

PROYECTO GENERAL DE DESMANTELAMIENTO DE LA PLANTA QUERCUS DE FABRICACIÓN DE CONCENTRADOS DE URANIO (FASE I)

SAELICES EL CHICO (SALAMANCA)



**ANEXO I – PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA EJECUCIÓN DEL RECINTO DE
CONFINAMIENTO Y EL DESMANTELAMIENTO DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN
ESTÁTICA DE LA PLANTA QUERCUS**

JULIO-2024

**SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y
CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS (FASE I)
(SAELICES EL CHICO, SALAMANCA)**

DOCUMENTO A.2)

ANEXO I

**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA EJECUCIÓN DEL
RECINTO DE CONFINAMIENTO Y EL
DESMANTELAMIENTO DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN
ESTÁTICA DE LA PLANTA QUERCUS**

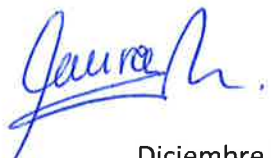
MEMORIA

PROPUESTA 3 DE REVISIÓN 0 / DICIEMBRE-2020



PLANTA QUERCUS
ESTUDIO DE SEGURIDAD
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA EJECUCIÓN DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO Y EL
DESMANTELAMIENTO DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA DE LA PLANTA QUERCUS,
SALICES EL CHICO (SALAMANCA)
ACTIVIDADES DE DESMANTELAMIENTO (FASE I)

REALIZADO	FUNCIÓN	FECHA
Pedro-V. Rodríguez Moyano	Gabinete Técnico Medioambiental (GTMA)	 Diciembre 2020

REVISADO	FUNCIÓN	FECHA
Laura Vicente Martín	Responsable de Garantía de Calidad	 Diciembre 2020

APROBADO	FUNCIÓN	FECHA
Ignacio Javier Vecillas Fernández	Director	 Diciembre 2020



**MODIFICACIONES MÁS RELEVANTES INTRODUCIDAS CON RESPECTO A LA
ANTERIOR PROPUESTA 2 DE REVISIÓN 0 (DICIEMBRE, 2017)**

Apartado	Página	ALCANCE DE LA MODIFICACIÓN
1	12-13	Justificación de la revisión.
1.1.	13-14	Revisión de las coordenadas geográficas de referencia de la Planta, tras el proceso de regularización de los distintos sistemas que han venido usándose históricamente en el Centro
	15	Precisión sobre la planta de tratamiento de aguas de corta TAC y la función de la sección de Cambio de Ion.
1.2.	16-26	Revisión del resumen del desmantelamiento previsto, señalando que la Barrera Final de confinamiento y algunas balsas se mantienen operativas hasta la Fase III. Las balsas de pequeña capacidad, según su estado y utilización, podrían permanecer.
1.3.	27-28	Inclusión de Nota al pie aclarando que en el APÉNDICE que se adjunta, el índice del DOCUMENTO I) PLAN DE RESTAURACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO es provisional y previsión para la presentación de la Propuesta 3 de Revisión 0.
4.2.	38-39	Actualización de datos de climatología.
4.3	40	Actualización del sistema de referencia de cotas topográficas ortométricas del emplazamiento.
4.4.	40-43	Actualización datos topográficos e hidrogeológicos de la zona de la era de lixiviación y futuro recinto de confinamiento.
5.1.	45-46	Indicación que los residuos de obra civil, fundamentalmente hormigones y ladrillo, se usarán como relleno y capa de regulación en las actividades de explotación del recinto de confinamiento, así como de la generación y destino final de los materiales de limpieza de suelos del entorno de la Planta Quercus.
5.2.	47-48	Matización del tamaño aproximado del troceado de materiales. Actualización del volumen de materiales previstos.
5.3.	49-50	Actualización volumen y características constructivas de tortas y mineral agotado, que constituyen la era de lixiviación.
5.4.	51-53	Características geotécnicas y actualización del volumen de mineral agotado y de las tortas de neutralización y previsión hasta el inicio del desmantelamiento.
6.2	59-62	Indicación de la variación de cotas y dimensiones del recinto de confinamiento
6.3	64-70	Variación de algunos detalles por modificación del recinto de confinamiento y zona ampliación a la era.
6.4.	74-77	Detalles sobre la explotación del recinto debido a la modificación de su diseño.
7.1	81-84	Actualización de información de la zona de ampliación de la era y variación de cotas de referencia.
7.1.3	88-94	Aclaraciones sobre la estabilidad de taludes a largo plazo, realización de taludes de prueba y nueva conclusión adicional.
7.1.4	95-100	Modificaciones en el cálculo de la red de drenaje superficial
7.1.5.	100-103	Aclaraciones e información adicional sobre los materiales naturales utilizados en la construcción de las capas de cubierta de la era y actualización de los cálculos de la estabilidad frente a la erosión.
7.2.	107-117	Información sobre nuevas actividades de ampliación de la era, volúmenes de movimiento de materiales y nueva morfología de la era remodelada.
12.2	140-141	Ampliación del plazo de ejecución del desmantelamiento y actualización del cronograma previsto de trabajos.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN	13
1.2.	RESUMEN DEL DESMANTELAMIENTO PREVISTO	15
1.3.	DOCUMENTOS DE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DEL DESMANTELAMIENTO	27
2.	OBJETO DEL PROYECTO.....	29
3.	MARCO LEGAL APLICABLE	31
4.	ESTUDIO DE EMPLAZAMIENTO	35
4.1.	LOCALIZACIÓN.....	35
4.2.	CLIMATOLOGÍA	38
4.3.	MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA.....	40
4.4.	GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	40
5.	CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS.....	44
5.1.	RESIDUOS DE OBRA CIVIL.....	45
5.2.	EQUIPOS Y ESTRUCTURAS DEL DESMANTELAMIENTO Y MATERIALES DESECHABLES DEL PROCESO A DEPOSITAR EN EL RECINTO DE CONFINAMIENTO	47
5.3.	MINERAL MARGINAL AGOTADO	49
5.4.	TORTAS DE NEUTRALIZACIÓN	51
6.	RECINTO DE CONFINAMIENTO	55
6. 1.	UBICACIÓN DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO	55
6.2.	DISEÑO DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO.....	56
6.3.	EJECUCIÓN DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO	63
6.3.1.	ACTUACIONES INICIALES	63
6.3.2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	65
6.3.3.	CONSTRUCCIÓN DEL RECINTO	67
6.3.4.	SELLADO FINAL DEL RECINTO.....	69
6.4.	PLAN DE EXPLOTACIÓN.....	70
6.4.1.	TIPOLOGÍA DE LOS RESIDUOS A ALMACENAR	70
6.4.2.	TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DE RESIDUOS	71
6.4.3.	DESCARGA DE RESIDUOS.....	74



6.4.4. EQUIPAMIENTO NECESARIO	78
6.4.5. DOCUMENTACIÓN DE LOS REGISTROS DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS	
79	
7. ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA	81
7.1. DISEÑO FINAL.....	81
7.1.1. RECONFIGURACIÓN SUPERFICIAL	81
7.1.2. CAPAS DE SELLADO	82
7.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE CUBIERTA.....	84
7.1.3.1. SECCIÓN MÁS DESFAVORABLE.....	88
7.1.3.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	89
7.1.3.3. PROCESO DE CÁLCULO	90
7.1.3.4. ACCIÓN SÍSMICA.....	93
7.1.3.5. RESULTADOS OBTENIDOS	93
7.1.3.6. CONCLUSIONES	94
7.1.4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO	96
7.1.4.2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	97
7.1.4.3. CARACTERÍSTICAS FINALES DE LAS CUNETAS	99
7.1.5. ESTABILIDAD ANTE LA EROSIÓN	100
7.1.5.1. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE CÁRCAVAS EN LAS CUENCAS 2 Y 6.....	102
7.1.6.2. RESULTADOS OBTENIDOS	105
7.2.1. RECOGIDA DE LIXIVIADOS	107
7.2.2. MOVIMIENTO DE MATERIALES	108
7.2.3. COLOCACIÓN DE CAPAS DE CUBIERTA.....	114
7.2.4. RED DE DRENAJE SUPERFICIAL	116
7.2.5. ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS	117
8. PLAN DE ENSAYOS DE MATERIALES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	119
8.1. VASO DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO.....	119
8.2. MULTICAPA DE CUBIERTA DE LA ERA QUERCUS	123
9. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL.....	131
10. SEGURIDAD Y SALUD	133
11. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	135
12. PLAN DE OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN	137
12.1. PLAN DE OBRA.....	137
12.2. CRONOGRAMA Y PLAZO DE EJECUCIÓN	140



PLANOS

ANEJOS A LA MEMORIA

A-1. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

A-2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

A-3. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA ERA

A-4. JUSTIFICACIÓN DE CAPAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y SELLADO

A-5. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

A-6. CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE LA CUBIERTA ANTE LA EROSIÓN

A-7. PROYECTO. CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE CAPAS DE COBERTURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA SALIDA DE GAS RADÓN DEL PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA DE LA FÁBRICA DE CONCENTRADO DE URANIO, PLANTA QUERCUS DE ENUSA EN Saelices el Chico (FASE I DEL DESMANTELAMIENTO)



1. INTRODUCCIÓN

La planta Quercus (también, y en adelante, la Planta o la Instalación) se diseñó y construyó para la fabricación de concentrados de Uranio mediante el tratamiento metalúrgico de los minerales de los yacimientos denominados Fe, D y Alameda de Gardón (provincia de Salamanca). Estuvo en funcionamiento desde la concesión de su autorización provisional de puesta en marcha (O.M. de 27 de abril de 1993) hasta la declaración del cese definitivo de explotación (O. M. de 14 de julio de 2003), situación en la que se encuentra actualmente.

El 7 de julio de 2005 ENUSA presentó ante los organismos oficiales correspondientes la solicitud de autorización de desmantelamiento de la Instalación, cuya evaluación quedó en suspenso, a petición del Titular, a la vista de la evolución al alza de los precios del concentrado de Uranio en esas fechas, prolongándose la situación de cese definitivo hasta que se pudiera tomar una nueva decisión sobre el futuro de la Planta.

Después de diversas prórrogas, el Consejo de Seguridad Nuclear informó desfavorablemente de su continuación el 20 de septiembre de 2012. En consecuencia, la Dirección General de Política Energética y Minas denegó la ampliación de la prórroga de la suspensión temporal del proceso de licenciamiento del desmantelamiento el 30 de octubre de 2012, requiriendo al Titular la presentación, en un plazo de tres meses, de un programa con la planificación para la actualización del Plan de Desmantelamiento presentado en su día, manteniendo las condiciones de seguridad requeridas anteriormente y, en el plazo de un año, de una nueva solicitud de autorización de desmantelamiento de la Planta.

Esta nueva solicitud se presentó el 30 de octubre de 2013. Mediante escrito de 10 de marzo de 2014, la citada Dirección General, a instancias del Consejo de Seguridad Nuclear, de acuerdo con el informe que este último le remitió con fecha 28 de febrero, procedió a la devolución de la documentación preceptiva que acompañaba la mencionada solicitud, requiriendo la



remisión de una nueva solicitud de autorización de desmantelamiento en el plazo de seis meses desde la fecha de recepción del escrito (14 de marzo de 2014).

La entrada en vigor del R.D. 102/2014, de 21 de febrero, sobre la gestión segura del combustible gastado y los residuos radiactivos, modificó parcialmente el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (R.I.N.R.) y, en particular, el artículo 37 de dicho Reglamento, relativo a las autorizaciones preceptivas para las instalaciones radiactivas de primera categoría del ciclo del combustible nuclear, como es la Planta Quercus. Así, dicho Artículo establece, entre otros, que el desmantelamiento de las instalaciones para el almacenamiento definitivo de residuos radiactivos se licenciará a través de un nuevo tipo de autorización (denominada "*autorización de desmantelamiento y cierre*", y posterior "*declaración de cierre*"); asimismo, establece que los aspectos de seguridad nuclear y protección radiológica durante el desmantelamiento y cierre de la instalación y vigilancia posterior al cierre, incluyendo el alcance y contenido de la demostración o estudio de la seguridad en cada etapa, se regularán mediante Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear (artículo 12g del R.I.N.R. consolidado).

