), de cota de coronación (698,75 m), según topografía suministrada.
 - *Cántara y Estación de Bombeo:* se desconoce el grado de excavación, pero se estima de al menos 0,40 m para la retirada de los materiales del suelo vegetal y tierra de labor.
 - Zanjas de red de tuberías: Se proyecta una excavación entre 2-2,5 m por lo que quedarán retiradas las unidades de suelos vegetal/tierra de labor.
- **Terraplén:**
 - Se proyecta un terraplén para el dique de cierre de la Balsa con unas alturas estimadas a partir de los datos suministrados por el cliente de hasta 9,55 m.



• **Parámetros de la Unidad de apoyo:**

Parámetros	Unidades	Sed. Cuaternarios	Jabre	Granitoides
		Aluvial	Suelos de meteorización de la roca	Sustrato rocoso
Densidad aparente (δ)	t/m ³	1,50-1,60	1,89-2,02	2,02
Cohesión (c)	kg/cm ²	0,0-0,1	0,1-0,3	80-350
Ángulo de Rozamiento (ϕ)	°	25-35	33-38	45-58
Clasificación SUCS	-	-	SM	Roca
Valor medio N _{SPT}	golpes	-	14	Rechazo

(*) Valores medios o más desfavorables considerados a la cota de apoyo de la cimentación.

• **Parámetros deformacionales de la Unidad de apoyo:**

Parámetros Geotécnicos	Unidades	Sed. Cuaternarios	Jabre	Granitoides
		Aluvial	Suelos de meteorización de la roca	Sustrato rocoso
Coefficiente de Poisson (ν)	-	0,20-0,35	0,25-0,28	0,22
Módulo de deformación (E)	kg/cm ²	80-300	440-640	300.000-800.000
Coefficiente Balasto (K_{30})	MN/m ³	10-30	120-300	300-5.000

• **Carga admisible:**

La utilización de los dos métodos de cálculo nos llevará a considerar los valores más bajos de los calculados, siendo esta lo suficiente para las condiciones del proyecto.

Se desconoce el sistema de cimentación para los diferentes elementos considerándose en este documento cimentaciones superficiales mediante zapatas y losas.

Cargas admisibles para zapatas cuadradas teóricas de 1,60 m de lado:

Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Zapata (B = 1,6m y L/B=1)	Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	No se han realizado en estos materiales	1,0



Carga admisible Jabre (roca meteorizada)	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Zapata (B = 1,6m y L/B=1)	Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	2,0	2,4

Carga admisible Granitoides (sust. rocoso)	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Zapata (B = 1,6m y L/B=1)	Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	>3,0	>3,0

Cargas admisibles para losa teórica de 15x20 m.:

Carga admisible Sed. Cuaternarios-Aluvial	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Losa (15x20 m)	Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	No se han realizado en estos materiales	1,0

Carga admisible Jabre (roca meteorizada)	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Losa (15x20 m)	Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	1,2	1,5

Carga admisible Granitoides (sust. rocoso)	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Losa (15x20 m)	Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	>3,0	>3,0

Los cálculos de cargas admisibles deben tener en cuenta los asientos asociados que podrán poner límite a la carga final de trabajo.



- **Asientos admisibles:**

Asientos admisibles Sed. Cuaternarios-Aluvial	Unidades	Método Elástico	Método Elástico
		Zapata centro (B = 1,6m) Cargas adm. = 1,0 kg/cm ²)	Losa centro (15x20 m) Cargas adm. = 1,0 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	cm	1,02	4,60

Asientos admisibles Jabre (roca meteorizada)	Unidades	Método Elástico	Método Elástico
		Zapata centro (B = 1,6m) Cargas adm. = 2,0 kg/cm ²)	Losa centro (15x20 m) Cargas adm. = 1,2 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	cm	0,66	3,53

(*) Este método no es aplicable al considerar un valor superior al 35% de finos.

Asientos admisibles Granitoides (sust. rocoso)	Unidades	Terzaghi y Peck
		Cualquier cimentación Cargas adm. = 3,0 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	mm	<1

- **Consideraciones generales:**

Según proyecto, en la zona de la Balsa de Regulación se van a realizar varias *excavaciones* siendo la más importante la correspondiente a la Balsa, con excavaciones entre 3,60 m y 12,80 m. Para el resto de las infraestructuras se considera una excavación mínima de 0,40 m.

En la zona de *sedimentos cuaternarios-aluvial*, se deberá retirar la Unidad de suelo vegetal y/o rellenos y apoyar las estructuras en materiales naturales competentes.

Se ha detectado *nivel freático* en el sondeo (Sr-1) a una cota de 4,5/4,4 m desde la superficie de realización del sondeo. El nivel freático puede sufrir variaciones en épocas de lluvia o sequía.

La clasificación según el **PG-3**, de los niveles de *suelo vegetal y tierra de labor* es de **Inadecuados**. Los niveles de *jabre (roca meteorizada)* son suelos **Tolerables**. La unidad inferior de *sustrato rocoso (granitoides)* se clasifica como **Tolerable/Adecuado**.



Los terrenos encontrados en la investigación del presente estudio **no contienen sulfatos solubles**.

Se recomienda que el hormigonado de la cimentación se realice de manera inmediata a la excavación, para evitar los cambios de humedad en el terreno y el desprendimiento de cuñas o lascas por desecación de las paredes.

- **Taludes Recomendados:**

Para las excavaciones se han determinado una serie de taludes para los diferentes materiales de la zona de la Balsa de Regulación:

- *Suelos vegetales y tierras de labor:* Talud recomendado **2H:1V - 3H:1V**
- *Sedimentos cuaternario-Aluvial:* Talud recomendado **2H:1V - 3H:2V**, dependiendo del tipo de suelo y la detección de nivel freático.
- *Jabre (roca totalmente meteorizada):* Talud recomendado **1H:3V - 1H:5V**, dependiendo del grado de cohesión. Si se detecta nivel freático puede reducir considerablemente el grado de estabilidad del material.
- *Sustrato rocoso (granitoides):* Talud recomendado **1H:5V**, puede disminuir dependiendo del grado de meteorización o fracturación de la roca.

- **Conclusión cimentación general:**

ZAPATA/LOSA: La cimentación considerada sería superficial *mediante zapatas-losas empotradas en terreno natural competente con tensiones de trabajo diferentes dependiendo del material y la tipología de cimentación (ver apartados anteriores)*.

La profundidad de cimentación, en terreno natural competente, para toda la zona de estudio, es a partir de 0,40 m. desde la cota de realización de los ensayos, con el fin de retirar la capa superficial de suelo vegetal/tierra de labor y empotrar la cimentación en las unidades naturales competentes.

Si se detectan zonas con mayor espesor de suelos vegetales/rellenos/tierras de labor deberán ser retiradas y no se deberá apoyar ningún tipo de cimentación sobre ellos.

En el caso de realizar cimentación por losa se recomienda la sustitución de al menos 60 cm de suelo natural por un material seleccionado, tipo zahorra, compactado en tongadas.



Se recomienda que el hormigonado de la cimentación se realice de manera inmediata a la excavación, para evitar los cambios de humedad en el terreno y el desprendimiento de cuñas o lascas por desecación de las paredes.

En las fechas de ejecución de los ensayos de campo, **se detectó la presencia de agua** a una profundidad de (4,50 m.). El nivel freático puede sufrir ascensos y descensos en épocas de lluvia y sequía.

- **Recomendaciones para la estabilización de zanjas de conducciones**

En las zanjas para conducciones que afecten a la Unidad de *sedimentos cuaternarios-aluvial* o espesores importantes de *suelos vegetales/tierras de labor o rellenos antrópicos*, se recomienda que se utilicen métodos de contención como *entibaciones*, aunque sus efectos serán mayores bajo el nivel freático.

Recomendaciones generales en el caso de utilización de entibaciones:

- Revisión de los cordones de tensión en caso de estar a la intemperie más de un día y especialmente en circunstancias de heladas o lluvias.
- El acopio del material extraído en la excavación, así como las conducciones a instalar deberán posicionarse con respecto al borde de la excavación al menos la mitad de la profundidad de la zanja en sedimentos muy duros y rocas, y en sedimentos de capacidad portante media/baja al menos a la misma distancia que la profundidad de la zanja, evitando una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos, vuelcos o corrimiento de tierra en el talud realizado.
- Se debe tener en cuenta la sobrecarga de las máquinas que realizan las zanjas, así como las máquinas y camiones que puedan pasar a su alrededor.

2.4. GEOLOGÍA-GEOTECNIA LOCAL-BALSA DE COTA.

En base a los trabajos de campo y la bibliografía consultada, se ha realizado un plano geológico de detalle de la zona de ubicación de la balsa de regulación.



2.4.1. GEOLOGÍA LOCAL DE DETALLE.

Se ha realizado un plano geológico a escala 1:2.000 (A-3) con el fin de describir los diferentes materiales que aparecen en la zona de estudio de la Balsa de Cota y sus alrededores, basándonos en las anotaciones de campo, fotointerpretación, mapa geológico 1:50.000 (serie Magna) nº658 de Mora (IGME), sondeo y calicatas, así como los ensayos de laboratorio.

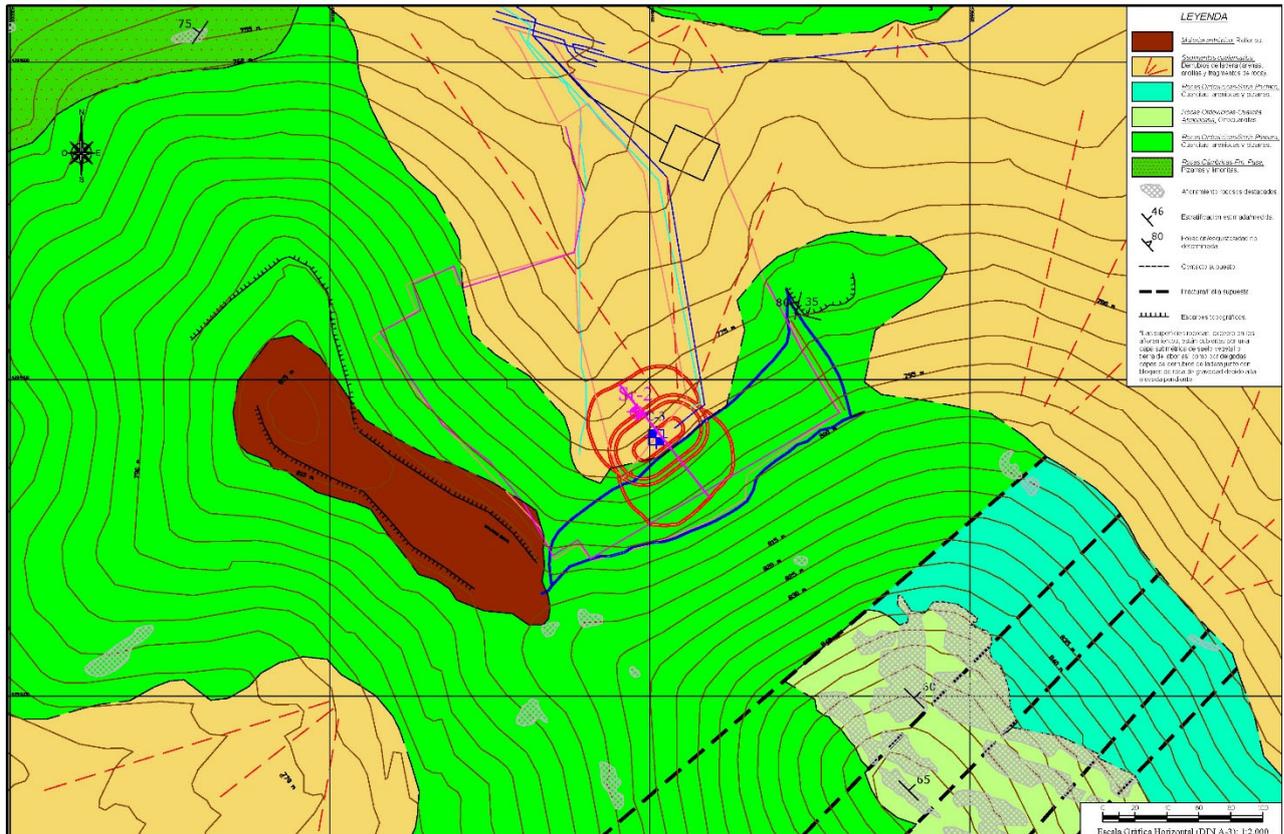


Figura 22. Plano geológico de detalle de la zona de la Balsa de Cota.

En términos generales el área de estudio está constituido por *rocas metamórficas Ordovícicas* y al norte en un pequeño enclave *rocas Cámbricas*.

Las rocas Ordovícicas están representadas, de más antiguas a más modernas, por la *Serie Púrpura (Pizarras, cuarcitas y areniscas)* que aflora en la cara sur de la Sierra del Morejón, Cerro de La Antigua y Cerro Cabeza-Pendón.



En las cumbres de la sierra del Morejón *encontramos La Cuarcita Armoricana en bancos de cuarcitas de centímetros a métricos con orientación subvertical, fracturadas y deformadas; y posteriormente al norte de la sierra del Morejón por la Serie Pochico (pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas) de tonalidades grises oscuras, igualmente fracturadas y con evidentes signos de deformación y pizarrosidad.*

Las rocas del Cámbrico están constituidas por pizarras y cuarcitas muy dispersas y poco abundantes, de tonalidades grises, con abundantes marcas de deformación y fracturación.

La fracturación principal y de mejor visualización en campo es la marcada en el plano geológico de detalle de la Balsa de Cota, con orientación NE-SO destacando la situada más al NO del plano que presenta mayor desplazamiento de las rocas, llegando a desaparecer las cuarcitas armoricanas y las pizarras de la serie Pochico.

Cubriendo parte de las laderas y las zonas bajas, se detectan materiales cuaternarios de “derrubios de ladera” constituidos por arenas, limos-arcillas y fragmentos de roca.

En los alrededores de la Ermita de La Antigua, existen rellenos antrópicos acumulados tanto en la edificación de la Ermita como la explanada existente entre el Cerro del Morejón y cerro de la Antigua, cuyos espesores llegan a ser métricos.

La red de drenaje superficial está poco definida en esta zona solo destacando las aguas en épocas de lluvia circulando a favor de la pendiente desde las zonas elevadas a las zonas deprimidas, generando la sedimentación de los derrubios de ladera.

2.4.2. HIDROGEOLOGÍA LOCAL.

Los materiales que constituyen la zona de estudio son rocas de tipo metamórfico y de origen sedimentario, pizarras y cuarcitas en general, de carácter impermeable.

Las cuarcitas presentan una permeabilidad muy baja solo pudiendo circular aguas en las zonas de fractura.

Las pizarras presentan permeabilidades muy bajas, aumentando en zonas de fractura, zonas y superficies de meteorización que pueden acumular agua y a través de los planos de pizarrosidad en las zonas donde estén más definidos y/o alterados.

Superficialmente estos materiales están cubiertos por suelo vegetal/tierra de labor y posteriormente pizarras alteradas de escaso espesor, los cuales presentan unas permeabilidades medias debido a su carácter granular en general.



Los sedimentos cuaternarios de tipo derrubios de ladera detectados presentan unas permeabilidades medias, aumentado cuando el terreno granular tiene menor porcentaje a los finos (limos y arcillas).

Durante los trabajos de campo no se ha detectado nivel freático en el sondeo realizado ni en a calicata.

2.4.3. TRABAJOS DE CAMPO.

La campaña de campo en la zona de la Balsa de Cota consta de *una (1) calicata mecánica y un (1) sondeo mecánico a rotación, junto con una (1) estación geomecánica.*

La ubicación de los diferentes trabajos realizados ha sido expuesta en el Plano de situación de los trabajos de campo (Anexos).

2.4.3.1 Calicata Mecánica

Se ha realizado *una (1) calicata de forma mecánica*, para determinar la estratigrafía del suelo, definiendo los espesores de los materiales y apreciar, si lo hubiera, el nivel freático.



Máquina: Retroexcavadora mixta

Nº de calicatas: Una (1)

Profundidad: 1,90 metros

Excavabilidad: Suelos fácilmente excavables a excepción de la roca en profundidad.

Estabilidad: Paredes inestables en los suelos vegetales y roca meteorizada.

Nivel freático: No se detecta (hasta las profundidades excavadas)

Figura 23. Calicata zona de Balsa de Cota.

La profundidad de la calicata está condicionada por la dureza del terreno excavado La máquina retroexcavadora alcanzó la profundidad hasta llegar a la pizarra sana.

La situación de la calicata, así como su descripción estratigráfica pueden consultarse en los Anexos del presente informe.

En la calicata no se ha detectado la presencia del nivel freático.

La tabla siguiente marca la profundidad de la calicata.



Calicata	Profundidad	Nº de muestras de saco
C-3	1,90 metros	1

Tabla 19. Tabla resumen de las calicatas

2.4.3.2 Sondeo mecánico.

Se ha ejecutado un sondeo en la zona de la Balsa de Cota. Para su ejecución se ha utilizado una sonda de perforación modelo Tecoinsa TP-30, montada sobre Land Rover.

La perforación se realiza con baterías tipo B, con coronas de widia con un diámetro de perforación de 86 mm. La profundidad del sondeo ha sido de hasta 15,0 metros, considerando esta profundidad suficiente para las solicitudes del proyecto.

Debido a la elevada pendiente se realizó una plataforma para poder posicionar la sonda.



Figura 24. Realización de plataforma para el sondeo Sr-2.

Para la caracterización geomecánica de los suelos se recogieron muestras inalteradas a diferente cota, así como varios ensayos S.P.T.

Se ha realizado un levantamiento litoestratigráfico, en el que se han apuntado los diferentes materiales perforados, sus características litológicas, espesor y profundidad de



cada nivel identificado, recuperación del testigo, así como el número y profundidad de las muestras tomadas en cada perforación.

Dichos levantamientos, así como las fotografías de las cajas portatestigos, se adjuntan en los Anexos del presente informe.



Sonda: TP-30

Peso del equipo: 1320 kg.

Mástil elevación: 3860 mm.

Carrera del cabezal: 1500 mm.

Tracción máxima: 2700 kg.

Motor: 667 cc.

Mordazas hidráulicas.

Unidad de golpeo automático SPT.

Angulo de perforación: 0°-90°.

Figura 25. Sonda de perforación utilizada.

Los resultados de los ensayos de laboratorio han sido incluidos en los anexos del presente informe; de la misma manera, se han adjuntado en la columna litoestratigráfica del sondeo.

La cota de ejecución del sondeo es aprox. de 777,4 m. que se corresponde con la cota de la finca en las fechas de su ejecución.

El cuadro siguiente resume el número de muestras tomadas, tanto muestras inalteradas (MI), ensayos de penetración estándar (SPT) así como testigos parafinados (TP).

Sondeo	Profundidad (metros)	Número de muestras			
		SPT	MI	TP	MA
Sr-2	15,0	14	-	-	-

Tabla 20. Resumen del sondeo y muestras recogidas en la zona de Balsa de Regulación.

2.4.3.3 Estación geomecánica.

Se ha realizado una estación geomecánica en unos afloramientos cercanos a la Balsa de Cota.

Dicho afloramiento se encuentra en la excavación realizada para la instalación de unos depósitos de agua situados al NE de la planta de proyecto de la Balsa, separados aprox. 120 m.

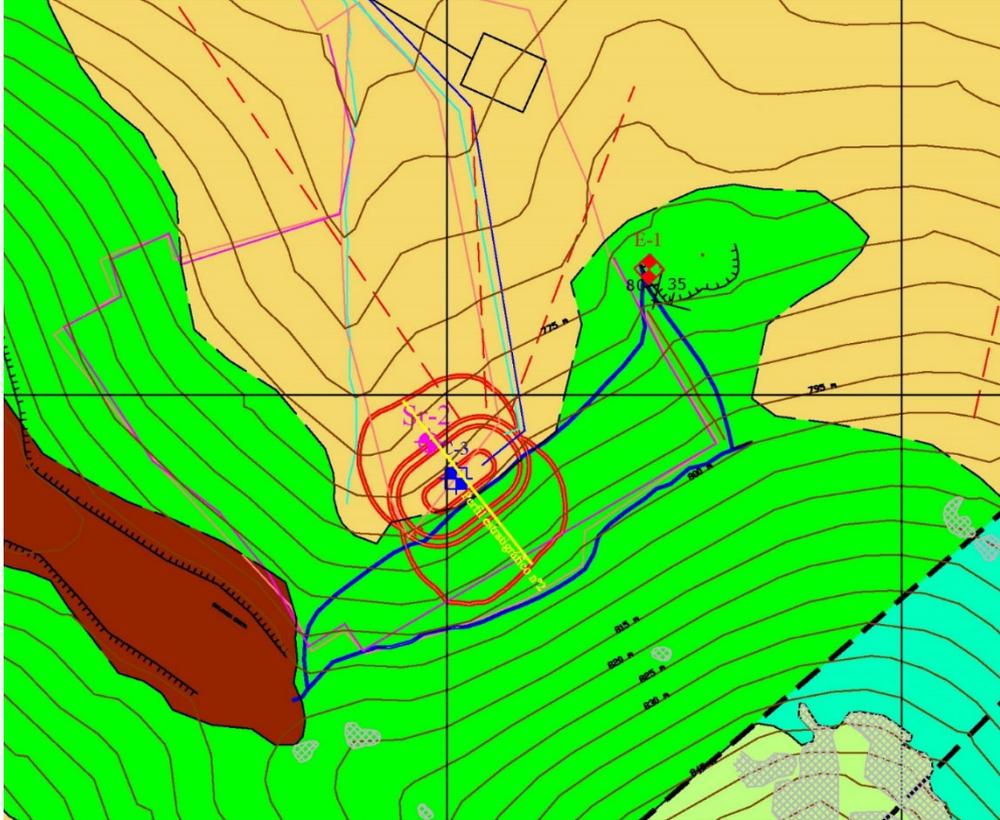


Figura 26. Ubicación de la estación geomecánica (E-1).

En esta zona no se han detectado espesores importantes de suelo vegetal (0,20 m.) No existen los sedimentos cuaternarios de derrubios de ladera-coluviión, pasando directamente de suelo vegetal al sustrato rocoso algo meteorizado.

En la imagen siguiente se puede observar las numerosas familias de discontinuidades y los planos de estratificación.

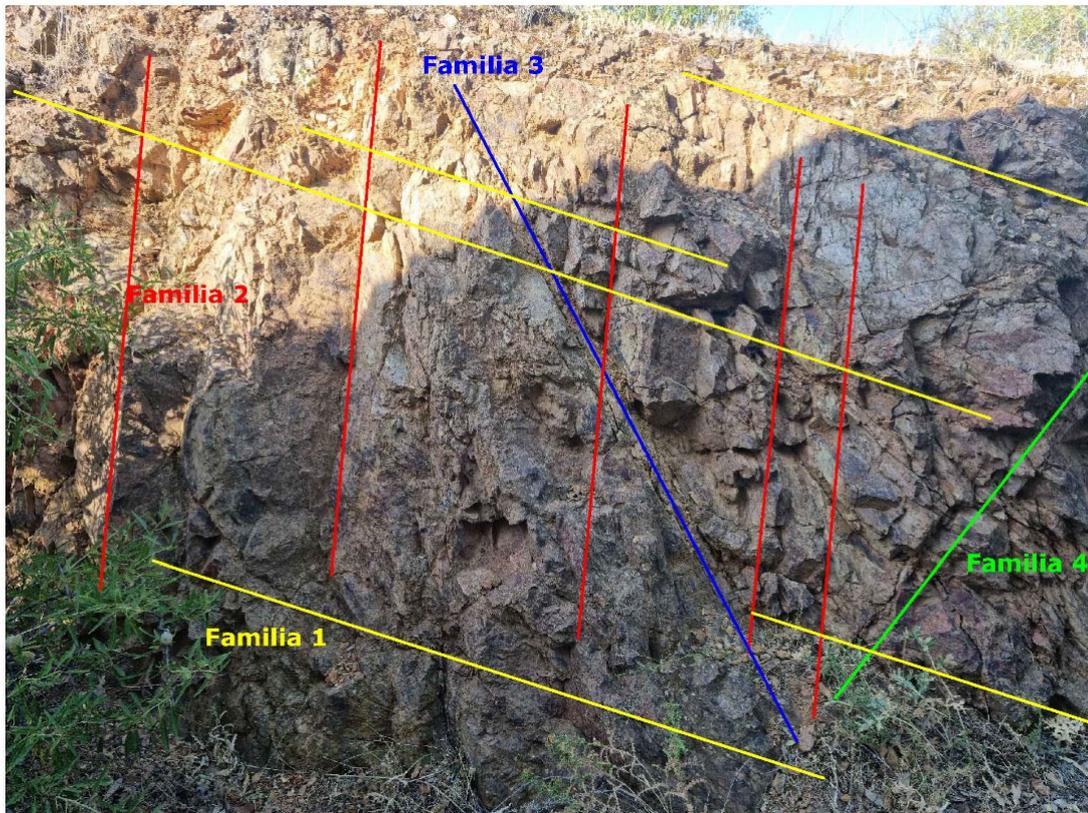


Figura 27. Familias de discontinuidades del afloramiento de pizarras de la E-1.

En general se trata de pizarras meteorizadas de tonalidades grises con tonos rojos y morados, con varias direcciones de pizarrosidad/foliación y presencia de micropliegues. Es una roca ripable debido al alto número de discontinuidades. Los taludes del afloramiento son verticales, próximos a los 90° , y una altura de 3 m., con algún desprendimiento de lajas por gravedad debido a uniones de discontinuidades.

Algunas de las discontinuidades presentan aperturas amplias, sinuosas y rellenas de limos y fragmentos de roca.

Las direcciones principales de las discontinuidades son $N100^\circ E$ / $N195^\circ E$ / $N140^\circ E$ / $N90-80^\circ E$, con buzamientos entre $35-80^\circ$.

La ficha de la estación geomecánica E-1 puede consultarse en los anexos al informe.



2.4.4. TRABAJO DE LABORATORIO.

Los ensayos de laboratorio realizados en la Balsa de Cota han sido:

- 1 análisis granulométrico por tamizado UNE 103.101.*
- 1 límites de Atterberg, UNE 103.103 - 103.104.*
- 1 determinaciones de humedad natural UNE 103.300.*
- 1 determinaciones de densidad aparente UNE 103.301.*
- 1 determinación de peso específico UNE 103.302.*
- 1 determinación cuantitativa de sulfatos UNE 103.201.*
- 1 determinaciones de sales solubles UNE 103.205.*
- 1 determinación cuantitativa de materia orgánica UNE 103.204.*
- 1 determinaciones cuantitativas de carbonatos UNE 103.200.*
- 1 ensayos de apisonado Próctor Normal UNE 103.500.*

Los resultados de estos ensayos se incluyen en los anexos del informe.

2.4.5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

A partir de los resultados de campo y laboratorio, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación.

Para cada unidad geotécnica considerada se realizará un estudio con el fin de determinar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Localización de aparición de la unidad natural en la zona de estudio.
- Estudio de los parámetros geotécnicos para determinar la carga admisible.
- Estudio de la deformabilidad de los materiales (asientos).

A partir de las características estratigráficas, litológicas y geotécnicas, se ha establecido una cuatro (4) Unidades Geotécnicas.

Superficialmente en la parcela encontramos suelo vegetal y/o tierra de labor, con espesores variables y submétricos.



En cuanto al terreno natural de la zona, está formado por un primer nivel de sedimentos cuaternarios de derrubios de ladera, para pasar en profundidad a sustrato rocoso metamórfico, el cual en sus niveles más superficiales se encuentra en estado meteorizado y en profundidad sano (Pizarras y cuarcitas de la Serie Púrpura).

2.4.5.1 Suelo vegetal / Tierra de Labor.

Es la unidad geotécnica más superficial que podemos detectar en la zona y *debe evitarse como nivel apto para cualquier tipo de cimentación.*

Está constituida por arenas marrón oscuras con restos de cantos de granitoide, materiales antrópicos, restos vegetales, materia orgánica, ...

El espesor detectado en los sondeos mecánicos y en las calicatas.

Sondeo/ Calicata	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-2	-	0,20-0,30 m.
Calicata C-3	0,00-0,30	0,30 m.

Tabla 21. Espesores del terreno vegetal/tierra de labor.

Los materiales correspondientes a esta unidad podrán ser excavados mediante medios mecánicos tradicionales (máquinas excavadoras).

Geotécnicamente, estos niveles no se consideran aptos para soporte de ningún tipo de cimentación ni apoyo de ningún tipo de estructura.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales son:

- Cohesión $c = 0,0 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi = 30-35^\circ$.
- Densidad seca $\delta = 1,4-1,6 \text{ t/m}^3$.
- Densidad húmeda $\delta = 1,6-1,7 \text{ t/m}^3$.
- Módulo de deformación $E = <80 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 8-15 \text{ MN/m}^3$ (placa $0,30 \times 0,30 \text{ m}$).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,30-0,35$.



2.4.5.2 Sedimentos cuaternarios – Derrubios de ladera-Coluvi3n.

Esta unidad se detecta principalmente en las zonas de las laderas y partes bajas de los cerros de la zona. Tambi3n pueden desarrollarse en las partes pr3ximas a las zonas de la Cuarcita Armoricana, mediante acumulaciones de cantos de cuarcita angulosos de tama3os centim3tricos.

Esta litolog3a est3 compuesta por arenas y limos/arcillas con cantos de pizarra y cuarcita. Se trata de sedimentos muy heterog3neos, inmaduros y con mucha variabilidad composicional.

Son materiales f3cilmente excavables, a excepci3n de zonas que puedan tener grandes bloques de cuarcita, especialmente en las zonas bajas donde pueden presentar mayor espesor, y puntualmente aparecen bloque de cuarcita de tama3os m3tricos en las laderas.

Las paredes de excavaci3n son de baja a media estabilidad, dependiendo del contenido en matriz que le dar3n mayor o menor cohesi3n. Los espesores detectados en la zona de la Balsa de Regulaci3n son escasos por lo que no deber3an presentar grandes problemas a la excavaci3n.

El espesor detectado en los sondeos mec3nicos y en las calicatas.

Sondeo/ Calicata	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-2	0,00-1,45	1,45 m.
Calicata C-3	0,30-0,60	0,30 m.

Tabla 22. Espesores del terreno derrubios de ladera-coluvi3n.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* por lo que son susceptibles de captar las aguas de lluvias o de recoger aquellas de zonas m3s elevadas.

Coefficiente de permeabilidad **K** = 10^{-2} - 10^{-5} m/s.



- **Ensayos SPT.**

Estos niveles presentan una compacidad alta, como lo demuestra el ensayo SPT.

Sondeo	Ensayo SPT	Profundidad (m)	Golpeo	N ₃₀
Sr-2	SPT 1	0,50-1,05	19-21-35-50	56

Tabla 23. Valores de SPT. Sedimentos cuaternarios-Derrubios de ladera.

Según el resultado del ensayo SPT se clasifica como ***muy densa***.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales, según los estudios próximos realizados por nuestra empresa en la zona son:

- Cohesión **c** = 0,00-0,05 kg/cm².
- Ángulo de rozamiento **φ** = 30-35°.
- Densidad seca **δ** = 1,5-1,7 t/m³.
- Densidad húmeda **δ** = 1,6-1,9 t/m³.
- Módulo de deformación **E** = 150-450 kp/cm².
- Coeficiente de Balasto **K₃₀** = 10-20 MN/m³ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson **ν** = 0,30.

2.4.5.3 Pizarras y cuarcitas _ Serie Púrpura.

Las rocas que se encuentran en esta zona de la Balsa de Cota son pizarras con pasadas de cuarcitas muy dispersas.

Al hablar del sustrato rocoso se debe tener en cuenta el grado de fracturación, desintegración y decoloración de la roca en sus primeros tramos. De esta forma hablaremos de varios niveles dentro de las pizarras existentes.

En la Figura adjunta, se representa un modelo teórico de los niveles desarrollados y/o encontrados en ambientes rocosos de tipo metamórfico e intrusivo (ígneo), como se puede ver en la figura nº13 del informe.



Para poder entender el grado de meteorización encontrado en la zona en los diferentes puntos investigados debemos referirnos a la clasificación propuesta según la ISRM (figura nº14 del informe).

Pizarras alteradas. Roca meteorizada.

Es el estado de mayor meteorización del sustrato rocoso metamórfico, pasando desde superficialmente un suelo areno-limosos y arcilloso con algún fragmento de pizarras a abundantes fragmentos de pizarra centimétricos con matriz arenosa-limosa. Este paso es muy irregular, encontrándose zonas donde el desarrollo de este primer nivel de suelo presenta espesores métricos a no detectándose en otras zonas, pasando directamente a la roca más o menos sana (pizarras).

Son arenas limosas y/o arcillosas de tonalidades desde marrones claras a rojizas con fragmentos de la roca madre (pizarras y cuarcitas) a zonas donde aparecen gravas de fragmentos de roca con algo de matriz areno-limosa. Estos materiales aparecen en la calicata C-3 así como en el sondeo Sr-2, con espesores submétricos a métricos.

El grado de meteorización de la roca se debe principalmente a procesos químicos que han desintegrado la roca manteniendo la fábrica original. Existen signos de decoloración (coloración marrón-rojiza) y de descomposición parcial de los minerales que la componen.

La roca en el primer tramo está muy meteorizada sin apenas mantener la fábrica original. Se observan procesos de decoloración en los minerales existentes, y procesos de descomposición de la textura original hasta considerarse como un suelo, aunque no ha sufrido transporte de las partículas, sí está totalmente desligado y descompuesto.

A medida que bajamos en la perforación, este primer tramo se va convirtiendo en un material más denso y compacto donde la tonalidad del material es la tonalidad original del sustrato formado por fragmentos de roca (gravas) cada vez de mayor tamaño.

Se trata un nivel de alteración y descomposición de la roca madre que a medida que se profundiza se hace más compacto hasta que alcanza el nivel de roca prácticamente sana (rechazo de los ensayos de penetración y SPT).

Este nivel presenta una muy buena/media estabilidad en el talud. La excavabilidad en este terreno es dificultosa a medida que se alcanza mayor profundidad.



Excavabilidad	Fácil (suelos excavables) siendo dificultosa con la profundidad.
Estabilidad frente a la excavación	Muy Buena a Media
Tensión admisible asociada	1,5 - 3,0 kp/cm²

Tabla 24. Características geotécnicas de las Pizarras Meteorizadas.

El contacto entre este material y la roca sana es gradual, por lo que no se puede definir una cota de afloramiento de la roca sana para toda la superficie de actuación.

El espesor detectado en el sondeo y la calicata se especifica en la siguiente tabla.

Sondeo/Calicatas	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-1	1,45-2,00	0,55
Calicata C-3	0,60-1,90	1,30

Tabla 25. Espesores detectados en las pizarras meteorizadas.

El límite de esta unidad en la calicata queda marcado por la dificultad de excavación, marcando el techo de las pizarras menos meteorizadas.

Se ha ensayado *una (1) muestra* representativa de estos niveles:

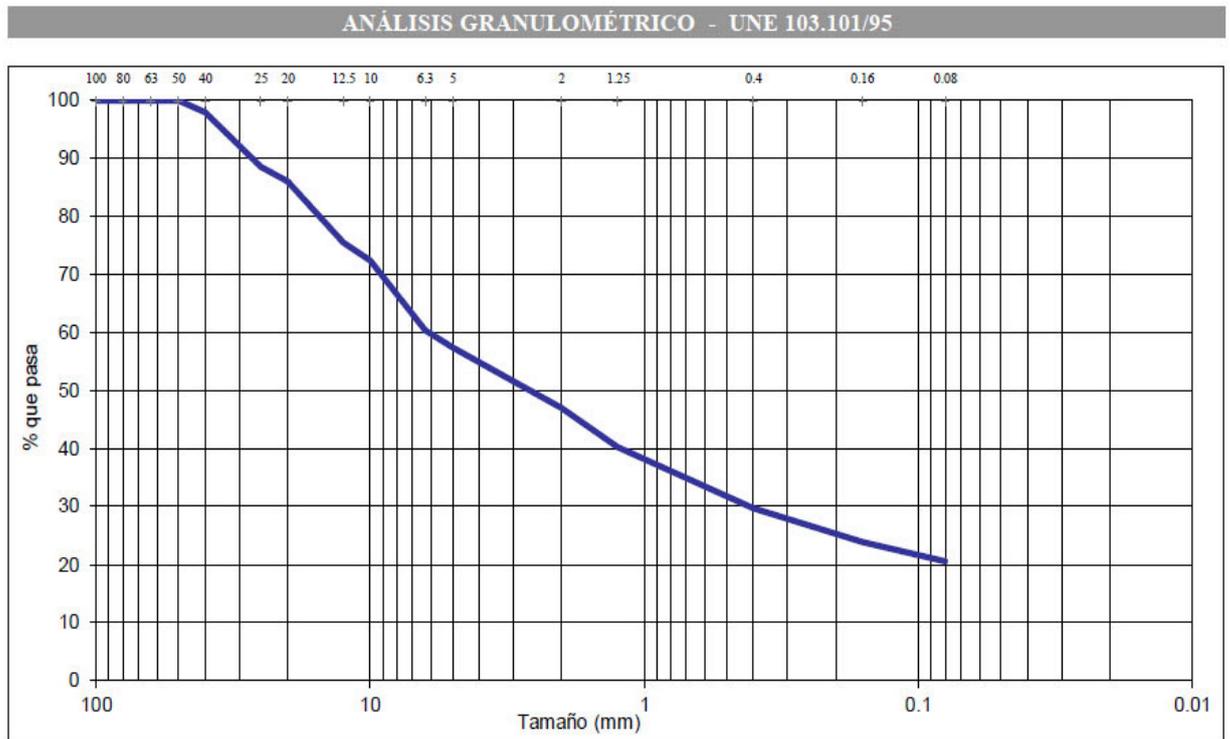
- Muestra alterada de la calicata C-3, tomada a una profundidad de 1,00-1,80 m. (muestra **S-18-06-21**).
- **Granulometría y Clasificación.**

Los ensayos realizados en las muestras alteradas e inalteradas determinan una textura granulométrica formada por un 14% de grava gruesa, un 25,6% de grava media, un 13,4% de fracción tamaño gravilla, un 6,7% de fracción tamaño arena gruesa, un 16,4% de fracción tamaño arena media, un 3,3% de fracción arena fina y un 20,6 % de finos de naturaleza fundamentalmente limosa de plasticidad baja.



Estos suelos se clasifican como grava limosa con arena, tipo **GM**, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Clasificándose, como suelos arenosos con fragmentos de roca de tipo **A-2-4**, según la clasificación A.A.S.H.T.O.



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	97.8	88.5	86.0	75.4	72.3	60.3	57.4	47.0	40.3	29.8	23.9	20.6

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA										
% Morro	% GRAVA			53.0	% ARENA			26.4	% FINOS	20.6
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla		
0.0	14.0	25.6	13.4	6.7	16.4	3.3				

Figura 28. Curva granulométrica de las pizarras meteorizadas, Balsa de Cota.

- **Plasticidad.**

Los suelos expansivos son generalmente suelos arcillosos preconsolidados con apreciables cambios de volumen por variaciones de humedad. Los efectos son más importantes en climas secos y áridos.



Los Límites de Atterberg de la muestra ensayada se exponen en el cuadro siguiente.

Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 y 103.104/93)			
Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
S-18-06-21	34,3	26,0	8,3

Tabla 26. Valores de Plasticidad. Pizarras meteorizadas.

- **Ensayos de estado (humedad y densidad).**

Los ensayos de estado realizados sobre las muestras inalteradas proporcionan unos resultados los cuales exponemos en la siguiente tabla:

Ensayos de estado: Humedad (UNE 103.300/93) y densidad (UNE 103.301/94)			
Muestra	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad húmeda (g/cm³)
S-18-06-21	5,58	1,74	1,84

Tabla 27. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre).

- **Componentes secundarios.**

En los análisis químicos efectuados no se han detectado concentraciones importantes de sulfatos, por lo que **no** será necesaria la utilización de aditivos sulforresistentes en los hormigones de la cimentación.

- **Compactabilidad Próctor Normal:**

- W optima = 10,11 %.
- Densidad máxima = 2,03 t/m³.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* debido a su textura granular.

- Coeficiente de permeabilidad **K** = 10⁻⁵ - 10⁻² m/s.



- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos, según los resultados de laboratorio, así como la bibliografía consultada y estudios anteriores realizados por nuestra empresa, son:

- Cohesión $c = 0,05-0,20 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi = 33^\circ-38^\circ$.
- Densidad seca $\delta = 1,60-1,90 \text{ t/m}^3$.
- Densidad húmeda $\delta = 1,90-2,10 \text{ t/m}^3$.
- Módulo de deformación $E = 380-740 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 12-30 \text{ MN/m}^3$ (placa $0,30 \times 0,30 \text{ m}$).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,30$.

Pizarras sanas/menos meteorizadas. Roca.

El contacto entre roca meteorizada y roca sana es irregular, en ocasiones gradual y otros netos. En la zona de la Balsa de Cota presenta un paso progresivo y con un desarrollo irregular.

El sustrato rocoso estaría constituido por materiales metamórficos muy deformados (pizarras). Esta roca se caracteriza por ser una unidad muy compacta, siendo la excavación dificultosa, aunque debido a presentar esquistosidad, pueden ser ripables, aún en su estado más sano, mediante el uso de maquinarias de tamaños medios y mayores.

Con respecto a la pizarra alterada, estos materiales en profundidad van recuperando sus propiedades originales, tanto en el color (disminuye la decoloración) como en la textura y e integridad de la roca original.

El grado de meteorización es mucho menor, no se observa decoloración o si la hay es mínima, ni descomposición del macizo.

El sustrato rocoso en estados más sanos aparece como una unidad que mantiene la estructura original observándose planos de fractura de tonalidad con óxidos y rellenos de arcillas, limos, con tramos en los que se la roca no muestra ningún signo de alteración.

Este nivel rocoso, se caracteriza principalmente por ser una unidad muy compacta, siendo la perforación dificultosa debido a la a la resistencia que ofrece según se profundiza y disminuye el grado de meteorización.



<i>Excavabilidad</i>	Difícil a muy difícil. Ripable a media ripabilidad en profundidad.
<i>Estabilidad frente a la excavación</i>	Muy Buena.
<i>Tensión admisible asociada</i>	Variable entre 3,0 - 5,0 kp/cm ²

Tabla 28. Características de las pizarras menos meteorizadas recuperadas en el sondeo.

Existen valores normativos para las presiones admisibles de los distintos tipos de rocas, como se apunta en la tabla siguiente.

En el caso de las pizarras existentes en la zona, al tratarse de un macizo rocoso metamórfico con evidencias de alteración y presencia de planos de estratificación/pizarrosidad, la resistencia según este cuadro es de **10 kp/cm²**.

ESTADO DEL MACIZO ROCOSO	ROCA SANA O POCO ALTERADA	ROCA CON HUELLAS DE ALTERACION
HOMOGENEO	40 Kp/cm ²	15 Kp/cm ²
ESTRATIFICADO	20 Kp/cm²	10 Kp/cm²

Tabla 29. Presiones admisibles de los Macizos Rocosos.

El espesor detectado en el sondeo y las calicatas se especifica en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el límite de excavación de la calicata fue el contacto entre la roca muy meteorizada y la roca menos meteorizada por lo que no se presenta un espesor en las calicatas.

Sondeo/Calicata	Profundidad (metros)	Espesor
Sondeo Sr-2	2,00-15,00	13,00 metros
Calicata C-3	>1,90	-

Tabla 30. Espesores de las pizarras menos meteorizadas.



En la perforación, debido a la esquistosidad y fracturación de estas rocas no se ha recuperado ningún testigo con el que realizar ensayos de rotura a la compresión simple, medidas de RQD, ...

- **Permeabilidad.**

El material es de carácter *impermeable*. La circulación de aguas sólo se hace posible a través de la fracturación y planos de pizarrosidad.

- Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-10} - 10^{-15}$ m/s.

- **Ensayos SPT.**

Estos niveles presentan una compacidad muy alta, alcanzando el rechazo en todos los ensayos SPT.

Sondeo	Ensayo SPT	Profundidad (m)	Golpeo	N ₃₀
Sr-2	SPT 2	2,20-2,45	25-50	R
	SPT 3	3,50-3,60	50	R
	SPT 4	4,50-4,60	50	R
	SPT 5	5,50-5,58	50	R
	SPT 6	6,50-6,60	50	R
	SPT 7	7,50-7,55	50	R
	SPT 8	8,50-8,56	50	R
	SPT 9	9,50-9,60	50	R
	SPT 10	10,50-10,55	50	R
	SPT 11	11,50-11,60	50	R
	SPT 12	12,50-12,55	50	R
	SPT 13	13,50-13,59	50	R
	SPT 14	14,90-15,00	50	R

Tabla 31. Valores de SPT en pizarras menos alteradas/sanas.



- **Parámetros geotécnicos teóricos.**

Los parámetros teóricos geotécnicos del sustrato rocoso de esta zona son:

- Cohesión $c \approx 40-330 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi \approx 36^\circ-48^\circ$.
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,14-0,20$.
- Módulo de elasticidad $E = 25.000-250.000 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 30-500 \text{ kp/cm}^3$ (Rocas alteradas/sanas)
- $Q_u > 10 \text{ kg/cm}^2$ (estimado).

2.4.6. EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD.

2.4.6.1 Introducción

Según información facilitada, se pretende realizar una excavación máxima de 14,80 m., zona que coincide con la zona más elevada al SE de la balsa.

- Cota de fondo: 779,5 m.
- Cota de coronación: 784,0 m.
- Excavación: máx. 14,80 m.

Con estas premisas, se han analizado las características geotécnicas del terreno en esta área, para que la empresa peticionaria valore cada zona con las características concretas y pueda ejecutar el proyecto a partir de los resultados obtenidos.

La elección del método de excavación debe tener en cuenta la excavabilidad de los materiales, la estabilidad de las paredes de la excavación y la estabilidad de los elementos actuales.

La cohesión y rozamiento del terreno natural en la zona de ubicación de la balsa es muy estable en el sustrato rocoso pizarroso menos meteorizado, mientras que los sedimentos cuaternarios de derrubios de ladera presentan una estabilidad baja y media en los

2.4.6.2 Análisis de Estabilidad

En los taludes o en las paredes de excavación en suelos incoherentes, las roturas se pueden producir a través de su masa. Si son rellenos, suelos vegetales o tierra de labor, la superficie de deslizamiento se puede asemejar a la cara cóncava de una concha, de modo



que, en perfil paralelo a la dirección del movimiento, la sección de esta superficie es circular.

Por tanto, habrá que prestar especial atención al terreno superficial poco competente (suelo vegetal y tierra de labor), por ser susceptibles de provocar derrumbes en la excavación, por la incoherencia de estos niveles. El espesor más desfavorable detectado son 0,30 metros en la calicata C-3.

Los materiales naturales presentan una estabilidad media a buena según se profundiza en ellos, en especial las pizarras las cuales en el sondeo realizados presentan unas paredes muy estables.

2.4.6.3 Excavación y Excavabilidad

En cuanto a la *excavabilidad*, hasta llegar al terreno natural, los suelos encontrados están formados por el suelo vegetal y tierra de labor superficial, que son de fácil ripabilidad; su naturaleza es fundamentalmente detrítica, de tal manera que los trabajos de excavación se podrán realizar con retroexcavadoras mixtas, sin necesidad de la utilización de medios auxiliares (martillo neumático...).

De igual forma, los *sedimentos naturales cuaternarios (derrubios de ladera) y la roca en su estado más meteorizados (pizarras meteorizadas)* serán **fácilmente excavables y/o ripables**.

El sustrato rocoso irá perdiendo grado de meteorización al profundizar la excavación, por lo que según se profundice será más difícil la excavación (***excavabilidad media a muy baja***), paso que, al ser progresivo, es difícil de marcar una profundidad para toda la zona de excavación. Las pizarras al presentar fracturación alta y abundantes planos de estratificación pizarrosidad, pueden ser ripable a favor de estos planos de debilidad aún en su estado más sano detectado.

2.4.6.4 Estabilidad de taludes.

En el actual proyecto se van a realizar taludes excavados que pueden llegar hasta 14,8 m, así como en el aporte de material para los diques de cierre de la balsa de regulación hasta la cota de coronación de 12,4 m.



En el análisis de la estabilidad de taludes se puede distinguir de forma genérica entre análisis basados en el método de equilibrio límite y análisis numéricos basados en el método de los elementos finitos. De estos dos tipos de análisis, el primero es el que de forma general se ha venido empleando en el análisis de inestabilidades superficiales y es el que se ha empleado en este informe.

En el apartado de *estabilidad de taludes de la Balsa e Regulación* se puede consultar la descripción del método empleado.

Se ha efectuado el cálculo para alturas de talud de 14,8 m. (las máximas de proyecto para la Balsa de Cota) con una pendiente máxima de **1H:5V** (80°) para taludes excavados en sustrato rocoso (pizarras).

Hemos considerado taludes estables cuyo factor de seguridad sea **F.S. \geq 1.5**.

La excavación de los taludes se realizará principalmente sobre una primera capa de 0,30 m. de terreno vegetal/tierra de labor, posteriormente 1,00 m. de sedimentos de derrubios de ladera-coluvión y el resto hasta los 14,80 m. de pizarra.

No se ha considerado nivel freático en los cálculos puesto que no se ha detectado ni en la calicata ni en el sondeo hasta 15 m. de profundidad.

Los parámetros empleados para el cálculo de la estabilidad en *taludes excavados*, una vez comparadas las muestras (valores medios) para los diferentes materiales son:

- SUELO VEGETAL: Densidad seca/húmeda: 1,5/1,65 gr/cm³
Cohesión: 0,0 Kg/cm²
Ang. rozamiento: 30°
- SED. CUATERNARIOS: Densidad seca/húmeda: 1,6/1,75 gr/cm³
Cohesión: 0,05 Kg/cm²
Ang. rozamiento: 33°
- PIZARRA METEORIZADA: Densidad seca/húmeda: 1,80/2,00 gr/cm³
Cohesión: 0,2 Kg/cm²
Ang. rozamiento: 35°



- PIZARRA SANA: Densidad seca/húmeda: 2,0/2,1 gr/cm³

Cohesión: 40 Kg/cm²

Ang. rozamiento: 45°

Estratificación/laminación: 35-80° (según medición en campo estación geomecánica).

Taludes excavados de 14,8 metros con pendiente máx. de 1H:5V.

Las características geométricas de este talud son las siguientes:

Altura de talud $H \geq 14,8m$

Ángulo de talud $\psi_t = 79^\circ$ (estimado)

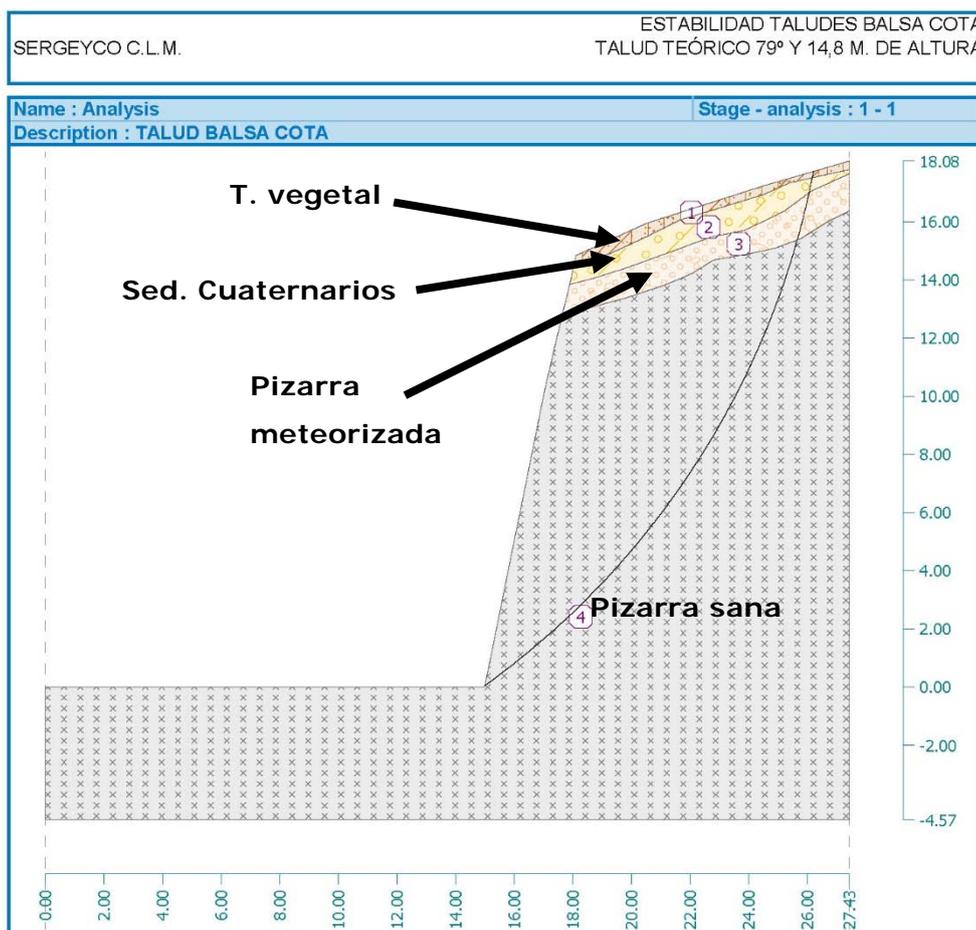
Para el cálculo del factor de seguridad de este talud se ha utilizado el programa GEO5 que permite el cálculo de FS mediante los métodos de Janbu (1954), Bishop (1955) y el de Morgenstern y Price (1965), entre otros. El programa permite el cálculo en condiciones drenadas y no drenadas.

Se observa también como las diferencias entre los métodos Janbu y Bishop son mínimas y el *FS son mayores que el definido como valor mínimo ($FS \geq 1.5$), Talud **ESTABLE**.*

Taludes estimados aceptables según materiales en la zona de la Balsa de Regulación:

- **Suelo vegetal:** talud estimado **2H:1V**
- **Sedimentos cuaternarios:** talud estimado **1H:3V – 2H:3V**
- **Pizarra meteorizada:** talud estimado **1H-3V – 2H:3V**
- **Pizarras sanas:** talud estimado **1H:5V**

A continuación, se presentan algunos de los esquemas con las superficies de rotura circular críticas, y las dovelas de los casos de menor FS para el método según las condiciones descritas. *Se ha limitado la exposición a los resultados del método de Bishop optimizado.*



Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1275.95$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 2884.91$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 36236.96$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 81931.55$ kNm/m

Factor of safety = $2.26 > 1.50$

Slope stability ACCEPTABLE

Figura 29. Superficie de rotura y FS (Bishop) talud 1H:5V y 14,8 m. de altura_Balsa Cota.

2.4.7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

En este apartado se trata de describir las características de los materiales existentes en la zona, con el fin de describir sus propiedades geotécnicas como carga admisible, asentos asociados, empujes de terreno sobre muros, agresividades al hormigón según EHE-08, entre otros aspectos.



2.4.7.1 Criterio de Diseño de Cimentaciones.

La cimentación de carácter permanente de cualquier edificación debe apoyar sobre terrenos naturales competentes.

A la hora de valorar cualquier unidad como posible nivel de apoyo, debemos tener en cuenta los siguientes puntos.

- o Homogeneidad y espesor de la Unidad de apoyo.
- o Capacidad de carga del suelo bajo la cimentación.
- o Asentamiento del suelo bajo cimientos.

Se desconoce exactamente la cimentación definitiva y las obras a realizar en esta zona, aunque se nos ha avanzado que se podría ejecutar una *cimentación superficial*.

Se indica a continuación, los métodos considerados para el cálculo de tensiones admisibles en la unidad de interés (pizarras).

Un aspecto muy importante es apoyar la cimentación sobre el mismo nivel y que éste tenga el suficiente espesor como para comportarse como una Unidad Competente, evitando apoyar sobre materiales diferentes, esto puede ocasionar asentamientos diferenciales.

Carga Admisible.

- **Suelos, Fórmula de Brinch-Hansen (CTE, Pizarras alteradas).**

La fórmula más frecuente para verificar la carga de hundimiento es la de Brinch-Hansen (fórmula polinómica) que se adapta a todo tipo de suelos.

$$Q_h = C_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{ok} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

donde:

Profundidad	D	Factor forma	sq
Angulo R. interno	φ	Factor inclinación	iq
Cohesión	Ck	Factor talud	tq
Nc	Nc	Ancho cimentación	B
Factor profundidad	dc	Largo cimentación	L
Factor forma	sc	Densidad	γk
Factor inclinación	ic	Nγ	Nγ
Factor talud	tc	Factor profundidad	dγ



Presión vertical	q_{ok}	Factor forma	s_y
Nq	Nq	Factor inclinación	i_y
Factor profundidad	dq	Factor talud	t_y

- **Suelos granulares. Cálculo mediante ensayo S.P.T. (CTE, pizarras alteradas).**

Dicho método de cálculo se ajusta en los terrenos granulares y es representativo en sus resultados.

Se puede calcular la presión admisible a partir del método simplificado propuesto por CTE (Documento básico) (para **B > 1,20 m**).

$$Q_{adm} = 8 N_{SPT} \{1 + D/3B\} (S_t / 25) (B + 0,3/B)^2 \text{ kN/m}^2$$

donde:

S_t = asiento total admisible, en mm.

N = Valor medio de los resultados *N*₃₀ obtenidos a cota de cimentación.

D = Profundidad definida en el Anejo F.

B = Ancho de cimentación.

Los resultados de la carga admisible se han incluido en apartados posteriores del presente informe.

- **Carga del sustrato rocoso. Pizarras sanas.**

La pizarra supone un buen nivel de apoyo para cualquier cimentación. La problemática que presenta trabajar en estos materiales está relacionada con la dureza y su dificultad para realizar la excavación.

El macizo rocoso aparece a cotas relativamente superficiales, y según los criterios de presiones admisibles tanto del código inglés CP 2004/1972, y las normas DIN 1054, presenta una presión admisible superior a 5,0 kp/cm².

La roca constituye un excelente terreno de cimentación. **Para edificaciones normales se asegura una presión de trabajo suficiente de 3.0 kp/cm².**



Para el análisis de la capacidad de carga del estrato competente, se utilizarán los parámetros de cálculo de carga de hundimiento, presión y asientos admisibles, basadas en las teorías más utilizadas en la Mecánica de Suelo, de Terzaghi y Meyerhof.

El Código Inglés adopta para presión admisible en rocas (Q_{adm}) la siguiente fórmula:

$$Q_{adm} = 0,5 q_u$$

siendo q_u la resistencia a compresión simple de la roca.

Atendiendo a este código inglés y los ensayos de los distintos laboratorios oficiales, las presiones admisibles obtenidas en los distintos tipos de rocas son:

TIPO DE ROCA	Q_{adm} (kp/cm ²)
Granitos y migmatitas	100
Calizas	40
Esquistos y pizarras	30
Cuarcitas y areniscas	40

Tabla 32. Presiones admisibles para diferentes tipos de rocas.

Como se puede observar, la roca constituye un excelente terreno para cimentar sobre ella, estando ésta alterada o no.

Asientos admisibles.

- **Asientos en pizarra meteorizada. Método elástico. Steinbrenner (1936).**

Mediante el cálculo de los asientos admisibles se puede considerar y/o ajustar la tensión de trabajo. El comportamiento del sustrato se valora no sólo en función de la carga admisible sino también en función de los asientos estimados.

El cálculo de los asientos lo realizamos mediante el método elástico según Steinbrenner (1936) para los asientos máximos en zapata cuadrada teórica apoyada sobre la unidad estudiada (Unidad IIa).

La expresión por utilizar en este caso es la siguiente:



$$s = \frac{2 \cdot a \cdot p}{E} \cdot (1 - \nu^2) \cdot K_0$$

donde:

$2 \cdot a$ = Lado (B).

P = Tensión de trabajo.

E = Módulo de Young.

ν = Coeficiente de Poisson.

K_0 = coeficiente de forma y carga.

Los resultados de los asientos en la Unidad IIa, se han incluido en último apartado 7 del presente informe.

- **Asientos en roca sana (pizarra).**

Para el cálculo de asientos en roca sana en una cimentación superficial utilizamos modelos elásticos anisótropos.

$$S = P (1 - \sigma^2) / \delta z AE$$

donde:

P = carga total aplicada.

A = área de cimentación.

E = Módulo de elasticidad del macizo rocoso (granitoides = 300.000 - 800.000 kp/cm²).

σ = Coeficiente de Poisson estimado (0,22).

δz = coeficiente función de las dimensiones de la cimentación.

El asiento calculado en roca sana es inferior a 1 mm, siendo inferior al asiento máximo establecido según los criterios limitativos propuestos por Terzaghi y Peck (1956) y Polshin y Tokar (1957).

Se ha considerado unos *asientos generales admisibles* según las indicaciones de la Norma de Acciones en la Edificación **NBE-AE/88** así como en la **Norma MV-101** de 1966, que viene a decir prácticamente lo mismo.



Tabla 8.2 Asientos generales admisibles		
Características del edificio	Asiento general, máximo admisible en terrenos:	
	Sin cohesión mm	Coharentes mm
Obras de carácter monumental	12	25
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez	35	50
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez. Estructuras metálicas hiperestáticas.	50	75
Edificios con muros de fábrica.		
Estructuras metálicas isostáticas. Estructuras de madera. Estructuras provisionales	50	75

Figura 30. Asientos generales admisibles según la Norma de Acciones en la Edificación NBE-AE/88.

2.4.7.2 Agresividad frente al Hormigón

Suelos: Los análisis químicos realizados en varias muestras de suelo indican una presencia de sulfatos en proporciones nulas y, por lo tanto, *no agresivas*, según la Norma EHE.

2.4.7.3 Cálculo de Empujes.

En el caso de realizar cualquier muro de contención, si fuera necesario, se deberá evaluar el **empuje activo "Ea"** de las tierras del trasdós a soportar, no sin tener en cuenta por ello, el sistema de ejecución y vaciado de la balsa, que incidirá en la valoración de esfuerzos inducidos en el proceso de interacción suelo-estructura.

- **Empuje activo "Ea"**

Se tienen en cuenta en este apartado los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio y los parámetros teóricos consultados en bibliografía y realizados por nuestra empresa en materiales similares:

TERRENO VEGETAL

- Material: arenas limosas con grava incoherentes (Terreno vegetal).
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,41.**

SED. CUATERNARIOS

- Material: Arenas limosas con abundantes fragmentos de roca.

- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,31.**

PIZARRA ALTERADA

- Material: Fragmentos de roca y matriz areno-limosa.
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,27.**

SUSTRATO ROCOSO-PIZARRA

- Material: Roca sana/algo meteorizada.
- **Coefficiente de empuje activo (K_a) = 0,0-0,22.**

También se proporcionarán los parámetros geotécnicos de cálculo necesarios para la valoración del empotramiento de la pantalla bajo la cota inferior.

- **Empuje pasivo “ E_p ”.**

A partir de las cotas inferiores, se deberá compensar y equilibrar el empuje activo resultante con la reacción del empotramiento que proporciona un **empuje pasivo “ E_p ”**, y que se podrá valorar en función de las siguientes variables y parámetros geotécnicos.

- **Coefficiente de empuje pasivo (K_p) (sed. cuaternarios) = 3,25.**
- **Coefficiente de empuje pasivo (K_p) (pizarra alterada) = 3,69.**
- **Coefficiente de empuje pasivo (K_p) (SUSTRATO ROCOSO) = 5,83.**

El empotramiento adoptado deberá ser el correspondiente al cálculo de esfuerzos de acción-reacción, y como mínimo $L_e = 3,00$ metros.

- **Empuje en reposo “ K_0 ”.**

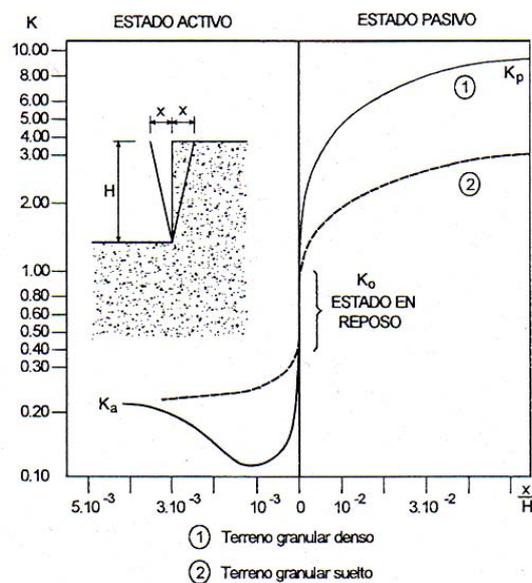


Figura 31. Relación entre el empuje del terreno y los movimientos necesarios para su desarrollo.



TERRENO VEGETAL:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,50$.

SED. CUATERNARIOS:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,47$.

PIZARRA METEORIZADA:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,43$.

SUSTRATO ROCOSO-PIZARRA:

- Coeficiente de empuje en reposo $K_0 = 0,36$.

2.4.8. CONCLUSIONES.

En el siguiente apartado se exponen las características de la zona de Balsa de Cota, los trabajos campo, ensayos de laboratorio, junto con los parámetros geotécnicos calculados y estimados para el diseño de la cimentación, excavación y los posibles terraplenes.

- **Tipo de construcción en el entorno de la Balsa de Cota:**
 - Balsa de Cota.
 - Zanjas de la red de tuberías.
- **Excavación:**
 - *Balsa de Cota:* La excavación máxima teórica será de 14,80 m, según los datos de cota de fondo (779,5 m), de cota de coronación (784 m) y de topografía suministrada por el cliente.
 - Zanjas de red de tuberías: según la información suministrada al menos será entre 2-2,5 m por lo que quedarán retiradas las unidades de suelos vegetal/tierra de labor.
- **Terraplén:**
 - Se pretende realizar un terraplén para el dique de cierre de la Balsa de Regulación con unas alturas estimadas a partir de los datos suministrados por el cliente de hasta 12,4 m.



- **Parámetros de la Unidad de apoyo:**

Parámetros	Unidades	Sed. Cuaternarios	Pizarra meteorizada	Pizarra
		Derrubios de ladera-coluvión	Suelos de meteorización de la roca	Sustrato rocoso
Densidad aparente (δ)	t/m ³	1,5-1,7	1,6-1,9	1,9-2,1
Cohesión (c)	kg/cm ²	0,0-0,05	0,05-0,2	40-330
Ángulo de Rozamiento (ϕ)	°	30-35	33-38	36-48
Clasificación SUCS	-	-	GM	Roca
Valor medio N _{SPT}	golpes	56	-	Rechazo

(*) Valores medios o más desfavorables considerados a la cota de apoyo de la cimentación.

- **Parámetros deformacionales de la Unidad de apoyo:**

Parámetros Geotécnicos	Unidades	Sed. Cuaternarios	Pizarra meteorizada	Pizarra
		Derrubios de ladera-coluvión	Suelos de meteorización de la roca	Sustrato rocoso
Coefficiente de Poisson (ν)	-	0,30	0,30	0,14-0,20
Módulo de deformación (E)	kg/cm ²	100-200	380-740	25.000-250.000
Coefficiente Balasto (K_{30})	MN/m ³	8-15	120-300	300-5.000

- **Carga admisible:**

Se desconoce el sistema de cimentación para los diferentes elementos considerándose en este documento cimentaciones superficiales.

Cargas admisibles para zapatas cuadradas teóricas de 1,60 m de lado:

Carga admisible Sed. Cuaternarios	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
		Zapata (B = 1,6m y L/B=1)	Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	3,0	1,5



Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
Pizarra meteorizada			Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	No se han realizado ensayos	2,5

Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
Pizarra (sust. rocoso)			Zapata (B = 1,6m y L/B=1)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	> 3,0	> 3,0

Los cálculos de cargas admisibles deben tener en cuenta los asientos asociados que podrán poner límite a la carga final de trabajo.

Cargas admisibles para losa teórica de 15x20 m.:

Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
Sed. Cuaternarios			Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	3,0	1,2

Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
Pizarra meteorizada			Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	No hay ensayos	3,0

Carga admisible	Unidades	Método SPT	Método Brinch-Hansen (largo plazo)
Pizarras (sust. rocoso)			Losa (15x20 m)
Carga admisible (Q_{adm})	kg/cm ²	> 3,0	> 3,0

Los cálculos de cargas admisibles deben tener en cuenta los asientos asociados que podrán poner límite a la carga final de trabajo.

- **Asientos admisibles:**



Asientos admisibles Sed. Cuaternarios	Unidades	Método Elástico	Método Elástico
		Zapata centro (B = 1,6m) Cargas adm. = 1,5 kg/cm ²)	Losa centro (15x20 m) Cargas adm. = 1,2 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	cm	0,98	4,14

Asientos admisibles Pizarra meteorizada	Unidades	Método Elástico	Método Elástico
		Zapata centro (B = 1,6m) Cargas adm. = 2,5 kg/cm ²)	Losa centro (15x20 m) Cargas adm. = 1,5 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	cm	0,82	4,14

(*) Este método no es aplicable al considerar un valor superior al 35% de finos.

Asientos admisibles Granitoides (sust. rocoso)	Unidades	Terzaghi y Peck
		Cualquier cimentación Cargas adm. = 3,0 kg/cm ²)
Asientos estimados (S)	mm	<1

- **Consideraciones generales:**

Según las características del proyecto de la Balsa de Cota, se van a realizar varias *excavaciones* siendo la más importante la correspondiente a la Balsa, con excavaciones máx. de 14,80 m. Para el resto de las infraestructuras se considera una excavación mínima de 0,40 m.

Las zonas donde aparecen *sedimentos cuaternarios-derrubios de ladera o coluviones* tienen espesores muy variables, en la zona de la balsa donde se han realizado ensayos de campo (calicata y sondeo) presentan espesores variables entre 0,30 y 1,45 m.

En los ensayos de campo realizados **no** se ha detectado *nivel freático*

La clasificación según el **PG-3**, de los niveles de *suelo vegetal y tierra de labor* es de **Inadecuados**. Los *materiales cuaternarios* detectados se estima que tienen una clasificación PG-3 de **Tolerable**. Los niveles de *pizarra meteorizada* son suelos **Adecuados** según los ensayos realizados sobre la muestra de estos materiales. La unidad inferior de *sustrato rocoso (pizarras)* se clasifica como **Tolerable/Adecuado**.



Los terrenos **no contienen sulfatos solubles en proporciones agresivas**.

Se recomienda que el hormigonado de la cimentación se realice de manera inmediata a la excavación, para evitar los cambios de humedad en el terreno, la alteración de este y el desprendimiento de cuñas o lascas por desecación de las paredes.

- **Taludes Recomendados:**

Para las excavaciones a realizar se han calculado una serie de taludes recomendados para los diferentes materiales de la zona de la Balsa de Cota, los cuales se resumen a continuación:

- *Suelos vegetales y tierras de labor:* Talud recomendado **2H:1V**
- *Sedimentos cuaternario-Derrubios de ladera/coluvión:* Talud recomendado **1H:3V**, dependiendo del tipo de suelo.
- *Pizarra meteorizada:* Talud recomendado **1H:3V - 2H:3V**, dependiendo del grado de cohesión o lo que es lo mismo el porcentaje de matriz.
- *Sustrato rocoso (pizarra):* Talud recomendado **1H:5V**, puede disminuir dependiendo del grado de meteorización o fracturación de la roca.

- **Conclusión cimentación general:**

ZAPATA/LOSA: Con los datos anteriormente expuestos, la tipología de cimentación considerada para posibles edificaciones en la zona de la Balsa de Cota sería superficial mediante zapatas-losas empotradas en terreno natural competente con tensiones de trabajo diferentes dependiendo del material y la tipología de cimentación (ver apartados anteriores).

*La profundidad de cimentación, en terreno natural competente, como carácter general para toda la zona de estudio, es **a partir de 0,40 m.** desde la cota de realización de los ensayos, con el fin de retirar la capa superficial de suelo vegetal/tierra de labor y empotrar la cimentación en las unidades naturales competentes.*

Si se detectan zonas con mayor espesor de suelos vegetales/rellenos/tierras de labor deberán ser retiradas y no se deberá apoyar ningún tipo de cimentación sobre ellos.



En el caso de realizar cimentación por losa se recomienda la sustitución de al menos 60 cm de suelo natural por un material seleccionado, tipo zahorra, compactado en tongadas, o mediante hormigón pobre antes del arranque de la losa de cimentación.

Se recomienda que el hormigonado de la cimentación se realice de manera inmediata a la excavación, para evitar los cambios de humedad en el terreno, la alteración de este y el desprendimiento de cuñas o lajas por desecación de las paredes.

En las fechas de ejecución de los ensayos de campo, **no se detectó la presencia de agua.**

- **Recomendaciones para la estabilización de zanjas de conducciones**

En las zanjas para conducciones que afecten a la Unidad de *sedimentos cuaternarios* o espesores importantes de *suelos vegetales/tierras de labor o rellenos antrópicos*, se recomienda que se utilicen métodos de contención como *entibaciones*

Recomendaciones generales en el caso de utilización de entibaciones:

- Revisión de los cordones de tensión en caso de estar a la intemperie más de un día y especialmente en circunstancias de heladas o lluvias.
- El acopio del material extraído en la excavación, así como las conducciones a instalar deberán posicionarse con respecto al borde de la excavación al menos la mitad de la profundidad de la zanja en sedimentos muy duros y rocas, y en sedimentos de capacidad portante media/baja al menos a la misma distancia que la profundidad de la zanja, evitando una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos, vuelcos o corrimiento de tierra en el talud realizado.
- Se debe tener en cuenta la sobrecarga de las máquinas que realizan las zanjas, así como las máquinas y camiones que puedan pasar a su alrededor.



2.5. GEOLOGÍA-GEOTECNIA LOCAL-RED DE TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN.

En base a los trabajos realizados (calicatas) y a la geología general se realiza una descripción geológica-geotécnica de los materiales detectados en la zona de la red de tuberías de distribución.

2.5.1. GEOLOGÍA LOCAL.

Según el mapa geológico 1:50.000 (serie Magna) nº658 de Mora, calicatas y ensayos de laboratorio, se exponen las características geológicas de la zona de la red de tuberías de distribución.

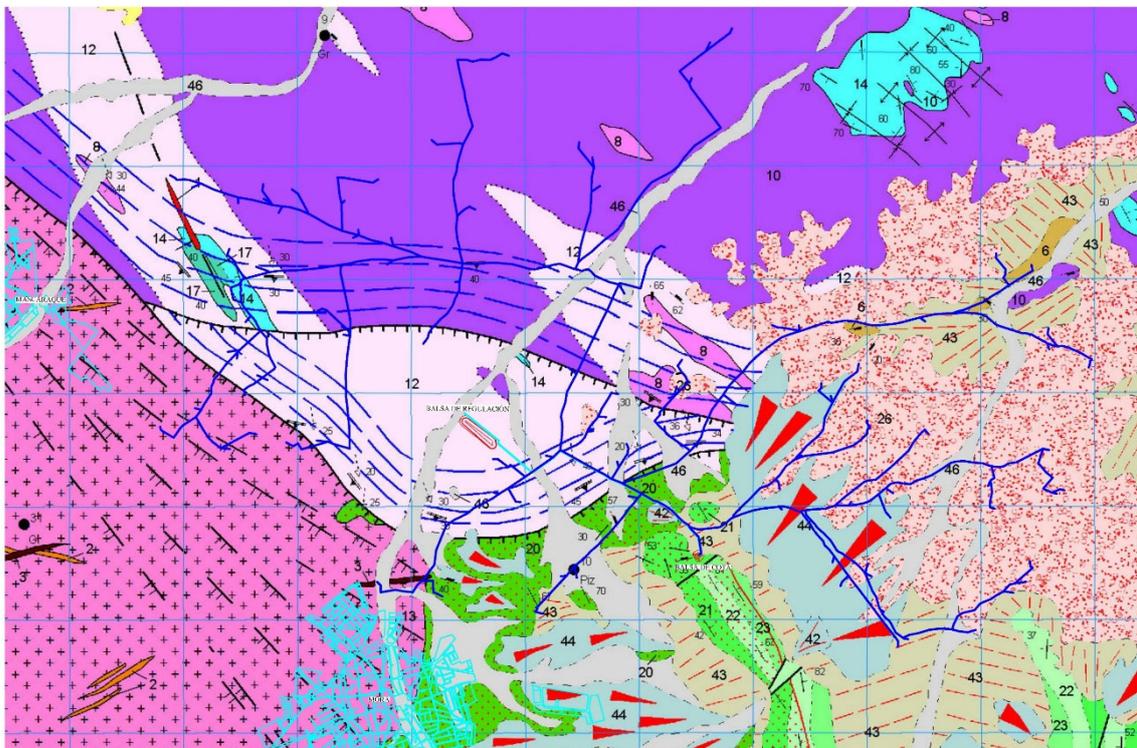


Figura 32. Plano geológico de detalle de la zona de la red de tuberías de distribución.

Los materiales que encontramos en la traza de las tuberías están formados por sedimentos y rocas las cuales se enumeran a continuación:

- Sedimentos Cuaternarios: se atraviesan con la traza varios tipos de sedimentos cuaternarios, desde aluviales, derrubios de ladera, coluviones, terrazas. La composición de dichos materiales es muy variable, desde gravas y arenas hasta limos y arcillas.

- Sedimentos Terciarios: La traza de la tubería atraviesa sedimentos terciarios tipo “Rañas”, constituidos por gravas de cantos de cuarcita en matriz areno-arcillosa o limosa de tonalidades principalmente rojizas con zonas encostradas por carbonatos de tonalidades blanquecinas.
- Rocas Ígneas: monzogranitos de grano medio-grueso que aparecen entre Mora y Mascaraque al SO de la zona de ocupación de las trazas de las tuberías.
- Granitoide y Migmatitas: forman parte del complejo de la Unidad Migmatítica de deformación constituidos principalmente por granitoides y migmatitas en facies oscuras y leucocráticas.
- Mármoles y rocas de silicatos cálcicos: son rocas constituidas por mármoles y rocas de composición carbonática de gran dureza.
- Rocas metamórficas: Destacan las pizarras y cuarcitas de la Serie Púrpura (Ordovícicas) y Pizarras, areniscas, calizas y limonitas (Cámbricas)

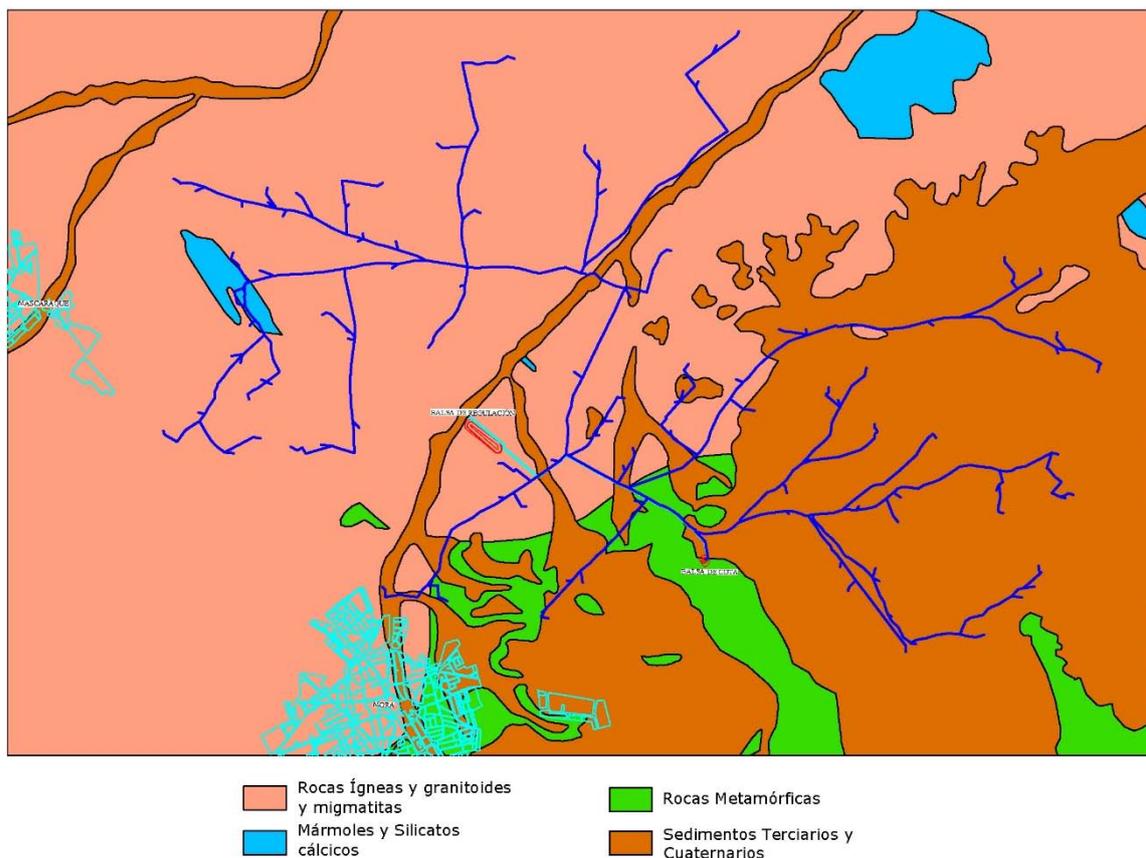


Figura 33. Caracterización de grupos de materiales en la red de tuberías.



Se diferencian en general 4 *grupos de materiales*, 3 conjuntos de rocas y 1 conjunto sedimentario:

- **Rocas Ígneas y granitoides y migmatitas:** se agrupan aquí las zonas de roca tanto ígnea como granitoide. Estas áreas están cubiertas por terrenos vegetales/tierra de labor, sedimentos cuaternarios (glacis) de escaso espesor en general. La parte más superficial del sustrato rocoso está muy meteorizado (jabre) pasando progresivamente al sustrato rocoso sano.
- **Rocas Metamórficas:** Se trata de pizarras con pasadas de cuarcitas y areniscas con algún lentejón de rocas carbonatadas (como calizas). No se atraviesa en ningún tramo de tuberías afloramientos de cuarcita Armoricana, solo tramos de pizarras tanto Cámbricas como Ordovícicas. Suelen estar cubiertas por terreno vegetal o tierra de labor y glacis en unas capas superficiales de escaso espesor, estando la parte de pizarras más superficial meteorizadas y rápidamente en profundidad aparece la roca más sana.
- **Mármoles y rocas de silicatos cálcicos:** Son rocas muy duras de tonalidades blanquecinas, con tonos grises claros a algo verdosas, las cuales se presentan algo estratificadas y suelen estar en estado sano. Pueden estar cubiertas por sedimentos cuaternarios, aunque son comunes los afloramientos rocosos en estos materiales.
- **Sedimentos Cuaternarios y Terciarios:** Ocupan la mitad SO de la imagen anterior, constituidos por sedimentos cuaternarios y terciarios. Las zonas de sedimentos cuaternarios aluviales pueden tener una variación composicional más elevada, desde limos y arcillas a arenas y gravas, dependiendo de la zona y el área fuente. Los materiales más próximos a las elevaciones montañosas presenta una mayor cantidad de cantos de cuarcita y pizarras, desde tamaños métricos a milimétricos. Los sedimentos Terciarios están constituidos por “rañas” (gravas de cuarcita y arena con matriz limo-arcillosa rojizas) con espesores desde submétricos a decenas de metros dependiendo de la zona, pudiendo aparecer encostramientos calcáreos en la unidad.



2.5.2. HIDROGEOLOGÍA LOCAL.

Los materiales que constituyen la zona de estudio son sustratos rocosos de varias composiciones, todos de carácter impermeable cuando presentan grados de meteorización bajos, aumentando en las zonas de fracturas y de mayor índice de meteorización.

Superficialmente estos materiales están cubiertos por suelo vegetal/tierra de labor, sedimentos cuaternarios y terciarios, y posteriormente suelos residuales productos de la meteorización, los cuales presentan unas permeabilidades medias debido a su carácter granular en general.

El techo de la roca sana y los materiales permeables superficiales pueden producir, de forma puntual, zonas de acumulación de agua, especialmente en zonas deprimidas topográficamente.

La red fluvial queda marcada por los arroyos Campo Rey, Prado Redondo y el arroyo que transcurre por la Cañada del Castillo, sobre el cual se ha realizado la calicata C-4. Todos ellos presentan cursos de agua superficial esporádicos.

Durante los trabajos de campo se ha detectado nivel freático en una de las calicatas realizadas, concretamente en una zona de sedimentos aluviales (Arroyo de la Cañada Castillo). En la tabla siguiente se expresa la cota de detección del agua.

Calicata	Nivel Freático (metros)	Fecha de la medida
C-4	2,40	25/06/2021

Tabla 33. Nivel freático en C-4.

Cabe destacar que el nivel freático puede sufrir ascensos y descensos en épocas de lluvia y sequía.

2.5.3. TRABAJOS DE CAMPO.

La campaña de campo diseñada para la zona de la inspección de la red de tuberías de distribución consta de *cuatro (4) calicatas mecánicas*.

La ubicación de los diferentes trabajos realizados ha sido expuesta en el Plano de situación de los trabajos de campo (Anexos).

2.3.3.1 Calicatas Mecánicas

Se han realizado *cuatro (4) calicatas de forma mecánica*, definiendo los espesores de los materiales y apreciar, si lo hubiera, la existencia de nivel freático.



Máquina: Retroexcavadora mixta

Nº de calicatas: Cuatro (4)

Profundidad mínima: 1,90 metros

Profundidad máxima: 3,20 metros

Excavabilidad: Suelos fácilmente excavables a excepción de la roca en profundidad.

Estabilidad: Paredes inestables en los suelos vegetales y estables en rocas meteorizadas.

Nivel freático: No se detecta (solo en C-4 a 2,50 m.)

Figura 34. Calicatas zona de Red de Tuberías.

La situación de las calicatas, así como su descripción estratigráfica pueden consultarse en el plano de situación adjunto (Anexos).

En la calicata C-4, realizada sobre sedimentos cuaternarios aluviales (Arroyo de la Cañada Castillo), se ha encontrado agua a una profundidad de 2,50 m.

La tabla siguiente marca la profundidad de las calicatas excavadas, así como las muestras de saco alteradas tomadas en los diferentes niveles geotécnicos detectados.

Calicata	Profundidad	Nº de muestras de saco
C-4	3,20 metros	3
C-5	2,40 metros	2
C-6	1,90 metros	2
C-7	2,70 metros	2

Tabla 34. Tabla resumen de las calicatas (Red de tuberías).



2.5.4. TRABAJO DE LABORATORIO.

El trabajo de laboratorio de la Red de Tuberías de distribución ha consistido en una serie de ensayos, que pueden agruparse en los apartados descritos en el punto 2.3.4. de este informe.

Con los datos obtenidos se clasifican según la clasificación unificada U.S.C.S, la clasificación H.R.B revisada y adoptada por la A.A.S.H.T.O. como norma M-145, y la clasificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3.

Los ensayos de laboratorio realizados han sido:

9 análisis granulométrico por tamizado UNE 103.101.

9 límites de Atterberg, UNE 103.103 - 103.104.

9 determinaciones de humedad natural UNE 103.300.

5 determinaciones de densidad aparente UNE 103.301.

5 determinación cuantitativa de sulfatos UNE 103.201.

5 determinaciones de sales solubles UNE 103.205.

5 determinación cuantitativa de materia orgánica UNE 103.204.

5 determinaciones cuantitativas de carbonatos UNE 103.200.

5 ensayos de apisonado Próctor Normal UNE 103.500.

Los resultados de estos ensayos aparecen en los resultados de los ensayos de laboratorio (Anexos).

2.5.5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

A partir de la geología de la zona de la red de tuberías y de la experiencia de nuestra empresa en la misma, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación.

Para cada unidad geotécnica considerada se realizará un estudio con el fin de determinar, entre otros, los siguientes aspectos:



- Localización de aparición de la unidad natural en la zona de estudio.
- Estudio de los parámetros geotécnicos para determinar la carga admisible de la unidad de apoyo.
- Estudio de la deformabilidad de los materiales (asientos) que forma el apoyo de los elementos estructurales de cimentación.

A partir de las características estratigráficas, litológicas y geotécnicas, se ha establecido una división en cuatro (4) Unidades Geotécnicas.

2.5.5.1 Sedimentos Cuaternarios y Terciarios.

Esta Unidad geotécnica aparece de forma más abundante en la mitad SE de la zona de la red de tuberías.

Entre ellos destacan los *sedimentos terciarios*, constituidos por “rañas” que son conos de deyección procedentes de los materiales rocosos de las elevaciones paleozoicas de la zona NE. Están constituidos por materiales granulares cercanos a las elevaciones montañosas (gravas y arenas con cantos y matriz limo-arcillosa de tono rojizos) a materiales de carácter más fino al alejarnos de las elevaciones montañosas (arenas, limo y arcillas con cantos). Pueden aparecer niveles encostrados calcáreos que dan tonalidades blanquecinas al conjunto.

Los materiales de *edad cuaternaria* son los procedentes de los conos de deyección, derrubios de ladera, glaciares, aluviales, constituidos por sedimentos desde granulares (arenas y gravas) a sedimentos finos (limos y arcillas).

A continuación, se presenta una tabla con el espesor detectado en las calicatas:

Calicatas	Profundidad m	Espesor m	Tipo
Calicata C-4	0,00-3,20	3,20	Sed. Cuat. Aluvial
Calicata C-5	0,00-1,80	1,80	Sed. Terc. Raña
Calicata C-6	0,00-0,30	0,30	Terreno vegetal
Calicata C-7	0,00-0,60	0,60	Terreno vegetal

Tabla 35. Espesores de los sedimentos de la red de tuberías en las calicatas.



Los materiales correspondientes a esta unidad podrán ser excavados mediante medios mecánicos tradicionales (máquinas excavadoras), presentando una estabilidad de las paredes de excavación bajas a medias.

La clasificación PG-3 para la excavabilidad de estos materiales es del tipo de “Excavación en Tierra”.

Excavabilidad	Fácil (suelos excavables) Tipo de Excavación (PG-3): Tierra.
Estabilidad frente a la excavación	Baja a Media
Tensión admisible asociada	< 1,0 – 2,5 kp/cm ²
Aptitud para préstamos	Tolerable-Adecuados
Aptitud para explanada / Capacidad portante	Tolerable/Media-Alta
<i>Aptitud como cimiento de terraplén</i>	<i>Tolerable</i>

Tabla 36. Características geotécnicas de los sedimentos de la red de tuberías.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* por lo que son susceptibles de captar las aguas de lluvias o de recoger aquellas de zonas más elevadas. En los niveles donde la proporción de finos aumenta, el carácter permeable disminuye.

- Tramos granulares: Coeficiente de permeabilidad **K** = 10⁻² - 10⁻⁵ m/s.
- Tramos de sedimentos finos: Coeficiente de permeabilidad **K** = 10⁻⁵ - 10⁻⁹ m/s.

Se han ensayado *cinco (5) muestras*:

- Muestra alterada de la calicata C-4, tomada a una profundidad de 0,70-1,80 m. (muestra **S-19-06-21**) _sedimentos Cuaternarios-Aluvial.
- Muestra alterada de la calicata C-4, tomada a una profundidad de 1,80-2,60 m. (muestra **S-25-06-21**) _sedimentos Cuaternarios-Aluvial.

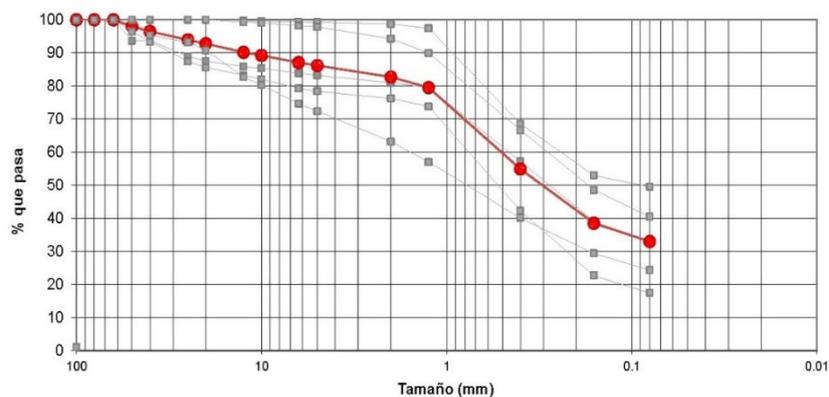


- Muestra alterada de la calicata C-4, tomada a una profundidad de 02,60-3,20 m. (muestra **S-20-06-21**) _sedimentos Cuaternarios-Aluvial.
- Muestra alterada de la calicata C-5, tomada a una profundidad de 1,00-1,50 m. (muestra **S-21-06-21**) _Sedimentos Terciarios-Raña.
- Muestra alterada de la calicata C-5, tomada a una profundidad de 1,50-1,80 m. (muestra **S-22-06-21**) _Sedimentos Terciarios-Raña (con carbonatos).
- **Granulometría y Clasificación.**

Los ensayos realizados en las muestras alteradas determinan una textura granulométrica formada por un 0,0-14,5% de grava gruesa, un 0,7-66,3% de grava media, un 0,6-13,4% de fracción tamaño gravilla, un 1,3-6,2% de fracción tamaño arena gruesa, un 27,7-51,2% de fracción tamaño arena media, un 3,4-8,1% de fracción arena fina y un 17,4-49,5 % de finos de naturaleza fundamentalmente arcillosa y limosa de plasticidad baja.

Estos suelos se clasifican como arena mal graduada con arcilla y limo, tipo **SC y SM**, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Clasificándose, como suelos arenosos con fragmentos de roca de tipo **A-6 y A-2-4**, según la clasificación A.A.S.H.T.O.



Tamices UNE	Sedimentos	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	S-19-06-21	100	100	100	94	94	89	87	86	85	84	83.1	81.0	79.5	57.1	38.9	33.1
% pasa	S-25-06-21	100	100	100	96	93	87	86	83	82	79	78	76.2	73.8	42.2	22.6	17.4
% pasa	S-20-06-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	97.4	68.5	52.9	49.5
% pasa	S-21-06-21	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	98	94.3	89.9	66.6	48.5	40.4
% pasa	S-22-06-21	100	100	100	100	95	93	91	83	80	75	72	63	56.9	40.1	29.3	24.3
	MEDIA	100	100	100	98	96	94	93	90	89	87	86	82.7	79.5	54.9	38.4	32.9

Figura 35. Curva granulométrica media (rojo) de los sedimentos, Red de Tuberías.



- **Plasticidad.**

Los suelos expansivos son generalmente suelos arcillosos preconsolidados con apreciables cambios de volumen por variaciones de humedad. Los efectos son más importantes en climas secos y áridos.

Los Límites de Atterberg de la muestra ensayada se exponen en el cuadro siguiente.

Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 y 103.104/93)			
Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
S-19-06-21	25,6	16,1	9,4
S-25-06-21	24,7	17,8	7,0
S-20-06-21	37,1	24,2	12,8
S-21-06-21	32,0	17,5	14,4
S-22-06-21	33,1	24,1	9,0

Tabla 37. Valores de Plasticidad. Sedimentos en red de tuberías.

- **Ensayos de estado (humedad y densidad).**

Los ensayos de estado realizados sobre las muestras inalteradas proporcionan unos resultados los cuales exponemos en la siguiente tabla:

Ensayos de estado: Humedad (UNE 103.300/93) y densidad (UNE 103.301/94)			
Muestra	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad húmeda (g/cm³)
S-19-06-21	6,65	1,64	1,78
S-25-06-21	13,88	-	-
S-20-06-21	24,47	-	-
S-21-06-21	8,38	-	-



Ensayos de estado: Humedad (UNE 103.300/93) y densidad (UNE 103.301/94)			
Muestra	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Densidad húmeda (g/cm ³)
S-22-06-21	5,50	1,70	1,79

Tabla 38. Valores de humedad y densidad. Sedimentos en red de tuberías.

- **Componentes secundarios.**

En los análisis químicos efectuados no se han detectado concentraciones importantes de sulfatos, por lo que **no** será necesaria la utilización de aditivos sulforresistentes en los hormigones de la cimentación.

- **Compactabilidad Próctor Normal:**

- W óptima = 10,80-11,81 %.
- Densidad máxima = 1,92-1,94 t/m³.

- **Parámetros geotécnicos (Promedio).**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales, según los resultados obtenidos en el laboratorio, así como la bibliografía consultada y en estudios anteriores realizados por nuestra empresa en la zona, son:

- Cohesión **c** = 0,0-0,20 kg/cm².
- Ángulo de rozamiento **φ** = 20-35°.
- Densidad seca **δ** = 1,64-1,70 t/m³.
- Densidad húmeda **δ** = 1,78-1,79 t/m³.
- Módulo de deformación **E** = <80-450 kp/cm².
- Coeficiente de Balasto **K₃₀** = 8-20 MN/m³ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson **v** = 0,30-0,35.



2.5.5.2 Rocas Ígneas, Granitoides y Migmatitas.

Las rocas que aparecen en la red de tuberías están formadas por materiales ígneos y migmatitas de la Banda Milonítica.