Teniendo en cuenta esto, y que el Consejo de Seguridad Nuclear transmitió con posterioridad a ENUSA que los aspectos concretos para revisar la documentación de apoyo a la solicitud de desmantelamiento deberían ser aclarados previamente en reuniones monográficas con su cuerpo técnico, no estando disponible, además, en esas fechas la citada Instrucción, y no habiéndose concretado el proceso de licenciamiento del desmantelamiento de la Planta, ENUSA consideró necesario ampliar el plazo fijado para la presentación de la nueva solicitud de autorización del desmantelamiento con la documentación adecuada a los nuevos requerimientos. Por ello, el 10 de julio de 2014 se solicitó a la Dirección General de Política Energética y Minas la concesión de una prórroga adicional de un año (hasta el 14 de septiembre de 2015), para poder clarificar la aplicación del nuevo R.D. 102/2014 y disponer, en tiempo, de las instrucciones, guías y evaluaciones previas del Consejo de Seguridad Nuclear, con el fin de presentar la nueva solicitud de desmantelamiento con los documentos



reglamentarios revisados de acuerdo con todo ello. Esta prórroga fue aprobada por Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 12 septiembre de 2014, dando de plazo hasta el 14 de septiembre de 2015 para la presentación de la nueva solicitud de desmantelamiento y cierre de la Planta Quercus (actividades de la primera fase de desmantelamiento).

En cumplimiento de lo requerido por esa Dirección General en sus escritos citados anteriormente, con fecha 11 de septiembre de 2015, se presentó la nueva solicitud de autorización de desmantelamiento y cierre de la Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio para la primera fase del mismo, denominada FASE I, según lo requerido en el Artículo 30 del R. D. 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (texto consolidado de 8 de marzo de 2014 y modificación por el R. D. 177/2015, de 13 de marzo, para su adaptación a la Ley 20/2013, de 9 de diciembre, de garantía de la unidad de mercado). Una vez evaluada por su parte, el Consejo de Seguridad Nuclear remitió varias peticiones de información adicional (P.I.A.), en diferentes escritos y fechas¹, solicitando aclaración o justificación de determinados aspectos, así como la necesidad de incorporar modificaciones en algunos documentos. La nueva documentación, una vez revisada de acuerdo con ello y actualizada a la fecha de edición, se envió el 22 de diciembre de 2017, a excepción del Documento J) Estudio Económico del Proceso de desmantelamiento por considerar que no era relevante su actualización en aspectos técnicos, radiológicos o de seguridad.

La evaluación de los nuevos documentos por dicho Organismo dio lugar a otra petición de información adicional, remitida en abril de 2019². Para dar cumplimiento a lo requerido en ella, en lo referente al presente documento, se ha procedido a revisarlo, constituyendo la Propuesta 3 de Revisión 0 del **DOCUMENTO A) ESTUDIO DE SEGURIDAD**, en concreto, del

¹ P.I.A.-I: Escrito CSN/C/DPR/17/65 de 23.04.17; P.I.A.-II: Escrito CSN/C/DPR/17/159 de 12.07.17; P.I.A.-III: Escrito CSN/C/DPR/17/232 de 30.10.17; y P.I.A.-IV: Escrito CSN/C/DPR/16/197 de 29.07.16.

² P.I.A.-V: Escrito CSN/C/DPR/QUE/19/01 de 04.04.19.



DOCUMENTO A.2) PROYECTO GENERAL DE DESMANTELAMIENTO para las actividades de desmantelamiento de la Fase I previstas para la planta Quercus, que incluyen las específicas del proceso de desmantelamiento propiamente dicho, así como las restantes que se lleven a cabo durante este periodo. Los datos incluidos se han actualizado a 31.12.19, por estar disponibles y aportar la información por años completos. Asimismo, se han modificado y actualizado otros aspectos conforme a la evolución de la instalación, y según cambios organizativos de la empresa, de normativa o instrucciones del CSN, etc., que se han producido respecto a la edición de diciembre de 2017. También se han corregido las erratas o errores detectados y, en su caso, mejorado la redacción de algún párrafo.

Los cambios más relevantes con respecto a la última Propuesta de Revisión se marcan con una línea vertical en el margen derecho de cada párrafo afectado (o del título en el caso de tablas y figuras que se hayan modificado) para facilitar su identificación.

1.1. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La Planta Quercus se encuentra situada en la “Finca Capilla del Río” en el término municipal de Saelices el Chico, al oeste de la provincia de Salamanca. Las coordenadas que sirven como referencia del emplazamiento son las correspondientes a la estación fija EST.1 (B), usada para la vigilancia y control de la Barrera final de confinamiento y que no se verá afectada por las actividades de desmantelamiento. Se refieren al sistema geodésico ETRS89, proyección UTM (huso 29). Han sido revisadas durante la regularización de los distintos sistemas de coordenadas que han venido usándose históricamente en el Centro de trabajo, en el que se localiza la Instalación. Son las indicadas en la Tabla A.1-, que incluye, también, sus equivalentes geográficas referidas al meridiano de Greenwich:



TABLA A.1-: COORDENADAS DE REFERENCIA DE LA PLANTA QUERCUS

COORDENADAS U.T.M. (Sist. Geodésico Referencia ETRS-89) (Huso 29)		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GREENWICH)	
UTM X	702.448,540	LONGITUD	6° 36' 22"
UTM Y	4.500.530,851	LATITUD	40° 37' 51"
ALTURA	673,465 (m.s.n.m.)		

El perímetro de la finca propiedad de ENUSA (21,2 km de longitud y aproximadamente 1.650 ha de superficie) coincide con la Zona Protegida o Zona Bajo Control del Explotador, mientras que el perímetro de la Zona de Acceso Restringido (2,3 km y aproximadamente 34,4 ha) engloba todas las estructuras, sistemas y equipos que constituyen la planta de fabricación, situada en el área sureste de la finca, denominada Parcela de Proceso, de acuerdo con lo especificado en la Autorización de Construcción (Orden de 18 de junio de 1990, Condición 8ª del Anejo I).

La Parcela de Proceso incluye, entre otras, las instalaciones industriales de proceso químico y de las etapas finales de concentrado y está situada, aproximadamente, entre las cotas 670 y 681 (msnm), ocupando dichas instalaciones sólo una pequeña parte de la superficie total (unas 6 ha).

La Planta, según la mencionada Autorización de Construcción (Condición 2ª del Anejo I), estaba compuesta por las siguientes secciones y estructuras principales:

- Trituración de mineral
- Clasificación de mineral
- Lixiviación Dinámica
- Lixiviación Estática
- Lavado en Contra-corriente
- Clarificación
- Extracción con Disolventes



- Precipitación y Caustificación
- Secado y Envasado de Concentrado
- Neutralización de Efluentes
- Dique de Almacenamiento de Estériles
- Barrera final de confinamiento

Asimismo, incluía la planta de Tratamiento de Aguas de Corta (sección TAC) de la planta Elefante, de acuerdo con la Autorización Provisional de puesta en Marcha concedida por Orden del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de 27 de abril de 1.993³. Esta sección incluía una etapa de Cambio de Ion para la recuperación del uranio y una etapa de acondicionamiento de los efluentes líquidos estériles.

En septiembre del año 2000 se puso en marcha la sección de tratamiento de aguas de dique (TAD) con equipos e infraestructuras de las secciones de lavado en contra-corriente y de neutralización, junto con otros equipos nuevos, para tratar los líquidos sobrenadantes del Dique de estériles con un proceso que permitiera la eliminación del amoníaco contenido en ellos hasta concentraciones inferiores al límite impuesto en la Autorización de Vertido de la Confederación Hidrográfica del Duero.

1.2. RESUMEN DEL DESMANTELAMIENTO PREVISTO

Como se ha señalado, la nueva solicitud de autorización de desmantelamiento de la Planta Quercus presentada en el año 2015 requiere, por la entrada en vigor del R.D. 102/2014, se tramita como solicitud de autorización de "desmantelamiento y cierre", en lugar de "desmantelamiento y clausura", como se había considerado hasta entonces.

³ La parada de la planta Elefante se produjo en junio de 1993, coincidiendo con la puesta en marcha de la Planta Quercus en mayo de ese año. Se encuentra desmantelada y, desde el año 2006, en periodo de cumplimiento del desmantelamiento.



El objetivo final que se persigue, en cualquier caso, es que las condiciones radiológicas del emplazamiento restaurado sean lo más parecidas posibles a las originales, fijando, de entrada, idénticos criterios de estabilidad y límites de actividad radiológica que para el desmantelamiento de la Planta Elefante y la restauración de las Explotaciones Mineras, ambas colindantes a la misma y actualmente en periodo de cumplimiento, ejecutando sus respectivos programas de vigilancia y control.

La existencia de drenajes ácidos de mina, afectando a la calidad de las aguas del emplazamiento compartido, condiciona el desmantelamiento de la Planta Quercus. Si bien, inicialmente, se había previsto realizarlo de forma completa en una fase, al ser necesario mantener operativa la mayor parte de la infraestructura de recogida, almacenamiento y tratamiento de aguas hasta que su calidad permita su derivación directa a cauces públicos, el proceso de desmantelamiento se abordará en varias fases.

Según lo indicado en el artículo 32 del R.I.N.R., cada una de ellas incluirá el planteamiento general de la totalidad del mismo, delimitando las fases contempladas con el alcance de cada una, que será detallado para la fase cuya autorización se solicite y más general para las siguientes, de acuerdo a la información disponible en el momento, así como la descripción del estado previsto de la Instalación durante y después del desarrollo de las mismas. Así, para la ejecución de cada fase sucesiva, se presentará una nueva solicitud de autorización con carácter previo.

Durante las distintas fases coexistirán las actividades ligadas al proceso de desmantelamiento propiamente dicho con las de gestión de aguas y otras asociadas, así como las derivadas de la vigilancia, mantenimiento y control de las estructuras e instalaciones existentes sometidas a control regulador. El proceso es dinámico, pues, dependiendo de los estudios y de los resultados de las actuaciones que se vayan efectuando, podrían replantearse las mismas. Se



justificarán las posibles alternativas que, en principio, se prevean y contemplen para la Fase I, detallándose en los documentos correspondientes.

Las principales estructuras e instalaciones componentes de la Planta afectadas por el desmantelamiento son las siguientes:

- Parcela de Proceso, con las instalaciones industriales, Barrera final de confinamiento y sección TAD de tratamiento de aguas.
- Era de lixiviación estática, incluyendo sus instalaciones de riego y de recogida de lixiviados.
- Dique de estériles.
- Planta TAC de tratamiento de aguas, incluida la antigua sección de Cambio de Ion.
- Balsas de almacenamiento de aguas de gran capacidad (BAC y BRV).

En principio, se prevén las siguientes fases para abordar el desmantelamiento de la Planta:

1) Fase I:

Incluye el desmantelamiento de las siguientes instalaciones y estructuras:

- Instalaciones industriales ubicadas en la Parcela de Proceso y sección TAD de tratamiento de aguas.
- Equipos interiores y exteriores de la antigua sección de Cambio de Ion.
- Era de lixiviación estática, incluyendo sus instalaciones de riego y de recogida de lixiviados.

Genéricamente, las principales actividades previstas son:



- Demolición, desmontaje, descontaminación, manipulación, transporte y retirada de materiales de las instalaciones industriales de proceso.
- Construcción del recinto de confinamiento de dichos materiales, estabilización y acondicionamiento del mismo.
- Extendido y acondicionamiento de la Era de lixiviación estática.
- Gestión de aguas (recogida, almacenamiento, tratamiento y vertido) y de residuos radiactivos secundarios (disposición).
- Rehabilitación de la zona de la Parcela de Proceso afectada por las actividades de esta primera fase.
- Vigilancia, control y mantenimiento del Dique de estériles, Barrera final de confinamiento y otras estructuras e instalaciones remanentes.