Estos materiales suelen presentar en esta zona afloramientos rocosos muy escasos y dispersos. La gran mayoría están altamente meteorizados en los primeros metros. Suelen estar cubiertos por el conjunto de sedimentos cuaternarios, terciarios y suelos vegetales.

Presentan superficies planas y alomadas de pendientes suaves, marcándose netamente la red de drenaje superficial.

Al hablar del sustrato rocoso se debe tener en cuenta el grado de fracturación, desintegración y decoloración de la roca en sus primeros tramos. De esta forma hablaremos de varios niveles dentro del conjunto de Unidades Ígneas y Granitoides y Migmatitas.

En la Figura nº13 de este informe, se representa un modelo teórico de los niveles desarrollados y/o encontrados en ambientes rocosos de tipo metamórfico e intrusivo (ígneo).

Para poder entender el grado de meteorización encontrado en la zona en los diferentes puntos investigados debemos referirnos a la clasificación propuesta según la ISRM como se presenta en la figura nº14 del informe.

A continuación, pasamos a definir las características geotécnicas de cada estado del sustrato rocoso.

Roca meteorizada (jabre).

Es el estado de mayor meteorización del sustrato rocoso, concretamente en grado VI y V donde la roca está totalmente descompuesta en suelo o suelos con fragmentos de roca.

Son arenas limosas grisáceas a blanquecinas con fragmentos de la roca madre.

Se trata un nivel de alteración y descomposición de la roca madre que a medida que se profundiza se hace más compacto (arenas gruesas y fragmentos de roca) hasta que alcanza el nivel de roca prácticamente sana (rechazo de los ensayos de penetración).

En la imagen siguiente se puede ver un talud de excavación en este tipo de materiales donde se observa una buena estabilidad de los taludes en los materiales de jabre donde aún se observa la fábrica original de la roca madre.



Figura 36. Imagen de talud de jabre sobre traza de red de tuberías (cerca de la calicata C-6)

Este nivel presenta una muy buena estabilidad en el talud. La excavabilidad en este terreno es dificultosa a medida que se alcanza mayor profundidad.

La clasificación PG-3 para la excavabilidad de estos materiales es del tipo de “Excavación en Tierra”.

Excavabilidad	Fácil (suelos excavables) siendo dificultosa con la profundidad. Tipo de Excavación (PG-3): Tierra.
<i>Estabilidad frente a la excavación</i>	<i>Buena a Muy Buena</i>
<i>Tensión admisible asociada</i>	<i>2,0 - 4,0 kp/cm²</i>
<i>Aptitud para préstamos</i>	<i>Tolerable-Seleccionado</i>
<i>Aptitud para explanada / Capacidad portante</i>	<i>Tolerable/Alta</i>
<i>Aptitud como cimiento de terraplén</i>	<i>Tolerable</i>

Tabla 39. Características geotécnicas de las rocas Ígneas, Granitoide y Migmatitas meteorizadas de la red de tuberías.



El contacto entre este material y la roca sana es irregular y gradual, por lo que no se puede definir una cota de afloramiento de la roca sana para toda la superficie de actuación.

El espesor detectado en las calicatas se especifica en la siguiente tabla:

Calicatas	Profundidad (metros)	Espesor
Calicata C-4	-	-
Calicata C-5	1,80-2,40	0,60 metros
Calicata C-6	0,30-1,90	1,60 metros
Calicata C-7	0,60-2,70	2,10 metros

Tabla 40. Espesores detectados en rocas ígneas y granitoide y migmatitas meteorizados (jabre).

El límite de esta unidad en las calicatas realizadas queda marcado por la dificultad de excavación que presenta, marcando el techo del granitoide menos meteorizado cuando se detectan resistencia a la excavación (asumiendo granitoides en G.M. V-IV a partir de ese momento).

Se han ensayado *cuatro (4) muestras* representativas de estos niveles que se corresponde con:

- Muestra alterada de la calicata C-6, tomada a una profundidad de 0,80-1,20 m. (muestra **S-23-06-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-6, tomada a una profundidad de 1,50-1,80 m. (muestra **S-29-06-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-7, tomada a una profundidad de 1,00-1,50 m. (muestra **S-30-06-21**).
- Muestra alterada de la calicata C-7, tomada a una profundidad de 2,00-2,50 m. (muestra **S-24-06-21**).
- **Granulometría y Clasificación.**

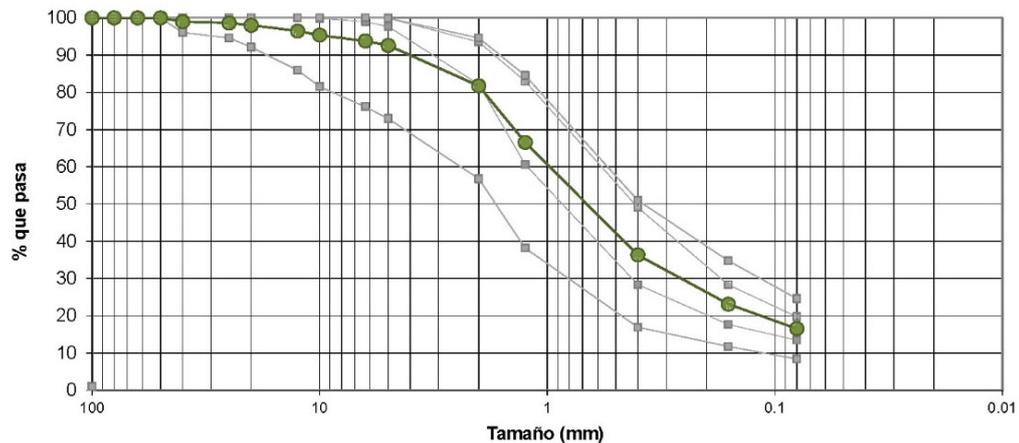
Los ensayos realizados en las muestras alteradas e inalteradas determinan una textura granulométrica formada por un 0,0-7,9% de grava gruesa, un 0,0-16,0% de grava media, un 5,4-19,4% de fracción tamaño gravilla, un 10,1-21,5% de fracción tamaño arena



gruesa, un 26,5-54,6% de fracción tamaño arena media, un 3,3-10,2% de fracción arena fina y un 8,4-24,7% de finos de naturaleza fundamentalmente limosa de plasticidad nula.

Estos suelos se clasifican como arena mal graduada con limo y arcilla, tipo **SM, SC y SW-SM**, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Clasificándose, como suelos arenosos con fragmentos de roca de tipo **A-1-b y A-2-4**, según la clasificación A.A.S.H.T.O.



Tamices UNE	IV	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	S-23-06-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	82	60.7	28.4	17.7	13.5
% pasa	S-29-06-21	100	100	100	100	96	95	92	86	82	76	73	57	38.2	16.9	11.8	8.4
% pasa	S-30-06-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	84.6	51.1	34.8	24.7
% pasa	S-24-06-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	83.0	49.1	28.4	19.8
	MEDIA	100	100	100	100	99	99	98	96	95	94	93	82	67	36	23	17

Figura 37. Curva granulométrica media (verde) del jabre, Red de tuberías.

- **Plasticidad.**

Los suelos expansivos son generalmente suelos arcillosos preconsolidados con apreciables cambios de volumen por variaciones de humedad. Los efectos son más importantes en climas secos y áridos.

Los Límites de Atterberg de la muestra ensayada se exponen en el cuadro siguiente.



Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 y 103.104/93)			
Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
S-23-06-21	35,0	27,2	7,8
S-29-06-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico
S-30-06-21	23,8	13,8	10,0
S-24-06-21	No Plástico	No Plástico	No Plástico

Tabla 41. Valores de Plasticidad. Granitoides meteorizados (jabre) en red de tuberías.

- **Ensayos de estado (humedad y densidad).**

Los ensayos de estado realizados sobre las muestras inalteradas proporcionan unos resultados los cuales exponemos en la siguiente tabla:

Ensayos de estado: Humedad (UNE 103.300/93) y densidad (UNE 103.301/94)			
Muestra	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad húmeda (g/cm³)
S-23-06-21	5,75	1,78	1,89
S-29-06-21	7,59	1,82	1,96
S-30-06-21	9,46	-	-
S-24-06-21	8,63	1,71	1,86

Tabla 42. Valores de humedad y densidad. Granitoides meteorizados (jabre) en red de tuberías.

- **Componentes secundarios.**

En los análisis químicos efectuados no se han detectado concentraciones importantes de sulfatos, por lo que **no** será necesaria la utilización de aditivos sulforresistentes.



- **Compactabilidad Próctor Normal:**

- W óptima = 8,94-15,31 %.
- Densidad máxima = 1,79-2,00 t/m³.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* debido a su textura granular.

- Coeficiente de permeabilidad **K** = 10⁻⁵ - 10⁻² m/s.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales, según los resultados obtenidos en el laboratorio, así como la bibliografía consultada y comparándolo con estudios anteriores realizados por nuestra empresa en la zona, son:

- Cohesión **c** = 0,10-0,30 kg/cm².
- Ángulo de rozamiento **φ** = 33°-38°.
- Densidad seca **δ** = 1,71-1,82 t/m³.
- Densidad húmeda **δ** = 1,86-1,96 t/m³.
- Módulo de deformación **E** = 440-640 kp/cm².
- Coeficiente de Balasto **K₃₀** = 12-30 MN/m³ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson **v** = 0,25-0,28.

Granitoide y Migmatitas sanas/menos meteorizadas. Roca.

El contacto entre roca meteorizada y roca sana es irregular y gradual, y en la zona de la red de tuberías de distribución se han detectado afloramientos rocosos de roca sana en superficie de forma muy dispersa como se puede ver en la imagen siguiente.



Figura 38. Afloramientos rocosos junto a San Marcos en el Arroyo Prado Redondo (Mora) sobre traza de red de tuberías.

El sustrato rocoso estaría constituido por materiales ígneos deformados (granitoides y migmatitas) de gran dureza y continuidad. Este material se caracteriza por ser una unidad muy compacta, siendo la excavación muy dificultosa.

Tomamos como referencia la poca excavabilidad de estos materiales la máquina excavadora para continuar con la excavación.

Con respecto al granitoide alterado, estos materiales en profundidad van recuperando sus propiedades originales, tanto en el color (disminuye la decoloración) como en la textura y e integridad de la roca original.

El grado de meteorización es mucho menor, no se observa decoloración o si la hay es mínima, ni descomposición del macizo.

El sustrato rocoso en estados más sanos aparece como una unidad que mantiene la estructura original observándose planos de fractura de tonalidad rojiza (decoloración: oxidación de los minerales ferrosos que componen la roca), así como rellenos de arcilla, con tramos en los que se la roca no muestra ningún signo de alteración, presentando un *grado de meteorización II*.



La clasificación PG-3 para la excavabilidad de estos materiales es del tipo de “Excavación en Transito”, debido a que el grado de meteorización en general está comprendido de forma general entre valores de G.M. III-V.

Excavabilidad	Difícil a muy difícil. Ripable a media ripabilidad en profundidad. Tipo de Excavación (PG-3): Transito.
Estabilidad frente a la excavación	Muy Buena.
Tensión admisible asociada	Variable entre 3,0 - 5,0 kp/cm ²

Tabla 43. Características del granitoide menos meteorizado en la red de tuberías.

Existen valores normativos para las presiones admisibles de los distintos tipos de rocas, como se apunta en la tabla siguiente, que como se puede observar, la roca constituye un excelente terreno para cimentar sobre ella.

En el caso de los granitoides y granitos existentes en la zona, al tratarse de un macizo rocoso cristalino con evidencias de alteración, la resistencia teórica según este cuadro es de **15 kp/cm²**.

El espesor detectado en algunas de las calicatas se especifica en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el límite de excavación de las calicatas fue el contacto entre la roca muy meteorizada y la roca menos meteorizada por lo que no se presenta un espesor determinado en la tabla, si no un límite de detección.

Calicatas	Profundidad m
Calicata C-4	No se detecta
Calicata C-5	>2,40
Calicata C-6	>1,90



Calicatas	Profundidad m
Calicata C-7	>2,70

Tabla 44. Espesores de los granitoides y migmatitas menos meteorizados en la red de tuberías.

- **Permeabilidad.**

En el entorno geológico local los materiales que aparecen en la zona de estudio son de carácter *impermeable*. La circulación de aguas sólo se hace posible a través de la fracturación que presenta y de aquellos niveles de mayor alteración cuya desintegración hagan comportarse a la roca como un suelo granular de arenas y cantos.

- Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-14} - 10^{-15}$ m/s.

- **Parámetros geotécnicos teóricos.**

Los parámetros teóricos geotécnicos del sustrato gnésico son:

- Cohesión $c \approx 80-350$ kg/cm².
- Ángulo de rozamiento $\phi \approx 45^\circ-58^\circ$.
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,22$.
- Módulo de elasticidad $E = 300.000-800.000$ kp/cm².
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 300-5000$ MN/m³ (Rocas alteradas/sanas).
- $Q_u > 5$ kg/cm².

2.3.5.3 Rocas Metamórficas.

Las rocas que se encuentran en esta zona de la red de tuberías de distribución son rocas metamórficas, concretamente son pizarras con pasadas de cuarcitas muy dispersas.

Estos materiales suelen estar cubiertos por suelos vegetales de espesores submétricos y en ocasiones por sedimentos Cuaternarios y /o Terciarios desde espesores submétricos a métricos, muy irregulares, cubriendo *paleorelieves* realizados por la red de drenaje superficial antigua.

Aparecen en las zonas de las inmediaciones a Mora, al SE de la zona de la red de tuberías. Estas zonas presentan pendientes suaves y onduladas.



Pizarras alteradas. Roca meteorizada.

Es el estado de mayor meteorización del sustrato rocoso metamórfico, pasando desde superficialmente un suelo areno-limosos y arcilloso con algún fragmento de pizarras a abundantes fragmentos de pizarra centimétricos con matriz arenosa-limosa. Este paso es muy irregular, encontrándose zonas donde el desarrollo de este primer nivel de suelo presenta espesores métricos a no detectándose en otras zonas, pasando directamente a la roca más sana (pizarras).

Son arenas limosas y/o arcillosas de tonalidades desde marrones claras a rojizas con fragmentos de la roca madre (pizarras y cuarcitas). Estos materiales no aparecen en las calicatas realizadas en la red de tuberías, pero si en las inmediaciones de la Balsa de Cota.

El grado de meteorización de la roca se debe principalmente a procesos químicos que han desintegrado la roca manteniendo la fábrica original.

Este nivel presenta una muy buena/media estabilidad en el talud. La excavabilidad en este terreno es dificultosa a medida que se alcanza mayor profundidad.

Excavabilidad	Fácil-Media (suelos excavables) siendo dificultosa con la profundidad. Tipo de Excavación (PG-3): Tierra.
Estabilidad frente a la excavación	Muy Buena a Media
Tensión admisible asociada	1,5 - 3,0 kp/cm ²
Aptitud para préstamos	Adecuados
Aptitud para explanada / Capacidad portante	Adecuado/Alta
Aptitud como cimiento de terraplén	Adecuado

Tabla 45. Características geotécnicas de las Pizarras Meteorizadas.

El contacto entre este material y la roca sana es gradual, por lo que no se puede definir puntualmente una cota de afloramiento de la roca sana para toda la superficie de actuación.



- **Componentes secundarios.**

En los análisis químicos efectuados no se han detectado concentraciones importantes de sulfatos, por lo que **no** será necesaria la utilización de aditivos sulforresistentes.

- **Permeabilidad.**

Son unos materiales considerados *permeables* debido a su textura granular.

- Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-5} - 10^{-2}$ m/s.

- **Parámetros geotécnicos.**

Los parámetros geotécnicos de estos materiales, según los resultados de laboratorio, así como la bibliografía consultada y estudios anteriores realizados por nuestra empresa son:

- Cohesión $c = 0,05-0,20$ kg/cm².
- Ángulo de rozamiento $\phi = 33^{\circ}-38^{\circ}$.
- Densidad seca $\delta = 1,60-1,90$ t/m³.
- Densidad húmeda $\delta = 1,90-2,10$ t/m³.
- Módulo de deformación $E = 380-740$ kp/cm².
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 120-300$ MN/m³ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,30$.

Pizarras sanas/menos meteorizadas. Roca.

El contacto entre roca meteorizada y roca sana es muy irregular, aflorando incluso rocas en algunas zonas.

El sustrato rocoso estaría constituido por materiales metamórficos muy deformados (pizarras) de gran dureza y continuidad. Este material se caracteriza por ser una unidad muy compacta, siendo la excavación dificultosa, aunque al presentar esquistosidad, las rocas de esta unidad pueden ser ripables aún en su estado más sano, mediante el uso de maquinarias de tamaños medios y mayores.

El sustrato rocoso en estados más sanos aparece como una unidad que mantiene la estructura original observándose planos de fractura de tonalidad con óxidos y rellenos de



arcillas, limos y cantos, con tramos en los que se la roca no muestra ningún signo de alteración.

Tomamos como referencia la perforación realizada en el sondeo de la balsa de cota de hasta 15 m. para definir unas características geotécnicas similares para toda la zona de estudio.

<i>Excavabilidad</i>	Difícil a muy difícil. Ripable a media ripabilidad en profundidad. <i>Tipo de Excavación (PG-3): Transito.</i>
<i>Estabilidad frente a la excavación</i>	Muy Buena.
<i>Tensión admisible asociada</i>	Variable entre 3,0 - 5,0 kp/cm ²

Tabla 46. Características de las pizarras sanas en la red de tuberías.

Existen valores normativos para las presiones admisibles de los distintos tipos de rocas. La roca constituye un excelente terreno para cimentar sobre ella.

En el caso de las pizarras, al tratarse de un macizo rocoso metamórfico con evidencias de alteración y presencia de planos de estratificación/pizarrosidad, la resistencia teórica según este cuadro es de **10 kp/cm²**.

No se han realizado ensayos de campo sobre estos materiales en la red de tuberías de, por lo que se usan los valores estimados y calculados en la zona de la Balsa de Cota.

- **Permeabilidad.**

Estos materiales son de carácter *impermeable*. La circulación de aguas sólo se hace posible a través de la fracturación que presenta y planos de pizarrosidad.

- Coeficiente de permeabilidad $K = 10^{-10} - 10^{-15}$ m/s.

- **Parámetros geotécnicos teóricos.**

Los parámetros teóricos geotécnicos del sustrato gnéisico son:



- Cohesión $c \approx 40-330 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento $\phi \approx 36^\circ-48^\circ$.
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,14-0,20$.
- Módulo de elasticidad $E = 25.000-250.000 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = 30-500 \text{ kp/cm}^3$ (Rocas alteradas/sanas)
- $Q_u > 10 \text{ kg/cm}^2$ (estimado).

4.3.5.4 Mármoles y Rocas de Silicatos Cálculos.

Estos materiales aparecen de forma dispersa incluidos en los granitoide y migmatitas deformados. Debido a su dureza se encuentran enclaves que constituyen resaltes orográficos.

En la red de tuberías solo afecta a un pequeño tramo en los afloramientos de mármoles que se encuentran al E de Mascaraque, en el cerro situado a 2 km del núcleo de población.



Figura 39. Afloramientos de Mármoles en Mascaraque, red de tuberías.

Esta litología está compuesta principalmente por mármoles y rocas de silicatos cálcicos de tonalidades grises clara, blanquecinas y tonos verdosos. Presentan unas direcciones de estratificación NO-Se y unos buzamientos suaves entorno a 14° . Son rocas muy duras y sanas, cubiertas por sedimentos cuaternarios tipo glacia.



Esta unidad no se ha detectado en ninguna de las calicatas realizadas, solo en la calicata C-7 como inclusiones centimétricas dentro de los granitoides, justo en la zona de contacto de los granitoides y los mármoles. En esta calicata los jabres de descomposición del granitoide incluían niveles de mármoles muy duros y con dificultad para romperlos con la retroexcavadora, lo que da una idea de la consistencia y baja ripabilidad de estos materiales.

Son materiales que presentan gran dificultad a la excavación, siendo necesaria la utilización de medios auxiliares como martillos neumáticos. Las paredes suelen ser estables a metaestables.

A continuación, se muestra una tabla resumen de las propiedades de estos materiales.

Excavabilidad	Difícil. Ripabilidad baja a no ripable. Tipo de Excavación (PG-3): Roca.
Estabilidad frente a la excavación	Muy Buena.
Tensión admisible asociada	Variable entre 5,0 - 10,0 kp/cm ²

Tabla 47. Propiedades geotécnicas de los mármoles de la red de tuberías.

- **Permeabilidad.**

Son materiales considerados *impermeables* por lo que no son susceptibles de captar las aguas de lluvias o de recoger aquellas de zonas más elevadas. La permeabilidad en estos materiales se relaciona con zona fracturadas, fisuradas o alteradas de la roca.

- Coeficiente de permeabilidad $K = < 10^{-9}$ m/s.

- **Componentes secundarios.**

Sulfatos: En estos materiales no es común la presencia de concentraciones apreciables de sulfatos.



- **Parámetros geotécnicos teóricos.**

Los parámetros geotécnicos teóricos de estos materiales, según la bibliografía consultada y comparándolo con estudios anteriores realizados por nuestra empresa en la zona, son:

- Densidad seca $\delta = 1,70-2,00 \text{ t/m}^3$.
- Módulo de deformación $E = >150.000 \text{ kp/cm}^2$.
- Coeficiente de Balasto $K_{30} = >5.000 \text{ MN/m}^3$ (placa 0,30 x 0,30 m).
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,08-0,20$.
- $Q_u > 50 \text{ kg/cm}^2$.

2.5.6. EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD.

2.5.6.1 Introducción

Según información facilitada, se pretende realizar una excavación máx. de 2-2,5 m.

La elección del método de excavación debe tener en cuenta la excavabilidad de los materiales, la estabilidad de las paredes de la excavación y la estabilidad de los elementos actuales.

A continuación, se resumen los grados de excavabilidad y estabilidad de las paredes de los materiales que pueden aparecer en las zonas.

Grupo de Materiales	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3
<i>Sedimentos Cuaternarios y Terc. Suelos vegetales</i>	<i>Muy Buena a buena. Algo dificultosa en zonas encontradas</i>	<i>Media (mala en los suelos veg.)</i>	<i>Tierra</i>



Grupo de Materiales	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3
<i>R. Ígneas Granitoides y Migmatitas</i>	Buena (rocas meteorizadas) a Baja en profundidad (Rocas sanas)	<i>Buena/Muy buena</i>	<i>Tierra/Tránsito</i>
<i>R. Metamórficas</i>	Buena (rocas meteorizadas) a Baja en profundidad (Rocas sanas)	<i>Muy Buena a Buena</i>	<i>Tierra/Tránsito</i>
<i>Mármoles y R. de silicatos cálcicos</i>	Baja (no ripable/ripabilidad muy baja)	<i>Buena a Muy Buena</i>	<i>Roca</i>

Tabla 48. Resumen excavabilidad y estabilidad de los principales materiales de la zona de red de tuberías.

2.5.6.2 Análisis de Estabilidad

En los taludes o en las paredes de excavación en suelos incoherentes, las roturas se pueden producir a través de su masa. Si son rellenos, suelos vegetales o tierra de labor, la superficie de deslizamiento se puede asemejar a la cara cóncava de una concha, de modo que, en perfil paralelo a la dirección del movimiento, la sección de esta superficie es circular.

Por tanto, habrá que prestar especial atención al terreno superficial poco competente (suelo vegetal y tierra de labor), por ser susceptibles de provocar derrumbes en la excavación, por la incoherencia de estos niveles. Estos materiales según los trabajos realizados (calicatas) presentan espesores de hasta 0,60 m.

Habrà que prestar atención al nivel freático el cual se ha detectado a una profundidad de 2,50 m. en la calicata C-4 realizada sobre sedimentos cuaternarios-aluvial, pues puede producir derrumbes de las paredes de excavación, pudiendo ser necesaria la utilización de



otros métodos como bombeo de agua o impermeabilizaciones y elementos de contención (entibaciones).

2.5.6.3 Excavación y Excavabilidad

En cuanto a la excavabilidad, hasta llegar al terreno natural, los suelos encontrados están formados por el suelo vegetal y tierra de labor superficial, que son de fácil ripabilidad.

De igual forma, los *sedimentos naturales (sedimentos cuaternarios y terciarios, así como rocas meteorizadas)* serán **fácilmente excavables** y/o **ripables**.

El sustrato rocoso irá perdiendo grado de meteorización al profundizar la excavación, por lo que según se profundice será más difícil la excavación (**excavabilidad media a muy baja**), paso que, al ser progresivo y no neto, es difícil de marcar una profundidad para toda la zona de excavación.

2.5.6.4 Estabilidad de taludes.

Para el zanjeado de la red de tuberías se van a realizar unas excavaciones de 2-2,5 m. como máximo según los datos suministrados por el cliente.

En el análisis de la estabilidad de taludes se puede distinguir de forma genérica entre análisis basados en el método de equilibrio límite y análisis numéricos basados en el método de los elementos finitos (o diferencias finitas). De estos dos tipos de análisis, el primero es el que de forma general se ha venido empleando en el análisis de inestabilidades superficiales y es el que se ha empleado en este informe.

En el apartado de *estabilidad de taludes de las zanjas para las tuberías de distribución* se puede consultar la descripción del método empleado.

Se ha efectuado el cálculo para alturas de talud de 2,5 m. (las máximas de proyecto para las zanjas de tuberías) con unas pendientes variables según los diferentes tipos de materiales.

Hemos considerado taludes estables cuyo factor de seguridad sea **F.S. ≥ 1.5** .

De forma teórica se ha considerado un perfil estimado de excavación de los taludes de una primera capa de 0,30 m. de terreno vegetal/tierra de labor, y posteriormente rocas meteorizadas (Ígneas/granitoides (jabre) y pizarras meteorizadas), y sedimentos Cuaternarios y Terciarios.



A continuación, se muestran los taludes recomendados para los diferentes materiales que puedan aparecer en la zona de estudio para las zanjas de las tuberías de distribución de aguas de riego.

- **Suelo vegetal:** talud estimado **2H:1V**
- **Sedimentos Cuaternarios Aluvial:** talud estimado **3H:2V – 2H:1V** (pudiendo ser inferior si se detecta nivel freático)
- **Sedimentos Cuaternarios Coluvión/glacis/derrubios de ladera:** talud estimado **1H:3V**
- **Sedimentos Terciarios (rañas):** talud estimado **1H:3V – 2H:3V**
- **Pizarra meteorizada:** talud estimado **1H:3V – 2H:3V-vertical**
- **Pizarras sanas:** talud estimado **1H:5V-vertical**
- **Granitoides y migmatitas/rocas ígneas meteorizadas (jabre):** talud estimado **1H:3V – 1H:5V - vertical**
- **Granitoides y migmatitas/rocas ígneas sanas:** talud estimado **1H:5V-vertical**
- **Mármoles:** talud estimado **1H:5V-vertical**

2.5.7. CONCLUSIONES.

Se exponen las características generales en la zona de la Red de Tuberías, los trabajos realizados, los ensayos y los parámetros geotécnicos para el diseño de la excavación y los posibles terraplenes.

- **Tipo de construcción en el entorno de la Red de Tuberías:**
 - Zanjas de la red de tuberías.
- **Excavación:**
 - Zanjas de red de tuberías: según la información suministrada al menos será entre 2-2,5 m por lo que quedarán retiradas las unidades de suelos vegetal/tierra de labor.
- **Terraplén:**
 - Se desconoce si se proyectan terraplenes para las zanjas de las tuberías a excepción del material extraído de la zanja, el cual se puede acopiar a una



distancia de al menos la mitad de la profundidad, o la misma distancia que la profundidad en suelos medios/blandos.

- **Consideraciones generales:**

Según las características del proyecto en las zanjas para la red de tuberías se van a realizar *excavaciones* de hasta 2,5 m. de profundidad.

La tubería deberá quedar apoyada sobre sedimentos naturales competentes, eliminando, o sustituyendo el material de rellenos/suelo vegetal/terro de labor.

En la zona de *sedimentos cuaternarios-aluvial* encontramos una variedad de material, como es el caso de la calicata C-4. En estas zonas existen niveles de arenas sueltas con cantos de bajas estabildades de las paredes de excavación y otras de materiales cohesivos, que junto con la aparición de posibles niveles freáticos generan zonas difícilmente generalizables. Estas zonas presentan en general cargas admisibles bajas y grandes asentamientos asociados, por lo que se recomienda sustituir parte del material natural por zahorras compactadas antes de apoyar la tubería.

Se ha detectado *nivel freático* en la calicata C-4, a una cota de 2,5 m. El nivel freático puede sufrir variaciones en épocas de lluvia o sequía.

La clasificación según el **PG-3**, de los niveles de *suelo vegetal y tierra de labor* es de **Inadecuados**. Los niveles de sedimentos cuaternarios presentan una clasificación de **Tolerables** con posibles zonas de **Inadecuados** (especialmente en aluviales).

Los niveles de *roca meteorizada* son suelos **Tolerables/Adecuados/Seleccionados**. La unidad inferior de *sustrato rocoso sano* se estima una clasificación PG-3 de **Tolerable/Adecuado**.

Los terrenos encontrados en la investigación del presente estudio **no contienen sulfatos solubles en proporciones agresivas**.

Se recomienda, si se realiza algún tipo de hormigonado, sea de manera inmediata a la excavación, para evitar los cambios de humedad en el terreno y el desprendimiento de cuñas o lajas por desecación de las paredes.



- **Taludes Recomendados:**

Para las excavaciones se han calculado los taludes recomendados para los diferentes materiales:

- **Suelo vegetal:** talud estimado **2H:1V**
- **Sedimentos Cuaternarios Aluvial:** talud estimado **2H:1V – 3H:2V** (pudiendo ser inferior si se detecta nivel freático)
- **Sedimentos Cuaternarios Coluvión/glacis/derrubios de ladera:** talud estimado **1H:3V**
- **Sedimentos Terciarios (rañas):** talud estimado **1H:3V – 2H:3V**
- **Pizarra meteorizada:** talud estimado **1H:3V – 2H:3V - vertical**
- **Pizarras sanas:** talud estimado **1H:5V-vertical**
- **Granitoides y migmatitas/rocas ígneas meteorizadas (jabre):** talud estimado **1H:3V – 1H:5V - vertical**
- **Granitoides y migmatitas/rocas ígneas sanas:** talud estimado **1H:5V-vertical**
- **Mármoles:** talud estimado **1H:5V-vertical**

- **Recomendaciones para la estabilización de zanjas de conducciones**

En las zanjas para conducciones que afecten a la Unidad de *sedimentos cuaternarios-aluvial* o espesores importantes de *suelos vegetales/tierras de labor o rellenos antrópicos*, se recomienda que se utilicen métodos de contención como *entibaciones*, aunque sus efectos serán mayores bajo el nivel freático.

Cabe destacar que el nivel freático puede sufrir ascensos y descensos en épocas de lluvia y sequía.

Recomendaciones generales en el caso de utilización de entibaciones:

- Revisión de los cordones de tensión en caso de estar a la intemperie más de un día y especialmente en circunstancias de heladas o lluvias.
- El acopio del material extraído en la excavación, así como las conducciones a instalar deberán posicionarse con respecto al borde de la excavación al menos la mitad de la profundidad de la zanja en sedimentos muy duros y rocas, y en sedimentos de capacidad portante media/baja al menos a la misma distancia que la profundidad de la zanja, evitando una sobrecarga



que pueda dar lugar a desprendimientos, vuelcos o corrimiento de tierra en el talud realizado.

- Se debe tener en cuenta la sobrecarga de las máquinas que realizan las zanjas, así como las máquinas y camiones que puedan pasar a su alrededor.

2.6. ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIALES EN EL PUNTO DE TOMA.

Próximo a la Balsa de Regulación se han tomado varias muestras de agua en el Arroyo Prado Redondo, una en la salida de vertidos de agua procedentes de la E.D.A.R. y otras aguas abajo de este punto próximo a la salida de aguas de la depuradora, en zona de aguas en movimiento

Estas muestras de agua fueron mezcladas y enviadas a laboratorio en condiciones óptimas de temperatura y con sus recipientes adecuados, para la realización de los ensayos solicitados.



Figura 40. Arroyo Prado Redondo aguas abajo de la zona de vertido de la E.D.A.R.



2.6.1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Las muestras fueron enviadas al laboratorio acreditado CAASA tecnología del agua.

Los análisis se han centrado en:

Estudio Microbiológico y Parámetros Nutricionales

Estudio Agronómico.

Los resultados de ambos estudios se pueden consultar en las tablas siguientes y en los partes de laboratorio presentes en los Anexos del informe.

ESTUDIO MICROBIOLÓGICO Y PARÁMETROS NUTRICIONALES

PARAMETRO	RESULTADO	Uexp.	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTALES	>8000		UFC/100 ml	10	Detección/ Recuento de Escherichia coli y de bacterias coliformes por método de filtración en membrana, medio como genio, basado en UNE EN ISO 9301:2014 (PIE-CR.MC)
D.B.O/5	22 ±6		mg/l O2	10	Método manométrico con inhibidor de Nitrificación N-nitroprusiato y cámara, basado en SMI 210E (PIE-DBCM)
D.Q.O.	79 ±9,5		mg/l O2	10	Digestión con dicromato y fotometría, basado en ISO 6040 (PIE-DQO)
ESCHERICHIA COLI	74000		UFC/100 ml	10	Detección/ Recuento de Escherichia coli y de bacterias coliformes por método de filtración en membrana, medio como genio, basado en UNE EN ISO 9301:2014 (PIE-CR.MC)
SOLIDOS EN SUSPENSION	19,0 ±2,3		mg/l	5	Filtración en filtro de fibra de vidrio fabricante VMR, secado y gravimetría, basado en UNE EN 871 (PIE-SSUS)
SOLIDOS VOLATILES	17,0		mg/l	5	Calcinación a 550 °C y gravimetría, basado en UNE EN 15149 (PIE-SSVD)
TURBIDEZ	20,6 ±2,5		UNF	1	Turbidimetría, basado en UNE EN ISO 7027-1 (PIE-TURH)
*NEMATODOS INTESTINALES	Ausencia		huevos /l0 l		Método de Bailloua modificado (PIE-HELM)

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
LEGIONELLAS PP	No detectado (< 100 ufc/l)	UFC/L	10	Detección/Recuento de Legionella spp ISO 11731:1998. Método de referencia indicado en el RD 843/2003. (PIE-LEGI)

Tabla 49. Resultados de los análisis Microbiológicos de las aguas del Arroyo Prado Redondo.



PARAMETRO	RESULTADO	Uexp.	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
AMONIO	41,45 ±5,39		mg/l	0,04	Espectrofotometría de absorción molecular basado en EPA 350.1 (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	20,32		mg/l	0,2	Espectrofotometría de absorción molecular(PIE-SILI)
*BICARBONATOS	845,32		mg/l	5	Acidimetría, con amarrado de metilo (PIE-ALCA)
BORO	0,24 ±0,03		mg/l	0,1	Espectrofotometría UV, método basado en DIN 384 05-ED7 (PIE-BORC)
*CALCIO	177,58		mg/l	0,5	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-CaAA)
*CARBONATOS	< 5		mg/l	5	Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CONDUCTIVIDAD 25 °C	2530 ±76		µS/cm	5	Electrometría, basado en SM2510 B (PIE-COND)
POSEATOS	6,40 ±0,77		mg P-PO4 ⁻³ /l	0,05	Espectrofotometría de absorción molecular basado en UNE EN ISO 6878 (PIE-POSF)
*HIDROXIDOS	< 5		mg/l	5	Volumetría(PIE-ALCA)
*HIERRO	0,16		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	51,94		mg/l	0,5	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MgAA)
*MANGANESO	0,05		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
pH	7,99 ±0,20		ud. de pH	1	Electrometría, basado en SM9500 H+B (PIE-PH)
*POTASIO	39,60		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-KAA)
*SODIO	262,40		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaAA)
*ARSENICO	0,0068		mg/l	0,002	Espectrometría de absorción atómica en cámara de grafito (PIE-AsSE)
COBRE	< 0,052		mg/l	0,052	Absorción atómica en llama, basado en SM111 B (PIE-CuA01)
*MOLIBDENO	< 0,01		mg/l	0,01	Espectrometría de absorción atómica en cámara de grafito (PIE-MoLI)
ZINC	0,016 ±0,005		mg/l	0,013	Absorción atómica en llama, basado en SM111 B (PIE-ZnA01)
CLORUR OS	387,62		mg/l	0,5	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
NITRATOS	0,90		mg/l	0,2	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
NITRITOS	0,12		mg/l	0,01	Espectrofotometría UV-VIS. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
SULFATOS	206,00		mg/l	0,5	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)

Tabla 50. Resultados de los análisis Agronómicos y Parámetro Nutricionales de las aguas del Arroyo Prado Redondo.

2.6.2. GRADO DE CUMPLIMIENTO CON EL R.D. 1620/2007

El RD 1620/2007, de 7 de diciembre, se redactó con el fin de establecer el régimen jurídico para la reutilización de las aguas de depuradoras, de acuerdo con el artículo 109.1 de la Ley de Aguas (RD 1/2001, 20 de julio), en el que se establecen unos criterios de calidad y unos procedimientos de concesión que deberán cumplir las aguas procedentes de las depuradoras para los diferentes usos finales de dichas aguas.

En el caso que nos ocupa se establecen unos criterios de calidad de las aguas de depuradoras con uso final agrícola. El Real Decreto propone tres (3) subgrupos de calidad de las aguas para 3 finalidades diferentes de usos (calidad 2.1/2.2/2.3):



USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
2.- USOS AGRÍCOLAS¹					
CALIDAD 2.1² a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ³ con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000
CALIDAD 2.2 a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ³ con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
CALIDAD 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L
¹ Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganeso: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Niquel: 0,2 mg/L; Selenio : 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L... Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula: $RAS(\text{meq} / \text{L}) = \frac{[\text{Na}]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}] + [\text{Mg}]}{2}}}$					
² Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados ³ Siendo n: n° de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.					

Tabla 51. Criterios de calidad para las aguas de depuradoras para diferentes usos agrícolas (RD 1620/2007).

Estos son los criterios que deben cumplir las aguas regeneradas en depuradoras para las tres categorías de usos finales de agua para agricultura (2.1/2.2/2.3 según tabla anterior).

El **punto calidad 2.3** incluye el riego de cultivos leñosos que impida el contacto del agua con los frutos consumidos en la alimentación humana, que es el punto de calidad más correlacionado con el tipo de riego que se plantea en la zona de estudio.

Así pues, se trata a continuación de ver el grado de cumplimiento de los valores máximos admitidos para aguas regeneradas para uso agrícola con calidad 2.3:



VMA Calidad 2.3 (RD 160/2003)		Resultado	VMA Calidad 2.3 (RD 160/2003)		Resultado
Nemátodos intestinales	1 huevo/10l	Ausencia	Manganeso	0,2 mg/l	0,05 mg/l
<i>Escherichia Coli</i>	10.000 UFC/100ml	74.000 UFC/100ml	Molibdeno	0,01 mg/l	<0,01 mg/l
Sólidos en suspensión	35 mg/l	19 mg/l	Cadmio	0,01 mg/l	-
Turbidez	No se fija límite	20,8 UNF	Cobalto	0,05 mg/l	-
<i>Legionella ssp.</i>	100 UFC/l	No se detecta	Cromo	0,1 mg/l	-
Conductibilidad eléctrica	3,0 dS/m	2,5 dS/m	Níquel	0,2 mg/l	-
Boro	0,5 mg/l	0,24 mg/l	Selenio	0,02 mg/l	-
Arsénico	0,1 mg/l	0,0068 mg/l	Vanadio	0,1 mg/l	-
Cobre	0,2 mg/l	<0,052 mg/l	RAS	6 meq/l	4,45 meq/l

Tabla 52. Cumplimiento de algunos parámetros del RD 1620/2003 según Calidad 2.3 (Uso Agrario).

Cabe destacar el elevado valor de *Escherichia Coli* que supera el VMA para la calidad 2.3 de las aguas regeneradas.

A continuación, se muestran los resultados del estudio agronómico calculados:



ESTUDIO DE LA CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA

1/2

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>mmol/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	387,62	10,93	10,93	37,32
SULFATOS	206,00	4,29	2,14	14,64
BICARBONATOS	845,32	13,85	13,85	47,29
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	0,90	0,01	0,01	0,05
FOSFORO	6,40	0,21	0,21	0,71
SODIO	262,40	11,41	11,41	40,77
MAGNESIO	51,94	4,27	2,14	15,27
CALCIO	177,58	8,86	4,43	31,65
POTASIO	39,60	1,01	1,01	3,62
AMONIO	41,45	2,43	2,43	8,69

CLASIFICACIÓN DE AGUA: **BICARBONATADA - SÓDICA**

MICROELEMENTOS

	<u>mg/l</u>	<u>µmol/l</u>
BORO	0,24	22,20
HIERRO	0,16	0,00
MANGANESO	0,05	0,00

MACRONUTRIENTES FERTILIZANTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>
NITROGENO AMONIACAL (N)	32,18	2,30
NITROGENO NITRICO (N)	0,20	0,01
NITROGENO TOTAL (Nitríco+amoniacal) (N)	32,39	2,31
ANHÍDRIDO FOSFÓRICO (P2O5)	14,66	
FOSFATO (PO ₄ ⁻³)	19,61	
OXIDO DE POTASIO (K2O)	47,72	
OXIDO DE CALCIO (CaO)	248,61	
OXIDO DE MAGNESIO (MgO)	86,57	

OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,07 °C
Sólidos disueltos	2039,98 mg/l
CO2 libre	13,77 mg/l
Dureza total	65,73 °Francés
Dureza total	657,31 mg/l de CO3Ca
Dureza permanente	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	693,30 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad total	693,30 mg/l de CO3Ca
S.A.R	4,45
Presión osmótica	0,91 Atmósferas
Relación de calcio	0,35
Carbonato sódico residual	0,72
% de sodio	48,61
Índice de Scott	5,21
Índice de Langelier	1,36 <i>Incrustante</i>

Nº Registro: 144265

Tabla 53. Resultados de la calidad agronómica del agua (1/2).



ESTUDIO DE LA CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA

2/2

CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA USOS AGRÍCOLAS, SEGÚN WILCOX

% DE SODIO	TOLERABLE
CONDUCTIVIDAD A 25°C	DUDOSA

CLASIFICACIÓN DEL AGUA EN FUNCIÓN DE LAS SALES DISUELTAS

SALES TOTALES DISUELTAS	MALA
-------------------------	------

TOXICIDAD ESPECÍFICA DEL BORO EN CULTIVOS GENERALES

TIPOS DE CULTIVOS:

SENSIBLES	BAJA
SEMITOLERANTES	BAJA
TOLERANTES	BAJA

CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DEL pH, SEGÚN F.A.O

pH	ACEPTABLE
----	-----------

ÍNDICE DE SCOTT (CALIDAD DEL AGUA PARA USOS AGRÍCOLAS)

CALIDAD	MEDIOCRE
---------	----------

pH	7,99	MODERADA
SALES TOTALES DISUELTAS mg/l	2039,98	ELEVADO
HIERRO mg/l	0,16	MODERADA
MANGANESO mg/l	0,05	NINGUNO

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN RIVERSIDE

C4

Agua de salinidad alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S2

Agua con contenido medio de sodio, y por tanto con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.

Tabla 54. Resultados de la calidad agronómica del agua (2/2).



2.6.3. RECOMENDACIONES PARA SU ALMACENAMIENTO EN UNA BALSA A CIELO ABIERTO A LARGO PLAZO

Según el RD 1620/2003 se deberá realizar un muestreo con una frecuencia y unos análisis mínimos según el tipo de uso con el fin de llevar un control de los parámetros necesarios, como se especifica en la siguiente tabla:

El control deberá realizarse a la salida de la planta de regeneración, y en todos los puntos de entrega al usuario.

La frecuencia de análisis se modificará en los siguientes supuestos:

- Tras 1 año de control se podrá presentar una solicitud motivada para reducir la frecuencia de análisis hasta un 50%, para aquellos parámetros que no sea probable su presencia en las aguas.
- Si el número de muestras con concentración inferior al VMA del Anexo I.A es inferior al 90% de las muestras durante controles de un trimestre (o fracción, en caso de periodos de explotación inferiores), se duplicará la frecuencia de muestreo para el periodo siguiente.
- Si el resultado de un control supera al menos en uno de los parámetros los rangos de desviación máxima establecidos en el Anexo I.C, la frecuencia de control del parámetro que supere los rangos de desviación se duplicará durante el resto de este periodo y el siguiente.

Las frecuencias mínimas de análisis se especifican en la tabla siguiente:

USO	CALIDAD	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SS	TURBIDEZ	Nt y Pt	OTROS CONTAMINANTES	OTROS CRITERIOS
1.- USO URBANO	1.1 y 1.2	Quincenal	2 veces semana	Semanal	2 veces semana	---	El Organismo de cuenca valorará la frecuencia de análisis sobre la base de la autorización de vertido y del tratamiento de regeneración.	Mensual
	2.1	Quincenal	Semanal	Semanal	Semanal	---		Mensual
2.- USO AGRARIO	2.2	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---		Quincenal
	2.3	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---		---
3.- USO INDUSTRIAL	3.1	---	Semanal	Semanal	Semanal	---		Mensual
	3.2	Semanal	3 veces semana	Diaria	Diaria	---		Legionella spp. 3 veces semana
4.- USO RECREATIVO	4.1	Quincenal	2 veces semana	Semanal	2 veces semana	---		---
	4.2	---	Semanal	Semanal	---	Mensual		---
5.- USO AMBIENTAL	5.1	---	2 veces semana	Semanal	---	Semanal		---
	5.2	Semanal	3 veces semana	Diaria	Diaria	Semanal		Semanal
	5.3	---	---	Semanal	---	---	---	
	5.4						Frecuencia igual al uso más similar	

Tabla 55. Frecuencia mínima de muestreo y análisis de cada parámetro (RD 1620/2003).

En el caso que nos ocupa, uso agrario calidad 2.3 se deberán realizar análisis quincenales de *Nemátodos intestinales* y semanales de *Escherichia Coli* y *Sólidos en Suspensión*, como mínimo, dependiendo del tratamiento de regeneración y la base de la autorización de vertido.

Para garantizar que la composición del agua sea la correcta para el riego agrícola de calidad 2.3 y teniendo en cuenta los resultados de los análisis efectuados en la muestra tomada,

se recomienda un tratamiento de dichas aguas tanto para reducir la salinidad como para reducir los valores máximos admisibles de *Echerichia Coli*.

2.6.4 RECOMENDACIONES Y PROBLEMÁTICA PARA SU USO AGRONÓMICO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y cotejados con los valores de referencia es posible que se deba realizar un tratamiento de las aguas de regeneración con el fin de desinfectar los valores elevados de *Escherichia Coli* principalmente.

A continuación, se muestran unos esquemas de tratamientos de regeneración tanto sin desalación como con desalación. La propuesta de tratamientos ha sido realizada de forma general, por lo que cada caso particular deberá ser estudiado individualmente para comprobar el tratamiento más adecuado que dependerá tanto de la calidad del efluente depurado como del uso del agua regenerada.

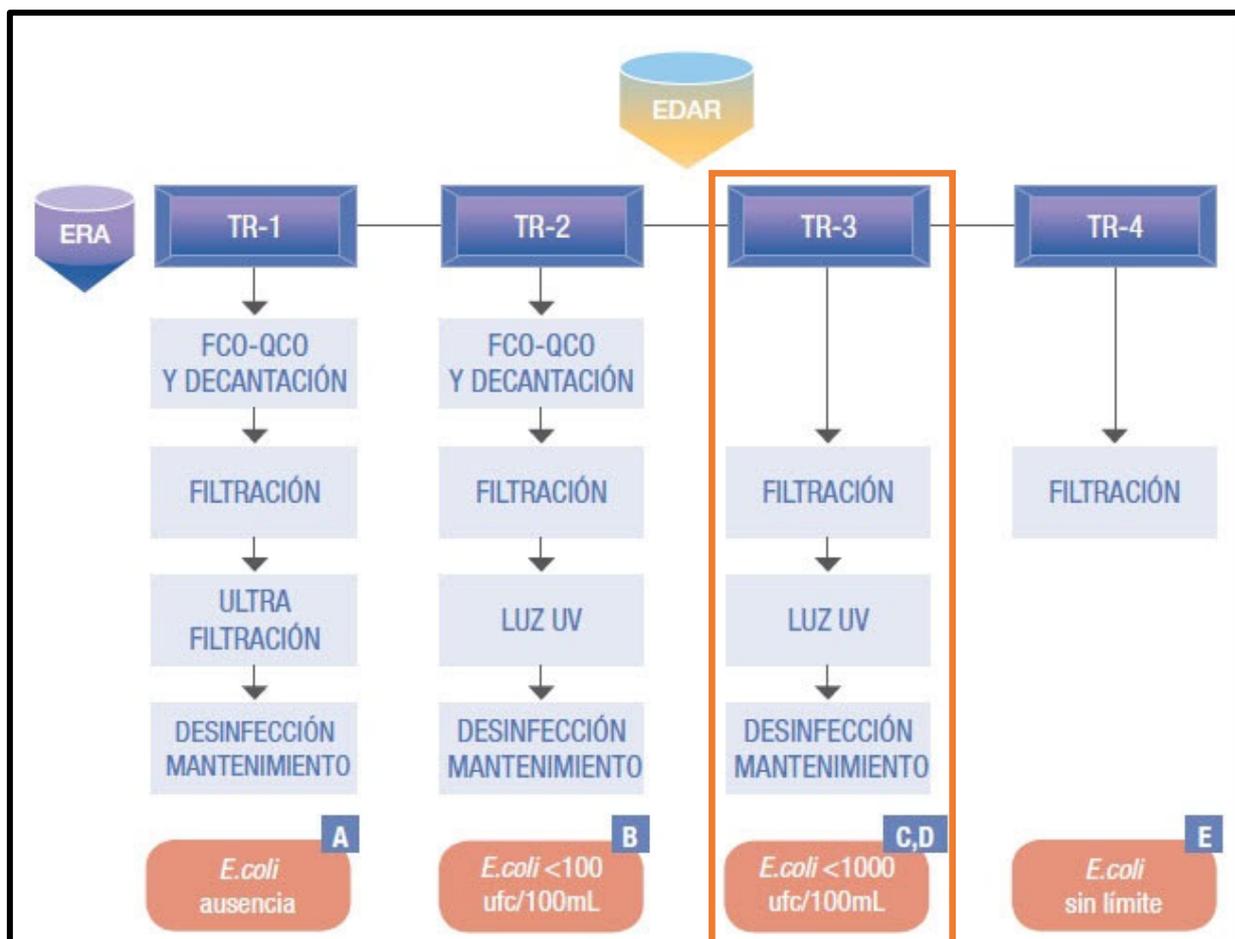


Tabla 56. Tratamientos de regeneración propuestos sin desalación (Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007)

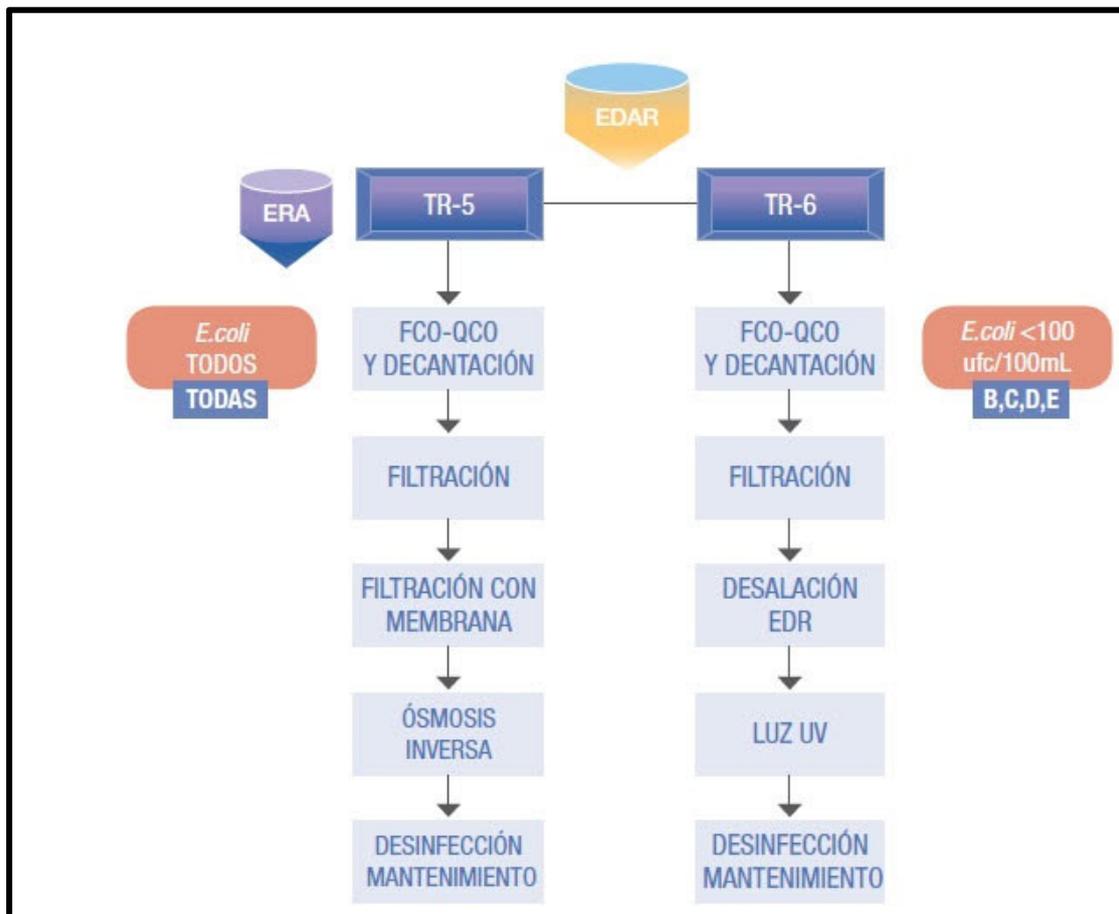


Tabla 57. Tratamientos de regeneración propuestos con desalación (Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007)

Considerando un **tratamiento tipo TR-3** para el riego localizado de cultivos leñosos, que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana, dicho tratamiento consta de una filtración, una desinfección con luz UV para la eliminación de microorganismos patógenos y una desinfección de mantenimiento mediante la aplicación de una pequeña dosis de hipoclorito sódico para asegurar la calidad desde el lugar del tratamiento hasta el punto de entrega del agua regenerada.

Otro punto para tener en cuenta es la **elevada salinidad de las aguas detectadas**, pudiendo ser necesario la realización de tratamientos de desalación por osmosis inversa y electrodiálisis reversible, considerando un **tratamiento tipo TR-5 o TR-6** si es necesario dicho tratamiento.



Como se comentado anteriormente estos tratamientos son teóricos y se deberá ser valorado localmente por el organismo especializado en el tratamiento de las aguas a partir de los resultados obtenidos.

Se deberá tener en cuenta las directrices de la Guía Técnica para la Prevención y Control de Legionelosis en instalaciones (publicada por el Ministerio de Sanidad y Política Social) tanto para la planta como para la red de distribución de tuberías.



3 ESTUDIO DE MATERIALES

3.1. EXCAVABILIDAD, TALUDES Y APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES

Atendiendo a las solicitudes del proyecto, se exponen a continuación los resultados tanto de excavabilidad como de aprovechamiento de dichos materiales el relleno para las zanjas de conducción y para los diques de cierre de las balsas y taludes de desmonte y terraplenes estimados.

Se expone también según la clasificación PG-3 de excavabilidad de los materiales el porcentaje de tierra, tránsito y roca de las diferentes obras a realizar (balsas y red de tuberías), según el resultado de los ensayos de campo realizados.

3.1.1. Balsa de Regulación

En la obra de la balsa de depuración se pretende realizar un desmonte/excavación de 12,80 m. máx. Posteriormente se pretende realizar los terraplenes del dique de cierre del material extraído en la excavación o aportado.

En la tabla siguiente se exponen los resultados de la excavabilidad de los materiales presentes en la zona de la balsa de regulación, taludes recomendados de excavación, calidad de las muestras para ser utilizadas como relleno de zanjas y terraplenes.

Grupo de Materiales	Excavaciones			Clasificación PG-3 de los materiales	Taludes recomendados	
	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3		Desmonte	Terraplén
Tierra vegetal	Muy Buena	Baja	Tierra	Inadec.	3H:1V 2H:1V	-
Sed. Cuat. Aluvial	Muy Buena	Media Baja	Tierra	Inadec. Tolerable	2H:1V 3H:2V	-



Grupo de Materiales	Excavaciones			Clasificación PG-3 de los materiales	Taludes recomendados	
	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3		Desmonte	Terraplén
<i>R. Meteor. Jabre</i>	<i>Buena a Media</i>	<i>Muy Buena a Buena</i>	<i>Tierra</i>	<i>Tolerable</i>	<i>1H:3V</i> <i>1H:5V</i>	<i>3H:1V</i> <i>2H:1V</i>
<i>R. sana Granitoides</i>	<i>Baja</i> <i>Muy Baja</i>	<i>Buena</i> <i>Muy Buena</i>	<i>Tránsito</i>	<i>Tolerable</i> <i>Adecuado</i>	<i>1H:5V</i>	<i>2H:1V</i>

Tabla 58. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Balsa de Regulación.

Teniendo en cuenta el sondeo realizado en la zona de la Balsa de Regulación (Sr-1), se estiman los porcentajes de tierra, tránsito y roca de las excavaciones según la clasificación PG-3.

Porcentaje de Tierra/Tránsito/Roca según Sondeo Sr-1 y Calicatas C-1 y C-2:

- **Tierra: 18%**
- **Tránsito: 82%**
- **Roca: 0%**

3.1.2. Balsa de Cota

En la obra de la balsa de cota se proyecta realizar un desmonte/excavación de 14,80 m. Posteriormente se pretende realizar los terraplenes del dique de cierre del material extraído en la excavación o aportado.

En la tabla siguiente se exponen los resultados de la excavabilidad de los materiales presentes en la zona de la balsa de regulación, taludes recomendados de excavación, calidad de las muestras para ser utilizadas como relleno de zanjas y terraplenes.



Grupo de Materiales	Excavaciones			Clasificación PG-3 de los materiales	Taludes recomendados	
	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3		Desmonte	Terraplén
Tierra vegetal	Muy Buena	Baja	Tierra	Inadec.	3H:1V 2H:1V	-
Sed. Cuat. Coluvión	Buena	Media	Tierra	Tolerable	1H:3V 2H:3V	3H:1V 2H:1V
R. Meteor. Pizarra	Buena a Media	Buena	Tierra	Adecuado	1H:3V 1H:2V	3H:1V 2H:1V
R. sana Pizarra	Baja Muy Baja	Buena Muy Buena	Tránsito	Tolerable Adecuado	1H:5V	2H:1V

Tabla 59. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Balsa de Cota.

Teniendo en cuenta el sondeo realizado en la zona de la Balsa de Cota (Sr-2) y la calicata C-3, se estiman los porcentajes de tierra, tránsito y roca de las excavaciones según la clasificación PG-3.

Porcentaje de Tierra/Tránsito/Roca según Sondeo Sr-2 y Calicata C-3:

- Tierra: 13,5%
- Tránsito: 86,5%
- Roca: 0%



3.1.3. RED DE TUBERÍAS

En la obra de la red de tuberías de distribución se pretende realizar un desmonte/excavación de 2,50 m. máx. Posteriormente se pretende rellenar las zanjas una vez instaladas las tuberías.

En la tabla siguiente se exponen los resultados de la excavabilidad de los grupos de materiales presentes en la zona de la red de tuberías, taludes recomendados de excavación, calidad de las muestras para ser utilizadas como relleno de zanjas y terraplenes.

Grupo de Materiales	Excavaciones			Clasificación PG-3 de los materiales	Taludes recomendados	
	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3		Desmonte	Terraplén
Sedimentos	Muy Buena	Media	Tierra	Inadec.	1H:3V	3H:1V
	Buena			Tolerable	2H:1V	
R. ígneas y Granitoides Meteorizados	Buena	Buena	Tierra	Tolerable Adecuado Selecc.	1H:3V vertical	3H:1V 2H:1V
R. ígneas y Granitoides Sanos	Baja	Muy Buena	Tránsito	Tolerable Adecuado	1H:5V Vertical	2H:1V
R. Metamórfica meteorizada	Buena	Buena	Tierra	Tolerable Adecuado	1H:3V vertical	3H:1V 2H:1V



Grupo de Materiales	Excavaciones			Clasificación PG-3 de los materiales	Taludes recomendados	
	Excavabilidad	Estabilidad	Tipo de excavación PG-3		Desmonte	Terraplén
<i>R. Metamórfica Sana</i>	<i>Baja</i>	<i>Buena Muy Buena</i>	<i>Tránsito</i>	<i>Tolerable Adecuado</i>	<i>1H:5V Vertical</i>	<i>2H:1V</i>
<i>Mármoles</i>	<i>Muy baja No ripable</i>	<i>Muy Buena</i>	<i>Roca</i>	<i>Tolerable Adecuado</i>	<i>1H:5V Vertical</i>	<i>2H:1V</i>

Tabla 60. Tabla resumen de las características de excavación, aprovechamiento de material y taludes recomendados de la Red de Tuberías.

Teniendo en cuenta las calicatas C-4 a C-7, se estiman los porcentajes de tierra, tránsito y roca de las excavaciones según la clasificación PG-3. los sedimentos superficiales pueden presentar gran variabilidad e incluso aflorar la roca sana en algunos sitios.

Porcentaje de Tierra/Tránsito/Roca según las calicatas C-4 a C-7 y estimado a partir de la traza de tuberías completa se estima:

- **Tierra: 70%**
- **Tránsito: 25%**
- **Roca: 5%** (Mármoles y afloramientos de Granitoides sanos (<GM-III), dependiendo de recubrimiento de material)

3.2. VALORES ESTIMADOS DE LOS MATERIALES OBTENIDOS

Atendiendo a los materiales obtenidos en los sondeos y calicatas realizadas, tanto para la Balsa de Regulación, Balsa de Cota y Red de Tuberías se expone a continuación los parámetros geotécnicos calculados en laboratorio o estimados a partir de bibliografía y otros estudios realizados en la zona.



	Suelo Vegetal Tierra de Labor	Sed. Cuaternarios Aluvial	Sed. Cuaternarios Coluvión	Sed. Terciarios Rañas
Espesor según trabajos (metros)	0,30-0,70	>3,20	0,30-1,45	1,20 (C-5)
Clasificación USCS	SM-SC-GM-GW (Variables)	SC -M	GM-GW	SC-SM
Clasificación AASHTO	A-2-4/A-6/A-4 (Variables)	A-2-4 y A-6	A-2-4	A-2-4 Y A-6
Clasificación PG3	No clasifica (Inadecuado)	Tolerable	Tolerable	Adecuado
Plasticidad	-	LL: 24,7-37,1 LP: 16,1-24,2 IP: 7,0-12,8	-	LL: 32,0-33,1 LP: 17,5-24,1 IP: 9,0-14,4
Humedad natural (%)	-	6,65-24,47 %	-	5,50-8,38 %
Densidad seca	1,4-1,6 t/m ³	1,5-1,7 t/m ³	1,5-1,7 t/m ³	1,70 t/m ³
RCS	-	-	-	-
Cohesión	0,00 kp/cm ²	0,0-0,1 kp/cm ²	0,00-0,05 kp/cm ²	0,1-0,3 kp/cm ²
Ángulo de rozamiento	30-35°	25-30°	30-35°	25-35°
Módulo de deformación E	<80 kp/cm ²	80-300 kp/cm ²	150-450 kp/cm ²	300-600 kp/cm ²
Coefficiente de balasto K ₃₀	8-15 MN/m ³	10-30 MN/m ³	10-20 MN/m ³	12-30 MN/m ³
Coefficiente de Poisson	0,30-0,35	0,20-0,35	0,30	0,25-0,30
Valor S.P.T. N ₃₀	-	-	56	-



	Granitoide Met. Jabre	Granitoide sano	Pizarras Met.	Pizarras Sanas
Espesor según trabajos (metros)	0,60-2,20	-	0,55-1,30	-
Clasificación USCS	SM-SC-SW	-	GM	-
Clasificación AASHTO	A-1-b Y A-2-4	-	A-2-4	-
Clasificación PG3	Tolerable Seleccionado	Tolerable Adecuado	Adecuado	Tolerable Adecuado
Plasticidad	LL: NL-35,0 LP: NP-27,2 IP: NP-10,0	-	LL: 34,3 LP: 26,0 IP: 8,3	-
Humedad natural (%)	5,75-14,70 %	7,90 %	5,58 %	-
Densidad seca	1,71-2,02 t/m ³	2,02 t/m ³	1,74 t/m ³	1,70-1,90 (1,59) t/m ³
RCS	-	8,93 kp/cm ² (GM IV-V)	-	-
Cohesión	0,10-0,30	80-350 kp/cm ²	0,05-0,20 kp/cm ²	40-330 kp/cm ²
Ángulo de rozamiento	33-38°	45-58°	33-38°	36-48°
Módulo de deformación E	440-640 kp/cm ²	300.000-800.000 kp/cm ²	380-740 kp/cm ²	25000-250000 kp/cm ²
Coefficiente de balasto K ₃₀	12-30 MN/m ³	300-5000 MN/m ³	12-30 MN/m ³	30-500 MN/m ³
Coefficiente de Poisson	0,25-0,28	0,22	0,30	0,14-0,20
Valor S.P.T. N ₃₀	14 (14-50) puntual	Rechazo	-	Rechazo

Tabla 61. Tabla resumen de los parámetros geotécnicos de los materiales.



3.3. YACIMIENTOS Y CANTERAS

La información sobre canteras se ha obtenido de la base de datos del IGME y de las visitas de los técnicos a la zona.

Destacan las canteras que explotan las rocas de la banda Milonítica en Almonacid de Toledo. Se extrae material para producción de balastos para vías y material de machaqueo para aglomerados asfáltico y hormigón.

Los materiales que se explotan en la zona de estudio son:

- MILONITAS: Existen tres canteras en Almonacid, donde se explotan los materiales de la banda Milonítica, destacando los usos como balastos ferroviarios, carreteras, hormigones y aglomerantes.
- YESOS: Se encuentran en los materiales Miocenos, destacando la cantera "Bóveda de Don Juan Pantoja" situada entre Tembleque y el Romeral.
- MÁRMOLES: Se explotan las rocas corneanas y las dolomías calcáreas. Se encuentra en el término de Villanueva de Bogas. Actualmente están sin actividad
- CALIZAS: se distinguen tres tipos según sus usos y edades geológicas: "*Calizas del Páramo*", se explotan como gravillas para carreteras, balastos de ferrocarriles y ocasionalmente como áridos de hormigón (Villanueva de Bogas y Tembleque). Actualmente en desuso.
"Calizas Micríticas del Paleógeno" aparecen al sur de Villamuelas. Existen varias canteras inactivas que extraían áridos, aglomerantes, piedras de mampostería y antiguamente para la fabricación de cal.
"Calizas algo dolomitizadas" que se extraen en Villanueva de Bogas para fabricación de granulados y aditivos para la industria destacando la cantera La Mazmorra II.
- ARCILLAS: Se ubican muy próximas a la obra explotando las arcillas de alteración de las Pizarras de Pusa Cámbricas alteradas por metamorfismo de contacto por el granito Mora-Gálvez. Su explotación se basa únicamente para la industria de cerámicas y ladrillos en la cantera "Cerámicas Millas" al Oeste de Mascaraque. Estos materiales pueden tener importancia para la obra especialmente para determinar su capacidad como terraplenes impermeables.



- GRANITOS: se distinguen dos grupos principales según la roca que se explota: "*Unidad Migmatítica*" donde se encuentran varias canteras la mayoría inactivas en el T.M. de Mascaraque con afloramientos muy escasos y variables para usos como rocas ornamentales y rocas de construcción; "*Granitos Biotíticos*" en T.T.M.M. de Mora y Orgaz, explotando granitos para áridos y usos locales, con canteras muy reducidas y con actividad muy intermitente (según demanda). En Principio estos materiales no se utilizarían en la obra debido a que parte de los materiales extraídos en las excavaciones son de esta naturaleza.

En la tabla adjunta se enumeran las canteras cercanas a la zona de estudio. En su mayoría son explotaciones locales y en desuso. La información se ha obtenido del IGME (tabla resumen de las Rocas Industriales MAGNA nº658, Mora).

INDICIO Nº	COORDENADAS U.T.M.	SUSTANCIA	TERMINO MUNICIPAL Y PROVINCIA	OBSERVACIONES: Denominación, Actividad, Tipo de Explotación, Litologías, Alteraciones, Sustancias acompañantes, Profundidad de labores, Producciones, Usos, etc.
1	X=443,250 Y=4399,000	Clz.	Vva. de Bogas. (TO)	"La Mazmorra II". Activa. Cantera cielo abierto. Caliza dolomítica (Precámbrica). Morfología en masas. Profund. labores < 100 m. Produc. = 8,000 Tm. Ley (aprovechable) = 75%. Uso: granulados y aditivos para la industria.
2 (14)	X=429,350 Y=4407,150	Fd.	Almonacid de Toledo. (TO)	Inactiva. Labores cielo abierto. Unidad fanolítica del Terciario. Morfología desconocida. La masa está formada por silicatos industriales. Profund. labores < 100 m.
3	X=427,850 Y=4400,900	Mil.	Almonacid de Toledo. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Milonitas. Roca de caja: granitoides biotíticos inhomogéneos de la Banda Milonítica. Morfología en masas. Profund. labores < 100 m. Usos: se explotó para Renfe, carreteras, construcciones y aglomerantes.
4	X=427,550 Y=4400,700	Mil.	Almonacid de Toledo. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Milonitas. Roca de caja: granitoides biotíticos inhomogéneos de la Banda Milonítica. Morfología en masas. Profund. labores < 100 m. Usos: se explotó para Renfe, carreteras, construcciones y aglomerantes.
5	X=428,900 Y=4400,850	Ma.	Almonacid de Toledo. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Mármoles (Precámbrico). Probablemente se explotó para áridos.
6	X=428,450 Y=4400,400	Mil.	Almonacid de Toledo. (TO)	Cantera grande a cielo abierto. Activa. Milonitas. Roca de caja: granitoides biotíticos inhomogéneos de la Banda Milonítica. Morfología en masas. Profundidad de labores < 100 m. Usos: construcción de vías férreas, carreteras, hormigones y aglomerantes. Se desconocen datos de producción.
7	X=429,000 Y=4405,850	Ma.	Almonacid de Toledo. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Mármoles (Calizas marmóreas del Precámbrico). Se explotó para áridos.
8	X=433,600 Y=4401,100	Gr.	Mascaraque. (TO)	Cantera a cielo abierto. Activa. Granitoides de dos micas y grano fino. (Unidad migmatítica). Profund. labores < 100 m. Producción: desconocida. Usos: construcción y ornamentación.
9	X=433,250 Y=4399,150	Gr.	Mascaraque. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Leucogranitoides y granitoides biotíticos inhomogéneos. (Unidad migmatítica). Profund. labores < 100 m. Se explotó para áridos y usos locales.



10	X=435,400 Y=4394,350	Piz.	Mora. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Pizarras, calizas y areniscas (Paleozoico, Cambro-Tremadoc). Se explotó para áridos y usos locales.
11	X=438,250 Y=4406,350	Clz.	Villamuelas. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Calizas (Cretácico-Paleógeno). Se explotó para áridos y usos locales.
12	X=437,800 Y=4406,500	Clz.	Villamuelas. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Calizas (Cretácico-Paleógeno). Se explotó para áridos y usos locales.
13	X=437,800 Y=4406,300	Clz.	Villamuelas. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Calizas (Cretácico-Paleógeno). Se explotó para áridos y usos locales.
14	X=444,400 Y=4408,900	Ars.	Huerta de Valdecarábanos. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Arenas arcóscicas con cantos de cuarcita (Mioceno). Se explotó para áridos y usos locales.
15	X=439,400 Y=4399,850	Ma.	Mora. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Mármoles y rocas de silicatos cálcicos (Pequeño afloramiento del Precámbrico). Se explotó para áridos y usos locales.
16	X=441,650 Y=4399,000	Ma.	Villanueva de Bogas. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Mármoles y rocas de silicatos cálcicos (Pequeño afloramiento del Precámbrico). Se explotó para áridos y usos locales.
17	X=442,750 Y=4399,650	Ma.	Villanueva de Bogas. (TO)	Pequeña cantera a cielo abierto. Inactiva. Mármoles y rocas de silicatos cálcicos (Pequeño afloramiento del Precámbrico). Se explotó para áridos y usos locales.
18	X=445,350 Y=4395,150	Clz.	Villanueva de Bogas. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Calizas arenosas (Mioceno). Se explotó para áridos y usos locales.
19	X=443,500 Y=4393,200	Ars.	Villanueva de Bogas. (TO)	Gravera a cielo abierto. Inactiva. Conglomerados monomíticos (Terciario). Se explotó para áridos y usos locales.
20	X=452,950 Y=4392,700	Clz.	Tembleque. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Calizas arenosas, margas y arcillas. (Mioceno). Se explotó para áridos y usos locales.
21	X=445,550 Y=4397,000	Yes.	Villanueva de Bogas. (TO)	Cantera cielo abierto. Inactiva. Yesos masivos y yesos con arcillas del Mioceno Superior.
22	X=449,000 Y=4397,650	Yes.	La Guardia. (TO)	Cantera cielo abierto. Inactiva. Yesos masivos y yesos con arcillas del Mioceno Superior.
23	X=449,050 Y=4397,350	Yes.	Tembleque. (TO)	Cantera cielo abierto. Actividad: intermitente. Yesos masivos y yesos con arcillas. Mioceno Superior. Producción: desconocida.
24	X=453,750 Y=4397,000	Yes.	Tembleque. (TO)	Cantera cielo abierto. Actividad: intermitente. Yesos masivos y yesos con arcillas. Mioceno Superior. Producción: desconocida.
25	X=454,150 Y=4397,200	Yes.	Tembleque. (TO)	Cantera cielo abierto. Actividad: intermitente. Yesos masivos y yesos con arcillas. Mioceno Superior. Producción: desconocida.
26	X=454,850 Y=4397,650	Yes.	Tembleque. (TO)	Cantera cielo abierto. Actividad: intermitente. Yesos masivos y yesos con arcillas. Mioceno Superior. Producción: desconocida.
27	X=454,700 Y=4397,300	Yes.	Tembleque. (TO)	Cantera a cielo abierto. (La más grande de la zona). Activa. Yesos masivos y yesos con arcillas. Mioceno Superior. Producción: desconocida. Morfología: depósitos masivos. Profundidad de labores < 100 m. Usos: materiales de construcción y piedra ornamental.
28	X=427,700 Y=4392,150	Gr.	Orgaz. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Granito biotítico, grano medio-grueso, con megacrístales de fdpto. La producción (pequeña y desconocida) ha sido para uso local.
29	X=427,250 Y=4391,500	Gr.	Orgaz. (TO)	Cantera a cielo abierto de tipo artesanal. Actividad: intermitente. Se trabaja, con medios manuales y rudimentarios, bajo demanda. La producción es para uso local. Granito biotítico, grano medio-grueso, con megacrístales de fdpto.
30	X=429,150 Y=4396,850	Arc.	Mascaraque. (TO)	Cantera a cielo abierto. Activa. Pizarras, esquistos y sedimentos de la formación del "Pusa" (Cámbrico inferior). Usos: fabricación de ladrillos.
31	X=430,550 Y=4394,800	Gr.	Mora. (TO)	Cantera a cielo abierto. Inactiva. Granito biotítico, grano medio-grueso, con megacrístales de fdpto. Usos: locales y Renfe (vía férrea).

Tabla 62. Resumen de las canteras y yacimientos (IGME, serie MAGNA n°658, Mora).

Se han identificado cuatro canteras de interés. En los anexos del informe se pueden consultar las fichas realizadas para cada una de las canteras donde se exponen datos de



interés como esquema de situación, coordenadas de ubicación, distancia a la obra, litologías, accesos.

- **CANTERA “EL ALJIBE”**: situada muy próxima a la zona de estudio. Explotan rocas de la Banda Milonítica con producción de balastos y subproductos para vías y carreteras. El material es apto para rellenos y terraplenes.
- **CANTERA “MARINA AGREG.”**: situada próxima a la obra en el T.M. de Almonacid con extracción de rocas de la Banda Milonítica.
- **CANTERA “CERÁMICAS MILLAS”**: situada en Mascaraque. Se explotan arcillas procedentes de la Pizarras de Pusa muy alteradas. Puede tener interés para el proyecto para la aportación de material arcilloso para terraplenes y capas de arcillas con fines de impermeabilización.
- **“CANTERA DE BOGAS” (Mazmorra II)**: En de Villanueva de Bogas. Se extraen de rocas calizas y dolomías de la serie precámbrica. Puede utilizarse para terraplenes y rellenos.



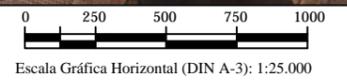
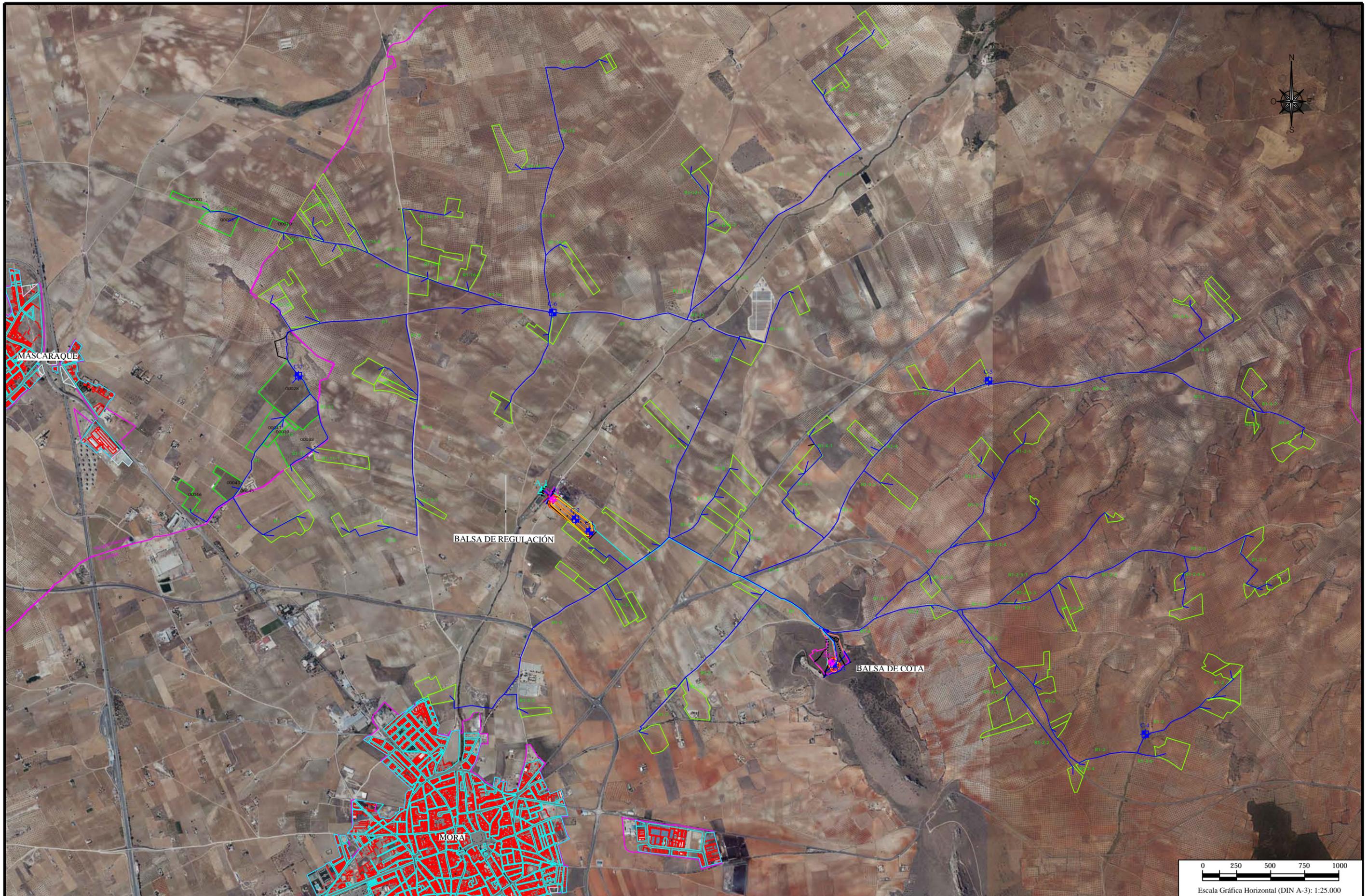
ANEXOS

- I. PLANOS DE SITUACIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.**
- II. PLANOS GEOLÓGICOS.**
- III. PERFILES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS.**
- IV. PLANO PRINCIPALES YACIMIENTOS Y CANTERAS.**
- V. FICHAS DE LAS CALICATAS.**
- VI. COLUMNAS DE LOS SONDEOS.**
- VII. ESTACIÓN GEOMECÁNICA.**
- VIII. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**
- IX. ENSAYOS ACREDITADOS.**



I. PLANOS DE SITUACIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Plano 1: Plano de situación general de los trabajos de campo (1:25.000, A-3).



PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEO.

VWSJK

PLANO DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO E IMAGEN AEREA (PNOA MA).

LEYENDA:

Sr-1 Ubicación de muestra de agua (Arroyo).

C-1 Ubicación de muestra de agua (Arroyo).

Muestra de agua (Arroyo).

R-1-2 Línea de riego.

Vías de acceso a los trabajos.

Vías de acceso a los trabajos.

Hoja 1 de 1

Escala (A-3)

1:25.000

PETICIONARIO:





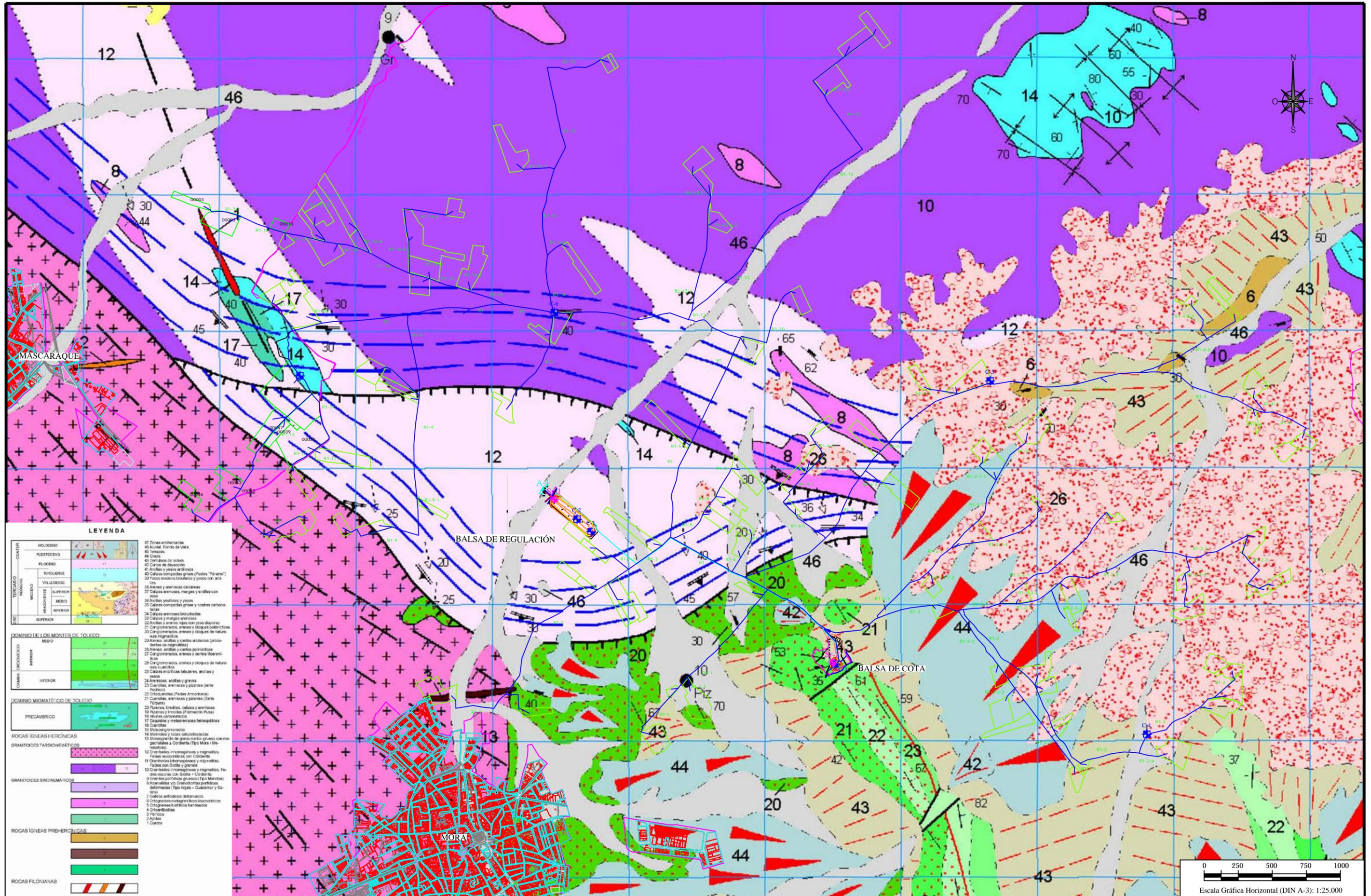
II. PLANOS GEOLÓGICOS.

Plano 2: Plano Geológico General (1:25.000, A-3).

Plano 3: Plano Geológico Detalle (1:2.000, A-3).

Plano 3.1: Plano Geológico de detalle _ Balsa de regulación.

Plano 3.2: Plano Geológico de detalle _ Balsa de Cota.



LEYENDA

EPOCHAS	CUATERNARIO	HOLOCENO	47 Zonas endorreicas
	PLEISTOCENO	48 Arcillas, Fango de Valle	49 Terrazas
		44 Gravas	45 Concretos de arena
	TURQUESE	42 Canchales de Sección	43 Arcillas y arenas arcillosas
VALLESUENSE	40 Calizas compactas grises (Facies "Páramo")	39 Fajas masivas tabulares y zonas con arcillas	
	38 Arenas y areniscas calcáreas	37 Calizas arenosas, margas y grizas con yeso	
	36 Arcillas yesíferas y yesos	35 Calizas compactas grises y conchas carboníferas	
MORANENSE	34 Calizas arenosas bioturbadas	33 Calizas y margas arenosas	
	32 Arcillas y arenas rojas con yeso disperso	31 Conglomerados, arenas y bloques polimórficos	
SUPERIOR	30 Conglomerados, arenas y bloques de naturaleza magmática	29 Arenas, arcillas y cantos arcillosos (procedentes de magmatitas)	
	28 Arenas, arcillas y cantos polimórficos	27 Conglomerados, arenas y cantos liberálticos	
INFERIOR	26 Conglomerados, arenas y bloques de naturaleza calcárea	25 Calizas micriticas tabulares, arcillas y yesos	
	24 Arenas, arcillas y gravas	23 Cuarcitas, areniscas y pizarras (dele pizarras)	
MORANENSE	22 Chirotrinitas (Facies Amnokana)	21 Cuarcitas, areniscas y pizarras (dele Pizarras)	
	19 Pizarras y brechas (Formación Pizarras)	18 Arenas arenolíticas, calizas y areniscas	
INFERIOR	17 Diques y metasedimentos fosfoespalidos	16 Cuarcitas	
	15 Metaconglomerados	14 Marmoles y rocas calcáricas	
PRECAMBRIICO	13 Metacuarzo de grano medio-granoso con megacrastos a Cordierita (Tipo Mora / Moranense)	12 Cuarcitas (monoclinicas y magnéticas, Facies autocristalinas con Cordierita)	
	11 Cuarcitas (monoclinicas y magnéticas, Facies con Biotita y granada)	10 Cuarcitas (monoclinicas y magnéticas, Facies con Biotita y Cordierita)	
ROCAS IGNEAS HERCINICAS	9 Granitos porfíricos gruesos (Tipo Morcotas)	8 Arcillas vici. Cuarcitas porfíricas deformadas (Tipo Argés - Guadalupe y Soledad)	
	7 Gabros anfibólicos deformados	6 Ortogneiss metagraníticos (autocristalinos)	
GRANITOIDES TARDOCAMBRIICOS	5 Ortogneiss biotíticos hercínicos	4 Ortogneiss biotíticos hercínicos	
	3 Pizarras	2 Arcillas	
GRANITOIDES SINCRINEMATICOS	1 Cuarcita		
ROCAS IGNEAS PREHERCINICAS			
ROCAS FILONIANAS			

PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEO.

VWSJK
PLANO GEOLÓGICO GENERAL (SERIE MAGNA Nº658 MORA, IGME).

LEYENDA:

Sr-1-1 Muestra de agua (Arroyo).

R-1-2 Vías de riego.

R-1-3 Vías de riego.

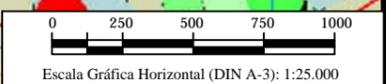
Hoja 1 de 1

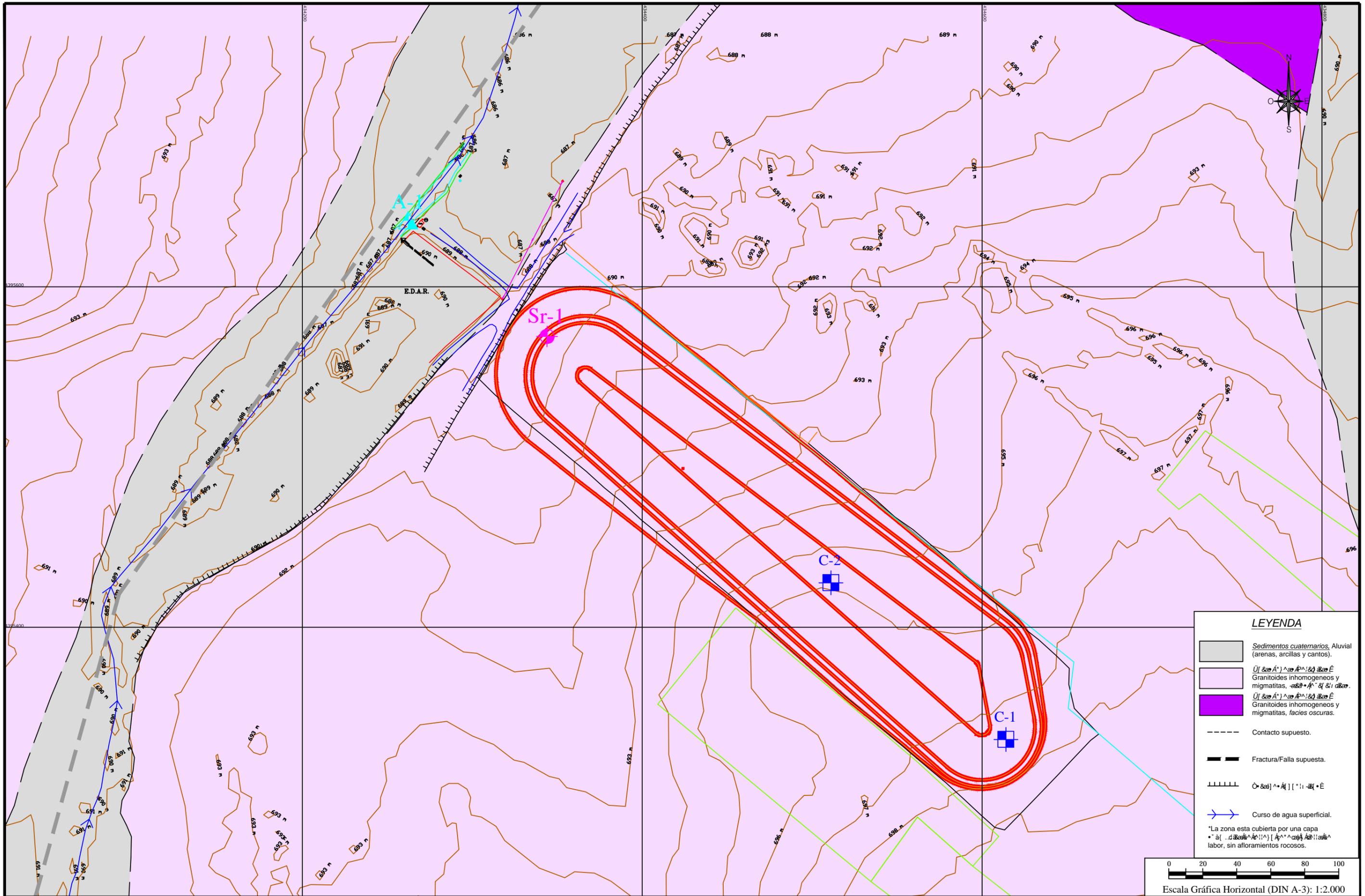
Escala (A-3)

1:25.000

PETICIONARIO:

Tragsatec

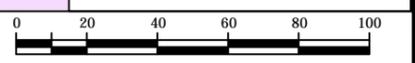




LEYENDA

- Sedimentos cuaternarios, Aluvial (arenas, arcillas y cantos).
- Granitoides inhomogeneos y migmatitas, facies oscuras.
- Granitoides inhomogeneos y migmatitas, facies claras.
- Contacto supuesto.
- Fractura/Falla supuesta.
- Límite de zona de estudio.
- Curso de agua superficial.

*La zona esta cubierta por una capa de labor, sin afloramientos rocosos.



Escala Gráfica Horizontal (DIN A-3): 1:2.000

PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEO.

V.M.S.U.K

PLANO GEOLÓGICO DE DETALLE_BALSA DE REGULACIÓN.

- LEYENDA:
- Sr-1
 - C-1
 - Curva de nivel cada 0,2/2 m.
 - Z
 - ▲ A-1 Muestra de agua (Arroyo).

Hoja 1 de 2

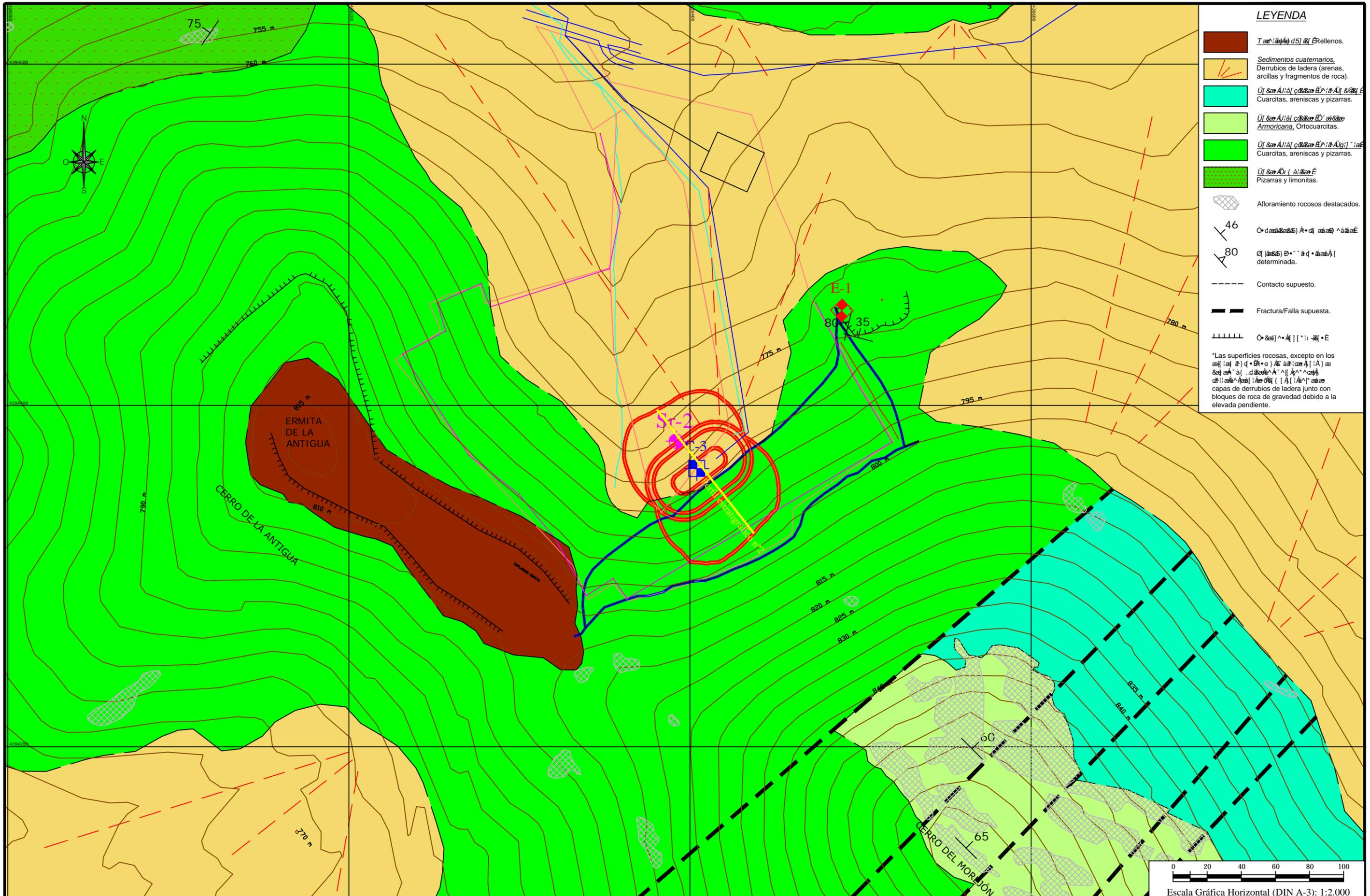
ETRS-89 H30N

Escala (A-3)
1:2.000

PETICIONARIO:

Tragsatec
Grupo Traga





LEYENDA

- Terciarias (Erelenos).
 - Sedimentos cuaternarios, Derrubios de ladera (arenas, arcillas y fragmentos de roca).
 - Utielense (Cuarzitas, areniscas y pizarras).
 - Utielense (Armoricana, Ortocuarzitas).
 - Utielense (Cuarzitas, areniscas y pizarras).
 - Utielense (Pizarras y limonitas).
 - Afloramiento rocosos destacados.
 - 46 Dirección de la línea de falla determinada.
 - 80 Dirección de la línea de falla determinada.
 - Contacto supuesto.
 - Fractura/Falla supuesta.
 - Dirección de la línea de falla supuesta.
- *Las superficies rocosas, excepto en los afloramientos de roca, se han representado con bloques de ladera junto con capas de derrubios de ladera debido a la elevada pendiente.



PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEÓ.

V.V.ŠUK

PLANO GEOLÓGICO DETALLE_BALSA DE COTA.

LEYENDA:

- Sr-1
- C-1
- Curva de nivel cada 0,2/2 m.
- Z
- ◆ E-1

Hoja 2 de 2

ETRS-89 H30N

Escala (A-3)
1:2.000

Escala Gráfica Horizontal (DIN A-3): 1:2.000

PETICIONARIO:



III. PERFILES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS.

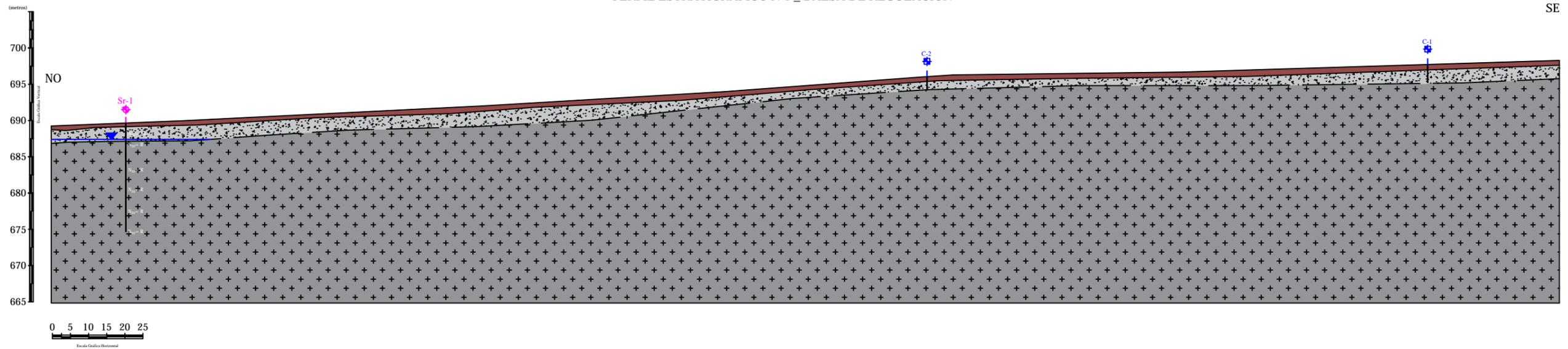
Plano 4: Plano Perfiles Geológicos-Geotécnicos (1:200/1:400, A-3).

Plano 4.1: Perfil litoestratigráfico nº1 _ Balsa de regulación.

Plano 4.2: Perfil litoestratigráfico nº2 _ Balsa de Cota.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO N°1 _ Balsa de Regulación

SE



LEYENDA:

-  SUELO VEGETAL.
-  JABRE, ROCA METEORIZADA.

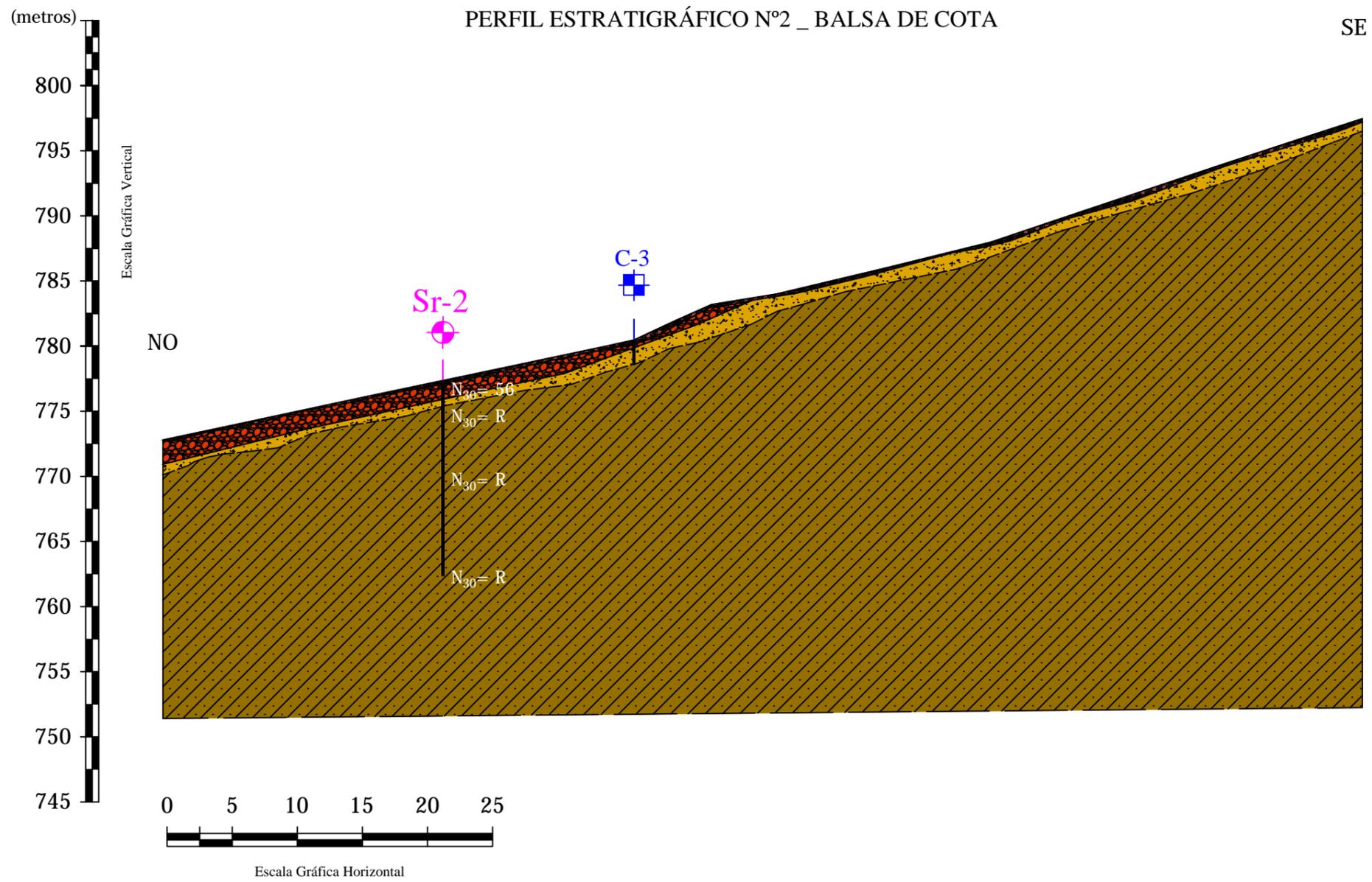
 SUSTRATO ROCOSO GRANITOIDES.

-  Nivel de agua (4,5 m. en Sr-1)
-  Sr-1
-  C-1
-  C-2
- N₃₀=14 Valor del ensayo S.P.T.

Hoja 4	Escala (A-3)	PETICIONARIO:
Hoja 1 de 2	1:1.200	



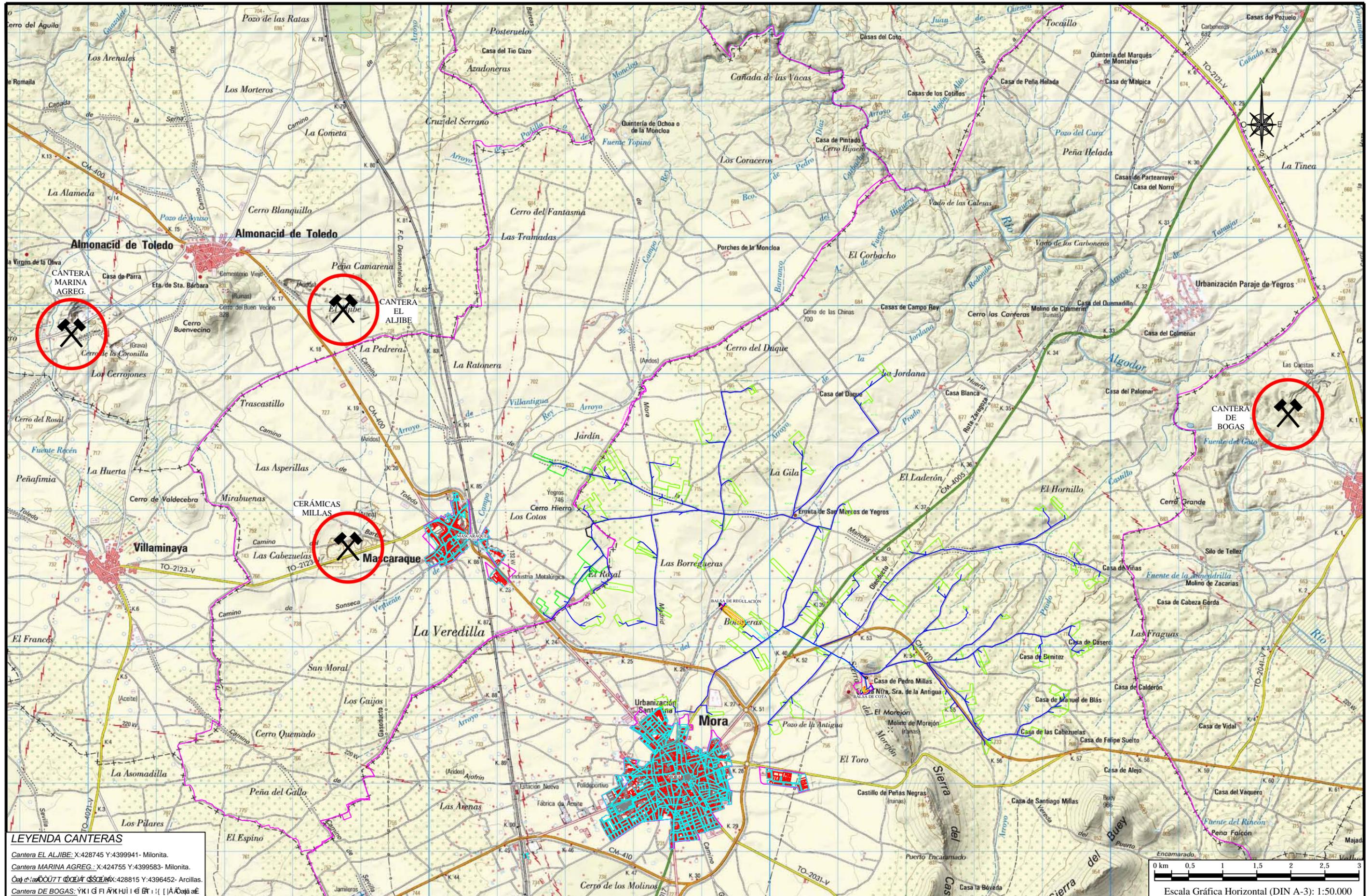
PROYECTO:
 ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEÓ.
 V WŠUK
 PERFIL LITOSTRATIGRÁFICO N°1-BALSA DE REGULACIÓN



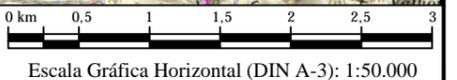


IV. PLANO PRINCIPALES YACIMIENTOS Y CANTERAS.

Plano 5: Plano Principales Yacimientos y Canteras (1:50.000, A-3).



LEYENDA CANTERAS
 Cantera EL ALJIBE: X:428745 Y:4399941- Milonita.
 Cantera MARINA AGREG.: X:424755 Y:4399583- Milonita.
 Cantera CERÁMICAS MILLAS: X:428815 Y:4396452- Arcillas.
 Cantera DE BOGAS: YKI G f A K H U i | e E T | (| A O e a e



PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTE.

V W S U K

PLANO UBICACIÓN PRINCIPALES YACIMIENTOS Y CANTERAS.

LEYENDA:
 Yacimientos de materiales

Hoja 1 de 1

Escala (A-3)
 1:50.000

PETICIONARIO:



V. FICHAS DE LAS CALICATAS.

Columna litológica de la calicata C-1 (Balsa de regulación).

Columna litológica de la calicata C-2 (Balsa de regulación).

Columna litológica de la calicata C-3 (Balsa de cota).

Columna litológica de la calicata C-4 (Red de tuberías).

Columna litológica de la calicata C-5 (Red de tuberías).

Columna litológica de la calicata C-6 (Red de tuberías).

Columna litológica de la calicata C-7 (Red de tuberías).



VI. COLUMNAS DE LOS SONDEOS.

Columna litológica del sondeo Sr-1 (Balsa de regulación).

Columna litológica del sondeo Sr-2 (Balsa de cota).



SERGEYCO
Servicio de Geotecnia y
Control de Calidad

FICHA TÉCNICA DE SONDEO

Sondeo mecánico Sr-1

CLIENTE: TRAGSATEC
TÍTULO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEÓ.

INCLINACIÓN: ; 2a
FECHA INICIO: 12 / 07 / 2021
FECHA FINAL: 12 / 07 / 2021
MÁQUINA: TP-30

PROFUNDIDAD (m)	STIMA PERFORACIÓN Ø PERFORACIÓN	COLUMNA LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	NIVEL FREÁTICO (m)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	FRACTURACIÓN	GRADO DE METEORIZ.	MUESTRAS		ENSAYOS DE LABORATORIO																			
										TIPO	PROFUNDIDAD (metros)	SPT N ₃₀	% Pasa Tamiz 200	Plasticidad		Humedad (%)	Densidad (t/m³)	R.C.S. (Kp/cm²)	Corte Directo		Sulfatos (%)	CLASIFIC.									
														LL	IP				Cohesión (kg/cm²)	Angulo de Rozam. (°)		Pres. Hinchamiento (kg/cm²)	SUCS	HRB							
11	PERFORACIÓN ENSIECO (BATERÍA SIMPLD) 86 mm. (W)	+	10,5	9,70-11,70 m. Roca meteorizada en G.M. IV.						SPT-8	R																				
12				GRANITOIDE Sustrato rocoso, granitoide, medianamente meteorizado (G.M. V-IV). Alta a muy alta compacidad y paredes estables.							SPT-9	R																			
13				11,70-12,50 m. Roca meteorizada en G.M. V. 12,50-13,00 m. Roca meteorizada en G.M. IV-III.							SPT-10	R																			
14				Fin de sondeo a 13,0 metros.																											
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															



FOTOGRAFIA DE EMPLAZAMIENTO



FOTOGRAFIAS DE LAS CAJAS PORTATESTIGO

OBSERVACIONES: Se detecta nivel freático a 4,50 m.



SERGEYCO
Servicio de Geotecnia y
Control de Calidad

FICHA TÉCNICA DE SONDEO

Sondeo mecánico Sr-2

CLIENTE: TRAGSATEC
TÍTULO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEO.

INCLINACIÓN: ; 2a
FECHA INICIO: 12 / 07 / 2021
FECHA FINAL: 12 / 07 / 2021
MÁQUINA: TP-30

PROFUNDIDAD (m)	STIMA PERFORACIÓN Ø PERFORACIÓN	COLUMNA LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	NIVEL FREÁTICO (m)	RECUPERACIÓN (%)	R. Q. D. (%)	FRACTURACIÓN	GRADO DE METEORIZ.	MUESTRAS		ENSAYOS DE LABORATORIO													
										TIPO	PROFUNDIDAD (metros)	SPT N ₃₀	% Pasa Tamiz 200	Plasticidad		Humedad (%)	Densidad (t/m ³)	R.C.S. (Kp/cm ²)	Corte Directo			Sulfatos (%)	CLASIFIC.		
										LL	IP														
1			1,45	G98 "71 5H0FB5F=CG:f7c i j]0BL Arenas arcillosas con alto porcentaje de cantos de cuarcita y pizarra subanguloso y centimétricos. Tonalidades marrones a rojizas con tramos parcialmente encostrados de carbonatos con tonalidades blanquecinas.							SPT-1 0,50-1,05	56													
2			0,55	PIZARRAS muy meteorizadas Arenas limo-arcillosas con cantos de pizarra y cuarcita angulosos.							SPT-2 2,20-2,45	R													
3				2,00-3,00 m. Pizarras con meteorización alta a media en profundidad.							SPT-3 3,50-3,60	R													
4				3,00-5,50 m. Pizarras con meteorización media a moderada en profundidad.							SPT-4 4,50-4,60	R													
5				PIZARRAS Y CUARCITAS (Serie d• fdi fU) Pizarras de tonalidades moradas a grises con esquistosidad subvertical (60-80°), muy meteorizadas a algo meteorizadas en profundidad. De forma dispersa tienen intercalaciones de niveles de cuarcita centimétricos con escasa meteorización. Presentan alta fracturación y buena estabilidad de las paredes del sondeo y de alta a muy alta compacidad.							SPT-5 5,50-5,58	R													
6					13,00							SPT-6 6,50-6,60	R												
7					5,50-15,0 m. Pizarras con meteorización moderada a baja en profundidad.							SPT-7 7,50-7,55	R												
8					7,40-7,60 m. intercalación de nivel de cuarcita.							SPT-8 8,50-8,56	R												
9											SPT-9 9,50-9,60	R													



FOTOGRAFIA DE EMPLAZAMIENTO



FOTOGRAFIAS DE LAS CAJAS PORTATESTIGO



OBSERVACIONES: No se detecta nivel freático, el suelo vegetal fué eliminado en la excavación de 40 cm. para la plataforma del sondeo debido a la elevada pendiente.



SERGEYCO
Servicio de Geotecnia y
Control de Calidad

FICHA TÉCNICA DE SONDEO

Sondeo mecánico Sr-2

CLIENTE: TRAGSATEC
TÍTULO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEO.

INCLINACIÓN: ; 2a
FECHA INICIO: 12 / 07 / 2021
FECHA FINAL: 12 / 07 / 2021
MÁQUINA: TP-30

PROFUNDIDAD (m)	STIMA PERFORACIÓN Ø PERFORACIÓN	COLUMNA LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	NIVEL FREÁTICO (m)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	FRACTURACIÓN	GRADO DE METEORIZ.	MUESTRAS		ENSAYOS DE LABORATORIO																					
										PROFUNDIDAD (metros)	SPT N ₃₀	Plasticidad		Humedad (%)	Densidad (t/m ³)	R.C.S. (Kp/cm ²)	Corte Directo		Sulfatos (%)	CLASIFIC.													
												LL	IP				Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de Rozam. (°)		SUGS	HRB												
11	PERFORACIÓN EN SECO (BATERÍA SIMPLE) 86 mm. (W)		13,00	5,50-15,0 m. Pizarras con meteorización moderada a baja en profundidad. PIZARRAS Y CUARCITAS (Serie d• fdi FU) Pizarras de tonalidades moradas a grises con esquistosidad subvertical (60-80°), muy meteorizadas a algo meteorizadas en profundidad. De forma dispersa tienen intercalaciones de niveles de cuarcita centimétricos con escasa meteorización. Presentan alta fracturación y buena estabilidad de las paredes del sondeo y de alta a muy alta compacidad.							SPT-10	R																					
10,50-10,55																																	
SPT-11											R																						
11,50-11,60																																	
SPT-12											R																						
12,50-12,55																																	
13																																	
14																																	
15																																	
15				Fin de sondeo a 15,0 metros.																													
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	



FOTOGRAFIA DE EMPLAZAMIENTO



FOTOGRAFIAS DE LAS CAJAS PORTATESTIGO

OBSERVACIONES: No se detecta nivel freático, el suelo vegetal fué eliminado en la excavación de 40 cm. para la plataforma del sondeo debido a la elevada pendiente.



VII. ESTACIÓN GEOMECÁNICA.

Estación geomecánica E-1 (Balsa de cota).



SERGEYCO
Servicio de Geotecnia y
Control de Calidad

ESTACIONES GEOMECAÑICAS

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE AGUA EN VARIOS EMPLAZAMIENTOS DE LOS MUNICIPIOS DE MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO), PARA EL PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha DE CULTIVOS LEÑOSOS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE RIEGO A GOTEÓ.

PUNTO N° 1

E-1

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

TIPO DE ROCA: *Pizarras (Serie Púrpura)*. Pizarras muy meteorizadas de tonalidades grises oscuras con tono morados, presentando varias direcciones de esquistosidad y micropliegues por deformación. Roca ripable y dura, con media-buena estabilidad de taludes.

DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO

Nota: Direcciones referenciadas al norte magnético.

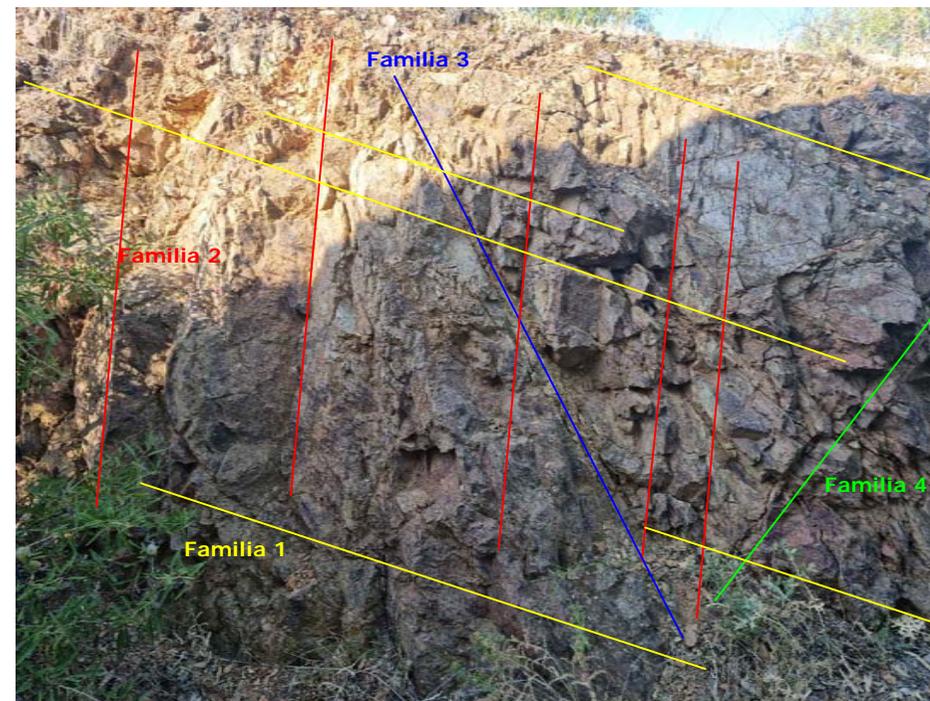
FAMILIA	DIRECCIÓN	BUZAMIENTO	
		Ángulo	Dirección
1	N 100 E	35	N
2	N 195 E	80	W
3 (fractura)	N 140 E	64	NE
4 (fractura)	N 90-80 E	48	S

ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

		Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia 4
Esp. Amplio	>600 cm			X	X
Muy Amplio	200-600 cm				
Amplio	60-200 cm		X		
Moderado	20-60 cm	X			
Pequeño	6-20 cm				
Muy Pequeño	2-6 cm				
Esp. pequeño	< 2 cm				

ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia 4
APERTURA:	Parcialm. abiertas	Parcialm. abiertas	Apertura muy amplia	Apertura muy amplia
RUGOSIDAD:	Suave	Rugosa	Especular	Sinuosa
RELLENO:	Oxidos	Óxidos	Limo y frag. de roca	Limo y frag. de roca



OBSERVACIONES:

EN EL AFLORAMIENTO APARECEN OTRAS FRACTURAS DE MENOR CONTINUIDAD Y FRECUENCIA, ASÍ COMO VARIAS DIRECCIONES DE ESQUISTOSIDAD. EL AFLORAMIENTO APARECE CON UN GRADO DE ALTERACIÓN ALTO, DECOLORACIÓN DE LA UNIDAD Y ABUNDANTES OXIDACIONES. EL MACIZO PRESENTA ZONAS DE TONALIDAD MORADA Y ROJIZA. LA ROCA ROMPE CON GOLPES DE MARTILLO MODERADOS (RCS-MUY BAJA, $Q_U=1-5$ MPa)



VIII. FICHAS PRINCIPALES CANTERAS.

Cantera El Aljibe.

Cantera Marina Agreg.

Cantera Cerámicas Millas.

Cantera de Bogas.

FECHA: 25/08/21. AUTOR: M.A. NAVARRO. COORDENADAS: ETRS-89 H30
X: 428745 Y: 4399941
EMPRESA EXPLOTADORA: S S .

DISTANCIA A LA OBRA:
Entre 3,5 y 12 km, la cantera se encuentra al SO de Almonacid de Toledo.

LITOLOGÍA:
*as r as ue se e rae r a p a r e d e a a d a M i i a s i u i d a s p r
Milonitas y Cataclasitas.*

DIMENSIONES:
Principalmente esta constituida por dos excavaciones a cielo abierto de profundidades estimada de decenas de metros (<100 m.) con unas dimensiones de 700x200 y de 500x180 m.

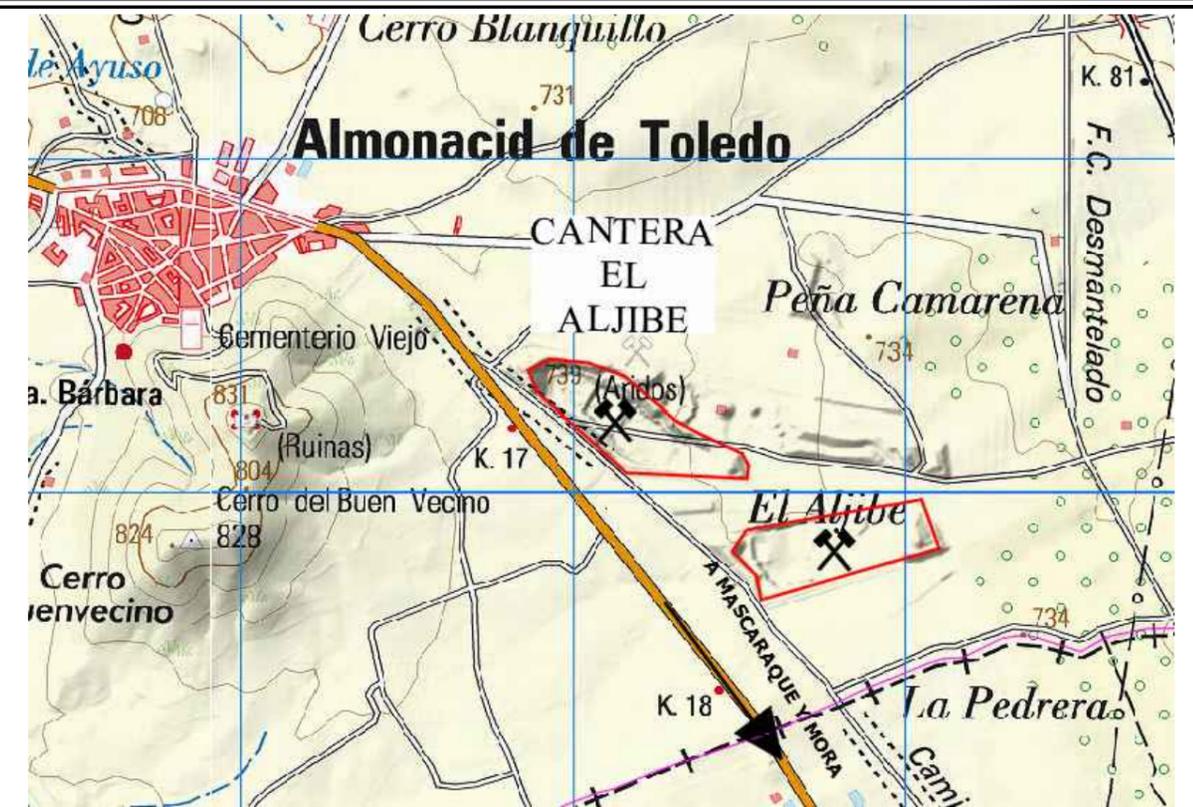
CUBICACIÓN:
*Se des e a u i a i d e a r a a e r a e r a u u e s e e s i a s u p e r i r a
e e s s ú e s e e s a r i s d e p r e a p a a e s p r e p a r a d a p a r a
p r d u i r r a d e p r d u i a d e u a e a a s s u p e s d e
del producto final.*

ACCESOS:
Presenta muy buen acceso desde la carretera CM-400 al SO de Almonacid de Toledo, misma carretera que accede a gran parte de la obra.

USOS ACTUALES:
*Pri i p a e e a a s p a r a a a e r r i a r i a r a i a p a r a a e r a d
a s i r i e s z a r r a s . P u e d e t e n e r u n u s o c o m o v e r t e d e r o d e
inertes, rellenos y terraplenes.*



ESQUEMA DE SITUACIÓN



FECHA: 25/08/21. AUTOR: M.A. NAVARRO. COORDENADAS: ETRS-89 H30
 X: 424755 Y: 4399583
 EMPRESA EXPLOTADORA: ARYTEL S.A.

DISTANCIA A LA OBRA:
Entre 10 y 18 km, la cantera se encuentra al Oeste de Almonacid de Toledo, en la carretera que une dicha localidad con Chueca.

LITOLOGÍA:
*as r as ue se e rae r a p a e de a a da Mi i a s i uidas p r
 Milonitas y Cataclasitas.*

DIMENSIONES:
Principalmente esta constituida por dos excavaciones a cielo abierto de profundidades estimada de decenas de metros (<100 m.) con unas dimensiones de 700x200 y de otra en forma de "L" con longitudes de 400 y 300 m y anchuras de 100 m.

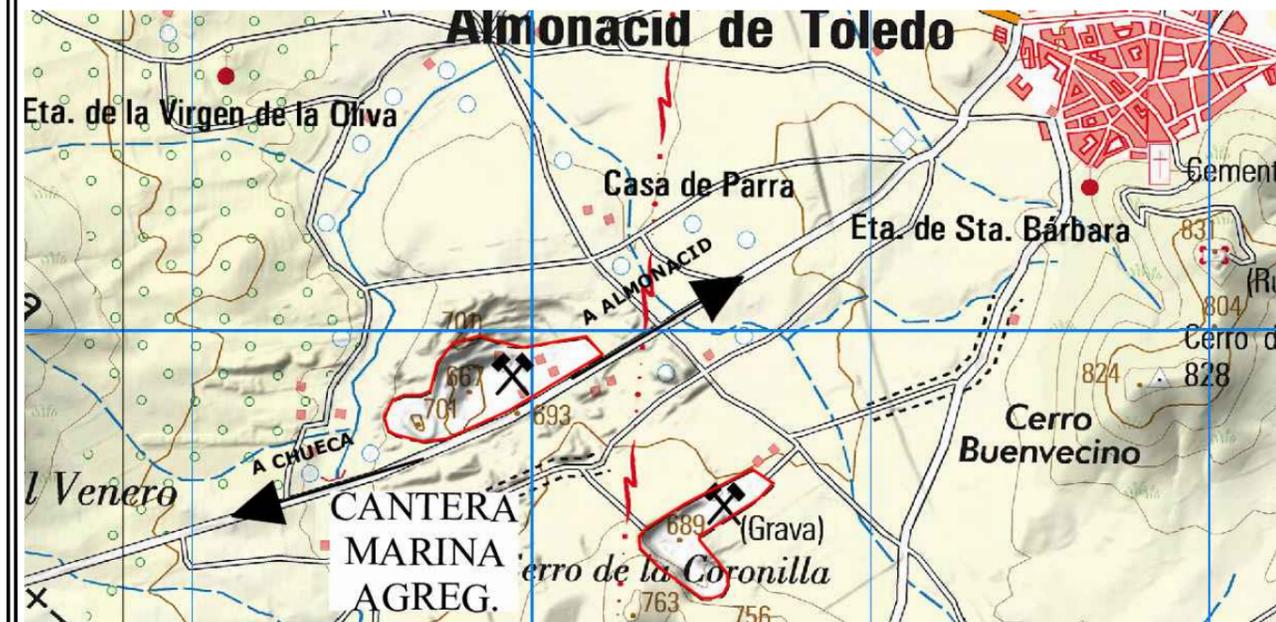
CUBICACIÓN:
Se des e a u i a i de a r a a e raer.

ACCESOS:
Presenta muy buen acceso desde la autovia CM-42 y CM-400 al O de Almonacid de Toledo.

USOS ACTUALES:
*Pri ipa e e a as para a a err iaria ra i a para a erad
 as i r i es za rras . Puede tener un uso como vertedero de inertes, rellenos y terraplenes.*



ESQUEMA DE SITUACIÓN



FECHA: 25/08/21. AUTOR: M.A. NAVARRO. COORDENADAS: ETRS-89 H30
X: 428815 Y: 4396452
EMPRESA EXPLOTADORA: M S M S S S

DISTANCIA A LA OBRA:

Entre 3,5 a 11 km, la cantera se encuentra al Oeste de la localidad de Mascaraque, en la carretera TO-2123-V a 1,5 km de dicha localidad.

LITOLOGÍA:

Los materiales que se extraen forman parte de las Pizarras de Pusa altamente e e rizadas p r a e a i r a i M r a e z s i u i d a s por Arcillas.

DIMENSIONES:

Principalmente esta constituida por varias excavaciones a cielo abierto de profundidades estimada de decenas de metros (<50 m.).

CUBICACIÓN:

Se des e a u i a i de a e r i a a e r a e r.

ACCESOS:

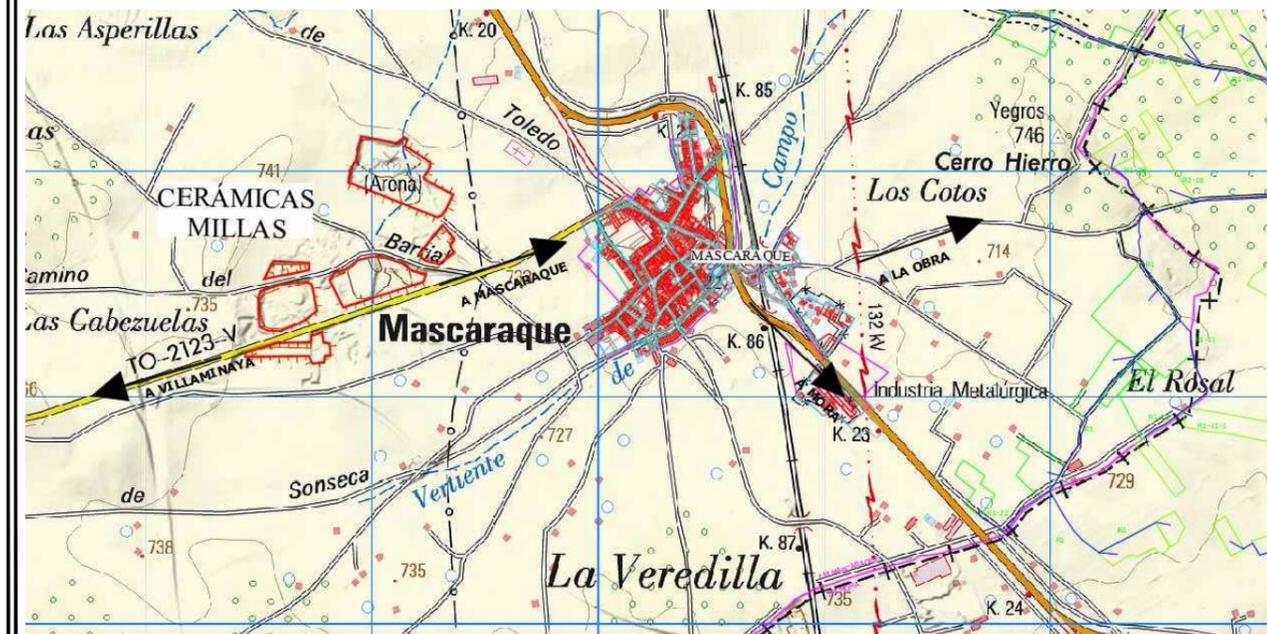
Presenta muy buen acceso desde la carretera TO-2123-V y CM-400 al Sur de Mascaraque y Norte de Mora.

USOS ACTUALES:

Pri ipa e e e r a i de a r i a s para pr du s de a r r i d e r i a s i e r a d r i s e a s r s p r du s para a s r u i r a s p r e p r du i de a e r i a s p r i a s. Puede tener interés para el proyecto como material de aporte para terraplenes y aporte de material arcilloso con funciones de impermeabilización.



ESQUEMA DE SITUACIÓN



FECHA: 25/08/21. AUTOR: M.A. NAVARRO. COORDENADAS: ETRS-89 H30
X: 442614 Y: 4398407
EMPRESA EXPLOTADORA: CANTERA BOGAS S.A.

DISTANCIA A LA OBRA:

Entre 4 a 11 km, la cantera se encuentra al Norte de la localidad de Villanueva de Bogas en el paraja "Las Cuestas", en la carretera TO-2121-V a 1,5 km de dicha localidad.

LITOLOGÍA:

La serie es de tipo ricas en sílice (arenas) de tipo Mioceno.

DIMENSIONES:

Principalmente esta constituida por unas excavaciones a cielo abierto de aprox. 700x300 m. de escasa altura (<50 m.) aprovechando afloramientos de ricas de sílice (arenas) y azules.

CUBICACIÓN:

Presenta una producción anual de 2.700.000 m³, con un material aprovechable del 75%.

ACCESOS:

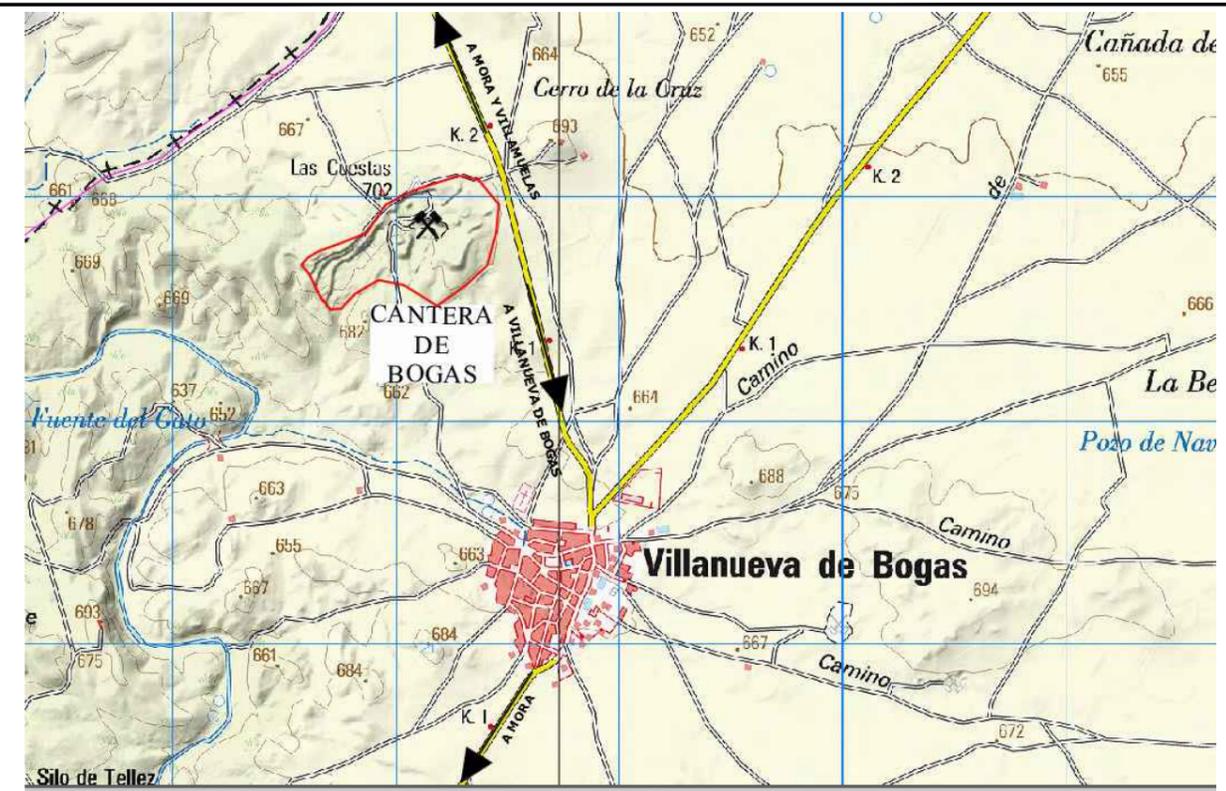
Presenta muy buen acceso desde la carretera TO-2121-V hacia Mora y la obra a través de las vías para M.M.

USOS ACTUALES:

Principalmente es utilizada para la construcción de carreteras y aditivos para la industria. Puede tener interés para el proyecto para materiales de relleno y terraplenes.



ESQUEMA DE SITUACIÓN





IX. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.



Parcela de la Balsa de Regulación



Sondeo Sr-1 en la Balsa de Regulación



Medición del nivel freático en el Sondeo Sr-1 en la Balsa de Regulación



Realización de calicatas en la Balsa de Regulación



Arroyo Prado Redondo junto a la EDAR en la Balsa de Regulación



Panorámica parcela de la Balsa de Cota



Afloramientos rocosos (Pizarras meteorizadas) en la Balsa de Cota, Estación Geomecánica E-1



Sondeo Sr-2 en Balsa de Cota



Tapa del Sondeo Sr-2 en Balsa de Cota



Calicata en Balsa de Cota



Calicata C-4 en Red de Tuberías



Calicata C-5 en Red de Tuberías



Calicata C-6 en Red de Tuberías



Calicata C-7 en Red de Tuberías



Afloramientos de mármoles en el cerro situado próximo a calicata C-7



Talud en granitoides GM VI-IV sobre traza de tuberías próximo a calicata C-6



Afloramientos de granitoides GM IV-III sobre traza de tuberías próximo al arroyo Prado Redondo (paraje de San Marcos)



X. ENSAYOS ACREDITADOS.



ACTA DE TRABAJOS DE CAMPO

Sondeos mecánicos a rotación: Dos (2)

Sonda empleada: Tecoinsa TP-30 LR

Fecha de inicio: 12/07/2021

Fecha de finalización: 12/07/2021

Metros lineales (ml) perforados: 28

Nº de muestras inalteradas recogidas (XP P94-202): Una (1)

Nº de testigos parafinados recogidos (ASTM D6640-01): Tres (3)

Nº de ensayos SPT realizados (UNE-EN ISO 22476-3): veinticuatro (24)

Nº de muestras de agua tomadas: No

Caja portatestigos empleadas: Diez (10)

ml de tubería piezométrica colocados: No

Tapa de sondeos colocadas: Dos (2)

Ensayos de Penetración Dinámica DPSH-A (UNE-EN ISO 22476-2) No.

Equipo utilizado:

Fecha de inicio:

Fecha de finalización:

Ensayos de Penetración Dinámica DPSH-B: (UNE-EN ISO 22476-2) No.

Equipo utilizado:

Fecha de inicio:

Fecha de finalización:

Calicatas mecánicas: Siete (7).

Maquinaria empleada: retroexcavadora mixta.

Fecha de inicio: 25/06/2021.

Fecha de finalización: 26/06/2021.



ACTA DE TRABAJOS DE LABORATORIO

Ensayos de identificación

Análisis granulométricos de suelos por tamizado (UNE 103.101/95): Catorce (14).

Límites de Atterberg (UNE 103.103/94 - 103.104/94): Catorce (14).

Ensayos de estado

Determinación de la humedad natural (UNE 103.300/93): Catorce (14).

Determinación de la densidad (UNE 103.301/94): Siete (7).

Ensayos de resistencia

Ensayo de corte directo (UNE 103.401/98): Uno (1).

Ensayo de rotura a compresión simple (UNE 103.400/93): No.

Ensayos de rotura a compresión simple en roca (UNE 22-950/90): Uno (1).

Ensayos de expansividad

Ensayo de presión de hinchamiento (UNE 103.602/96): No.

Ensayo del hinchamiento libre en edómetro (UNE 103.601/96): No.

Expansividad en aparato Lambe (UNE 103.600/96): No.

Ensayos de colapso

Ensayo de colapso en suelos (UNE 103.406/06): No.

Ensayos de Compactabilidad

Proctor Normal (UNE 103.500): Siete (7).

Componentes Secundarios

Determinación del contenido de sulfatos solubles (UNE 103.201/96): Ocho (8).

Determinación del contenido de carbonatos (UNE 103.200/93): Siete (7).

Determinación del contenido de materia orgánica (UNE 103.204/93): Siete (7).

Ensayo agresividad de agua freática (UNE 83.956/2008): No.



ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla Resumen del Laboratorio

- Muestra S-16-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-1.
- Muestra S-28-06-21. Muestra alterada nº 2 de la calicata C-1.
- Muestra S-17-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-2.
- Muestra S-18-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-3.
- Muestra S-19-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-4.
- Muestra S-25-06-21. Muestra alterada nº 2 de la calicata C-4.
- Muestra S-20-06-21. Muestra alterada nº 3 de la calicata C-4.
- Muestra S-21-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-5.
- Muestra S-22-06-21. Muestra alterada nº 2 de la calicata C-5.
- Muestra S-23-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-6.
- Muestra S-29-06-21. Muestra alterada nº 2 de la calicata C-6.
- Muestra S-30-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-7.
- Muestra S-24-06-21. Muestra alterada nº 1 de la calicata C-7.
- Muestra S-24-07-21. Muestra Inalterada nº 1 del sondeo Sr-1.
- Muestra S-26-07-21. Testigo Parafinado nº 2 del sondeo Sr-1.



SERGEYCO
CASTILLA LA MANCHA, S.L.
SERVICIO DE GEOTECNIA
Y CONTROL DE CALIDAD

Pol. Ind. de Nambroca. C/ Diamante s/n. 45190 Nambroca, Toledo. Tel.: 925 366894 - Fax: 925 364347 - e-mail: sergeyco@ctv.es

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.