Debe señalarse que en la Fase I no se ha previsto la desclasificación de ninguna corriente de materiales residuales con muy baja actividad radiológica para su gestión por vías convencionales.

De modo resumido, las principales actividades de desmantelamiento previstas en las estructuras afectadas son las siguientes:

- Recinto de confinamiento:
 - Construcción en un área adyacente a la Era de lixiviación estática, según proyecto determinado.
 - Depósito definitivo de los materiales residuales procedentes del desmantelamiento de las instalaciones industriales, incluidas las tuberías de proceso, así como de los equipos, componentes, piezas, estructuras, etc. almacenados hasta entonces en la tongada superior de la Era de lixiviación estática.
 - Sellado y acondicionamiento final.



- Parcela de Proceso:
 - Limpieza y descontaminación, en su caso, de las instalaciones industriales de proceso (equipos, estructuras, etc.).
 - Desmontaje, corte, troceado, achatarramiento y/o prensado de los materiales de las instalaciones industriales resultantes de dichos procesos.
 - Transporte y depósito provisional de estos materiales en las zonas de almacenamiento temporal, bien sea como residuos radiactivos (si proceden de ZRR) o como residuos convencionales (si proceden de ZRC).
 - Transporte y depósito de los materiales residuales radiactivos en el recinto de confinamiento. (Los equipos que presenten baja actividad radiológica, y sean de interés, podrán ser descontaminados para su reutilización posterior dentro o fuera de la Instalación. Los materiales no impactados se podrán gestionar convencionalmente).
 - Demolición de la obra civil hasta cota cero y transporte y depósito de sus residuos, preferentemente, en el recinto de confinamiento o, en caso necesario, también pueden depositarse en la Era de lixiviación y/o en el Dique de estériles.
 - Limpieza y/o retirada de suelos contaminados y transporte y depósito en la Era de lixiviación y/o en el Dique de estériles y/o en el recinto de confinamiento.
 - Relleno de zonas topográficas deprimidas (por el desmantelamiento de balsas desmanteladas, retirada de componentes, etc.) con material detrítico hasta alcanzar la cota cero.
 - Cubrimiento de las zonas de implantación de las instalaciones desmanteladas (incluyendo las soleras remanentes) con material arcilloso (arcosas) y revegetación.



- Sección de Cambio de Ion de la planta TAC de tratamiento de aguas:
 - Limpieza y descontaminación, en su caso, de los equipos, estructuras, etc.
 - Desmontaje, corte, troceado, achatarramiento y/o prensado, en su caso, de los equipos y materiales afectados.
 - Transporte y depósito provisional de estos materiales en las zonas de almacenamiento temporal (ZRR y/o ZRC), en su caso, si no se trasladan directamente al recinto de confinamiento.
 - Transporte y depósito de los materiales en el recinto de confinamiento.
 - Acondicionamiento de la nave industrial y solera para su uso.

- Era de lixiviación estática:
 - Acondicionamiento de una zona próxima para el depósito intermedio de materiales residuales, en caso necesario.
 - Remodelación in situ por extendido de los minerales agotados y de las tortas de neutralización almacenadas, cubriendo el área ocupada por el recinto de confinamiento.
 - Cubrimiento de todo el conjunto con una multicapa de protección radiológica y medioambiental, que podría incluir, en su caso, suelos artificiales (tecnosoles).
 - Construcción de una cuneta perimetral para drenajes de pluviales.
 - Revegetación.

Permanecerán sin dismantelar, y plenamente operativas, las siguientes estructuras de la Planta, además de los edificios (oficinas, almacenes, laboratorios, etc.) e infraestructuras convencionales (subestaciones eléctricas, sistemas contraincendios, etc.) que den soporte a las actividades a desarrollar:



- Dique de estériles.
- Barrera final de confinamiento⁴.
- Sección de acondicionamiento de efluentes de la planta TAC.
- Balsas de almacenamiento de aguas de gran capacidad (BAC y BRV) y otras para diferentes usos (contra incendios, captación y distribución de agua de río, control de vertido) ubicadas en la Parcela de proceso.

Paralelamente, se seguirán desarrollando las actuaciones encaminadas a la remediación de los drenajes ácidos en mina, mediante la aplicación de suelos artificiales (tecnosoles), como principal actuación por los resultados previstos que ofrece, junto con otras que se consideren apropiadas.

Cuando finalice esta primera fase se presentará a los organismos competentes:

- La documentación *as built* de final de obra de la Fase I.
- La solicitud de autorización de la siguiente fase de desmantelamiento y cierre (Fase II), con las Propuestas de los documentos reglamentarios aplicables para la misma y la propuesta del Programa de Vigilancia y Control de la Fase I.

2) Fase II:

Esta fase puede considerarse, realmente, una "interfase", por abarcar el periodo comprendido entre las dos fases con actividades propias de desmantelamiento (Fases I y III, de desmantelamiento activo). Dará comienzo tras la finalización de las actividades de desmantelamiento de las instalaciones y estructuras incluidas en la Fase I anterior, una vez sea

⁴ La razón por la que esta estructura se mantiene operativa hasta la Fase III es que podría utilizarse, sólo como último recurso y de modo excepcional, para almacenar temporalmente aguas procedentes del Dique de estériles, si hubiera peligro inminente de rebose y descarga accidental al río, por una subida de su nivel de embalse como consecuencia de situaciones extraordinarias (como, por ejemplo, condiciones meteorológicas muy adversas).



aprobada, y concluirá cuando, después de que se haya conseguido que la calidad de las aguas generadas en el emplazamiento permita su descarga directa a cauces públicos, se obtenga la autorización para iniciar la Fase III. Incluye las siguientes actividades:

- Vigilancia y control de las estructuras desmanteladas de la Fase I.
- Vigilancia, control y mantenimiento del Dique de estériles, Barrera final de confinamiento y otras estructuras remanentes.
- Rehabilitación pendiente, en su caso, del emplazamiento afectado por las actividades de desmantelamiento de la Fase I.
- Gestión de aguas y de los residuos radiactivos secundarios generados.

De modo resumido, las principales actuaciones previstas son:

- a) Estructuras desmanteladas en la Fase I: vigilancia y control, con la comprobación del cumplimiento de los objetivos estructurales y radiológicos fijados.
- b) Estructuras, instalaciones y sistemas remanentes: vigilancia, control, mantenimiento y cumplimiento de las Especificaciones de Funcionamiento que apliquen en cada caso a los sistemas de seguridad remanentes (Dique de estériles, Barrera final de confinamiento y sistema de efluentes líquidos, principalmente).
- c) Aguas: eliminación por tratamiento fisicoquímico de los drenajes ácidos de mina, y aguas de escorrentía y filtración almacenados en las estructuras principales, en la planta TAC y gestión de los lodos neutralizados, que se enviarán y depositarán en el Dique de estériles.

En paralelo continuarán las actuaciones para la remediación de los drenajes ácidos en mina, principalmente, mediante la aplicación de tecnosoles.

Cuando se haya conseguido la calidad necesaria de las aguas generadas en el emplazamiento para que puedan derivarse directamente a cauces públicos, se presentará la solicitud de



autorización de la Fase III para abordar el desmantelamiento de las últimas estructuras e instalaciones remanentes, con la documentación preceptiva (Propuestas de los documentos reglamentarios para la misma).

3) Fase III:

Las actividades de desmantelamiento afectarán a las estructuras remanentes no desmanteladas e incluye las siguientes actividades:

- d) Vigilancia y control de las estructuras adaptados al avance del desmantelamiento.
- e) Desmantelamiento de las estructuras e instalaciones remanentes y gestión de los residuos radiactivos generados:
 - Acondicionamiento del Dique de estériles como estructura para la disposición final de residuos radiactivos.
 - Construcción de un recinto para albergar los materiales residuales generados y estabilización y acondicionamiento del mismo.
 - Acondicionamiento de la Barrera final de confinamiento.
 - Desmantelamiento de la planta TAC de tratamiento de aguas.
 - Desmantelamiento de las tuberías de gestión de aguas.
 - Desmontaje y retirada de las balsas de gran capacidad (BAC y BRV) y de otras balsas remanentes (por ejemplo, la balsa ZZ, las balsas de control de vertido...) y posterior acondicionamiento y rehabilitación de las zonas de implantación.
- Gestión de los residuos radiactivos secundarios generados, en su caso.
- Vigilancia, mantenimiento y control de las estructuras desmanteladas.
- Verificación final de estado del emplazamiento y condiciones radiológicas finales de las áreas con restricción de uso y de las que pudieran liberarse, total o parcialmente, tras la declaración de cierre.



De modo resumido, las principales actuaciones previstas son:

a) Sección de acondicionamiento de efluentes TAC:

- Limpieza y descontaminación, en su caso, de los equipos, estructuras, etc.
- Desmontaje de las instalaciones.
- Desclasificación, en su caso, de equipos y materiales.
- Corte, troceado, achatarramiento y/o prensado de equipos resultantes del proceso.
- Transporte y depósito, en su caso, en un nuevo recinto de confinamiento de equipos y materiales residuales. Los materiales no impactados se podrán gestionar convencionalmente.
- Demolición de la obra civil hasta cota cero y transporte y depósito de sus residuos en el Dique de estériles o en el recinto de confinamiento construido al efecto.
- Limpieza y/o retirada de suelos contaminados, transporte y depósito en destino final.
- Acondicionamiento de la zona afectada: cubrimiento con material detrítico y revegetación.

b) Recinto de confinamiento:

- Construcción en un emplazamiento seleccionado (zona próxima a la planta TAC, Dique de estériles...).
- Depósito definitivo de los materiales residuales procedentes del desmantelamiento de los equipos, componentes, piezas, etc. de la planta TAC, así como de las tuberías y balsas de gestión de aguas y de los suelos procedentes de la limpieza de las zonas afectadas.



- Acondicionamiento final según ubicación: cubrimiento de todo el conjunto con una multicapa de protección radiológica y medioambiental, revegetación, etc.

c) Balsas BAC y BRV de gran capacidad y otras balsas remanentes:

- Desmontaje de tuberías, pasarelas, plataformas...y transporte y depósito en el recinto de confinamiento.
- Limpieza y retirada de las láminas de PEHD o de las costras salinas formadas en su interior.
- Transporte y depósito de los materiales retirados en el recinto de confinamiento.
- Acondicionamiento de las superficies de las zonas de implantación afectadas: retirada de suelos impactados y cubrimiento, en su caso, con material detrítico. Las balsas de menor capacidad, según su utilización y estado final, podrían dejarse para depósito y aprovechamiento de aguas limpias de la finca.
- Revegetación.

d) Dique de estériles:

- Acondicionamiento como estructura para la disposición final de los residuos radiactivos depositados en el mismo, que conllevará las actuaciones que sean necesarias según el estado final del Dique, los materiales almacenados y la alternativa seleccionada para su clausura.



e) Barrera final de confinamiento:

- Excavación para permitir la evacuación de las aguas de escorrentía de la cuenca de la Parcela de Proceso y evitar embalses no deseados, desmantelando la balsa ZZ como el resto de las balsas (retirada de la lona y suelos afectados, relleno con material detrítico y revegetación).

Cuando finalicen los trabajos se presentará la documentación *as built* de final de obra y la propuesta del programa de vigilancia y control para el periodo de cumplimiento del desmantelamiento, que integrará en un único programa los correspondientes a todas las Fases.

En el cronograma siguiente se observa el desarrollo inicialmente previsto de las actividades genéricas de desmantelamiento y cierre, incluyendo el proceso de licenciamiento (iniciado con la presentación de la solicitud de autorización en septiembre de 2015) y que abarca, por tanto, las etapas de cese definitivo de explotación, fases del desmantelamiento, periodos de cumplimiento del desmantelamiento, declaración de cierre y vigilancia institucional.

ETAPAS ACTIVIDADES	Cese definitivo de Explotación	Desmantelamiento				Cierre	Vigilancia institucional
		Fase I	Fase II	Fase III	Periodo de cumplimiento global		
			Periodo de cumplimiento Fase I				
Vigilancia, control y mantenimiento de estructuras							
Gestión para eliminación de aguas (tratamiento químico y evaporación natural)							
Actuaciones para remediación de drenajes ácidos (aplicación de tecnosoles, obras y otras)							
Desmantelamiento de instalaciones (diferentes en cada fase)							
Programa de vigilancia y control del desmantelamiento			(1)		(2)		
Declaración de cierre							
Programa de vigilancia y control a largo plazo							

(1) Correspondiente a las estructuras desmanteladas en la Fase I.

(2) Correspondiente a la totalidad del desmantelamiento de la planta Quercus (Fases I, II y III).



1.3. DOCUMENTOS DE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DEL DESMANTELAMIENTO

De acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, los documentos que se presentan en apoyo de la nueva solicitud de autorización de desmantelamiento y cierre de la Planta Quercus son los siguientes:

- **Documento A: ESTUDIO DE SEGURIDAD**
 - A.1 ESTUDIO DESCRIPTIVO
 - A.2 PROYECTO GENERAL DE DESMANTELAMIENTO
 - A.3 ANÁLISIS DE SEGURIDAD
 - A.4 ESTUDIO DE IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL
- **Documento B: REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO**
- **Documento C: ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO**
- **Documento D: PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR**
- **Documento E: MANUAL DE GARANTÍA DE CALIDAD**
- **Documento F: MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**
- **Documento G: PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS**
- **Documento H: PLAN DE CONTROL DE MATERIALES DESCLASIFICABLES⁵**
- **Documento I: PLAN DE RESTAURACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO**
- **Documento J: ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO DE DESMANTELAMIENTO**

⁵ La Propuesta 1 de Revisión 0 del **DOCUMENTO H) PLAN DE CONTROL DE MATERIALES DESCLASIFICABLES** se presentó en septiembre de 2015 sin un desarrollo concreto, dado que no se contemplaba la desclasificación generalizada de materiales residuales con bajo contenido radiactivo como vía de gestión. Comoquiera que en la Fase I se ha descartado de forma definitiva esta opción, de acuerdo con lo indicado por el Consejo de Seguridad Nuclear (correo electrónico de 16.10.15), en la revisión de los documentos enviados en diciembre de 2017, ya no se incluyó. Por esta misma razón, en la presente edición tampoco se incluye.



En el Apéndice de este Documento se incluye el índice de todos ellos⁶, conforme a las instrucciones transmitidas por el Consejo de Seguridad Nuclear en los escritos y las reuniones que se han celebrado entre los años 2014 y 2020 sobre las implicaciones y alcance del desmantelamiento de la Planta y la documentación de apoyo a la solicitud de autorización.

⁶ Para el Documento I) Plan de Restauración del Emplazamiento el índice será provisional, ya que la nueva Propuesta 3 de Revisión 0 de este documento se emitirá posteriormente (previsiblemente en marzo de 2021), una vez consensuado con el CSN el contenido mínimo que debe tener para la obtención de la autorización de desmantelamiento y cierre.



2. OBJETO DEL PROYECTO

Dentro de la *Solicitud de Autorización de Desmantelamiento de la Planta Quercus* que se realizará conforme a lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radioactivas (RINR) debe desarrollarse un **DOCUMENTO A) ESTUDIO DE SEGURIDAD**, del que formará parte, entre otros capítulos, el PROYECTO GENERAL DE DESMANTELAMIENTO del total de las instalaciones.

Con el fin de definir el alcance del desmantelamiento previsto de las instalaciones, los edificios, equipos, estructuras y, en general, materiales de la Planta Quercus, pueden clasificarse en:

- Materiales, equipos y sistemas de proceso que constituían las distintas secciones de la Planta Quercus, situadas en la parcela de proceso, que, junto a la sección de cambio de ion, que son ahora objeto de desmantelamiento.
- Materiales, equipos o sistemas que pertenecen al tratamiento de aguas y que, quedarán operativos al finalizar las operaciones de desmantelamiento de esta primera fase.
- Materiales residuales y estructuras a clausurar, generados durante la fase de operación de la Planta (mineral marginal agotado, lodos de proceso, etc.) y los generados durante las operaciones de desmantelamiento previstas (suelos contaminados, restos de obra civil, demoliciones, equipos, estructuras...), así como equipos remanentes de otras operaciones anteriores (equipos procedentes del desmantelamiento de la Planta Lobo-G trasladados a la Planta Quercus para su posible reutilización en 1996, y los restos de equipos e infraestructuras procedentes del desmontaje de las secciones de Trituración y Clasificación de la Planta Quercus que no han sido ni serán reutilizados).



- Instalaciones y equipos, así como otros tipos de materiales, que están fuera del control regulador bajo el punto de vista radiológico, que serán gestionados fuera de la instalación.
- Sistemas, estructuras y servicios que quedarán incorporados a las infraestructuras de la finca (electricidad, agua, telefonía, etc...), para un posible uso futuro de las instalaciones.

El objeto del presente proyecto es, por un lado, el diseño de un recinto de confinamiento que se situará en el entorno de la Era de Lixiviación Estática de la Planta Quercus y donde se depositarán todos los materiales producidos durante el desmantelamiento de las distintas secciones de proceso de la fábrica de concentrado de uranio y por otro el desmantelamiento de la Era de lixiviación, que supondrá el adecuado confinamiento de los minerales marginales agotados producidos durante la operación de la Planta y la integración paisajística de todos los residuos generados.



3. MARCO LEGAL APLICABLE

El desarrollo de las actividades de ejecución del recinto de confinamiento y desmantelamiento de la Era Quercus, se realizará, de acuerdo con la legislación en vigor que es de aplicación, así como conforme a los compromisos reglamentarios adquiridos por ENUSA durante la fase de autorización y puesta en marcha de la Planta.

De forma general serán de aplicación durante la ejecución de las obras los siguientes códigos y normas:

- **Instalaciones Radioactivas**
 - Real Decreto 1836/1999, de 3 diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
 - Real Decreto 35/2008, de 18 enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
 - Real Decreto 177/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, para su adaptación a la Ley 20/2013, de 9 de diciembre, de garantía de la unidad de mercado.
 - GSG-09.03 del CSN. Contenidos y Criterios para la Elaboración de los Planes de Gestión de Residuos Radioactivos.
 - Niveles de Desclasificación (RP-122, RP-113, RP-89)
 - R.D. 783/2001. Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes



- Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI).

- **Residuos**
 - Real Decreto 105/2008, de 1 febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
 - Orden MAM/304/2002, de 8 febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
 - Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- **Legislación minera general.**
 - Ley 22/1973 de Minas de 21 de Julio
 - Reglamento General para el Régimen de la Minería aprobado por el Real Decreto 2857/1978 de 25 de agosto.
 - Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera aprobado por el Real Decreto 863/1985 de 2 de abril con las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias que lo desarrollan.
 - RD 975/2009 de 12 de junio, sobre gestión de residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.



- Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.

- **Normas de referencia:**

- US - Nuclear Regulatory Commission: 10 CFR Part. 40 / 40 CFR Part 192. Domestic Licensing of Source Material. Health of Environmental Protection Standard for Uranium and Thorium Mills Tailings.
- NUREG-1620. Standard Review Plan for the Review of the Reclamation Plan for Mill Tailings Sites Under Title II of the Uranium Mill Tailings Radiation Control Act of 1978.
- NUREG-1623. Design of erosion protection for long-term stabilization.
- UMTRA-DOE/AL 050425.0002. Technical Approach Document.
- *EP2006-0667, Appendix B, Cover Material Information*, realizado por *Los Alamos National Laboratory*.
- NRC Regulatory Guide 3.11, Rev. 3, design, construction, and inspection of embankment retention systems at uranium recovery facilities.



4. ESTUDIO DE EMPLAZAMIENTO

4.1. LOCALIZACIÓN

La Planta Quercus de Concentrados de Uranio se encuentra situada en el término municipal de Saelices el Chico, al oeste de la provincia de Salamanca. Dista 4 km de este pueblo, 9 km de Ciudad Rodrigo y 95 km de Salamanca. El acceso a las instalaciones se realiza mediante una carretera particular, que parte del Km 7 de la comarcal de Ciudad Rodrigo a Lumbrales. *Plano A.2-AI-1. Situación general del emplazamiento.*

La Planta formaba parte del complejo minero-metalúrgico de extracción de mineral y producción de concentrados de uranio de ENUSA en esta localidad (actual Centro de Trabajo de Saelices el Chico), junto con las antiguas explotaciones mineras (yacimientos FE y D), actualmente restauradas, y la antigua Planta Elefante de fabricación de concentrados, en fase de vigilancia y control. *Figura nº 4.1. Plano General de las antiguas Instalaciones Mineras.*

El emplazamiento elegido para la construcción del recinto de confinamiento, se sitúa en la parte alta de las explotaciones mineras y en la zona Norte de las mismas. *Figura nº 4.2. Emplazamiento del recinto de confinamiento.*

La ubicación de la Planta Quercus y del área de la Era de Lixiviación y del Recinto de Confinamiento se puede observar en el *Plano A.2-AI-1.1. Situación general del emplazamiento dentro de las instalaciones mineras.*