DATOS DE LA MUESTRA				GRANULOMETRIA								PLASTICIDAD				ESTADO				COMPACTACIÓN				RESISTENCIA				QUIMICA			CLASIF.		
C/S	Muestra	Intervalo de Profundidad		MORRO	% GRAVA			% ARENA			FINOS	LL	LP	IP	W	γ (t/m ³)		P.Espec.	Próctor Normal		RCS	Corte Directo			M.O.	Carbonatos	Sulfatos	AASHTO	SUCS	PG-3			
n°	n°	(metros)		%	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	%	%	%	%	Seca	Hum.		Hum(%)	Densidad	(kp/cm ²)	TIPO	Cohesión (kp/cm ²)	Angulo (°)	(%)	(%)	(%)							
C-1	S-16-06-21	1.00	1.20	0.0	0.0	4.3	12.2	9.2	47.0	6.4	20.8	NL	NP	NP	9.89	1.89	2.07	-	10.42	1.96	-	-	-	-	0.29	0.12	0.0	A-1-b	SM	Tolerable			
C-1	S-28-06-21	2.30	2.50	0.0	9.6	17.1	13.3	7.6	26.8	10.8	14.8	NL	NP	NP	7.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-1-b	SM	-			
C-2	S-17-06-21	1.00	1.50	0.0	9.6	14.9	7.3	4.5	37.9	5.5	20.3	NL	NP	NP	9.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-1-b	SM	-			
C-3	S-18-06-21	1.00	1.80	0.0	14.0	25.6	13.4	6.7	16.4	3.3	20.6	34.3	26.0	8.3	5.58	1.74	1.84	-	10.11	2.03	-	-	-	-	0.20	1.57	0.0	A-2-4	GM	Adecuado			
C-4	S-19-06-21	0.70	1.80	0.0	12.6	3.6	2.9	1.5	40.6	5.8	33.1	25.6	16.1	9.4	6.65	1.64	1.78	-	11.81	1.92	-	-	-	-	0.52	0.12	0.0	A-2-4	SC	Tolerable			
C-4	S-25-06-21	1.80	2.60	0.0	14.5	66.3	3.0	2.4	51.2	5.2	17.4	24.7	17.8	7.0	13.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-2-4	SC-SM	-			
C-4	S-20-06-21	2.60	3.20	0.0	0.0	0.7	0.6	1.3	44.5	3.4	49.5	37.1	24.2	12.8	24.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-6	SC	-			
C-5	S-21-06-21	1.00	1.30	0.0	0.0	1.8	3.9	4.4	41.4	8.1	40.4	32.0	17.5	14.4	8.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-6	SC	-			
C-5	S-22-06-21	1.50	1.80	0.0	9.2	16.2	11.5	6.2	27.7	5.0	24.3	33.1	24.1	9.0	5.50	1.70	1.79	-	10.80	1.94	-	-	-	-	0.15	2.49	0.0	A-2-4	SM	Adecuado			
C-6	S-23-06-21	0.80	1.20	0.0	0.0	1.0	16.9	21.5	43.0	4.2	13.5	35.0	27.2	7.8	5.75	1.78	1.89	-	13.05	1.91	-	-	-	-	0.26	0.08	0.0	A-2-4	SM	Tolerable			
C-6	S-29-06-21	1.50	1.80	0.0	7.9	16.0	19.4	18.6	26.5	3.3	8.4	NL	NP	NP	7.59	1.82	1.96	-	8.94	2	-	-	-	-	0.10	0.17	0.0	A-1-b	SW-SM	Seleccionado			
C-7	S-30-06-21	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	5.4	10.1	49.8	10.2	24.7	23.8	13.8	10.0	9.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A-2-4	SC	-			
C-7	S-24-06-21	2.00	2.50	0.0	0.0	0.0	6.5	10.5	54.6	8.6	19.8	NL	NP	NP	8.63	1.71	1.86	-	15.31	1.79	-	-	-	-	0.28	0.12	0.0	A-1-b	SM	Tolerable			
Sr-1	S-24-07-21	0.60	1.20	0.0	0.0	0.4	6.9	7.2	43.6	7.8	34.1	NL	NP	NP	14.70	2.02	2.31	2.68	-	-	-	UU	0.24	33	-	-	0.0	A-2-4	SM	-			
Sr-1	S-26-07-21	5.50	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.90	2.02	2.02	2.18	-	-	8.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

leyenda
 Materiales

Sedimentos Cuaternarios
Sedimentos Terciarios (Rañas)
Pizarras y Cuarcitas
Jabre (roca totalm. Meteorizada)
Granitoide



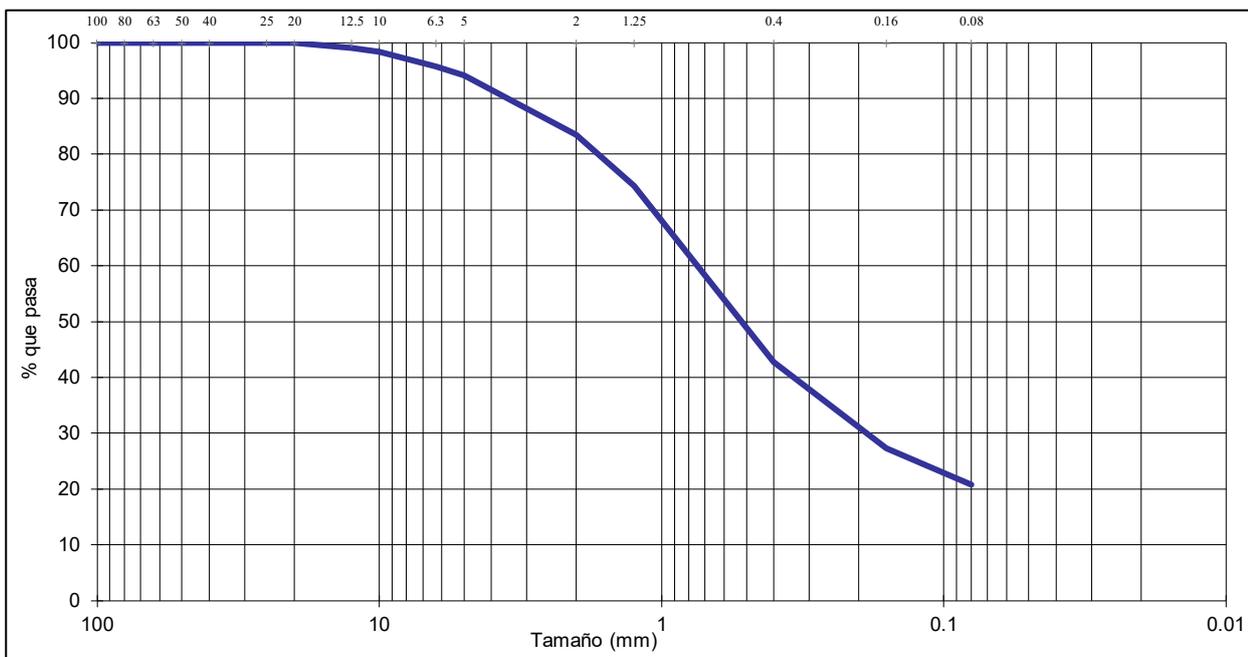
Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

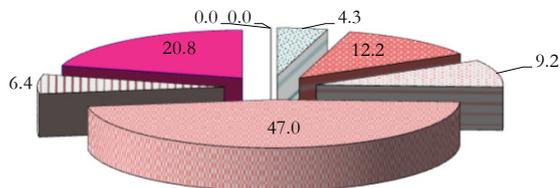
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	98.4	95.7	94.1	83.4	74.3	42.7	27.3	20.8

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	16.6			62.6			20.8	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
	0.0	4.3	12.2	9.2	47.0	6.4		



<input checked="" type="checkbox"/> % Morro	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Fina
<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Fina	<input checked="" type="checkbox"/> % Finos

D60:	0.87 mm
D30:	0.20 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



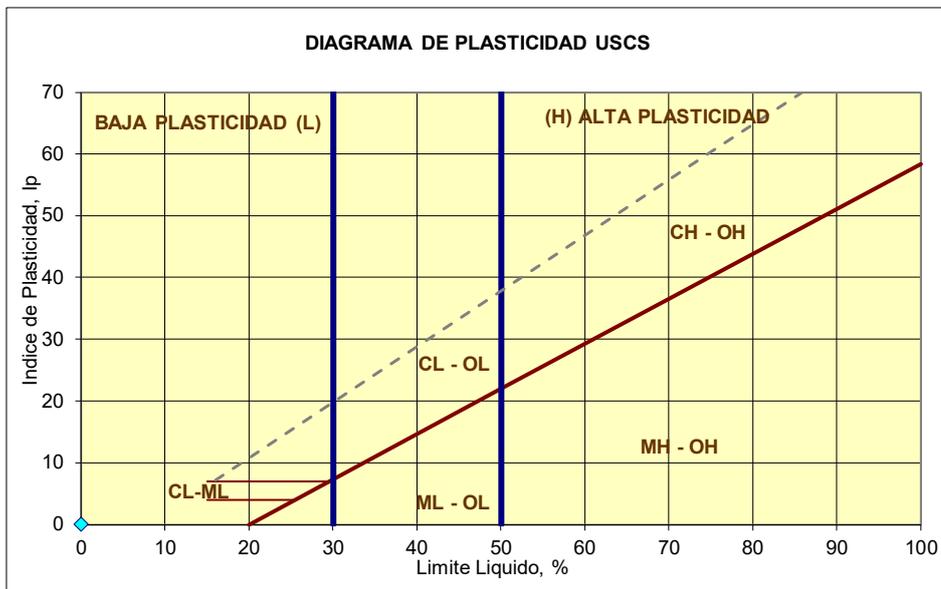
Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

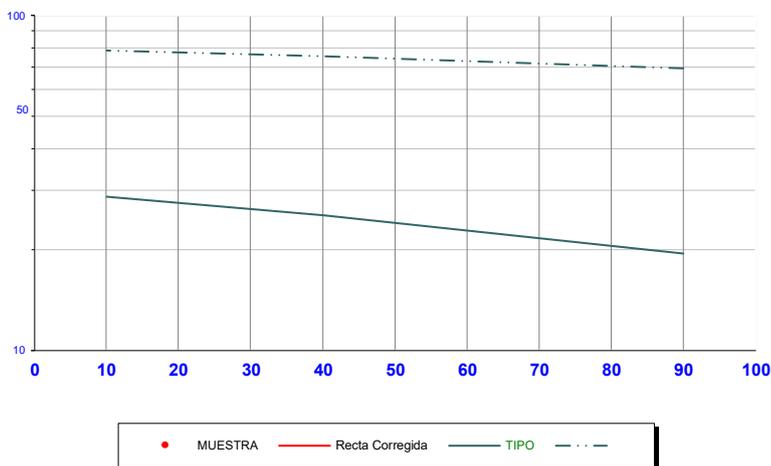
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.29%	
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%	
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477		
CARBONATOS	UNE 103.200/93	0.12%	
CLORUROS	UNE EN 1477		
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305		
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	9.89%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.89	2.07
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



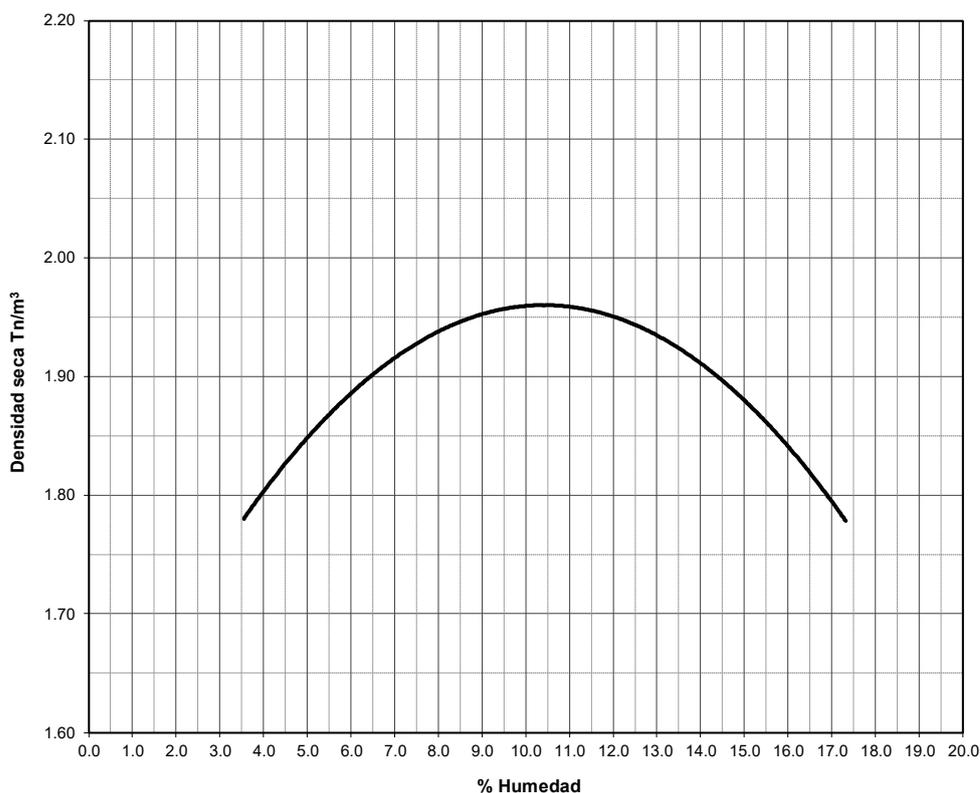
Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD 10.42%

DENSIDAD 1.96 gr/cm³

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico

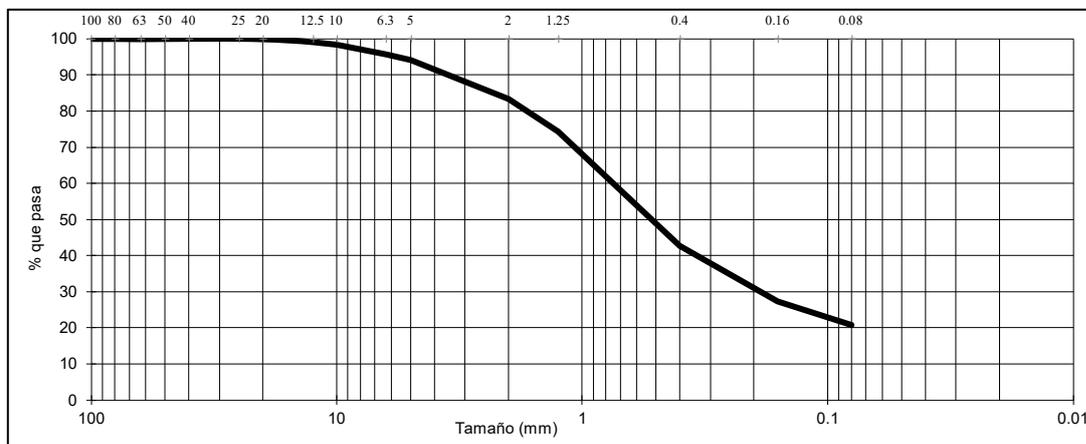


Ref nº S-16-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 1,00-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	100.0	
	25.0	100.0	
	20.0	100.0	
	10.0	98.4	
	5.0	94.1	
	2.0	83.4	Pase >= 80. Tolerable
	1.3	74.3	
0.4	42.7	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	20.8	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO		
	INDICE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	IP = 0. Seleccionado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.29%	0,2% <= MO < 1%. Adecuado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	10.42% ; 1.96	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena limosa SM	
	A.A.S.H.T.O.	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Tolerable	
	VALIDEZ	Suelo = Tolerable. Válido sólo para cimiento y núcleo de terraplén	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



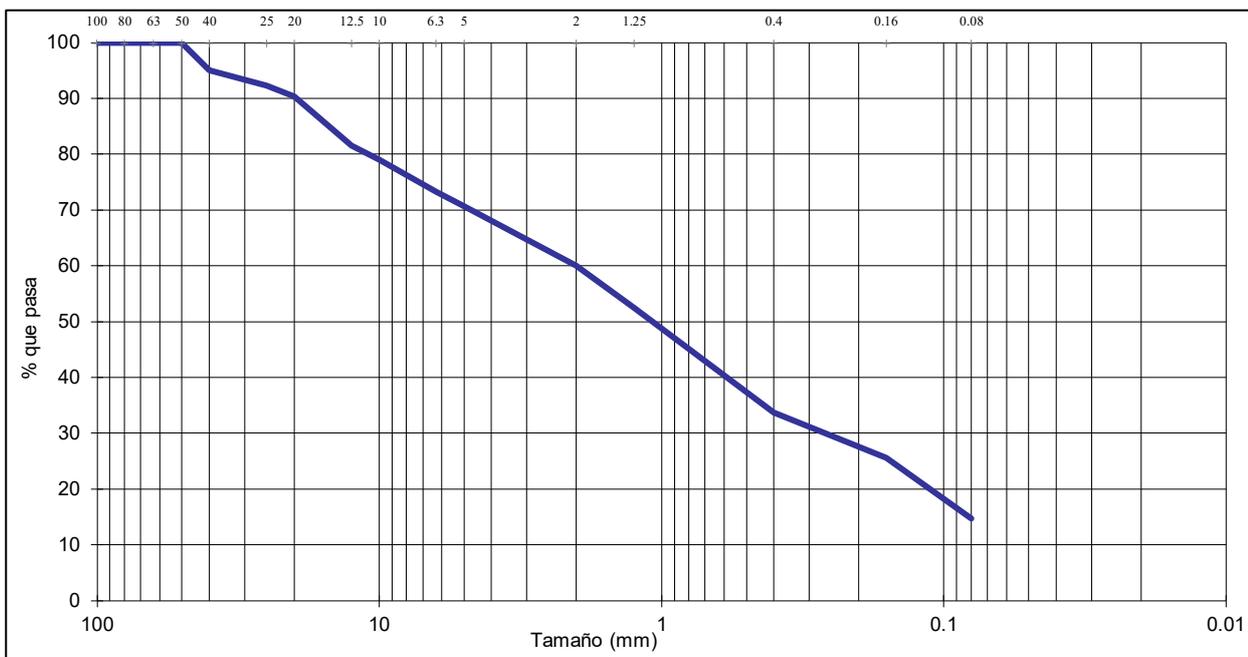
Ref nº S-28-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 2,30-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

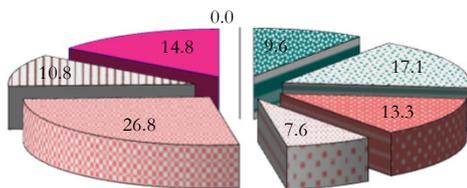
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	95.1	92.3	90.4	81.5	79.0	73.3	70.7	60.1	52.5	33.7	25.6	14.8

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	39.9			45.2			14.8	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	9.6	17.1	13.3	7.6	26.8	10.8		



<input type="checkbox"/> % Morro	<input type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input type="checkbox"/> % Grava Media	<input type="checkbox"/> % Grava Fina
<input type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input type="checkbox"/> % Arena Media	<input type="checkbox"/> % Arena Fina	<input type="checkbox"/> % Finos

D60:	1.99 mm
D30:	0.29 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



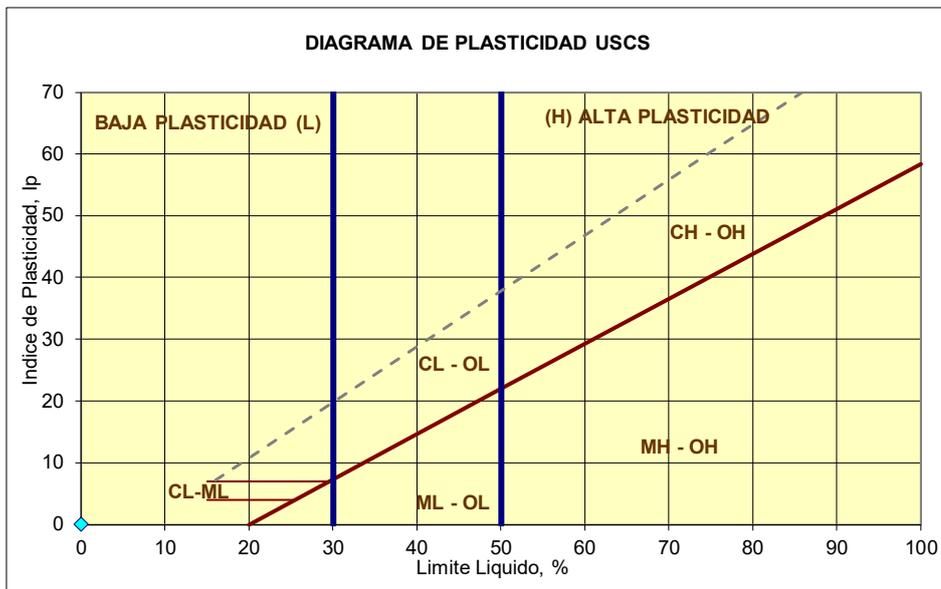
Ref nº S-28-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 2,30-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

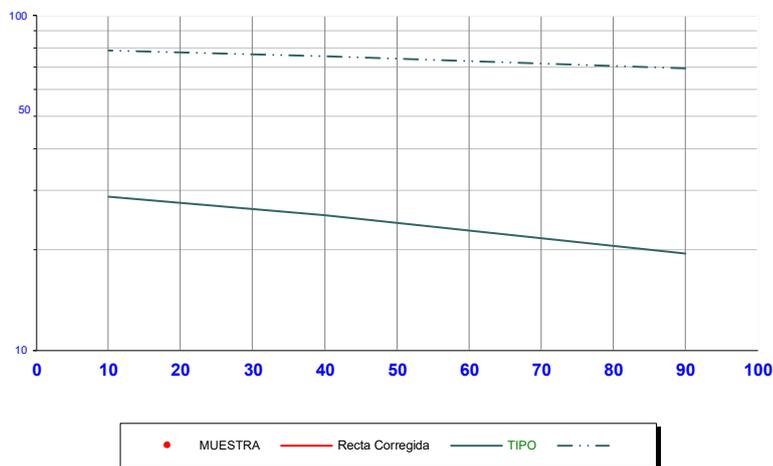
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa con grava SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-28-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-1. Profundidad: 2,30-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	7.22%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



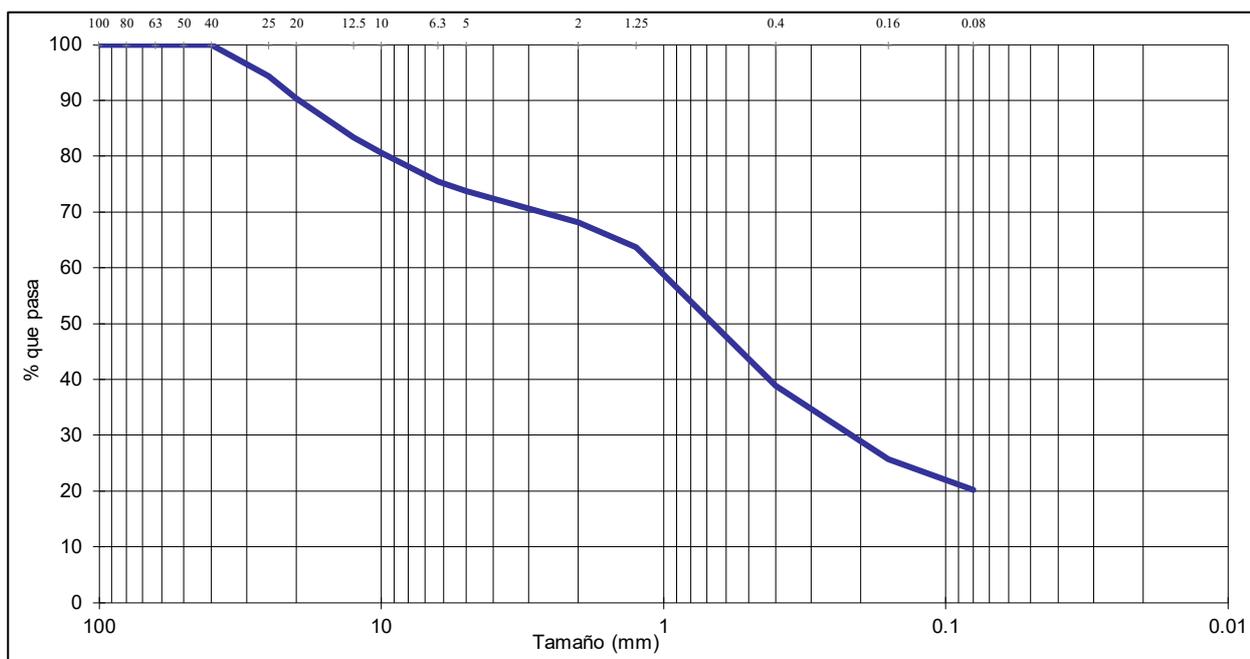
Ref nº S-17-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-2. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

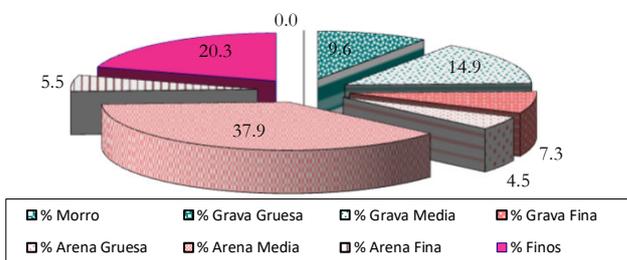
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	94.3	90.4	83.4	80.6	75.5	73.7	68.2	63.7	38.8	25.7	20.3

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	31.8	47.9	20.3					
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	9.6	14.9	7.3	4.5	37.9	5.5		



D60:	1.12 mm
D30:	0.24 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



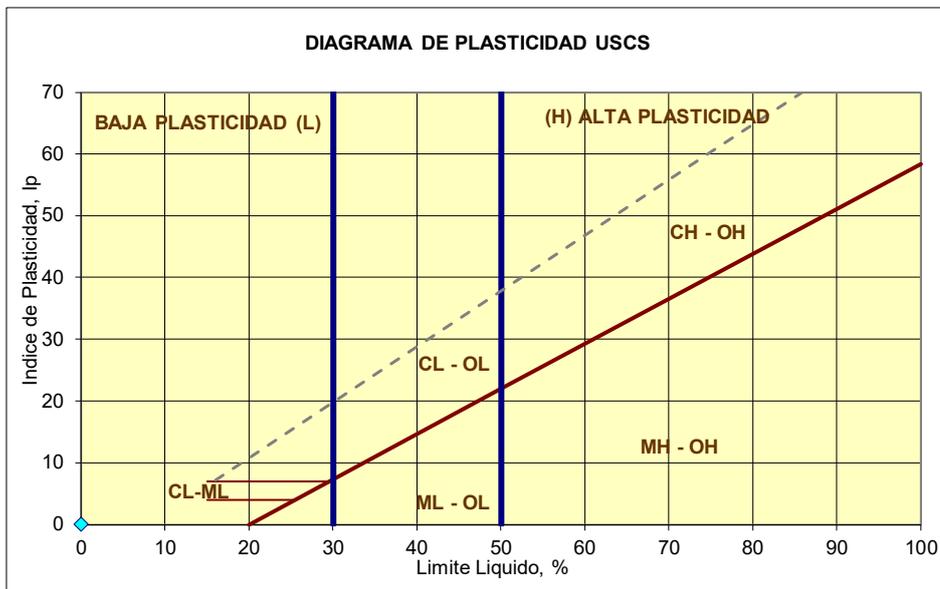
Ref nº S-17-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-2. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

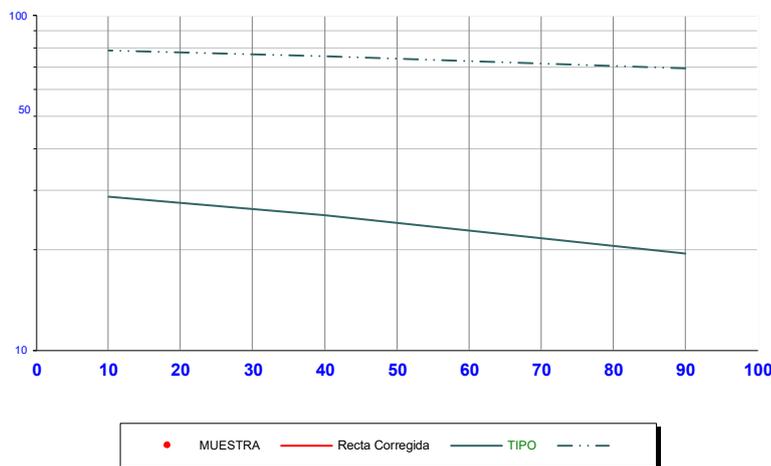
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa con grava SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-17-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-2. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (granitoide meteorizado)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	9.29%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



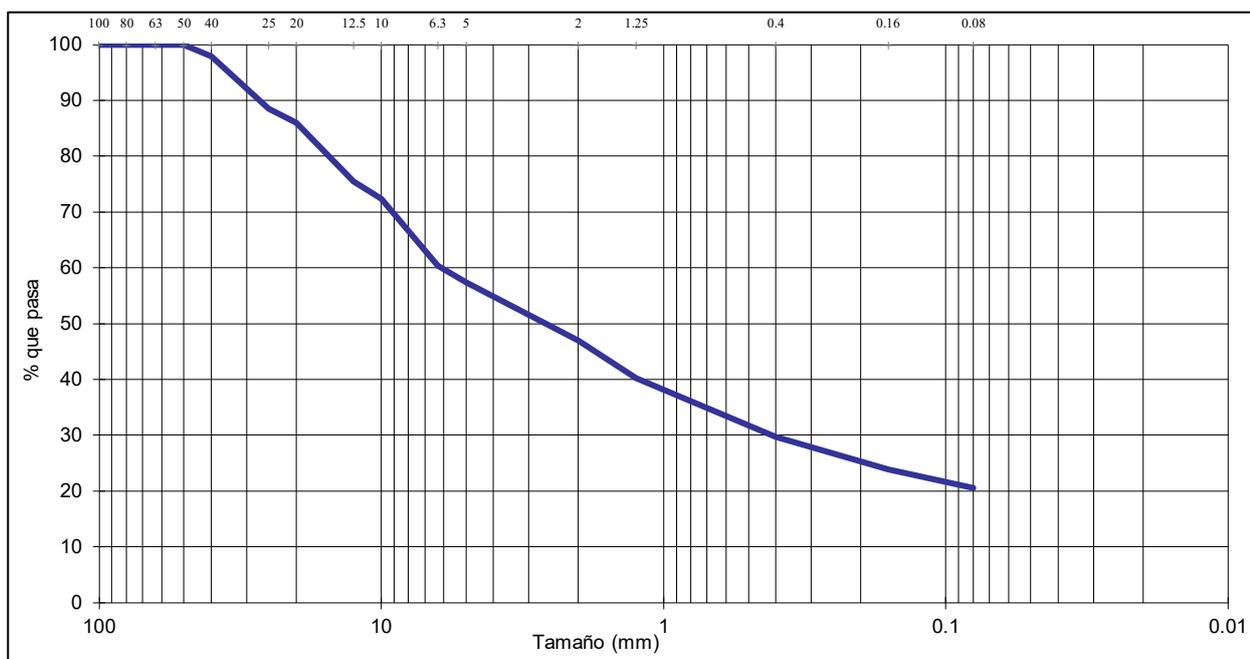
Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

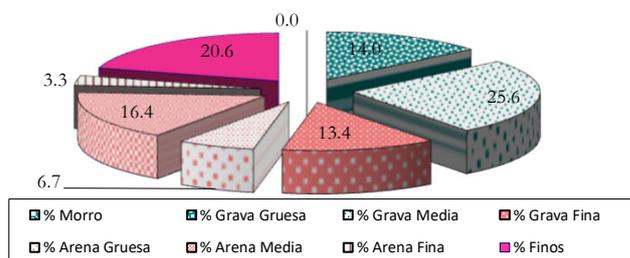
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	97.8	88.5	86.0	75.4	72.3	60.3	57.4	47.0	40.3	29.8	23.9	20.6

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA								
% Morro	% GRAVA			% ARENA		% FINOS		
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	14.0	25.6	13.4	6.7	16.4	3.3		



D60:	6.15 mm
D30:	0.42 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



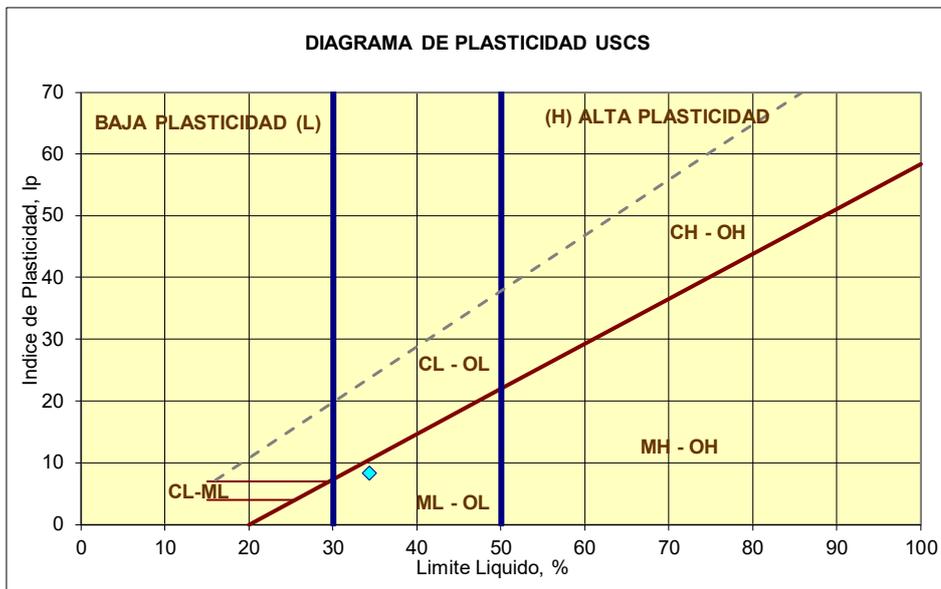
Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

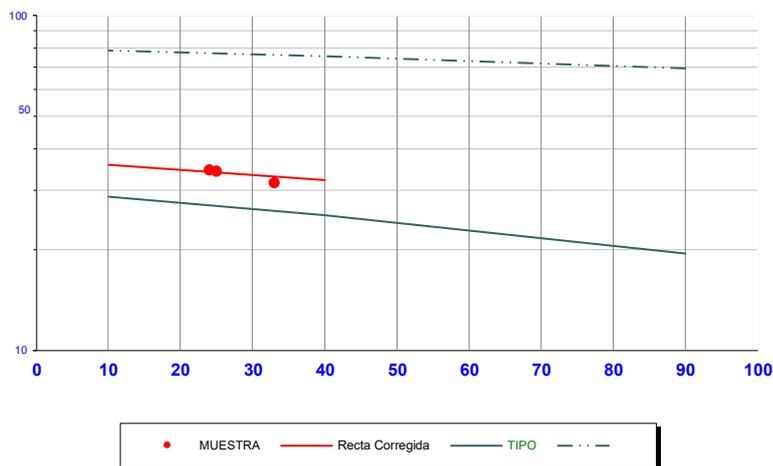
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Grava limosa con arena GM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
34.3	26.0	8.3

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.20%	
SULFATOS TOTALES (SO ₃ / SO ₄)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%	
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477		
CARBONATOS	UNE 103.200/93	1.57%	
CLORUROS	UNE EN 1477		
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305		
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308		

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico



Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	5.58%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.74	1.84
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



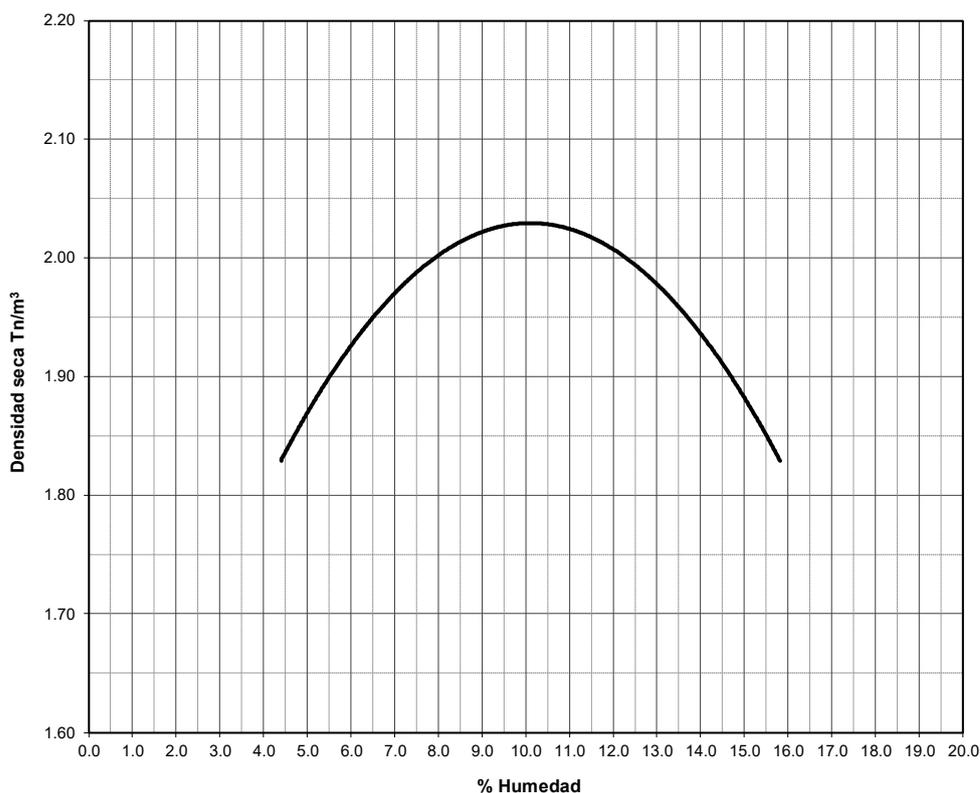
Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD 10.11%

DENSIDAD 2.03 gr/cm³

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico

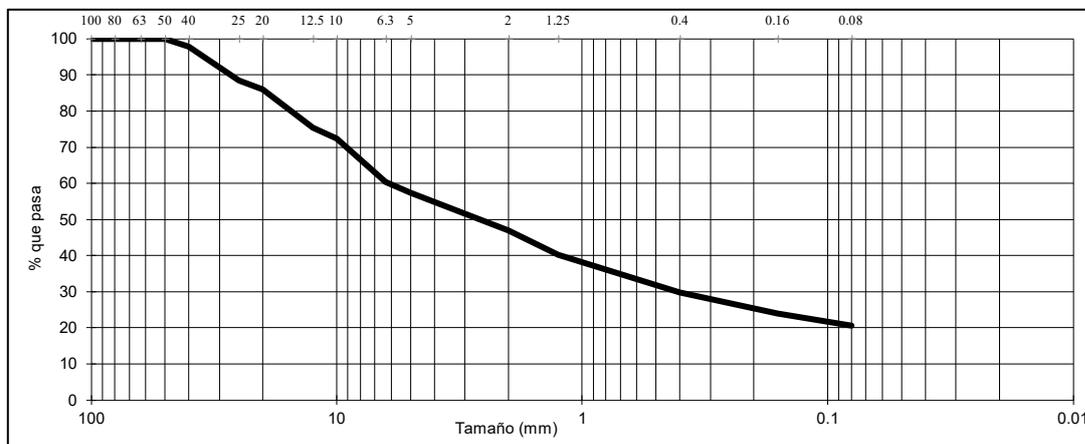


Ref nº S-18-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-3. Profundidad: 1,00-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Roca Meteorizada (Pizarra)

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	97.8	
	25.0	88.5	
	20.0	86.0	
	10.0	72.3	
	5.0	57.4	
	2.0	47.0	Pase < 80. Seleccionado
	1.3	40.3	
0.4	29.8	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	20.6	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO	34.3	30 <= LL < 40. Adc. o Tol.
	INDICE PLASTICIDAD	8.3	IP > 4. Adecuado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.20%	MO < 0,2%. Seleccionado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR		
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Grava limosa con arena GM	
	A.A.S.H.T.O.	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Adecuado	
	VALIDEZ	Suelo > Tolerable. Válido para todo tipo de terraplén y relleno	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



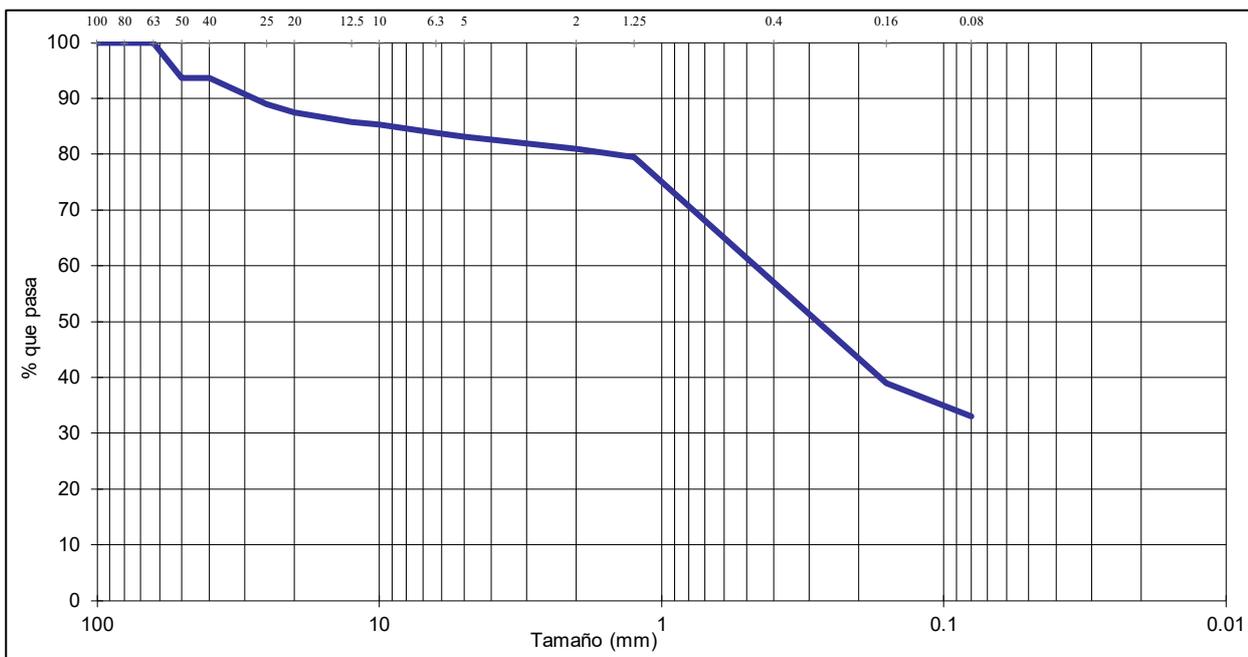
Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

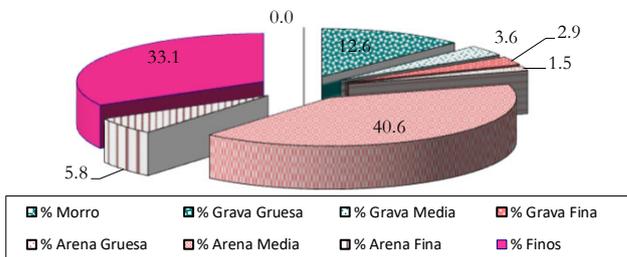
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	93.6	93.6	88.9	87.4	85.8	85.3	83.8	83.1	81.0	79.5	57.1	38.9	33.1

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			19.0	% ARENA			47.9	% FINOS		33.1
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla			
	0.0	12.6	3.6	2.9	1.5	40.6	5.8				



D60:	0.51 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



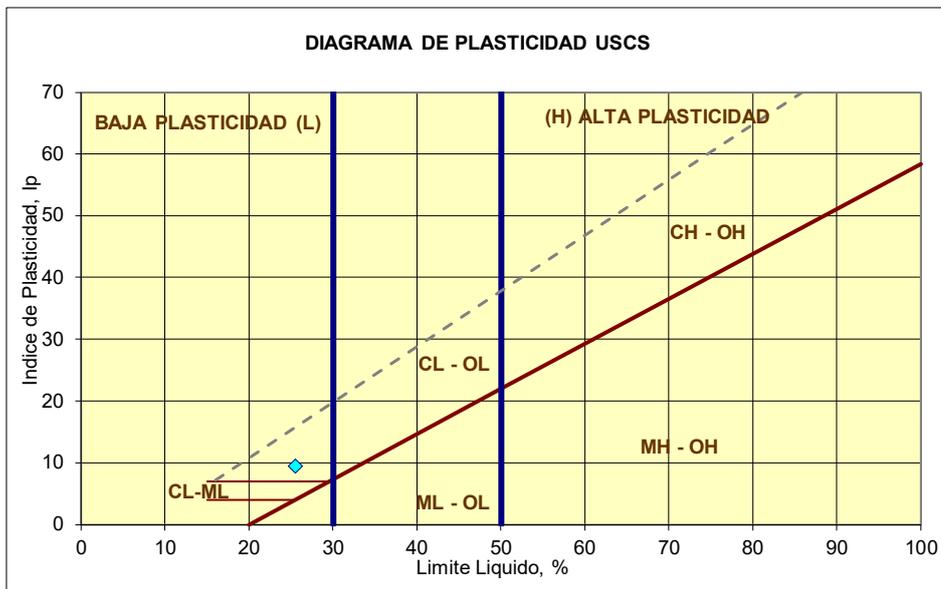
Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

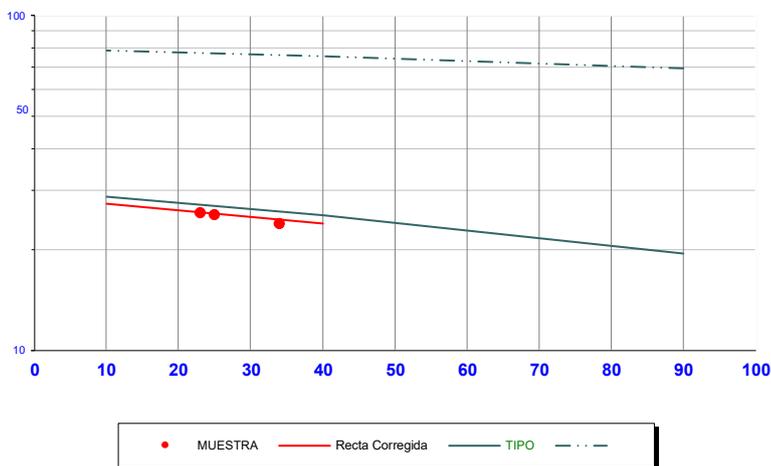
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena arcillosa con grava SC
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
25.6	16.1	9.4

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.52%
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477	
CARBONATOS	UNE 103.200/93	0.12%
CLORUROS	UNE EN 1477	
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305	
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308	

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	6.65%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.67	1.78
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



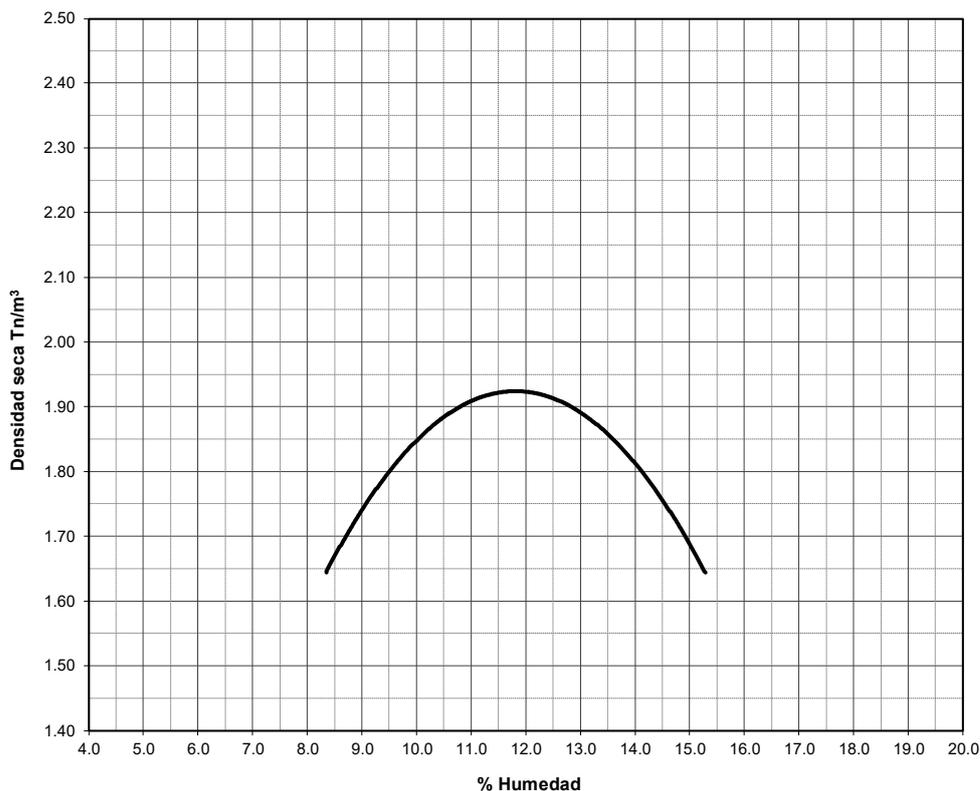
Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

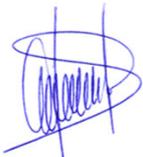
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD **11.81%**

DENSIDAD **1.92** **gr/cm³**

Fdo:

 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:

 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico

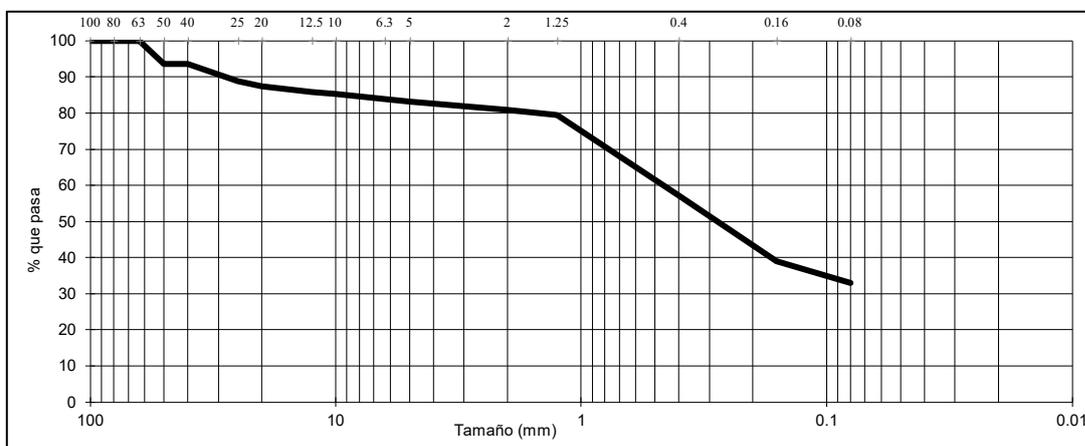


Ref nº S-19-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 0,70-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	93.6	
	40.0	93.6	
	25.0	88.9	
	20.0	87.4	
	10.0	85.3	
	5.0	83.1	
	2.0	81.0	Pase >= 80. Tolerable
	1.3	79.5	
0.4	57.1	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	33.1	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO	25.6	LL < 30. Selec. o Adec.
	INDICE PLASTICIDAD	9.4	IP < 10. Seleccionado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.52%	0,2% <= MO < 1%. Adecuado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	11.81% ; 1.92	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena arcillosa con grava SC	
	A.A.S.H.T.O.	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Tolerable	
	VALIDEZ	Suelo = Tolerable. Válido sólo para cimiento y núcleo de terraplén	

USO	COMPACTA					
	CBR					
	EXIGE					



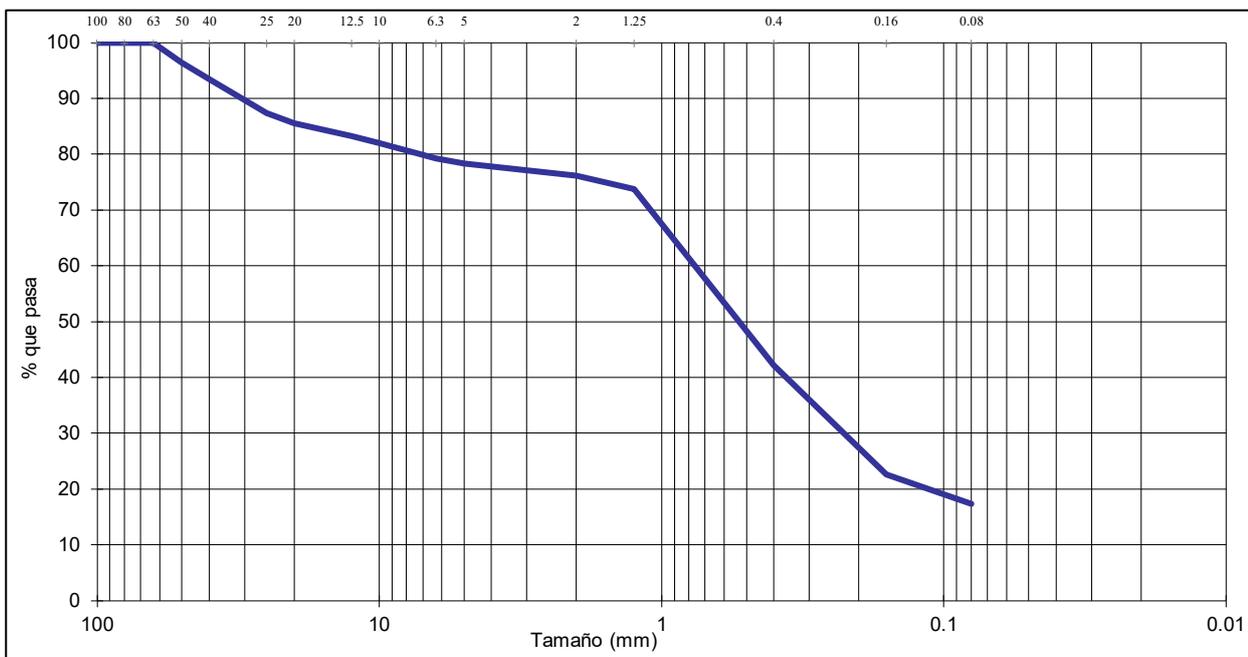
Ref nº S-25-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 1,80-2,60 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

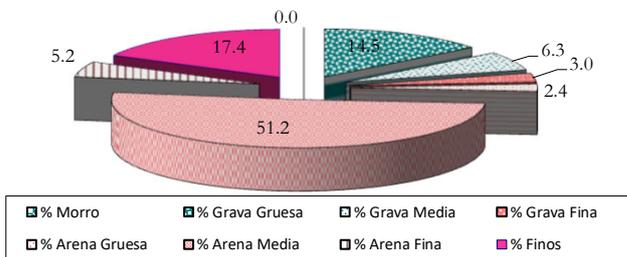
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	96.4	93.4	87.4	85.5	83.2	82.0	79.2	78.3	76.2	73.8	42.2	22.6	17.4

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	23.8			58.8			17.4	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
	0.0	14.5	6.3	3.0	2.4	51.2		



D60:	0.88 mm
D30:	0.25 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



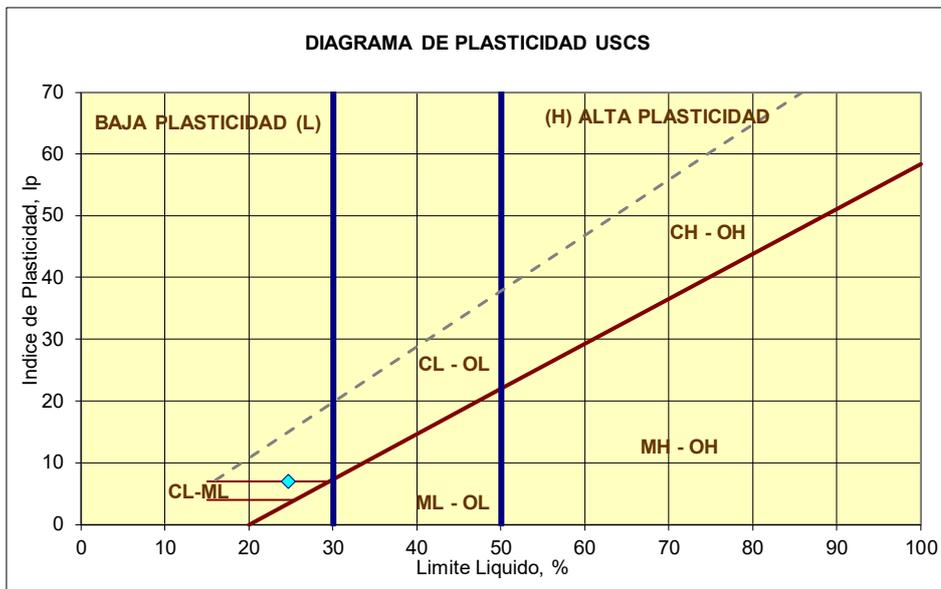
Ref nº S-25-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 1,80-2,60 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

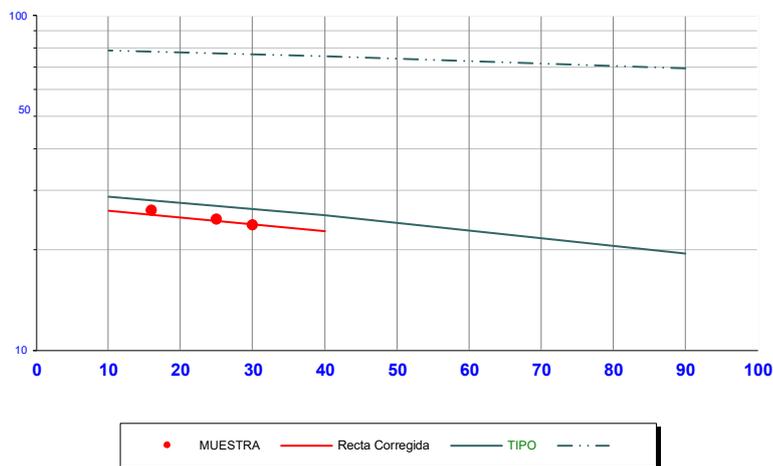
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL UNE-103.103/94 y LP UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena arcilloso-limosa con grava SC-SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
24.7	17.8	7.0

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-25-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 1,80-2,60 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	13.88%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



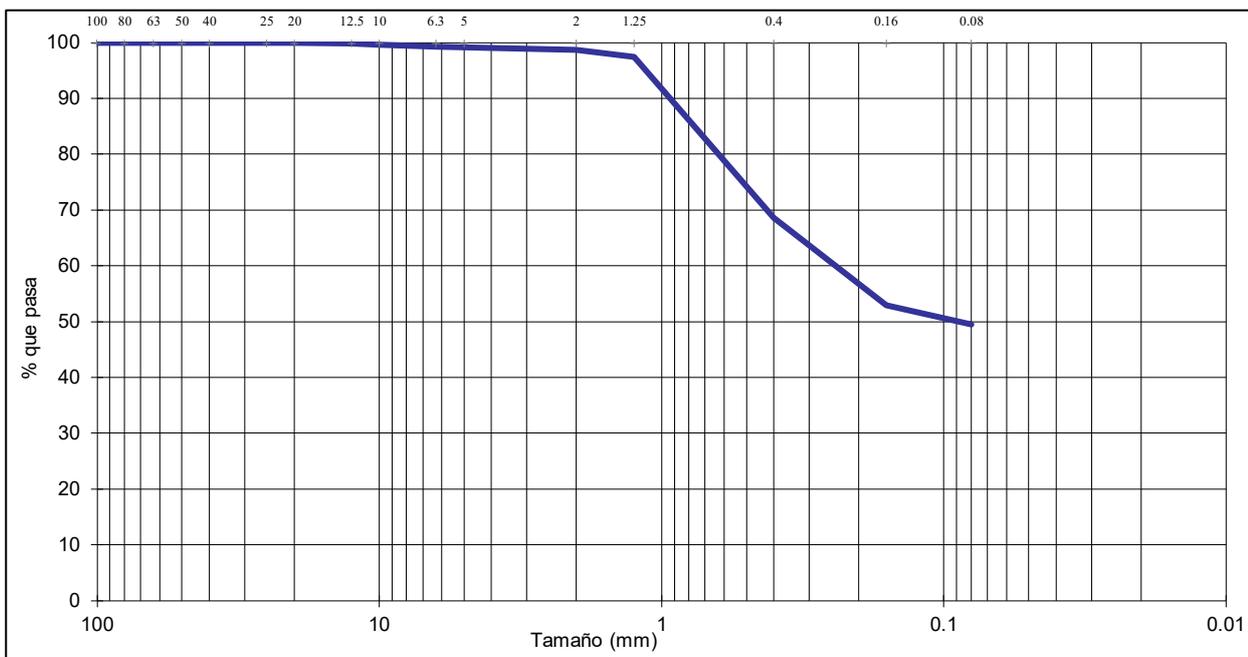
Ref nº S-20-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 2,60-3,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

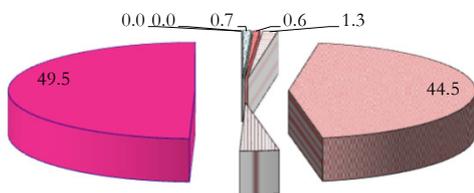
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.6	99.3	99.2	98.7	97.4	68.5	52.9	49.5

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA								
% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	0.0	0.7	0.6	1.3	44.5	3.4		



<input checked="" type="checkbox"/> % Morro	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Fina
<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Fina	<input checked="" type="checkbox"/> % Finos

D60:	0.27 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



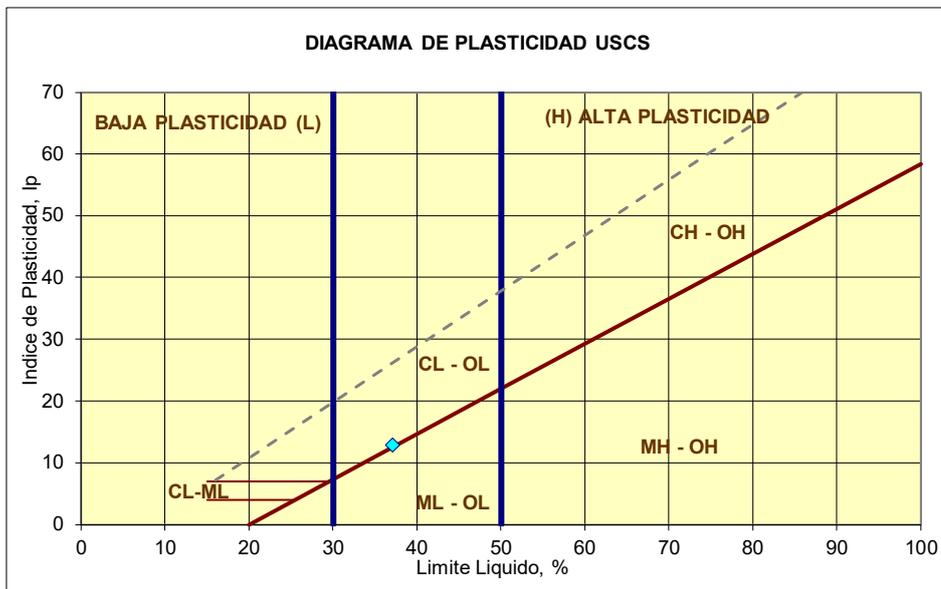
Ref nº S-20-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 2,60-3,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

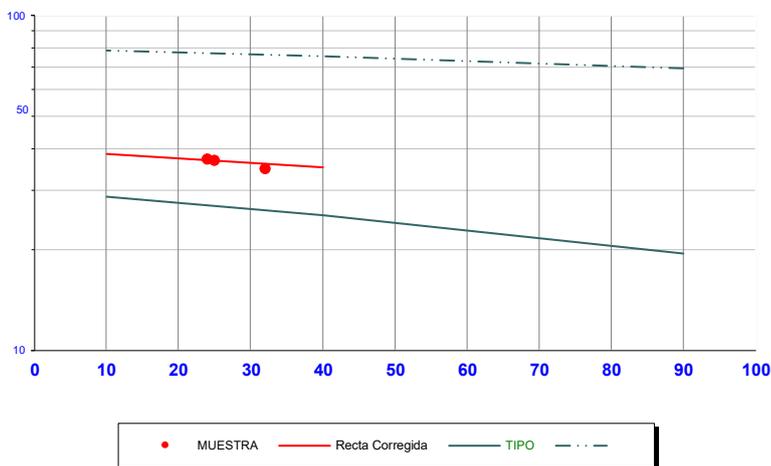
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena arcillosa SC
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-6. Suelo arcilloso. Pobre a malo como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
37.1	24.2	12.8

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-20-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-4. Profundidad: 2,60-3,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Aluvial).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	24.47%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



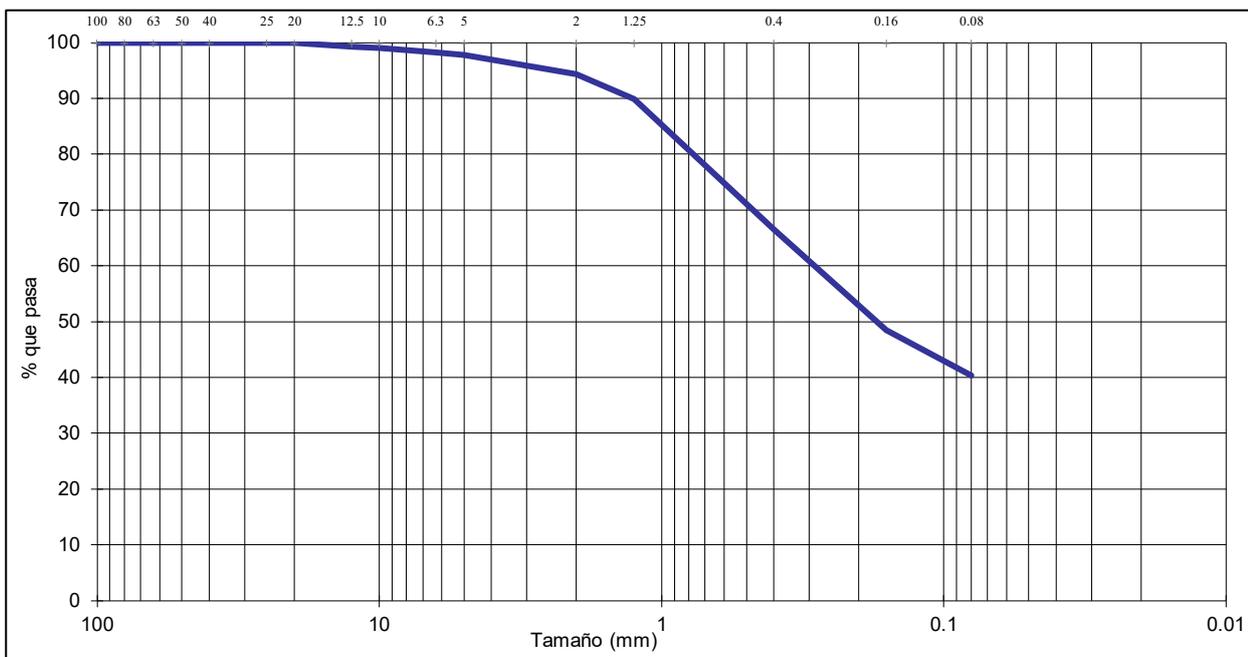
Ref nº S-21-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,00-1,30 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos terciarios (Rañas).

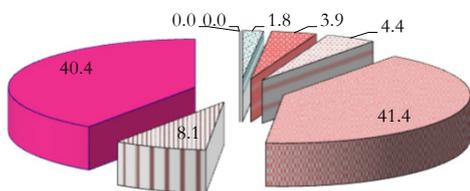
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	99.0	98.2	97.8	94.3	89.9	66.6	48.5	40.4

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA								
% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	0.0	1.8	3.9	4.4	41.4	8.1		



<input checked="" type="checkbox"/> % Morro	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Grava Fina
<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Media	<input checked="" type="checkbox"/> % Arena Fina	<input checked="" type="checkbox"/> % Finos

D60:	0.31 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



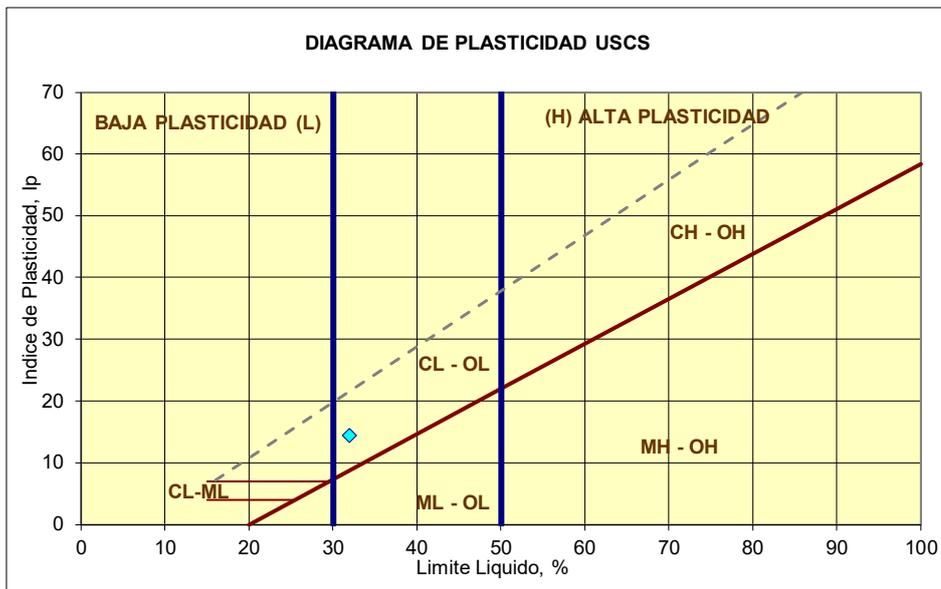
Ref nº S-21-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,00-1,30 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos terciarios (Rañas).

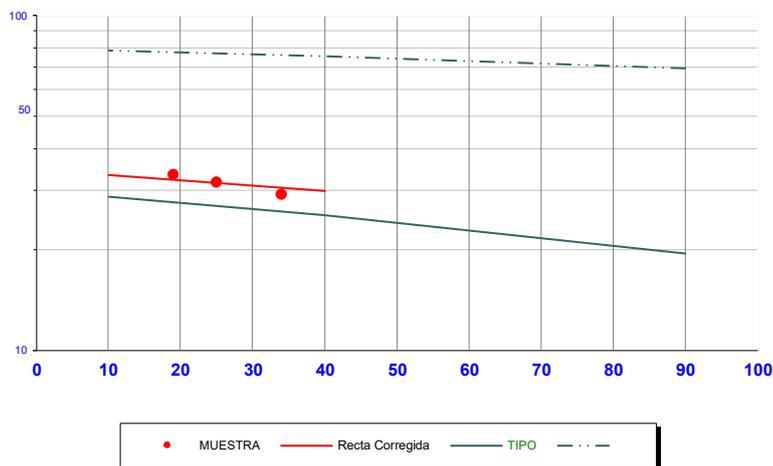
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena arcillosa SC
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-6. Suelo arcilloso. Pobre a malo como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
32.0	17.5	14.4

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-21-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,00-1,30 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos terciarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	8.38%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



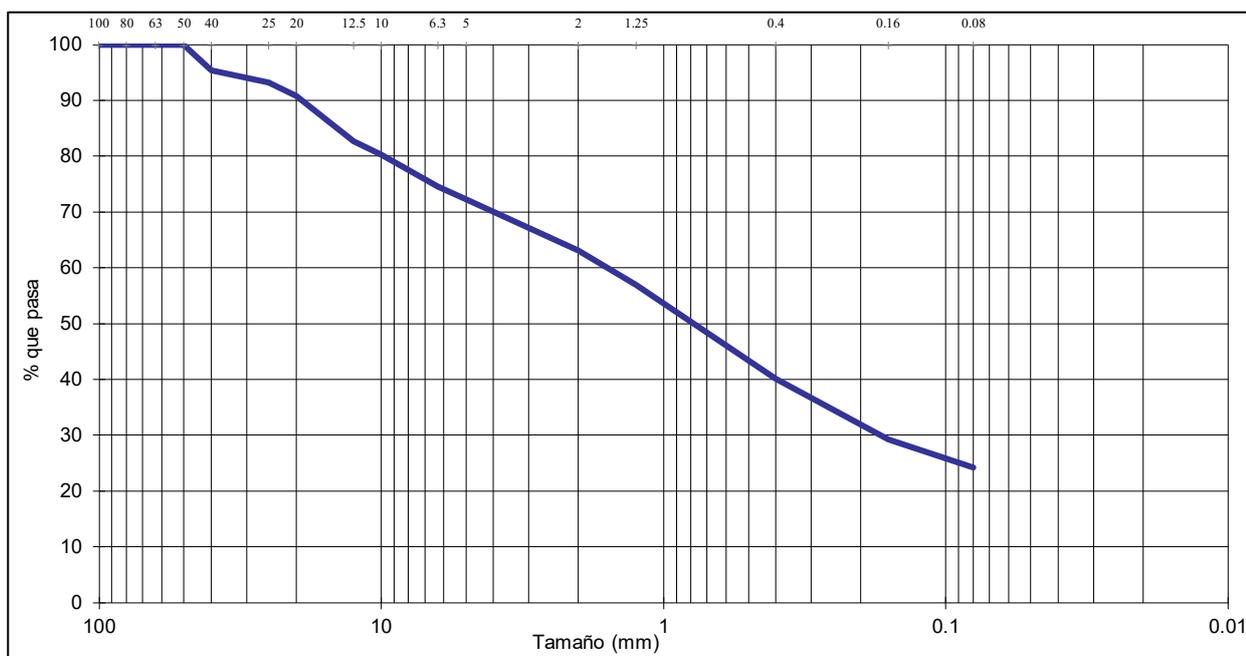
Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

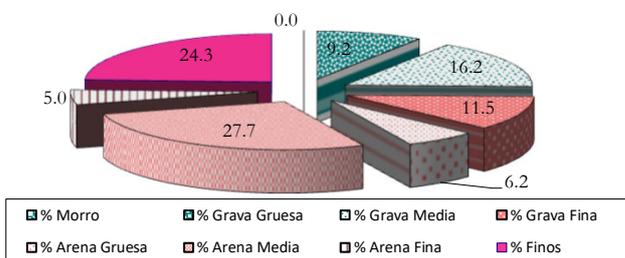
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	95.3	93.2	90.8	82.7	80.2	74.6	72.3	63.1	56.9	40.1	29.3	24.3

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	36.9			38.8			24.3	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
	0.0	9.2	16.2	11.5	6.2	27.7	5.0	



D60:	1.63 mm
D30:	0.18 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



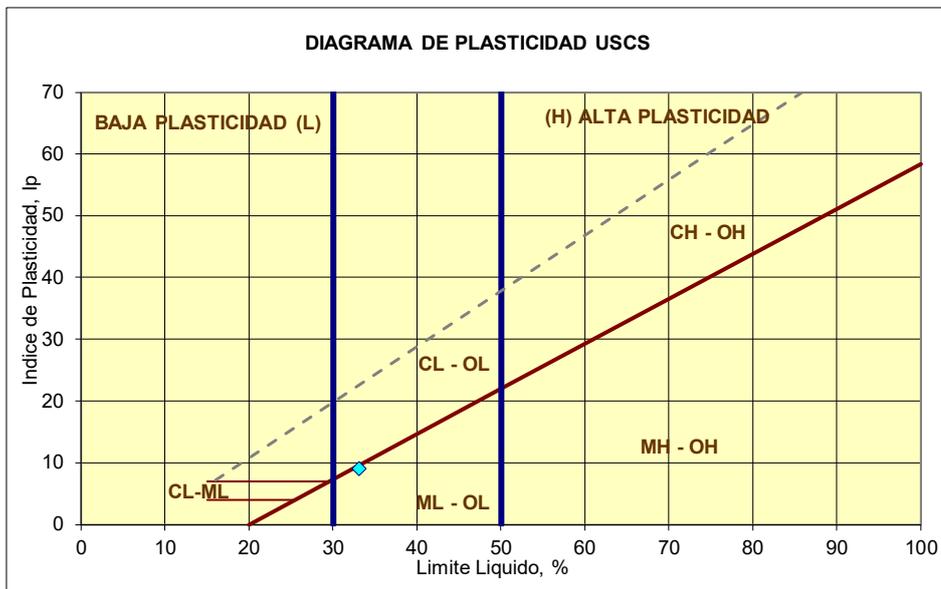
Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

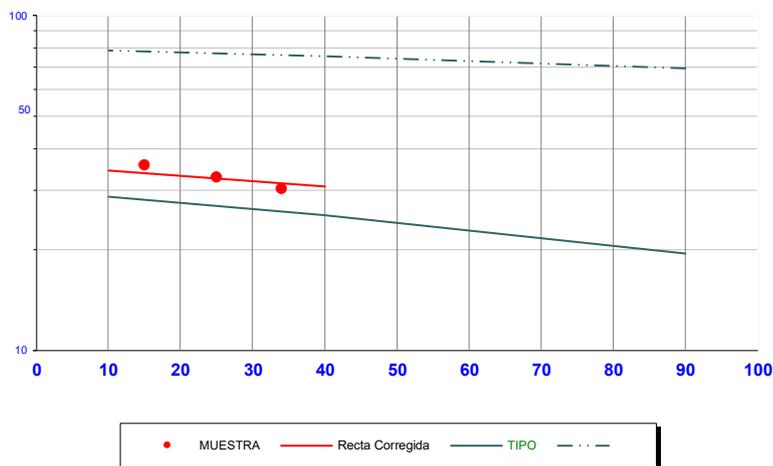
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa con grava SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
33.1	24.1	9.0

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.15%
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477	
CARBONATOS	UNE 103.200/93	2.49%
CLORUROS	UNE EN 1477	
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305	
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308	

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	5.50%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.70	1.79
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico



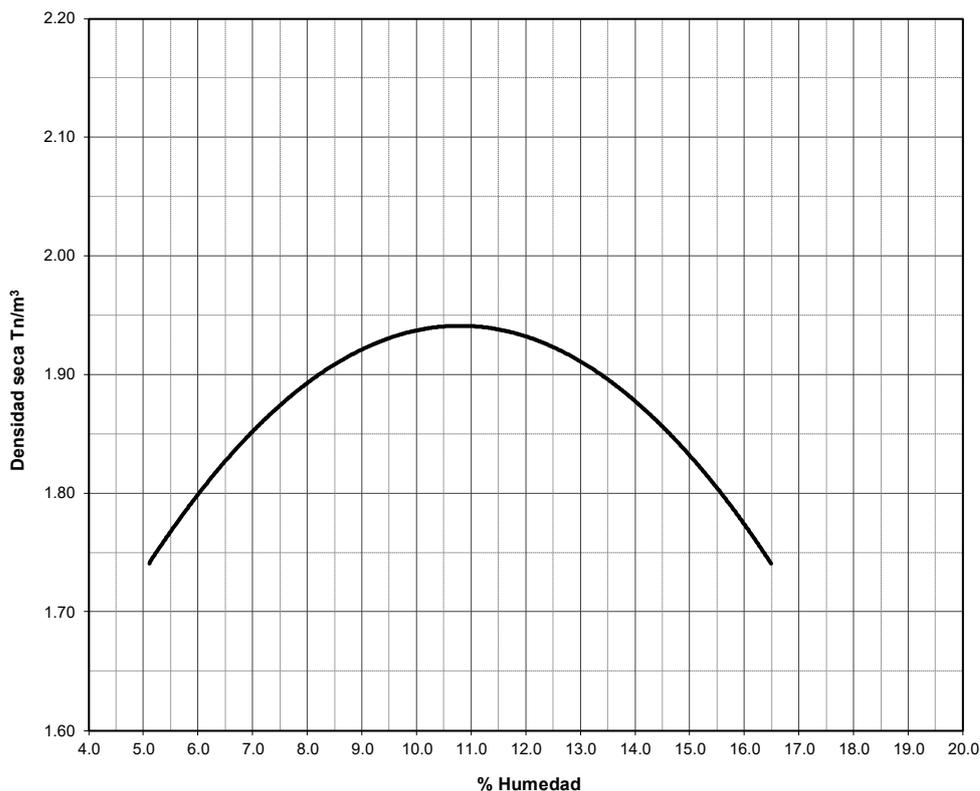
Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD **10.80%**

DENSIDAD **1.94** **gr/cm³**

Fdo:

 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:

 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico

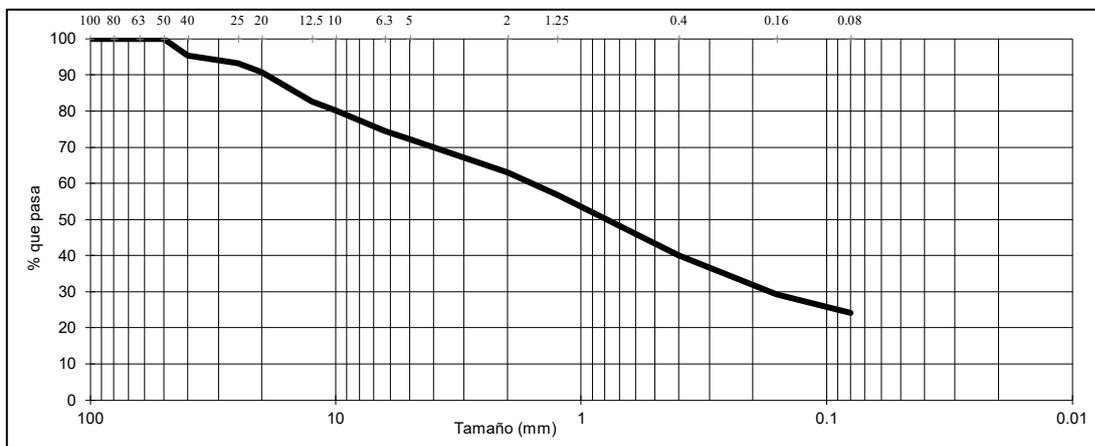


Ref nº S-22-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-5. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Sedimentos cuaternarios (Rañas).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	95.3	
	25.0	93.2	
	20.0	90.8	
	10.0	80.2	
	5.0	72.3	
	2.0	63.1	Pase < 80. Seleccionado
	1.3	56.9	
0.4	40.1	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	24.3	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO	33.1	30 <= LL < 40. Adc. o Tol.
	INDICE PLASTICIDAD	9.0	IP > 4. Adecuado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.15%	MO < 0,2%. Seleccionado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	10.8% ; 1.94	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena limosa con grava SM	
	A.A.S.H.T.O.	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Adecuado	
	VALIDEZ	Suelo > Tolerable. Válido para todo tipo de terraplén y relleno	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



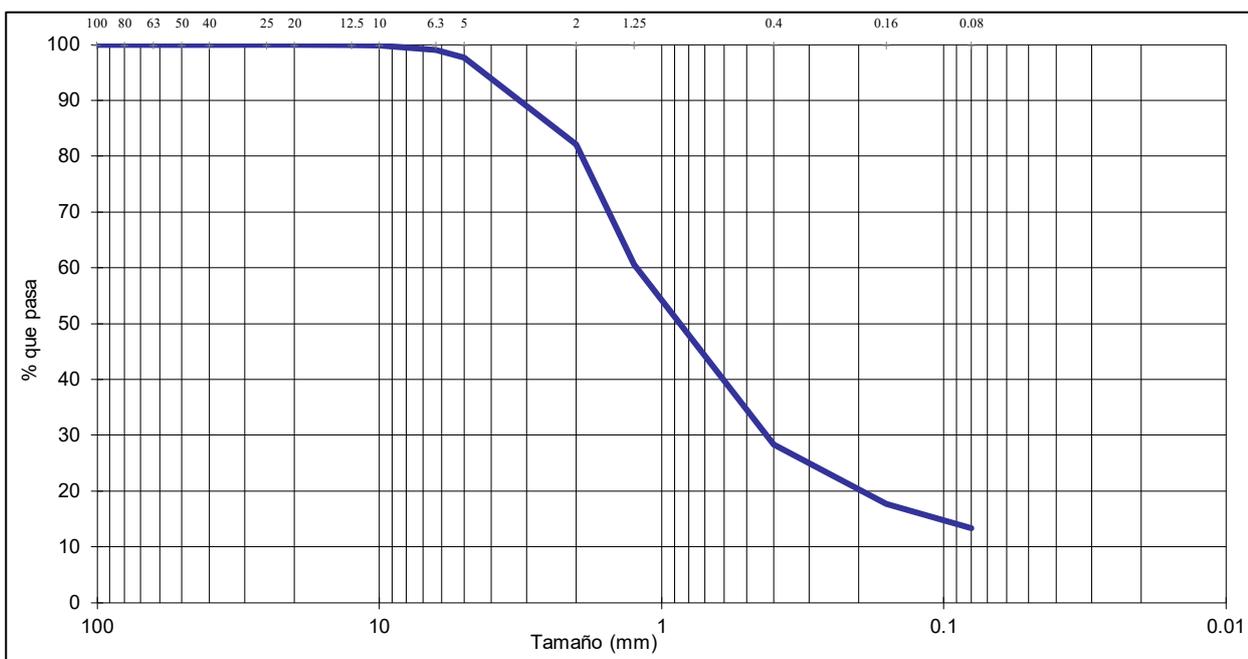
Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

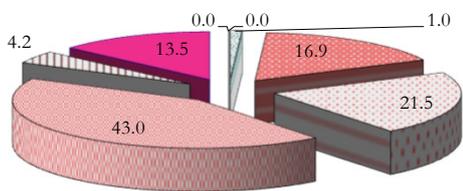
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.0	97.7	82.1	60.7	28.4	17.7	13.5

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	17.9	68.7	13.5					
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
	0.0	0.0	1.0	21.5	43.0	4.2		



D60:	1.23 mm
D30:	0.44 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

<input type="checkbox"/> % Morro	<input type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input type="checkbox"/> % Grava Media	<input type="checkbox"/> % Grava Fina
<input type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input type="checkbox"/> % Arena Media	<input type="checkbox"/> % Arena Fina	<input type="checkbox"/> % Finos

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



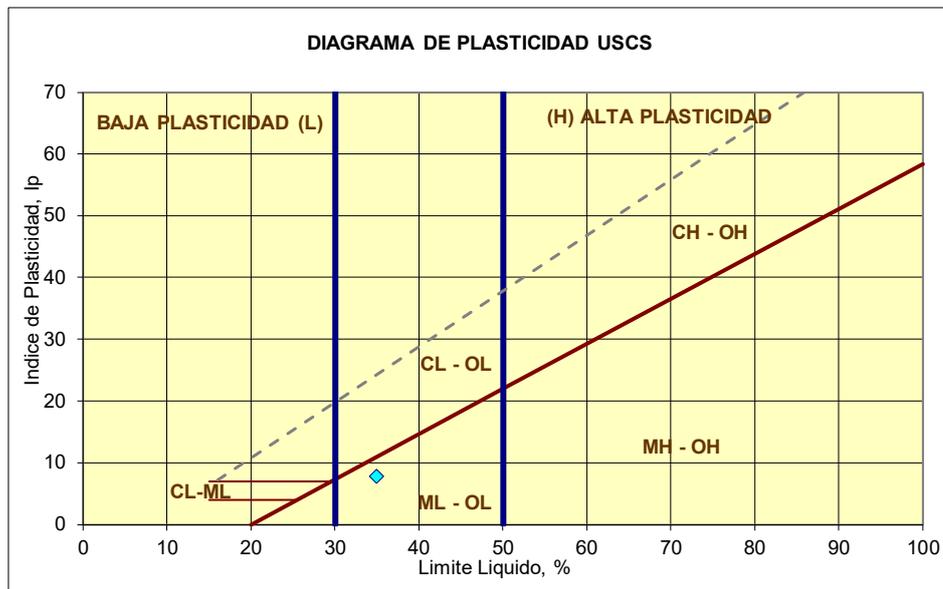
Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

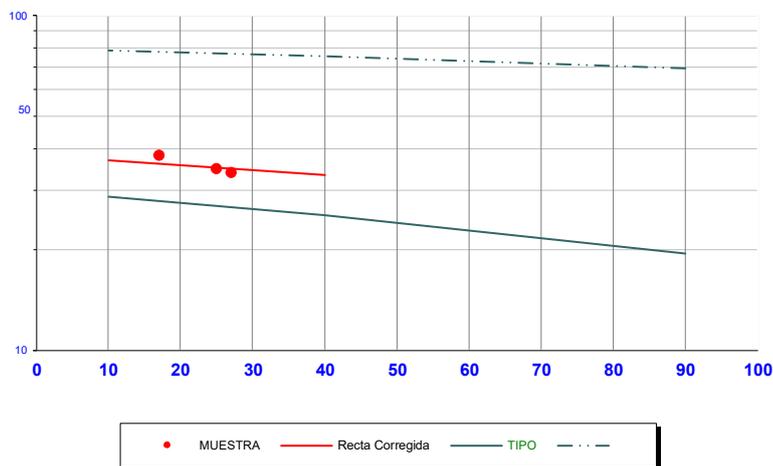
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL UNE-103.103/94 y LP UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
35.0	27.2	7.8

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.26%
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477	
CARBONATOS	UNE 103.200/93	0.08%
CLORUROS	UNE EN 1477	
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305	
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308	

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	5.75%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.78	1.89
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



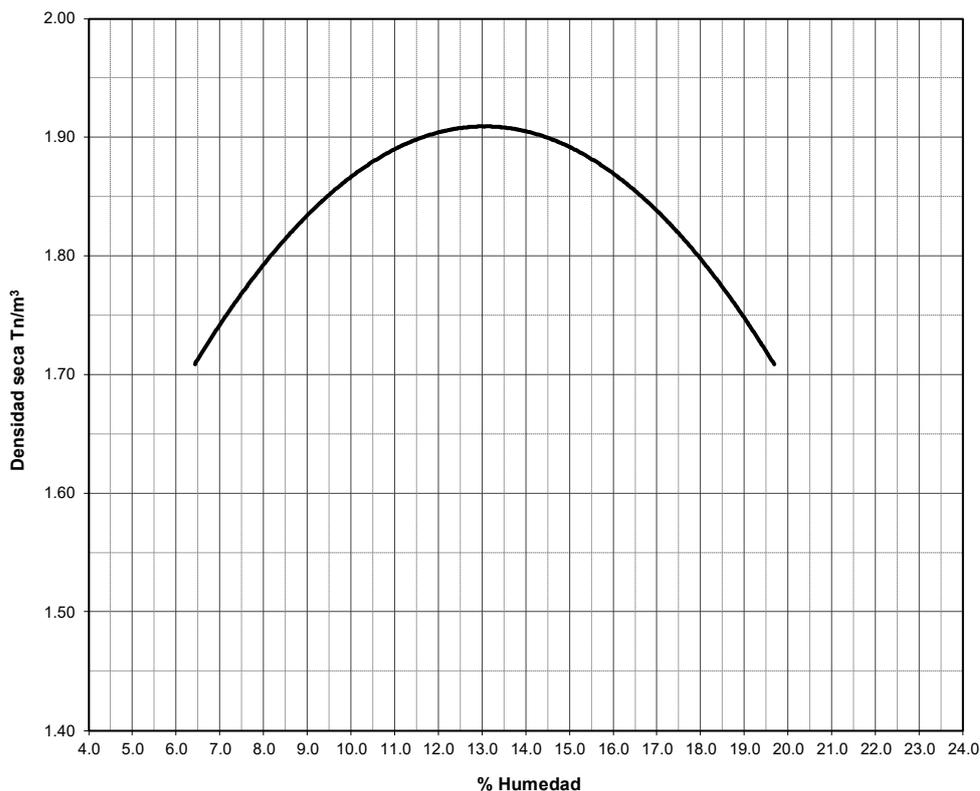
Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD 13.05%

DENSIDAD 1.91 gr/cm³

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico

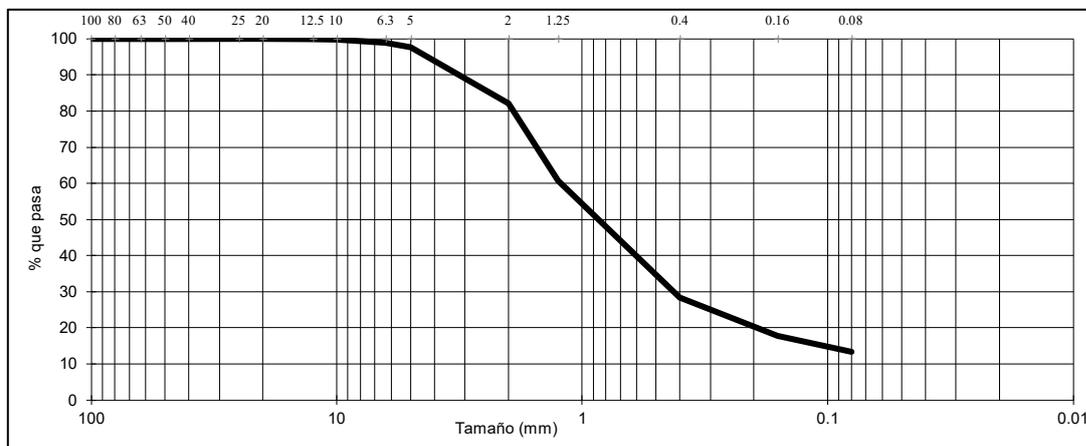


Ref nº S-23-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 0,80-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	100.0	
	25.0	100.0	
	20.0	100.0	
	10.0	99.9	
	5.0	97.7	
	2.0	82.1	Pase >= 80. Tolerable
	1.3	60.7	
0.4	28.4	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	13.5	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO	35.0	30 <= LL < 40. Adc. o Tol.
	INDICE PLASTICIDAD	7.8	IP > 4. Adecuado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.26%	0,2% <= MO < 1%. Adecuado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	13.05% ; 1.91	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena limosa SM	
	A.A.S.H.T.O.	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Tolerable	
	VALIDEZ	Suelo = Tolerable. Válido sólo para cimiento y núcleo de terraplén	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



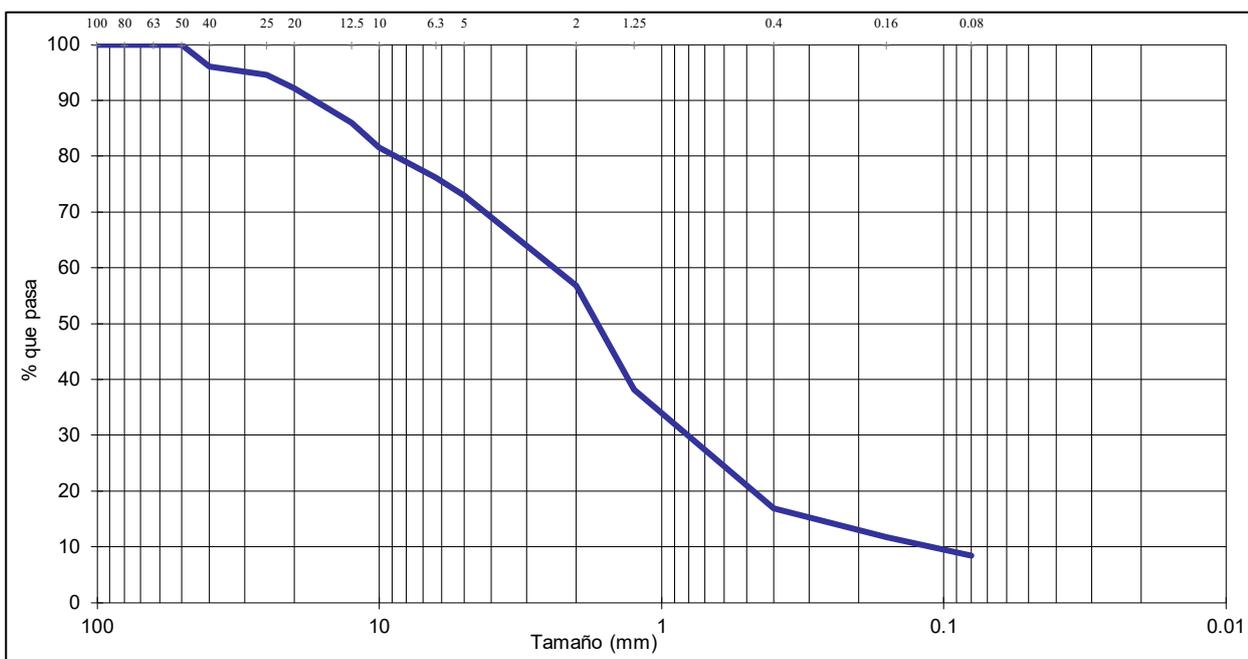
Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

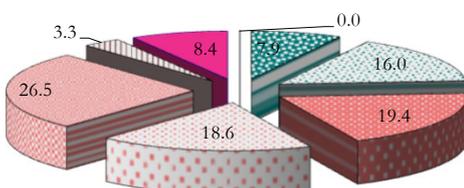
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	96.1	94.6	92.1	85.9	81.5	76.1	73.0	56.8	38.2	16.9	11.8	8.4

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	7.9	16.0	19.4	18.6	26.5	3.3		



<input type="checkbox"/> % Morro	<input type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input type="checkbox"/> % Grava Media	<input type="checkbox"/> % Grava Fina
<input type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input type="checkbox"/> % Arena Media	<input type="checkbox"/> % Arena Fina	<input type="checkbox"/> % Finos

D₆₀:	2.60 mm
D₃₀:	0.92 mm
D₁₀ (diámetro efectivo):	0.12 mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	22.06
Grado de curvatura (Cc):	2.78