Figura nº 4.1. Plano General de las antiguas Instalaciones Mineras

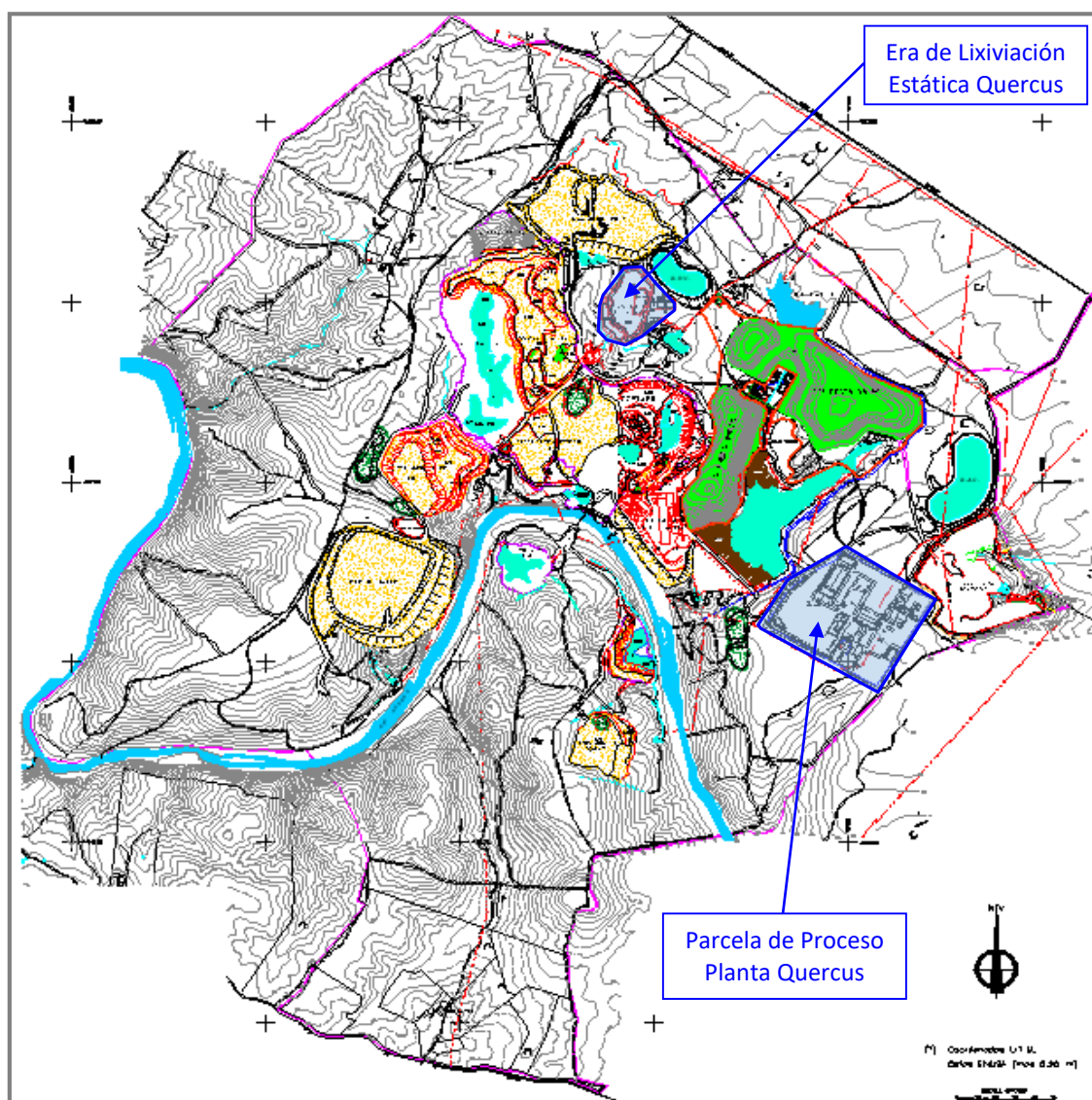




Figura nº 4.2. Emplazamiento del Recinto de Confinamiento





4.2. CLIMATOLOGÍA

La precipitación media en la zona entre los años 1980 y 2019, de acuerdo con los datos de la estación meteorológica situada en la propia mina, es de 505,6 mm/año con una precipitación máxima de 799 mm, —registrada dos veces, en 1989 y 1996— y una mínima de 254 mm en 1980, siendo la variabilidad interanual relativamente grande. *Figura nº 4.3. Precipitaciones anuales en Mina Fe (1980 - 2019).*

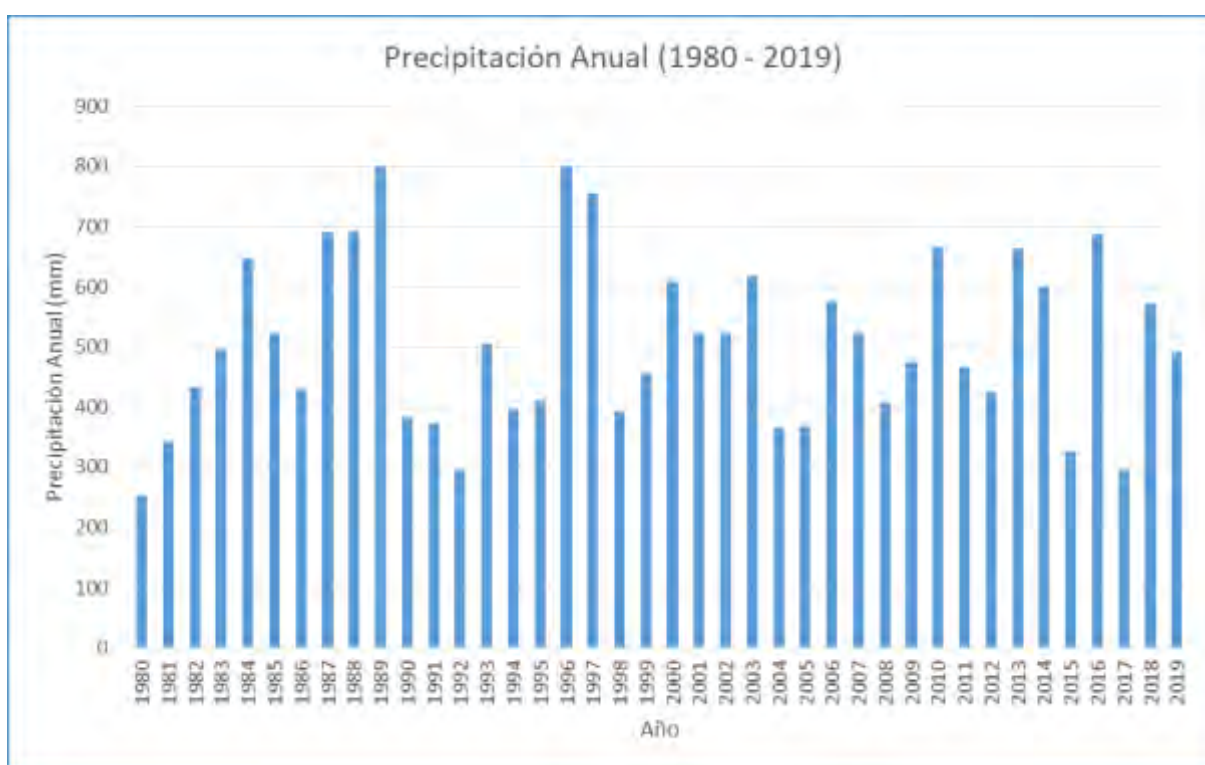


Figura 4.3. Precipitaciones anuales en Mina Fe (1980-2019)

A lo largo del año destacan dos periodos lluviosos: uno de ellos en otoño-invierno y el otro en primavera. Las máximas precipitaciones corresponden a los meses de octubre y noviembre en los que la media mensual es del orden de 70 mm. En primavera las lluvias, aunque también importantes, son más moderadas que en el periodo de otoño-invierno, con valores medios de algo más de 50 mm/mes en abril y mayo. Los meses más secos son julio y agosto, cuya



precipitación media mensual no sobrepasa los 15 mm. *Figura nº4.4. Precipitación media mensual para el periodo 1980-2019.*

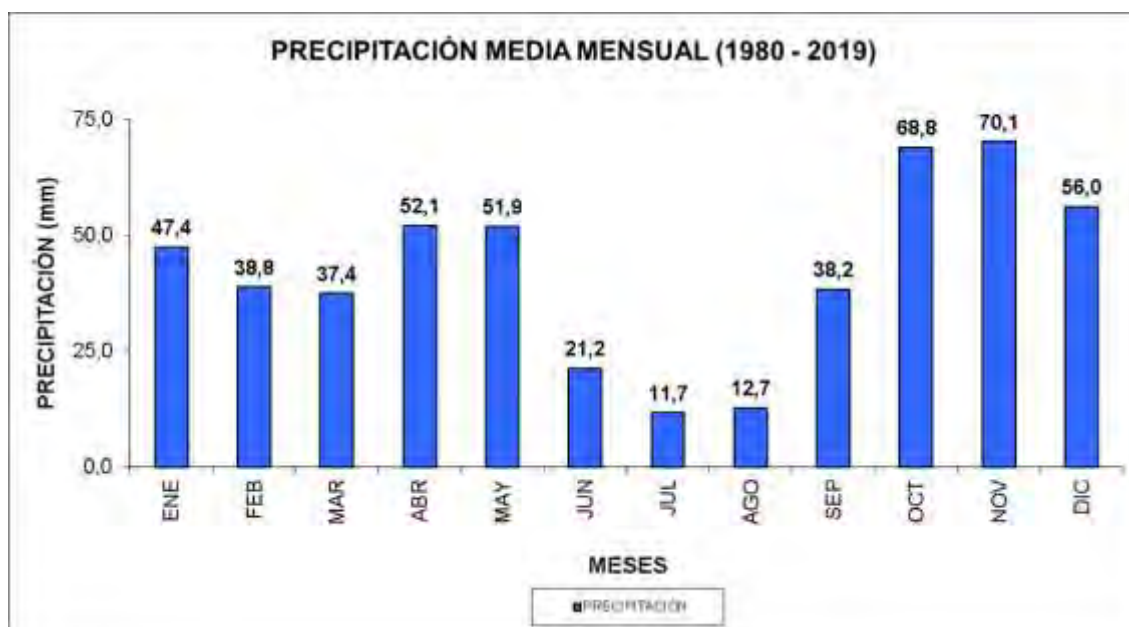


Figura 4.4: Precipitación media mensual para el periodo 1980-2019

La temperatura media anual —media de las medias mensuales— es de 12,8°C, oscilando unos años con otros entre valores de 10,0 y 14,3°C. Los meses más cálidos, coincidentes con el estiaje, los de menor precipitación, son julio y agosto cuyas temperaturas medias son de 22,0 y 21,8°C respectivamente. Por el contrario, los meses más fríos son diciembre y enero, cuyas temperaturas medias son 5,7 y 4,6°C, respectivamente.

Los valores máximos de evaporación en tanque se dan en los meses de junio, julio y agosto, en los que se alcanzan cifras medias superiores a 200 mm/mes. Los valores más bajos corresponden a los meses de noviembre, diciembre y enero en los que no se llega a los 30 mm/mes. La media anual es de 1.309 mm.



4.3. MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA

De geometría irregular, la Era Quercus alcanza una altura máxima en coronación de 684 m (cotas ortométricas referidas al N.M.M.A.), tiene como límite por su parte Norte la antigua B.R.V. (Balsa de regulación de vertidos), que se encuentra por encima de él a una cota de 678 m y la escombrera restaurada Fe-3-3. Al Sur del emplazamiento se encuentra la Corta Fe-1 restaurada, y en el Este del mismo se sitúa una vaguada natural que, cerrada por el *Dique Trasemisa* (Dique N° 4), tiene su punto más bajo a cota 655 m.

En el entorno de la Era se sitúan actualmente dos balsas de riego de forma cuadrada y una superficie de 1.700 m² cada una (BA-310 y BA-312), y dos antiguos depósitos de ácido sulfúrico exteriores, en desuso. Igualmente, se sitúa en esta zona una antigua nave taller, utilizada para el mantenimiento de los equipos y maquinaria de la mina. Esta nave tiene una longitud de 48 metros y un ancho de 16 metros. Finalmente, se ubican, también, en esta explanada los antiguos depósitos subterráneos de gasóleo, y un depósito de aceite, limpio y fuera de uso, ya inertizados y extraídos de su ubicación. Parte de la plataforma que comprende este emplazamiento se asienta sobre una explanada conformada mediante estéril de mina.

4.4. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Los emplazamientos potencialmente afectados por el plan de desmantelamiento de la Planta Quercus, están constituidos por metasedimentos del Complejo Esquisto- Grauváquico (C.E.G.).

La litología predominante son pizarras con baja o muy baja permeabilidad que no dan lugar a la formación de auténticos acuíferos de carácter regional. En conjunto, todas las formaciones de la zona tienen conductividades hidráulicas bajas o muy bajas no dando lugar al desarrollo de auténticos acuíferos. Los valores más altos —del orden de 10⁻⁵ m/s— se dan en los materiales detríticos del Cuaternario y las zonas fracturadas poco profundas del C.E.G. Las pizarras alteradas y diaclasadas en superficie tiene valores un orden de magnitud menor. Por



su parte, las arcosas dan valores de un orden de magnitud superior al de las pizarras no fracturadas — 10^{-7} m/s y 10^{-8} m/s respectivamente—.

La recarga procede de la infiltración de la precipitación directa sobre la superficie aflorante del C.E.G. y por la percolación vertical a través de los materiales detríticos del Terciario que recubren los metasedimentos en los límites norte y sureste de las zonas de actuación. El flujo subterráneo está condicionado por la presencia de las antiguas cortas mineras, ya restauradas, y el río Águeda que limita la zona por el sur formando un amplio meandro.

En el sector de la Era Quercus y la zona adyacente donde se va a ubicar el recinto final de confinamiento el flujo subterráneo se dirige, fundamentalmente, hacia Fe-3 y Fe-1. La zona no saturada es relativamente reducida; su espesor varía entre 1 y 5 m de unos puntos a otros. Por el contrario, en el relleno de los huecos de explotación los niveles están mucho más profundos, dando lugar a un gradiente hidráulico muy fuerte entre las pizarras del sustrato y el relleno. La descarga final de toda esta área se produce a través de la surgencia denominada EF-04 de Fe-3 y de la caldera actual de Fe-1.

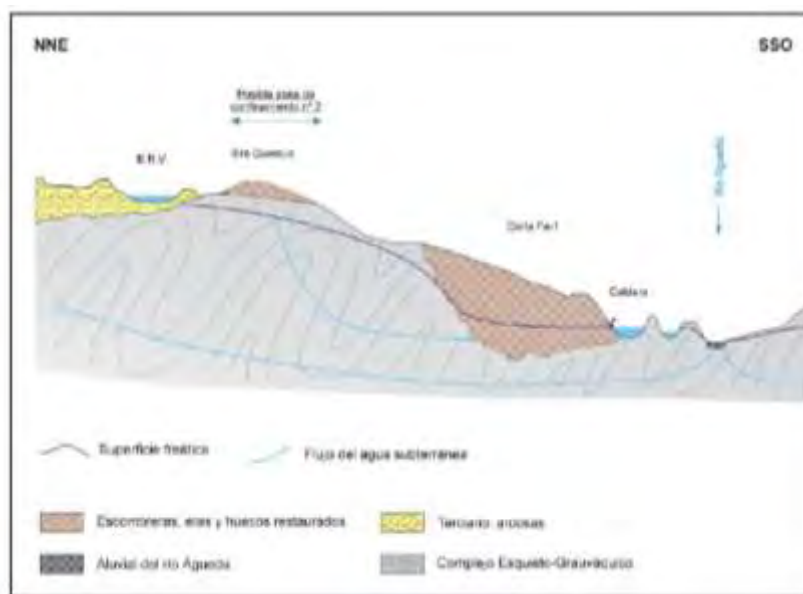


Figura 4.5. Esquema hidrogeológico de la Era Quercus (Jesús M^a Suso_2013)



En resumen, desde el punto de vista hidrogeológico la zona de ubicación del recinto de confinamiento y de la Era Quercus presenta las siguientes características:

- Están situados sobre materiales de baja o muy baja permeabilidad.
- La zona está “colgada” sobre la superficie freática y los sondeos de control de las aguas subterráneas no llegan a ser surgentes.
- El flujo subterráneo se dirige hacia los antiguos huecos de explotación y si, a pesar de las capas de protección ambiental prevista, se llegase a producir algún lixiviado se incorporaría a los puntos finales de descarga de éstos facilitando su control. *Figura nº 4.5. Esquema hidrogeológico de la Era Quercus. Jesús M^a Suso_2013.*

Con el fin de estudiar la geotecnia y el nivel freático local del área donde está prevista la ubicación del Recinto de Confinamiento de los residuos de la Planta Quercus, en noviembre de 2013 se realizó el estudio geotécnico de esta zona, que se incluye íntegramente en el *Anejo 2. Estudio Geotécnico.*

Se llevó a cabo la perforación de 4 sondeos, y en dos de ellos se instaló tubería piezométrica, los denominados S-1 y S-3, para complementar los datos del piezómetro S-48, que ya existía anteriormente. Se registran, prácticamente, medidas semanales desde noviembre de 2013. Se incluye gráfico con los datos actualizados a 19/12/19.



Figura 4.6. Gráfica de niveles piezométricos, del Recinto y del Dren de base

En la *Figura 4.6.* se representa el nivel piezométrico de los sondeos estudiados, así como la precipitación caída en cada periodo. En la gráfica se puede observar que en contadas ocasiones supera el nivel de los 668,75 m, produciéndose en periodos de alta precipitación.

La cota de impermeabilización de la base del Recinto de Confinamiento oscila entre 666 y 671,5 m, pudiéndose adoptar los 668,75 m como cota media del fondo del mismo.

Para evitar la afección del nivel freático a las capas de impermeabilización del fondo del vaso del Recinto de Confinamiento se considera necesario la realización de un drenaje en el fondo del mismo para deprimir el nivel de agua en las fluctuaciones que se pudieran producir en las etapas posteriores a la construcción del vaso. La cota de base de este drenaje de fondo se situará entre las cotas 669,5 y 664 m, adoptándose el valor promedio de 666,75m como se indica en la *Figura 4.6.*



5. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS

Durante las actividades de desmantelamiento de la Planta Quercus, se generarán una serie de residuos de distinta naturaleza que deberán ser gestionados adecuadamente. De acuerdo con lo establecido en la Disposición Adicional Cuarta de la Ley 54/97, de 27 de noviembre, de Regulación del Sector Eléctrico: *“Residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear”*.

La caracterización radiológica y la gestión de los materiales procedentes de la operación y desmantelamiento de la Planta Quercus se realizarán conforme a una serie de criterios que se establecerán en el Plan de Gestión de Residuos para el Desmantelamiento de la Planta Quercus, y que de modo general son los siguientes:

- Se considera que no están sometidas al control regulador, en general, todas las actividades que se han desarrollado fuera de zonas controladas y en las que no se han manipulado sustancias radiactivas.
- Son prácticas bajo el control regulador aquéllas relacionadas directamente con el procesado de los minerales de uranio para la obtención de concentrados que se han desarrollado en zonas controladas de la Planta Quercus o que han supuesto el contacto o la manipulación de las sustancias radiactivas implicadas en el proceso (minerales, soluciones fértiles, extractos acuosos, etc.). Los materiales generados que están bajo el control regulador son:
 - Estériles de proceso, constituidos por los minerales marginales agotados de Lixiviación Estática.



- Materiales desechables de proceso tales como filtros, equipos repuestos, prendas de protección personal, etc. que se fueron almacenado provisionalmente en bidones metálicos o en las propias secciones.
- Materiales que se originarán en el desmantelamiento de la Planta tales como equipos, estructuras, etc. y en la demolición de edificios, cerramientos, etc.

Una vez caracterizados radiológicamente todos los materiales, se gestionarán conforme a los criterios establecidos y detallados en el **DOCUMENTO G) PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS** para el desmantelamiento de la Planta Quercus.

5.1. RESIDUOS DE OBRA CIVIL

Como consecuencia del desmantelamiento de paramentos, cimentaciones, zapatas, y losas, de los distintos equipos del proceso, se producirán una serie de materiales granulares y escombros que serán, fundamentalmente, hormigones y ladrillo.

Debido a la carga radiológica que pudieran contener los materiales producidos, y con objeto de realizar una valorización de los mismos dentro de la propia Instalación, se ha considerado como la opción más apropiada su uso como relleno de huecos y capa de regulación en las actividades de explotación del recinto de confinamiento, con el fin de mejorar la estabilidad y facilitar la circulación y tránsito de maquinaria.

En la *Tabla nº 5.1.* se indica el volumen total de escombros que se ha estimado pueda generarse durante las actividades de desmantelamiento de la Instalación (unos 10.000 m³).

Previamente al empleo de éstos en el recinto de confinamiento, y si fuera necesario, se realizará una separación selectiva de los hormigones y las ferrallas correspondientes al armado de pilares y losas de hormigón. Si se comprueba que las ferrallas son materiales no impactados se podrán gestionar convencionalmente.



**Tabla nº 5.1. Volumen de material producto del
desmantelamiento de la obra civil**

SECCIÓN	OBRA CIVIL (m ³)
LIXIVIACIÓN DINÁMICA	1.647
LAVADO CONTRACORRIENTE	6.201
CLARIFICACIÓN	10
NEUTRALIZACIÓN Y CAUSTIFICACIÓN	137
CAMBIO DE ION	10
T.A.D.	-
EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES	1.738
PRECIPITACIÓN, SECADO Y ENVASADO	529
SERVICIOS	-
LIXIVIACIÓN ESTÁTICA	4
ZONA CHATARRA Y OTROS	--
TOTALES	10.276

Además, se podrá generar unos 41.956 m³ de materiales procedentes de la limpieza de suelos potencialmente impactados en la parcela de proceso y otras superficies aledañas de la Planta Quercus, que se podrán incluir en el recinto de confinamiento para el relleno de huecos o en la remodelación de la era, estabilizados con el resto de materiales.



5.2. EQUIPOS Y ESTRUCTURAS DEL DESMANTELAMIENTO Y MATERIALES DESECHABLES DEL PROCESO A DEPOSITAR EN EL RECINTO DE CONFINAMIENTO

La naturaleza de los equipos, estructuras y materiales que se confinarán en el recinto es muy heterogénea. Como primer paso, se puede establecer la siguiente clasificación, expresada en la *Tabla nº 5.2.*

Tabla nº 5.2. Volumen de material producto del desmantelamiento de los equipos de proceso de la Planta Quercus

SECCIÓN	EQUIPOS	ESTRUCTURAS	TUBERÍAS Y VÁLVULAS	OTROS (Balsas, cableado, instrumentación, etc.)	FUERA DEL CONTROL REGULADOR (*)	RESIDUOS RECINTO (m³)
LIXIVIACIÓN DINÁMICA	473	1.022	867	38	234	2.403
LAVADO CONTRACORRIENTE	1.206	1.758	72	179	24	3.216
CLARIFICACIÓN	206	20	72	486	-	783
NEUTRALIZACIÓN Y CAUSTIFICACIÓN	193	1.313	116	155	87	1.777
CAMBIO DE ION	243	2	37	0,16	-	283
T.A.D.	372	-	-	-	63	372
EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES	427	439	118	160	29	1.144
PRECIPITACIÓN, SECADO Y ENVASADO	313	2.463	29	261	-	3.066
SERVICIOS + BALSAS	-	-	-	-	-	-
LIXIVIACIÓN ESTÁTICA	2	42	1.868	943	-	2.855
ZONA CHATARRA Y OTROS	--	1.050	--	--	--	1.050
TOTALES	3.436	8.110	3.181	2.222	437	16.949

(*) Los materiales convencionales o fuera del control regulador no irán al recinto de confinamiento.



Siempre que sea posible, todos los materiales se trocearán en tamaños de aproximadamente 1 m de longitud (estructuras, barandillas, etc.) y en planchas de unos 2 m² (troceado de equipos), para facilitar su traslado y confinamiento en el recinto.

Los equipos, que se almacenarán enteros si no superan el metro cúbico de volumen y, si lo superan, serán troceados, si fuera posible, en piezas de 2 x 1 m².

Las láminas PEAD, plástico, papel, textil, etc. serán cortados en paños no superiores a 2 x 2 m² y empaquetados hasta un peso de 1 t.

Las tuberías, que se agruparán según sean metálicas o de materiales plásticos, se cortarán en segmentos de 1,5 m, como máximo, y se unirán en paquetes de 1 x 1 x 1,5 m³. Si es posible, serán aplastadas para minimizar su volumen y, en caso contrario, se podrían colocar verticalmente para facilitar el relleno interior.

Las estructuras metálicas, que serán cortadas con una longitud de 1 m aproximadamente, no superando 1,5 m de longitud, serán transportadas a granel.

Los cables de sección gruesa se cortarán a una longitud máxima de 1,5 m, y los de secciones finas se enrollarán con diámetro inferior a 1,5 m.

Las chatarras compactables (estructuras, escaleras, barandillas, suelos, bandejas, armarios, chapas de cubierta, etc.), a ser posible, se compactarán en paquetes con forma de cubo o prisma rectangular.

El resto de materiales (piezas y fragmentos pequeños, etc.), se envasarán en bidones, *big-bags*, o en cualquier otro sistema similar, o serán empaquetados por algún procedimiento estándar.