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



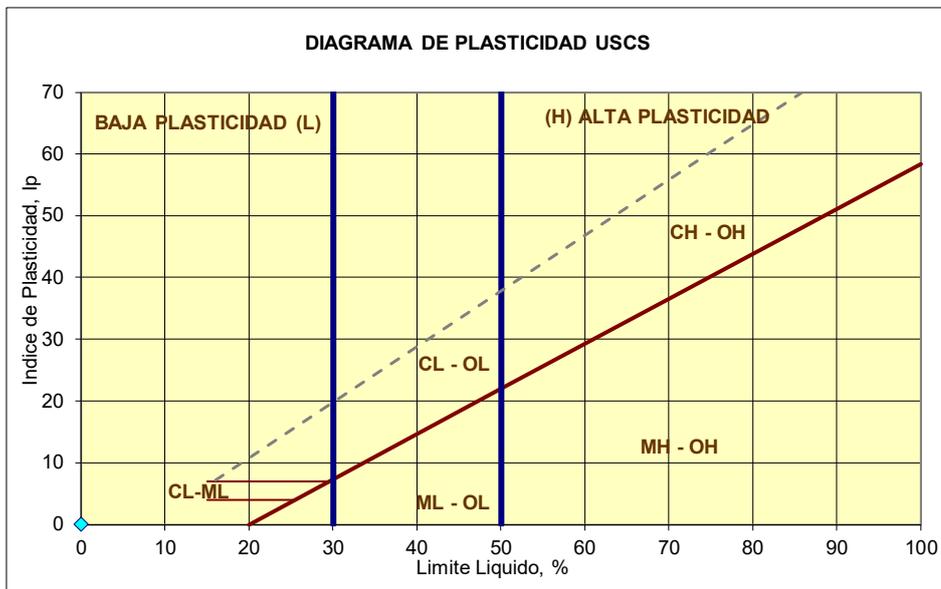
Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

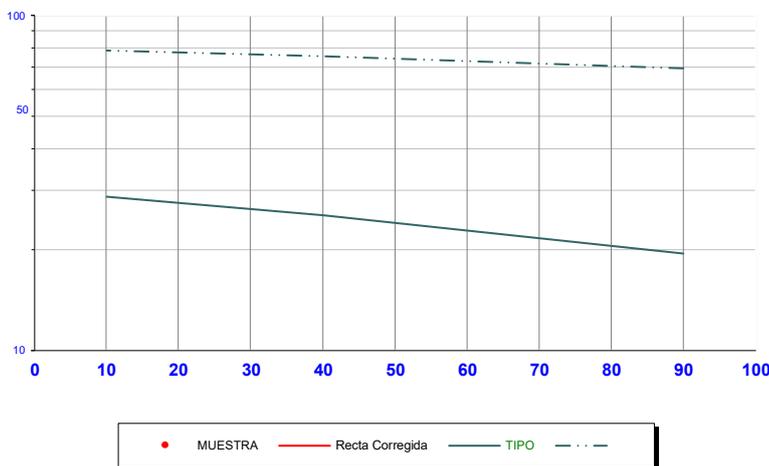
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL UNE-103.103/94 y LP UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena bien graduada con limo con grava SW SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.10%
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00% 0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477	
CARBONATOS	UNE 103.200/93	0.17%
CLORUROS	UNE EN 1477	
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305	
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308	

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	7.59%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.82	1.96
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



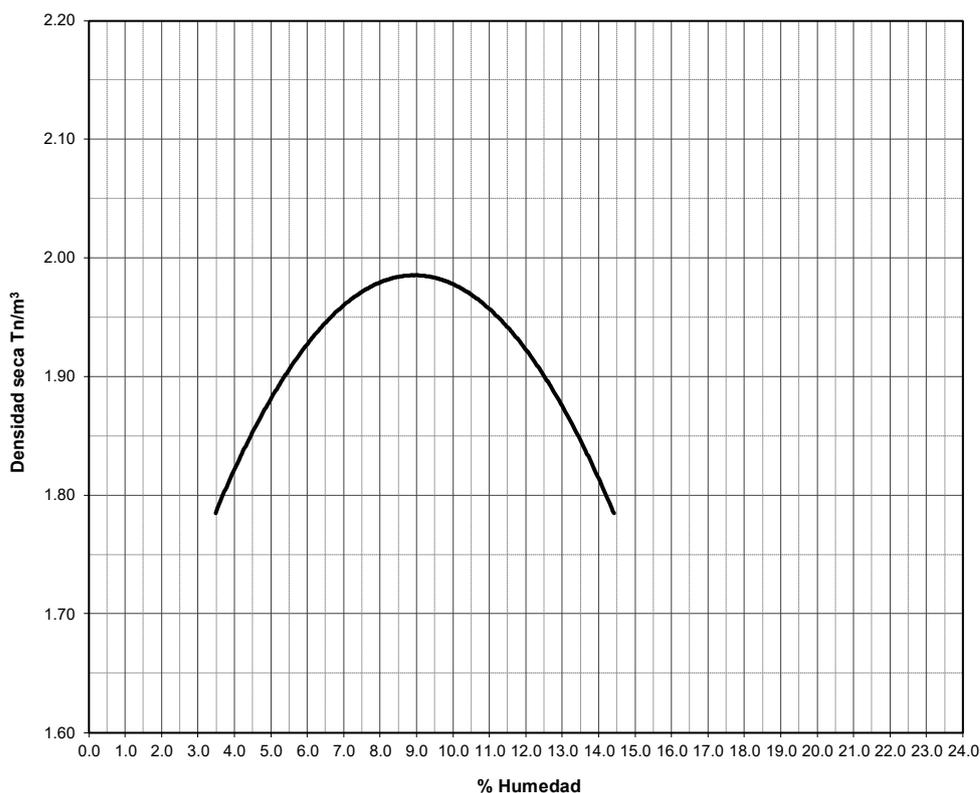
Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD 8.94%

DENSIDAD 1.99 gr/cm^3

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico

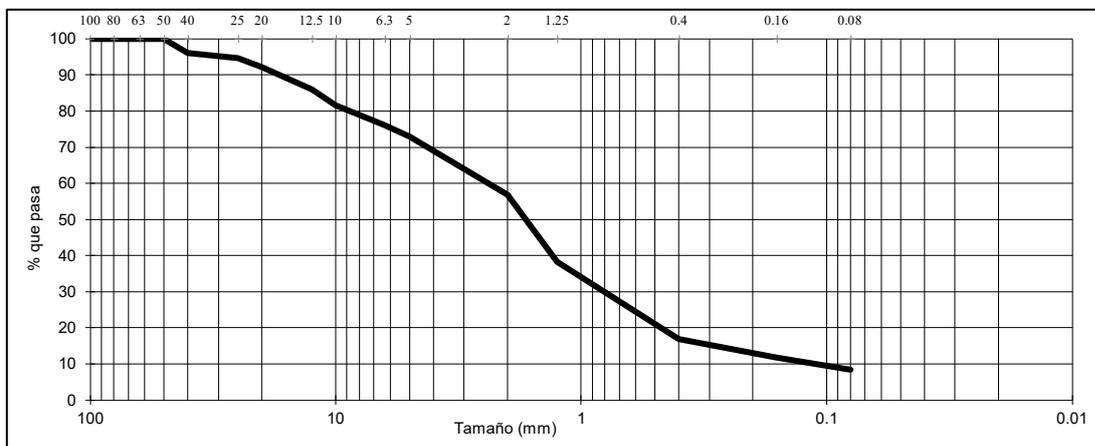


Ref nº S-29-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-6. Profundidad: 1,50-1,80 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	96.1	
	25.0	94.6	
	20.0	92.1	
	10.0	81.5	
	5.0	73.0	
	2.0	56.8	Pase < 80. Seleccionado
	1.3	38.2	
0.4	16.9	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	8.4	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO		
	INDICE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	IP = 0. Seleccionado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.10%	MO < 0,2%. Seleccionado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	8.94% ; 1.99	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena bien graduada con limo con grava SW SM	
	A.A.S.H.T.O.	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Seleccionado	
	VALIDEZ	Suelo > Tolerable. Válido para todo tipo de terraplén y relleno	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



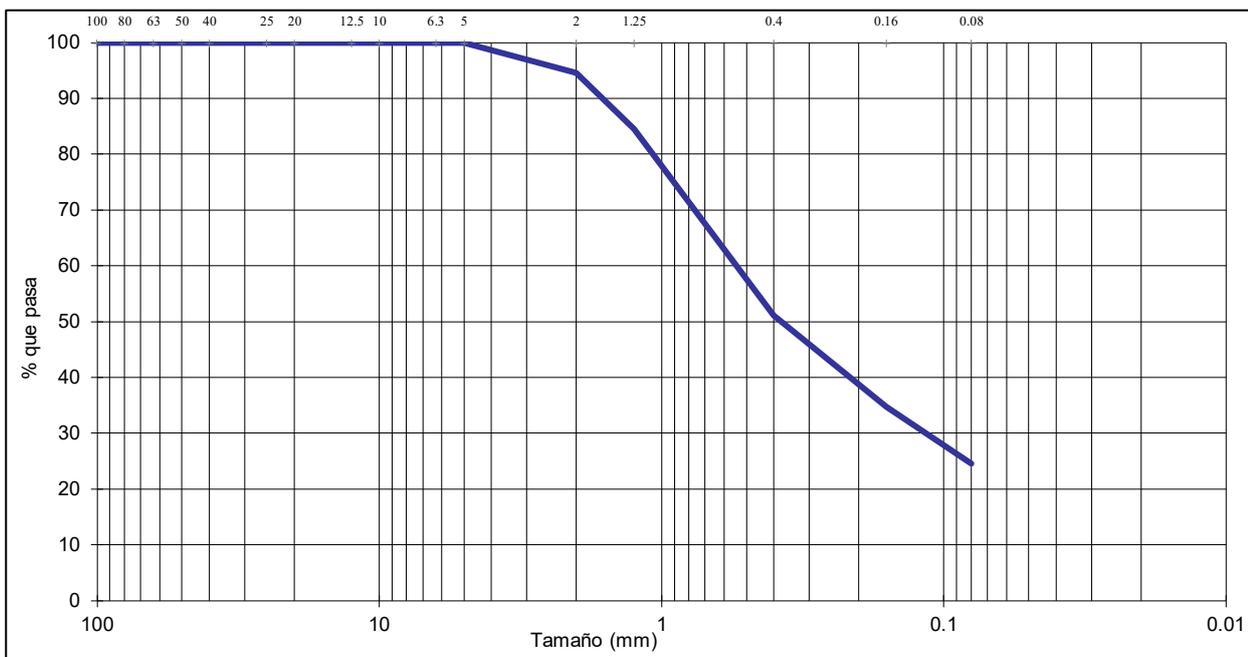
Ref nº S-30-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

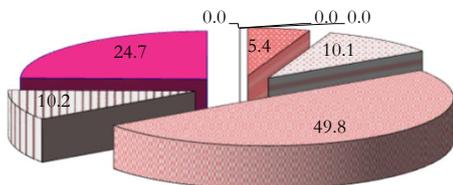
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	94.6	84.6	51.1	34.8	24.7

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
0.0	0.0	0.0	5.4	10.1	49.8	10.2		



<input type="checkbox"/> % Morro	<input type="checkbox"/> % Grava Gruesa	<input type="checkbox"/> % Grava Media	<input type="checkbox"/> % Grava Fina
<input type="checkbox"/> % Arena Gruesa	<input type="checkbox"/> % Arena Media	<input type="checkbox"/> % Arena Fina	<input type="checkbox"/> % Finos

D60:	0.63 mm
D30:	0.12 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



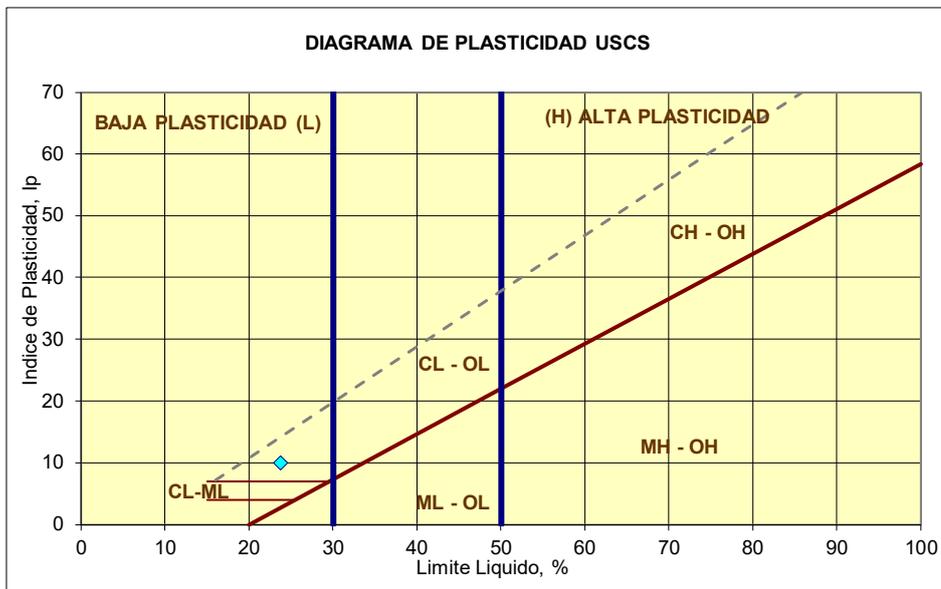
Ref nº S-30-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

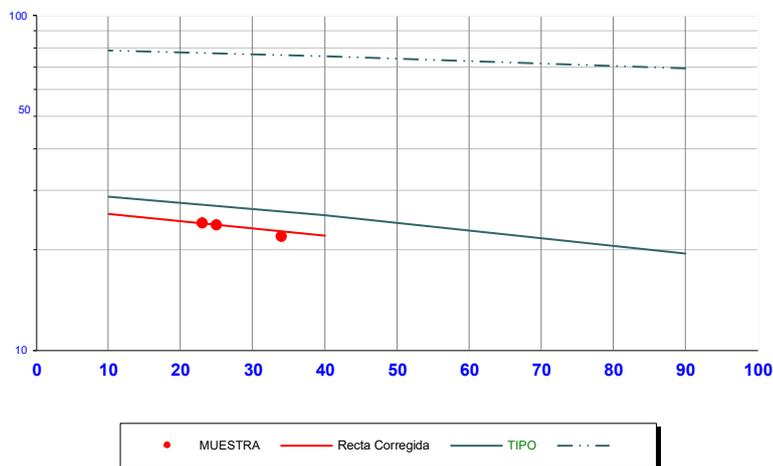
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena arcillosa SC
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
23.8	13.8	10.0

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-30-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 1,00-1,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	9.46%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



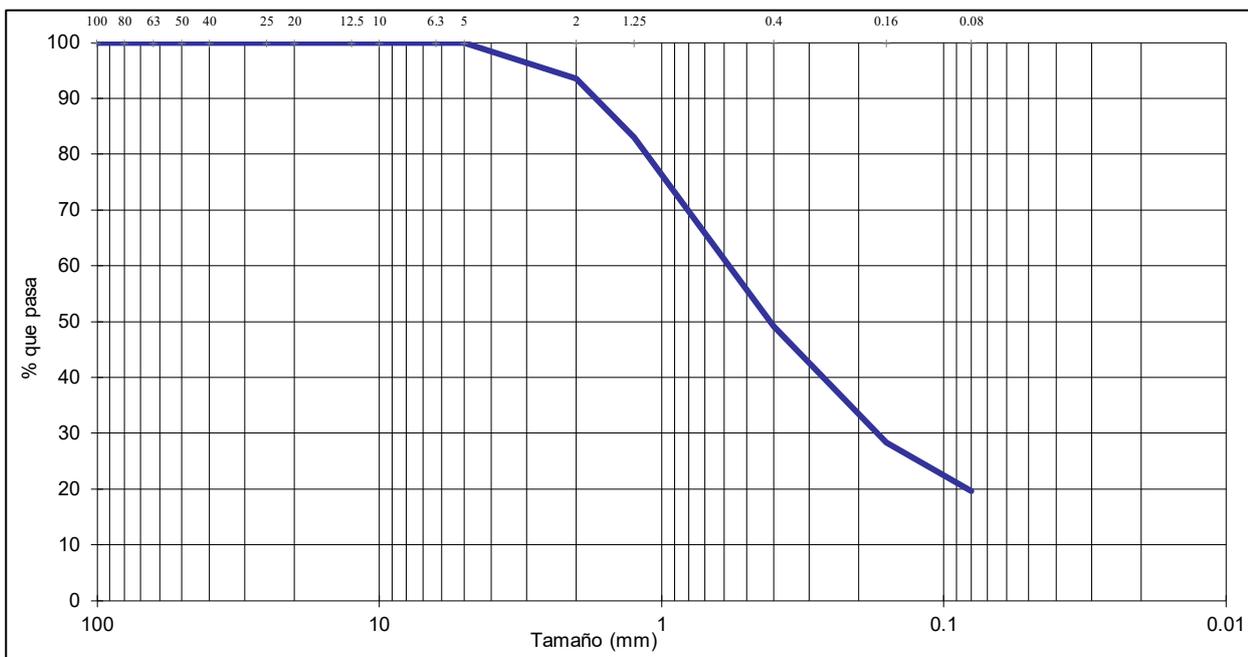
Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

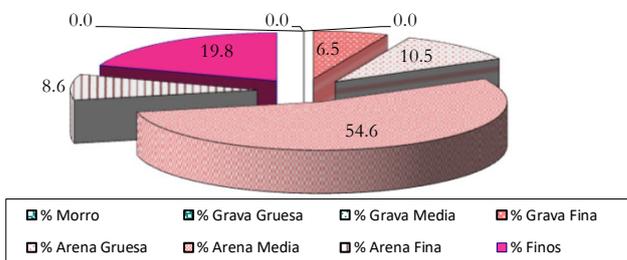
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	93.5	83.0	49.1	28.4	19.8

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo
0.0	0.0	0.0	6.5	10.5	54.6	8.6	19.8



D60:	0.67 mm
D30:	0.18 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



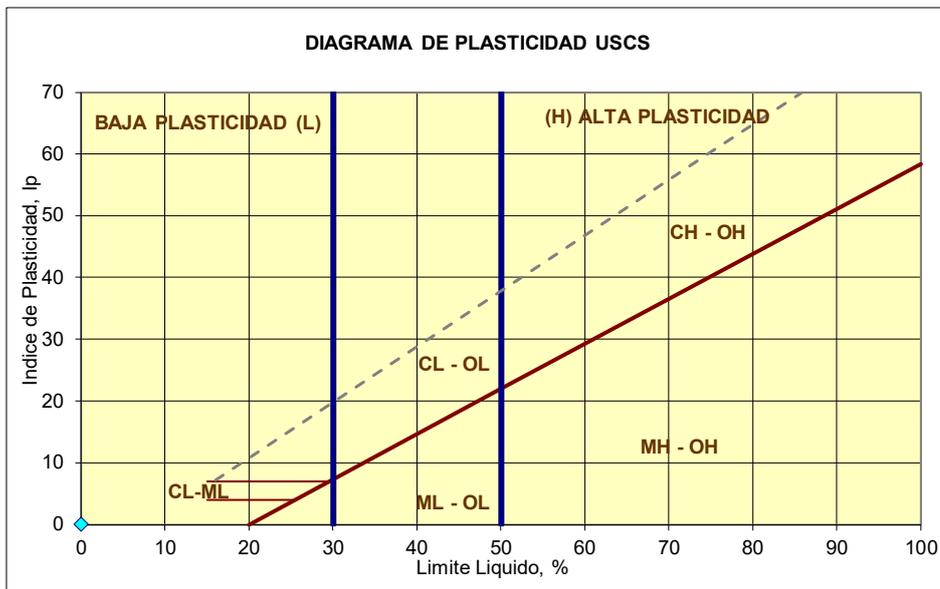
Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

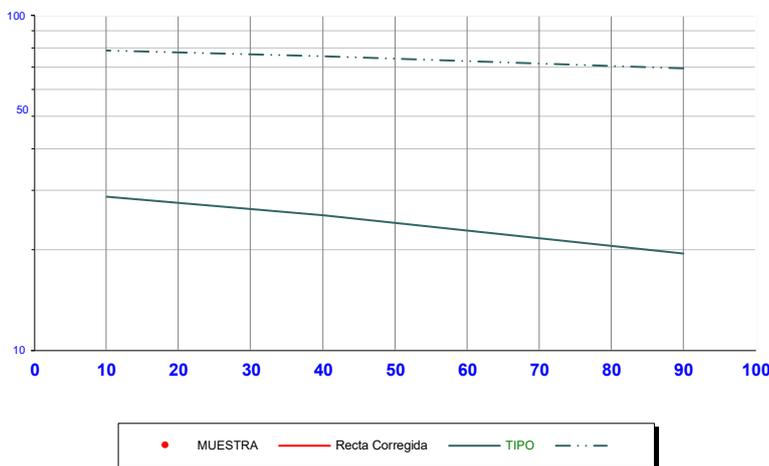
F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

NORMAS: LL, UNE-103.103/94 y LP, UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93	0.28%	
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
YESO	UNE 103.206/06	0.00%	
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06	0.00%	
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477		
CARBONATOS	UNE 103.200/93	0.12%	
CLORUROS	UNE EN 1477		
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305		
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	8.63%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		1.71	1.86
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



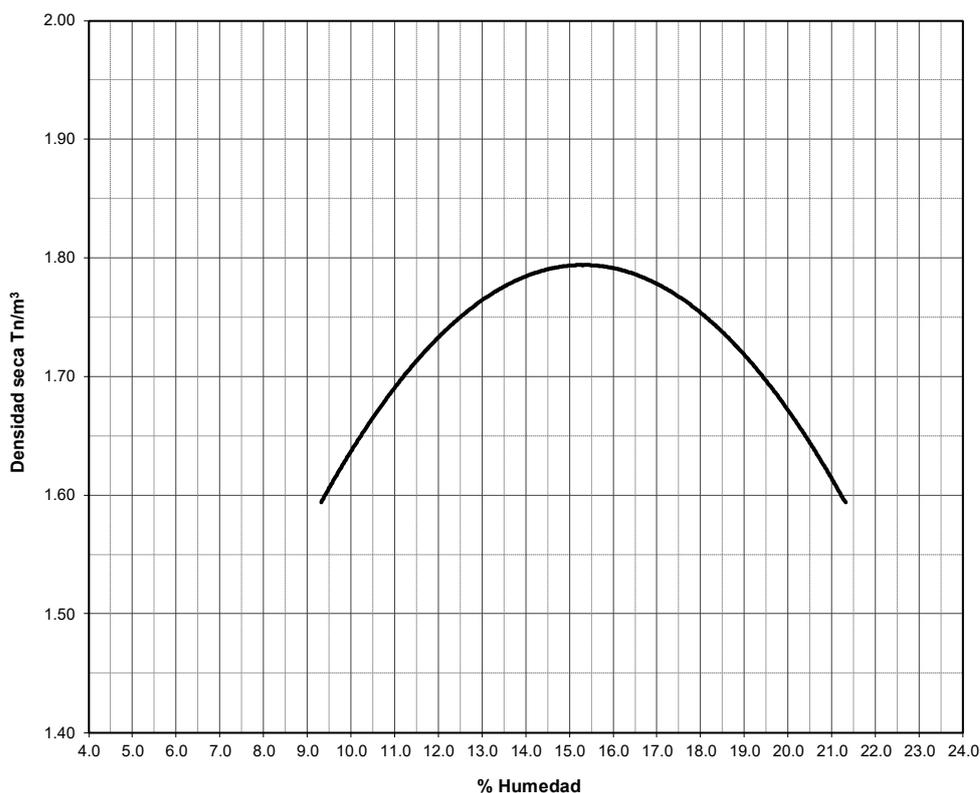
Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO)

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021

ENSAYO PROCTOR NORMAL. UNE 103.500



HUMEDAD 15.31%

DENSIDAD 1.79 gr/cm³

Fdo:
Luis Viñuales Gálvez
Responsable del ensayo



Fdo:
Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
Director Técnico

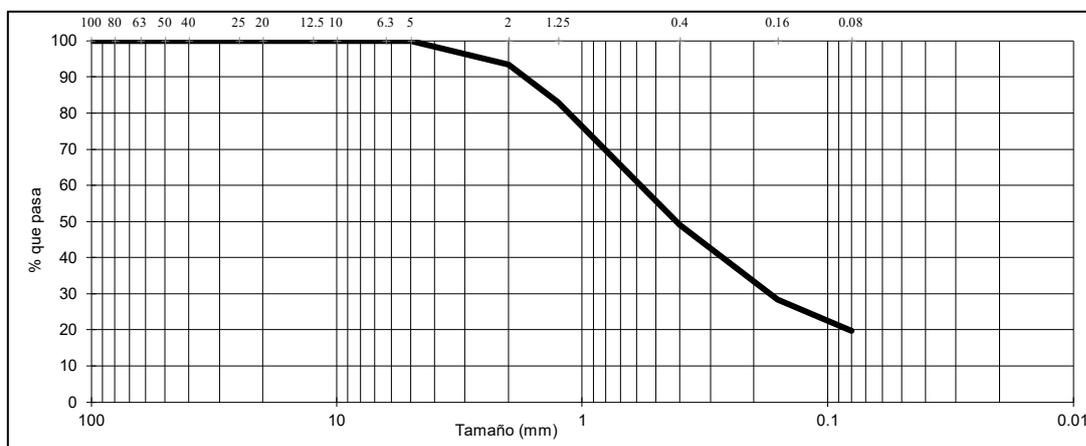


Ref nº S-24-06-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Calicata C-7. Profundidad: 2,00-2,50 metros
Tipo de muestra:	Muestra Alterada
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	25/06/2021
F. del ensayo:	14/07/2021



GRANULOMETRIA	UNE	% Pasa	Clasificación según pase
	100.0	100.0	Pase = 100. Seleccionado
	50.0	100.0	
	40.0	100.0	
	25.0	100.0	
	20.0	100.0	
	10.0	100.0	
	5.0	99.9	
	2.0	93.5	Pase >= 80. Tolerable
	1.3	83.0	
0.4	49.1	Pase < 75. Seleccionado	
0.08	19.8	Pase >= 35. Tolerable	

PLAS	LIMITE LÍQUIDO		
	INDICE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	IP = 0. Seleccionado

QUIMICA	MATERIA ORGÁNICA	0.28%	0,2% <= MO < 1%. Adecuado
	SALES TOTALES	0.00%	SaT < 0,2%. Seleccionado
	SULF. T. (SO3/SO4)	0,00 / 0,00%	SO4 < 0,2%. No SR
	YESO	0.00%	(Y < 5%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%
	SALES DISTINTAS YESO	0.00%	(SdY < 1%. Tol.) No clasifica, yeso < 0,2%

COMEX.	PROCTOR NORMAL	15.31% ; 1.79	No clasifica
	HINCHAMIENTO LIBRE		
	INDICE DE COLAPSO		

CLASIFIC.	U.S.C.S.	Arena limosa SM	
	A.A.S.H.T.O.	A-1-b. Fragmentos de roca, grava y arena. Excelente a bueno como subgrado	
	PG3/02	Tolerable	
	VALIDEZ	Suelo = Tolerable. Válido sólo para cimiento y núcleo de terraplén	

USO	COMPACTA						
	CBR						
	EXIGE						



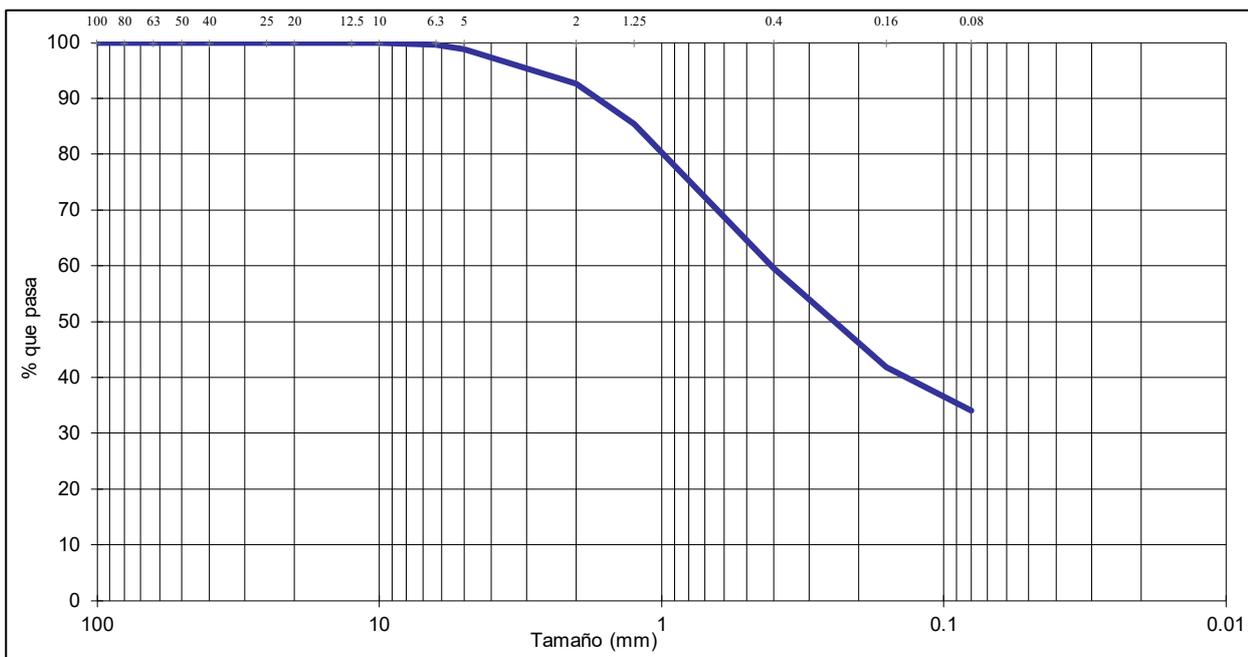
Ref nº S-24-07-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Sondeo Sr-1. Profundidad: 0,60-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Inalterada MI-1
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	13/07/2021
F. del ensayo:	29/07/2021

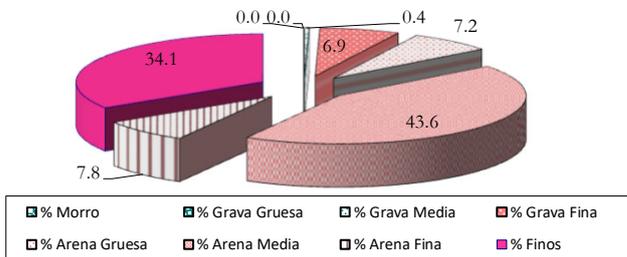
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - UNE 103.101/95



Tamices UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% pasa	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	98.8	92.7	85.4	59.6	41.8	34.1

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

% Morro	% GRAVA			% ARENA			% FINOS	
	7.3			58.6			34.1	
(> 63 mm)	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limo	Arcilla
	0.0	0.4	6.9	7.2	43.6	7.8		



D60:	0.41 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefi. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Fdo:
 Luis Viñuales Galvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



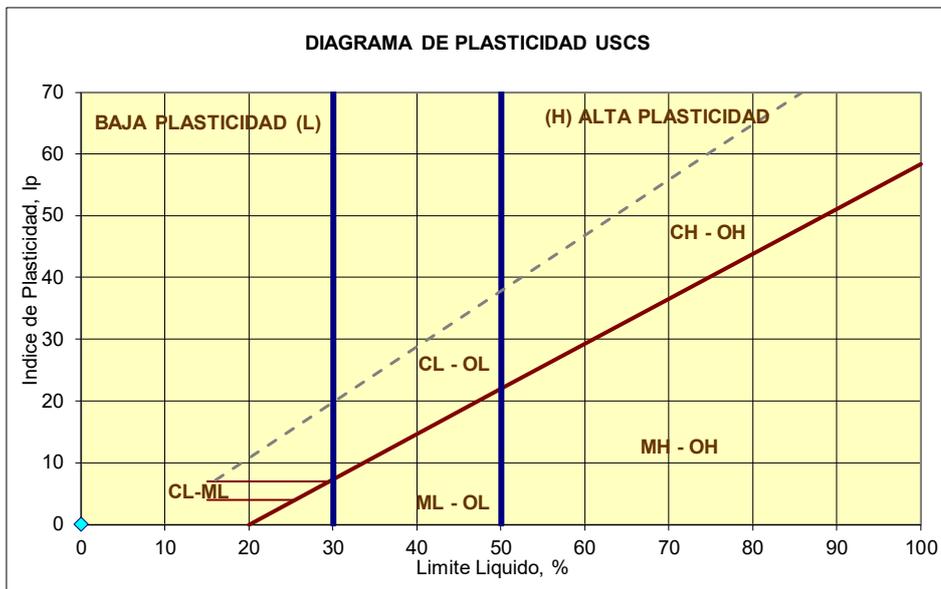
Ref nº S-24-07-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Sondeo Sr-1. Profundidad: 0,60-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Inalterada MI-1
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

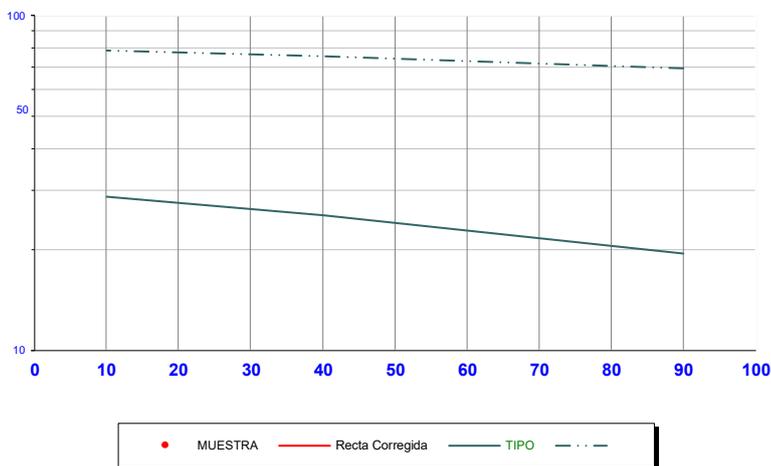
F. Recepción:	13/07/2021
F. del ensayo:	29/07/2021

NORMAS: LL UNE-103.103/94 y LP UNE-103.104/93



Clasificación U.S.C.S	Arena limosa SM
Clasificación A.A.S.H.T.O	A-2-4. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado

LÍMITE LÍQUIDO (R. Gráfica)



<u>L. LÍQUIDO</u>	<u>L. PLÁSTICO</u>	<u>IND. PLASTICIDAD</u>
		NO PLÁSTICO

Fdo:
 Luis Vizuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Panúgaa
 Director Técnico



Ref nº S-24-07-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Sondeo Sr-1. Profundidad: 0,60-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Inalterada MI-1
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	13/07/2021
F. del ensayo:	29/07/2021

QUIMICA

MATERIA ORGÁNICA	UNE 103.204/93		
SULFATOS TOTALES (SO3 / SO4)	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95	0.00%	0.00%
SALES SOLUBLES TOTALES	UNE 103.205/06		
SULFATOS SOL. DISTINTOS DEL YESO	UNE 103.201/96 y UNE 103.202/95		
YESO	UNE 103.206/06		
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESO	UNE 103.205/06		
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO	UNE EN 1477		
CARBONATOS	UNE 103.200/93		
CLORUROS	UNE EN 1477		
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	UNE 77305		
RESISTIVIDAD ELECTRICA (Ohm x m)	UNE 77308		

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-24-07-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Sondeo Sr-1. Profundidad: 0,60-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Inalterada MI-1
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	13/07/2021
F. del ensayo:	29/07/2021

HUMEDAD Y DENSIDADES

HUMEDAD	UNE 103.300/93	14.70%	
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE 103.301/94	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
		2.02	2.31
DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	UNE-EN 1097-3	<i>Seca</i>	<i>Húmeda</i>
DENSIDAD RELATIVA (gr/cm ³)	UNE 103.302/94	2.68	

Fdo:
 Luis Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



Ref nº S-24-07-21

PETICIONARIO:	TRAGSATEC
OBRA:	PROYECTO DE PUESTA EN RIEGO DE 214 Ha. EN MORA Y MASCARAQUE (TOLEDO).

Localización:	Sondeo Sr-1. Profundidad: 0,60-1,20 metros
Tipo de muestra:	Muestra Inalterada MI-1
Unidad de Obra:	Jabre (Granitoide meteorizado).

F. Recepción:	13/07/2021
F. del ensayo:	29/07/2021

CORTE DIRECTO - UNE 103.401/98

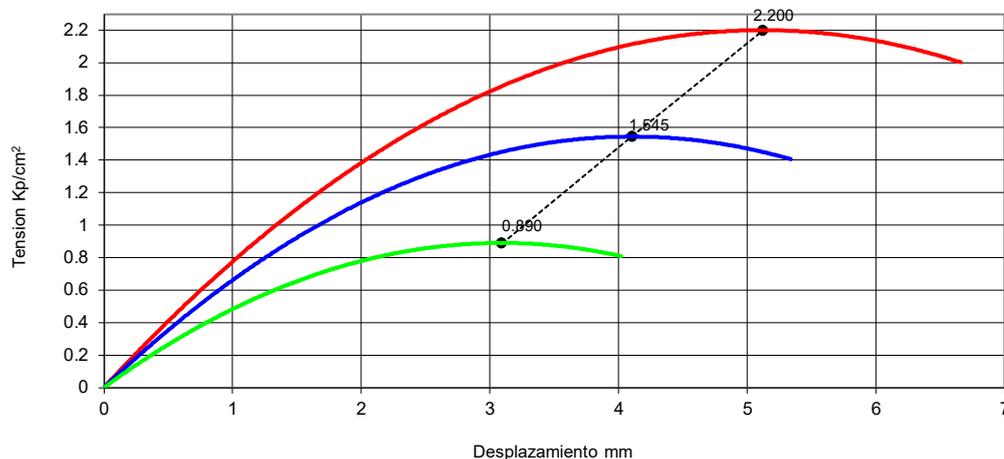
Sección : 19.63 cm²

Velocidad: 0,2 mm/min

Tipo de ensayo
UU

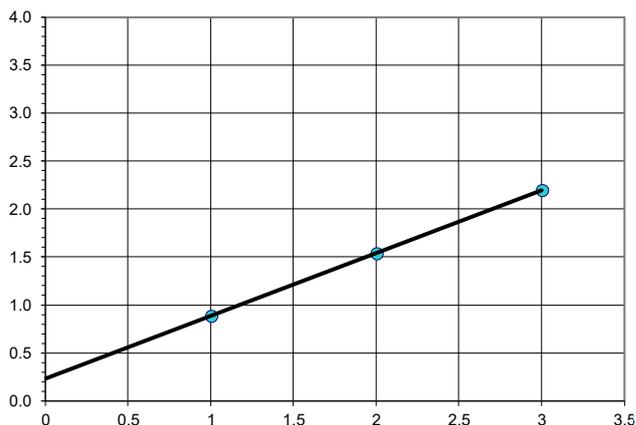
PROBETA	DENSIDAD	HUMEDAD (%)	
		Inicial	Final
1	1.97 gr/cm ³	12.1%	17.1%
2	1.98 gr/cm ³	12.3%	16.8%
3	1.99 gr/cm ³	12.6%	16.5%

CURVA DE ROTURA



Tensiones (kp/cm ²)	
Normales	Tangenciales
0	0.235
1	0.89
2	1.55
3	2.20

Cohesión	φ
(kp/cm ²)	(grados)
0.24	33°



Fdo:
 Luís Viñuales Gálvez
 Responsable del ensayo



Fdo:
 Tomás Sánchez-Horneros Paniagua
 Director Técnico



ENSAYOS DE LABORATORIO AGUA

Muestra de agua tomada en el Arroyo Prado Redondo aguas abajo de la EDAR

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000154252

Solicitado por:

SERGEYCO, S.L.
C/ DIAMANTE, 8 POLIGONO INDUSTRIAL 45190 NAMBOCA (TOLEDO)

Denominación de la muestra:

AGUA SUPERFICIAL - MICROBIOLOGÍA

Matriz: **Agua continental no tratada**

Nº de muestra: **000144262**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Recepción: **15/07/2021**

Inicio análisis: **15/07/2021**

Fin análisis: **30/07/2021**

PARAMETRO	RESULTADO	Uexp.	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTALES	>80000		UFC/100 ml	10	Detección / Recuento de Escherichia coli y de bacterias coliformes por método de filtración en membrana, medio cromogénico, basado en UNE EN ISO 9301:2014 (PIE-CRMG)
D.B.O./5	22 ±6		mg/l O2	10	Método manométrico con Inhibidor de Nitrificación N-allylthiourea y siembra, basado en SM5210B (PIE-DBOM)
D.Q.O.	79 ±9,5		mg/l O2	10	Digestión con dicromato y fotometría, basado en ISO 6060 (PIE-DQOT)
ESCHERICHIA COLI	74000		UFC/100 ml	10	Detección / Recuento de Escherichia coli y de bacterias coliformes por método de filtración en membrana, medio cromogénico, basado en UNE EN ISO 9301:2014 (PIE-CRMG)
SOLIDOS EN SUSPENSION	19,0 ±2,3		mg/l	5	Filtración en filtro de fibra de vidrio fabricante VWR, secado y gravimetría, basado en UNE EN 872 (PIE-SSUS)
SOLIDOS VOLATILES	17,0		mg/l	5	Calcinción a 550°C y gravimetría, basado en UNE EN 15169 (PIE-SSVO)
TURBIDEZ	20,8 ±2,5		UNF	1	Turbidimetría, basado en UNE EN ISO 7027-1 (PIE-TURH)
*NEMATODOS INTESTINALES	Ausencia		huevos /10 l		Método de Bailenger modificado (PIE-HELM)

OBSERVACIONES:

30 de julio de 2021



Fdo.: Sara Ferrer Costa
Lcda. en Química

Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA. Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente. CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. Los campos marcados con (#) corresponden a información aportada por el cliente, no siendo el Laboratorio responsable de la veracidad de dicha información. No es responsabilidad del Laboratorio la toma de muestras para la realización de los ensayos. Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió.

Página 1/1

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000154065

Solicitado por:	SERGEYCO, S.L. C/ DIAMANTE, 8 POLIGONO INDUSTRIAL 45190 NAMBOCA (TOLEDO)	
Denominación de la muestra:	AGUA SUPERFICIAL - LEGIONELLA	

Matriz: **Agua continental no tratada**

Nº de muestra: **000144264**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Recepción: **15/07/2021**

Inicio análisis: **15/07/2021**

Fin análisis: **25/07/2021**

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
LEGIONELLA SPP	No detectado (< 100 ufc/1L)	UFC/L	10	Detección/Recuento de Legionella spp ISO 11731:1998. Método de referencia indicado en el RD 865/2003. (PIE-LEGI)

OBSERVACIONES:

27 de julio de 2021



*Fdo.: Sara Ferrer Costa
Lcda. en Química*

Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA. Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente. CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015.

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000154259

Solicitado por:

SERGEYCO, S.L.
C/ DIAMANTE, 8 POLIGONO INDUSTRIAL 45190 NAMBOCA (TOLEDO)

Denominación de la muestra:

AGUA SUPERFICIAL - AGRONÓMICO

Matriz: **Agua continental no tratada**

N° de muestra: **000144265**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Recepción: **15/07/2021**

Inicio análisis: **15/07/2021**

Fin análisis: **29/07/2021**

PARAMETRO	RESULTADO	Uexp.	UNIDAD	LC	METODOLOGIA
AMONIO	41,45	±5,39	mg/l	0,04	Espectrofotometría de absorción molecular, basado en EPA 350.1 (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	20,32		mg/l	0,2	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	845,32		mg/l	5	Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
BORO	0,24	±0,03	mg/l	0,1	Espectrofotometría VIS, método basado en DIN 38405-D17 (PIE-BORO)
*CALCIO	177,58		mg/l	0,5	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-CaAA)
*CARBONATOS	< 5		mg/l	5	Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CONDUCTIVIDAD 25 °C	2530	±76	µS/cm	5	Electrometría, basado en SM2510B (PIE-COND)
FOSFATOS	6,40	±0,77	mg P-PO4 ³⁻ /l	0,05	Espectrofotometría de absorción molecular, basado en UNE EN ISO 6878 (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	< 5		mg/l	5	Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	0,16		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	51,94		mg/l	0,5	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MgAA)
*MANGANESO	0,05		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
pH	7,99	±0,20	ud. de pH	1	Electrometría, basado en SM4500H+B (PIE-PH)
*POTASIO	39,60		mg/l	0,05	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	262,40		mg/l	0,03	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*ARSENICO	0,0068		mg/l	0,002	Espectrometría de absorción atómica-cámara de grafito (PIE-ARSE)
COBRE	< 0,052		mg/l	0,052	Absorción atómica en llama, basado en SM3111B (PIE-AA01)
*MOLIBDENO	< 0,01		mg/l	0,01	Espectrometría de absorción atómica-cámara de grafito (PIE-MOLI)
ZINC	0,016	±0,005	mg/l	0,013	Absorción atómica en llama, basado en SM3111B (PIE-AA01)
CLORUROS	387,62		mg/l	0,5	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
NITRATOS	0,90		mg/l	0,2	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
NITRITOS	0,12		mg/l	0,01	Espectrofotometría UV-VIS. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)
SULFATOS	206,00		mg/l	0,5	Cromatografía iónica. Parámetro subcontratado (Parámetro subcontratado)

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000154259

OBSERVACIONES:

Laboratorio subcontratado acreditado por ENAC, N° de Exp.: 103/LE268.

* Valores por debajo del límite de cuantificación

El valor de COBRE es inferior al límite de detección cuyo valor es 0.017 mg/l.

30 de julio de 2021



Fdo.: Sara Ferrer Costa
Lcda. en Química

Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

*El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.
Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.
CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015.
Los campos marcados con (#) corresponden a información aportada por el cliente, no siendo el Laboratorio responsable de la veracidad de dicha información.
No es responsabilidad del Laboratorio la toma de muestras para la realización de los ensayos. Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió.*

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>mmol/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	387,62	10,93	10,93	37,32
SULFATOS	206,00	4,29	2,14	14,64
BICARBONATOS	845,32	13,85	13,85	47,29
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	0,90	0,01	0,01	0,05
FOSFORO	6,40	0,21	0,21	0,71
SODIO	262,40	11,41	11,41	40,77
MAGNESIO	51,94	4,27	2,14	15,27
CALCIO	177,58	8,86	4,43	31,65
POTASIO	39,60	1,01	1,01	3,62
AMONIO	41,45	2,43	2,43	8,69

CLASIFICACIÓN DE AGUA: **BICARBONATADA - SÓDICA**

MICROELEMENTOS

	<u>mg/l</u>	<u>µmol/l</u>
BORO	0,24	22,20
HIERRO	0,16	0,00
MANGANESO	0,05	0,00

MACRONUTRIENTES FERTILIZANTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>
NITROGENO AMONIAICAL (N)	32,18	2,30
NITROGENO NITRICO (N)	0,20	0,01
NITROGENO TOTAL (Nitrico+amoniacal) (N)	32,39	2,31
ANHÍDRIDO FOSFÓRICO (P2O5)	14,66	
FOSFATO (PO ₄ ³⁻)	19,61	
OXIDO DE POTASIO (K2O)	47,72	
OXIDO DE CALCIO (CaO)	248,61	
OXIDO DE MAGNESIO (MgO)	86,57	

OTROS DATOS DE INTERÉS

<u>Punto de congelación</u>	-0,07 °C
Sólidos disueltos	2039,98 mg/l
CO2 libre	13,77 mg/l
Dureza total	65,73 °Francés
Dureza total	657,31 mg/l de CO3Ca
Dureza permanente	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	693,30 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad total	693,30 mg/l de CO3Ca
S.A.R	4,45
Presión osmótica	0,91 Atmósferas
Relación de calcio	0,35
Carbonato sódico residual	0,72
% de sodio	48,61
Indice de Scott	5,21
Indice de Langelier	1,36 <i>Incrustante</i>

CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA USOS AGRÍCOLAS, SEGÚN WILCOX

% DE SODIO	TOLERABLE
CONDUCTIVIDAD A 25°C	DUDOSA

CLASIFICACIÓN DEL AGUA EN FUNCIÓN DE LAS SALES DISUELTAS

SALES TOTALES DISUELTAS	MALA
-------------------------	------

TOXICIDAD ESPECÍFICA DEL BORO EN CULTIVOS GENERALES**TIPOS DE CULTIVOS:**

SENSIBLES	BAJA
SEMITOLERANTES	BAJA
TOLERANTES	BAJA

CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DEL pH, SEGÚN F.A.O

pH	ACEPTABLE
----	-----------

ÍNDICE DE SCOTT (CALIDAD DEL AGUA PARA USOS AGRÍCOLAS)

CALIDAD	MEDIOCRE
---------	----------

pH	7,99	MODERADA
SALES TOTALES DISUELTAS mg/l	2039,98	ELEVADO
HIERRO mg/l	0,16	MODERADA
MANGANESO mg/l	0,05	NINGUNO

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN RIVERSIDE**C4**

Agua de salinidad alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S2

Agua con contenido medio de sodio, y por tanto con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.