5.3. MINERAL MARGINAL AGOTADO

La Sección de Lixiviación Estática de la Planta Quercus recibía la fracción de mineral de granulometría comprendida entre 1 y 10 mm, con una ley media de 568 p.p.m. de U_3O_8 , para ser sometida a un proceso de lixiviación estática en era con el fin de recuperar el uranio, dejó de estar operativa, con el agotamiento del mineral contenido en ella, en el mes de diciembre del año 2002. Además, durante los últimos años se han acumulado, en la parte más alta, tortas de neutralización generadas durante el tratamiento de las aguas de mina recogidas, previo a su vertido controlado al río Águeda.

Las características constructivas de la Era, así como las características geotécnicas de la misma, se expresan en las siguientes *tablas nº 5.3 y 5.4*.

Tabla nº 5.3. Características constructivas de la Era de Lixiviación Estática

CARACTERÍSTICAS	MAGNITUD
SUPERFICIE OCUPADA	83.107 m ²
TONGADAS	4 (desde 646 m a 684 m)
DESNIVEL MÁXIMO	38 m
TALUD MEDIO	34 °
MATERIAL ALMACENADO	890.202 m ³
MINERAL AGOTADO	774.566 m ³
TORTAS DE NEUTRALIZACIÓN (31/12/2019)	145.636 m ³



Tabla nº 5.4. Parámetros geotécnicos del mineral marginal agotado de la Era de lixiviación estática

CARACTERÍSTICAS	MAGNITUD
Humedad natural (%)	4
Contenido de finos (% cernido 0,08 mm)	13
Límite Líquido (%)	NP
Índice de Plasticidad (%)	NP
Densidad seca (t/m ³)	1,74
Densidad aparente (t/m ³)	1,82
Densidad máxima – Proctor normal (t/m ³)	1,94
Humedad óptima – Proctor normal (%)	6
Cohesión efectiva c' (kPa)	91
Ángulo de rozamiento efectivo ϕ' (°)	36
Permeabilidad k (m/s)	$3,35 \cdot 10^{-8}$

En el *Plano A.2-AI-2. Estado Actual de la Era de Lixiviación y áreas de actuación*, puede verse con detalle la implantación de la misma, y en la *Figura nº 5.1 Cálculo de volumen de materiales de la Era a julio de 2019*, se muestra la cubicación de los materiales contenidos en la misma a fecha 30/06/2019, ya que no se produjeron vertidos adicionales de material en la era desde la fecha de medición hasta la actualidad.

Durante la última etapa de operación de esta sección, se sometió a la Era a un riego periódico con el fin de agotar el mineral contenido en ella.



A pesar del bajo contenido en uranio de los minerales agotados, aproximadamente el 30 % del uranio y el 99 % de los descendientes de la cadena del U-238 existentes en el mineral, permanecen en los minerales agotados debido a no solubilizarse durante el proceso de lixiviación del mineral, por lo que el contenido de estos elementos condiciona la clausura en los aspectos de confinamiento y estabilidad a largo plazo para evitar la dispersión indebida de estos radionucleidos. Por este motivo, con el fin de confinar los residuos generados durante el desmantelamiento, y garantizar la seguridad y protección radiológica de las personas y el medio ambiente, se tiene previsto, dentro de las operaciones de desmantelamiento, la remodelación, sellado y clausura in-situ de todo el mineral marginal agotado de la Era de Lixiviación Estática de la Planta Quercus.

5.4. TORTAS DE NEUTRALIZACIÓN

Durante los últimos años se han acumulado, en la parte alta de la Era, tortas de neutralización generadas durante el tratamiento de efluentes previo a su vertido al río Águeda. Aunque inicialmente se preveía que era un almacenamiento provisional hasta su traslado y disposición final en el Dique de Estériles, el planteamiento actual contempla que se gestionarán conjuntamente con los minerales agotados de la Era.

A fecha 30 de junio de 2019 estaba depositado en la Era un volumen de 145.636 m³ de tortas. Se tomó la decisión de no depositar más materiales en la Era de Lixiviación Estática desde esa fecha hasta el comienzo de las actividades de remodelación de la misma.

Las características geotécnicas de estas tortas de neutralización se exponen en la *Tabla nº 5.5. Características geotécnicas de las tortas de neutralización*.

En la *Tabla nº 5.6. Composición química de las tortas de neutralización*, se incluye el análisis de los elementos contenidos por este tipo de material.



Tabla nº 5.5. Parámetros geotécnicos de las tortas de neutralización

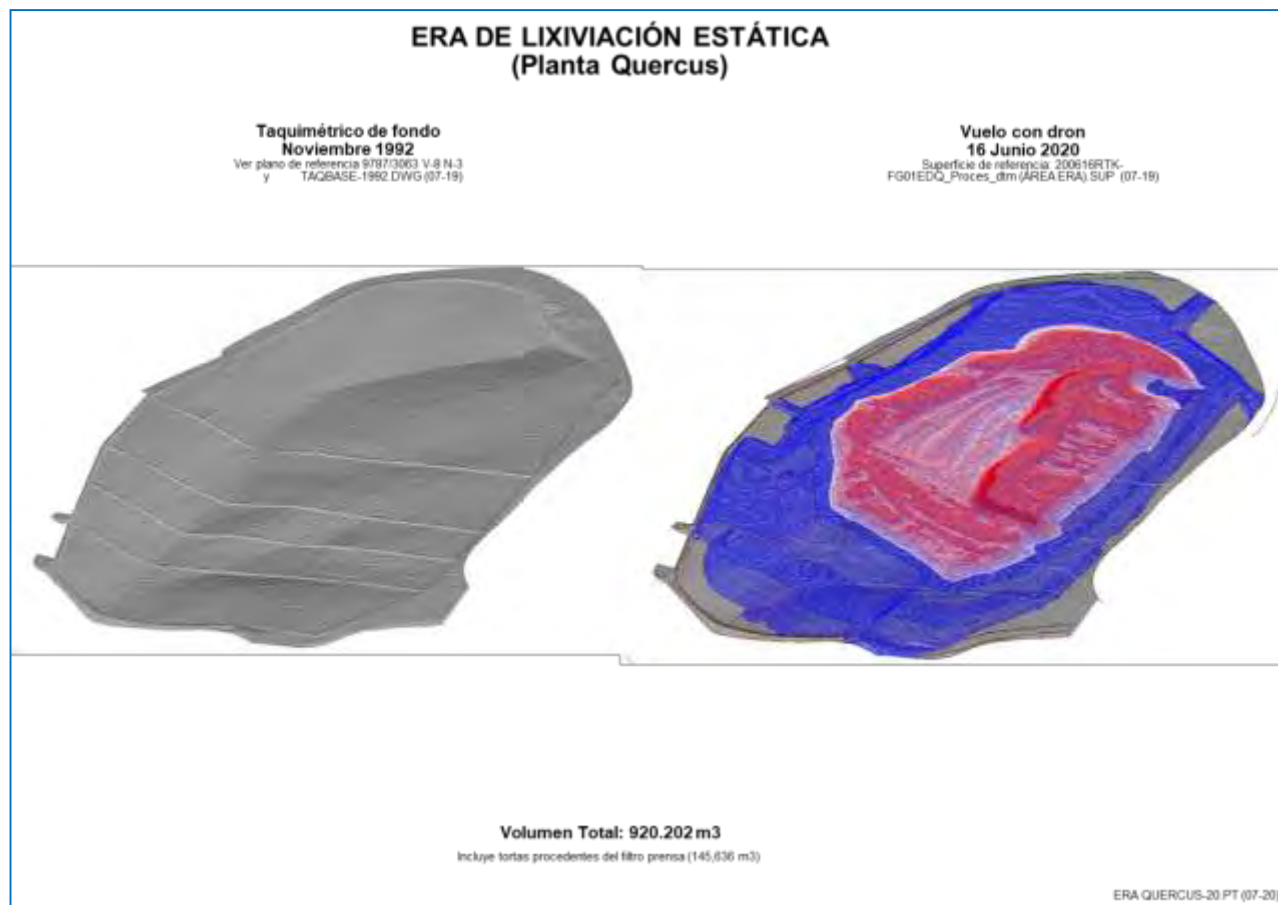
CARACTERÍSTICAS	MAGNITUD
Humedad natural (%)	39 - 110
Contenido de finos (% cernido 0,08 mm)	98
Límite Líquido (%)	61
Índice de Plasticidad (%)	43
Densidad seca (t/m ³)	0,73*
Densidad aparente (t/m ³)	1,19*
Densidad máxima – Proctor normal (t/m ³)	1,02
Humedad óptima – Proctor normal (%)	48
Cohesión efectiva c' (kPa) en cond. PN	41,7
Ángulo de rozamiento efectivo ϕ' (°) en cond. PN	31
Cohesión efectiva c' (kPa)	38
Ángulo de rozamiento efectivo ϕ' (°)	24
Permeabilidad k (m/s)	1,22*10 ⁻⁸

Tabla nº 5.6. Composición química de las tortas de neutralización

ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (ppm)	ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (ppm)
Ca	174.000	K	< 500
S	149.500	Ti	< 100
Mg	47.500	Co	321
Mn	15.500	Ni	651
Si	< 10.000	Zn	905
C	13.000	Ba	698
Fe	6.500	Cu	37
Al	6.500	Sr	317
U	2.200	La	242
Na	< 5.000	Ce	614



Figura 5.1. Cálculo de volumen de materiales de la Era a julio de 2019





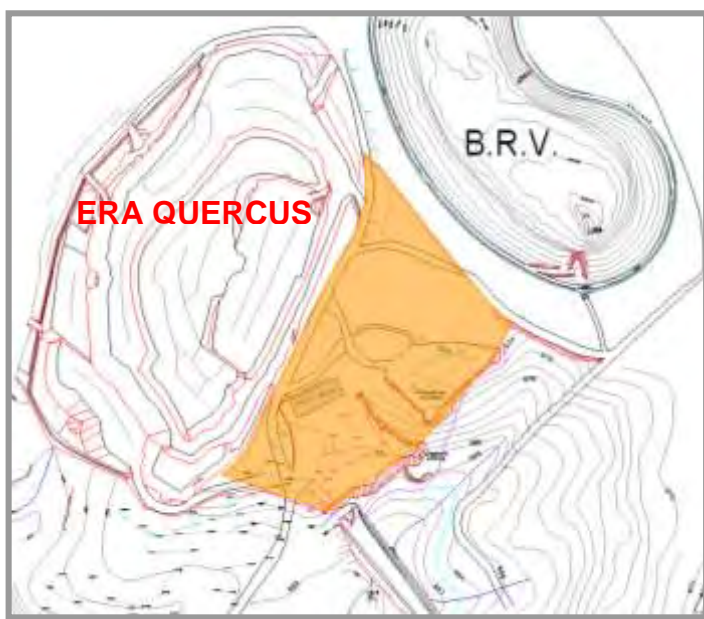
6. RECINTO DE CONFINAMIENTO

6. 1. UBICACIÓN DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO

Con objeto de seleccionar la ubicación más favorable para el recinto de confinamiento que debe albergar los materiales con entidad radiológica procedentes del desmantelamiento de la Planta Quercus, se realizó una valoración de todos los factores que pudieran intervenir en la elección de mismo, a nivel de normativa, experiencias previas, referencias nacionales e internacionales, evaluación de los emplazamientos disponibles, estudio de la problemática existente y de la solución de confinamiento, metodología de construcción y operación del depósito y alcance económico de la solución adoptada.

Del estudio de estos factores considerados se concluyó que el emplazamiento más adecuado para la implantación del recinto de confinamiento es el correspondiente al entorno de la Era Quercus.

Figura 6.1. Emplazamiento del Recinto de Confinamiento





Este emplazamiento presenta unas condiciones favorables desde el punto de vista topográfico, ya que se trata de una zona subhorizontal y amplia, con superficie suficiente para albergar dicho recinto.

Geológicamente, los materiales pizarrosos presentan escasa fracturación y meteorización.

Geotécnicamente la capacidad portante del nivel de alteración del sustrato rocoso es adecuada e, hidrogeológicamente, los materiales del entorno son bastante impermeables, con conductividades hidráulicas que pueden alcanzar valores del orden de 10^{-8} m/s.

El emplazamiento se sitúa en la parte alta de una cuenca tributaria de aguas, por lo que se corresponde con una zona de aporte y no de recogida y concentración de aguas de escorrentía.

Hay que señalar, además, que la actividad radiológica de la zona no se incrementará ya que, de entrada, la actividad del mineral agotado de la Era es superior a la de los materiales que se depositarán en el recinto, quedando todos cubiertos posteriormente por una multicapa de protección, lo que hará que ésta disminuya hasta valores de fondo.

6.2. DISEÑO DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO

Para el diseño del Recinto de Confinamiento se han tenido en cuenta, principalmente, los criterios para la disposición de los residuos establecidos en *US - Nuclear Regulatory Commission: 10 CFR Part. 40 / 40 CFR Part 192. Domestic Licensing of Source Material. Health of Environmental Protection Standard for Uranium and Thorium Mills Tailings.*

Así mismo, también han sido considerados los aspectos recomendados en *NUREG -1620 Rev.1*, en cuanto al diseño de la impermeabilización y capas de cubierta de la celda, estabilidad a largo plazo, red de drenaje de aguas superficiales y protección contra la erosión.



En el Anejo 2 de este documento se adjunta el estudio geotécnico realizado específicamente en el área donde está prevista la ubicación del Recinto de Confinamiento de los residuos de la Planta Quercus.

Se perforaron 4 sondeos a rotación de 10 m de profundidad, colocando a dos de ellos tubería piezométrica para la medición periódica del nivel freático, y se realizaron los correspondientes ensayos geotécnicos, tanto *in situ* como en laboratorio.

A continuación se presenta la síntesis de las conclusiones obtenidas en el estudio geotécnico:

- Se detectaron 4 niveles de materiales: niveles de Relleno antrópico (R), entre 0 y 1,8 m de profundidad, y de arcosas (T_{20}), entre 0,3 y 1,6 m de profundidad, sin capacidad portante suficiente, fácilmente excavables, no aptos para la cimentación y que es necesario retirar. Niveles de Limo-arcilla (T_{21}), de 1,8 a 5,40 m, y de pelitas (C_p), de 5,4 hasta el final de los sondeos, aptas para la cimentación y con suficiente capacidad portante.
- La cimentación del Recinto de Confinamiento se realizará sobre el material procedente de la alteración del sustrato pelítico (Arcilla - Limo, T_{21}). Este presenta una consistencia, en general, muy firme, adecuado para recibir cargas de modo directo por un elemento de cimentación.
- El valor de carga del terreno no será considerado mayor a 20 t/m².
- El ángulo de talud de excavación no será superior a 45°.
- Se ha detectado la presencia de nivel freático bastante superficial, embebido en el nivel de meteorización (T_{21}). Se trata de un pequeño acuífero libre, cuya base impermeable la constituiría el nivel de pelitas (C_p), y con cota variable.
- El valor de permeabilidad determinado en los materiales de meteorización de pelitas (limo-arcilla T_{21}) ha sido de entre $5 \cdot 10^{-4}$ y $6 \cdot 10^{-5}$ cm/s.



- Aunque la construcción podría clasificarse de importancia especial, dado que la aceleración sísmica básica es inferior a 0,04 g, la norma NCSE-02 no resulta de aplicación obligatoria, tal como indica en su punto 1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma.
- No se ha detectado la presencia de sulfatos, por lo que no es necesaria la utilización de cemento sulforresistente en los hormigones en contacto con el terreno (ambiente tipo II a).
- Los índices de plasticidad detectados indican que es poco probable que se desarrollen fenómenos expansivos en la zona de estudio. Aun así, se recomienda mantener al aire el menor tiempo posible la excavación, evitando de este modo posibles cambios de humedad en obra.

En la *Figura 6.2* se representa el perfil de excavación propuesto del Recinto de Confinamiento, así como el de drenaje de fondo y las capas de impermeabilización, sobre la litología deducida de los sondeos realizados en el estudio geotécnico y sobre los perfiles del nivel freático y su zona de fluctuación.

En este perfil, con dirección norte - sur, se puede observar como la excavación del Recinto se realiza hasta llegar al menos hasta la capa de Horizonte meteorizado, considerada en el estudio geotécnico como ripable y excavable al tiempo que presenta suficiente capacidad portante para soportar el Recinto de Confinamiento y los materiales a depositar sobre éste. En el perfil también se comprueba que el Recinto y su drenaje de fondo se sitúan en la zona de fluctuación del nivel freático, y que la zanja dren perimetral de la base del recinto será suficiente para deprimir este por debajo de las capas de impermeabilización.

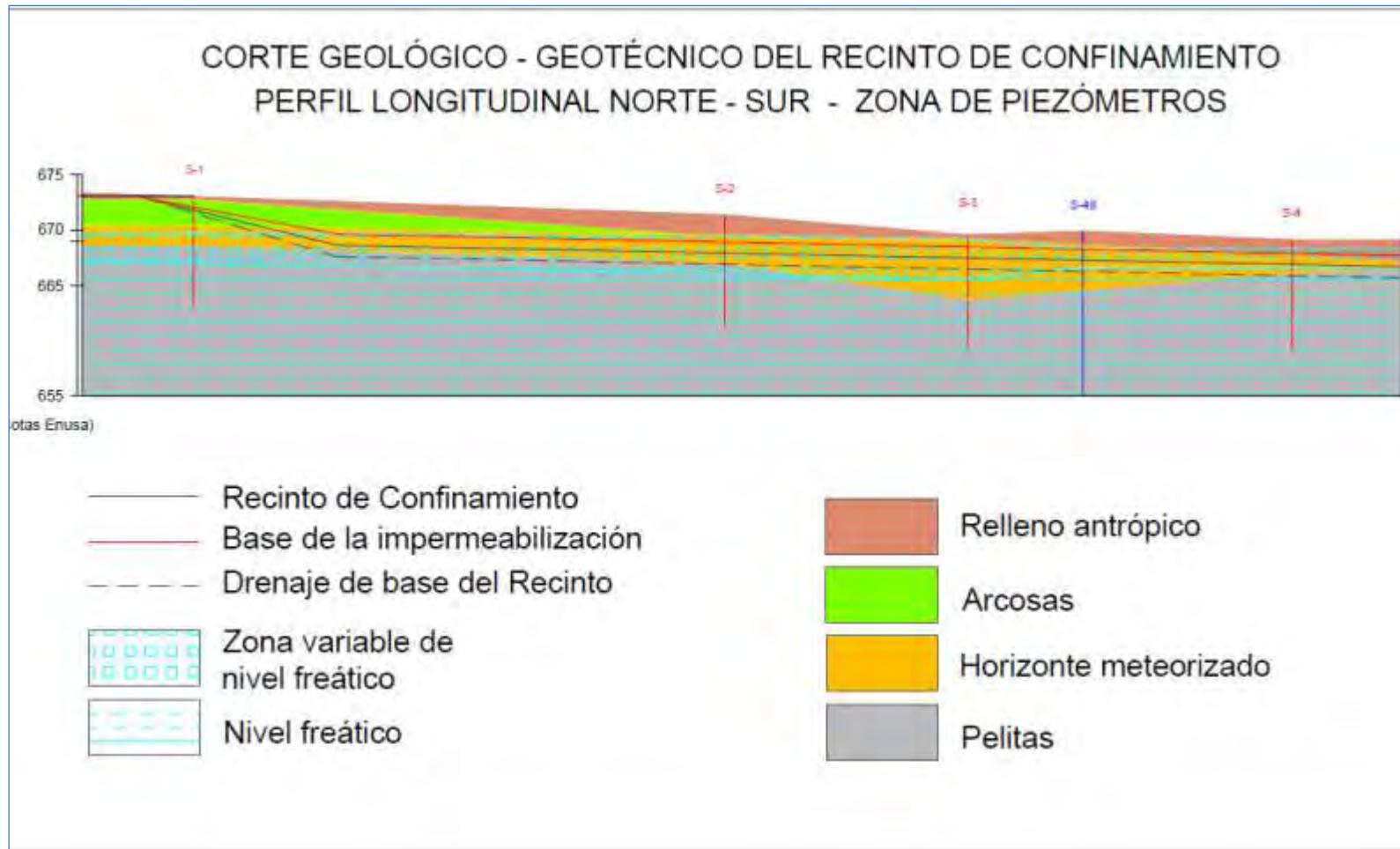


Figura 6.2. Perfil norte-sur, zona de piezómetros, Recinto de Confinamiento. Corte geológico - Geotécnico y nivel freático



Para llevar a cabo el diseño del recinto de confinamiento se han tenido en cuenta, además de los aspectos geotécnicos, los siguientes condicionantes:

- Minimización de las actuaciones previas.
- Volumen suficiente para albergar los 16.949 m³ de residuos de los equipos de la planta, 10.276 m³ de productos de demolición de la obra civil, y parte del volumen de la limpieza de suelos potencialmente impactados que está previsto retirar de la parcela de proceso.
- Profundidad de excavación necesaria en el almacenamiento de entre 3 y 4 m.
- Morfología regular y superficie de plataforma suficiente para facilitar las maniobras de descarga y apilamiento de los materiales a depositar.
- Acceso adecuado al fondo del recinto, que implica disponer de mayor grado de libertad para la entrada y colocación de los residuos y materiales en el recinto.
- Excavación sobre terrenos de dureza media, con suficiente capacidad portante.
- Ubicación adosada a la era de lixiviación estática para realizar el sellado del conjunto.

De acuerdo a lo anterior se ha diseñado un recinto de confinamiento cuyas características principales se describen a continuación:

- **Ubicación.** Se ha situado contiguo al margen este de la Era, ocupando 25.252 m² de superficie. Su construcción afecta a las balsas de almacenamiento de solución lixivante, caseta de cuadros eléctricos, nave-taller de mina y al piezómetro de control de aguas subterráneas denominado S-48. La zona a ocupar también afectará a superficie con presencia



de vegetación herbácea y arbustiva, así como de algunas encinas. *Plano A.2-AI-4. Excavación de Recinto de Confinamiento y área de ampliación.*

- **Dimensiones.** El recinto se diseña con forma trapezoidal, de dimensiones exteriores de 260 m en su lado oeste y 163 m en el este, 146 m en el lado norte y 173 m en el sur, con base de excavación entre las cotas 671 al norte y 667 al sur y dimensiones de la base de 107 y 109 m de longitud en los lados norte y sur, y de 202 y 126 m en los márgenes oeste y este respectivamente. Los taludes presentan una pendiente 5:1 (H:V) en el exterior del vaso, pudiendo llegar a adoptar pendientes máximas de 2:1 (H:V) en el interior del mismo. Presenta una profundidad máxima de excavación de 5 m en el talud norte y mínima de 1 m en el talud sur, por lo que será necesario realizar un caballón que eleve la cota de confinamiento al menos 2,5 m sobre la base en el sur, es decir, desde la cota 667 a 669,5 m. Este caballón se realizará en todo el talud sur y en parte de los taludes este y oeste. La capacidad bruta del recinto de confinamiento excavado es de 73.145 m³, aunque, una vez colocadas las capas de impermeabilización quedará disponible un volumen útil de 52.944 m³, que se considera con suficiente holgura para el almacenamiento previsto de los residuos del desmantelamiento de equipos y chatarras de la Planta Quercus, y el relleno de los restos de obra civil y parte de estériles de mina de la limpieza de plataformas como capas intermedias de regulación y parte la limpieza de suelos de la parcela de proceso para el relleno de huecos. *Plano A.2-AI-6. Recinto de Confinamiento (Impermeabilización del Vaso).*
- **Accesos.** Desde la Planta Quercus se accede por un itinerario que discurre por el Dique de Estériles y entre la Corta FE-1 y las eras Elefante restauradas, con una longitud de 2.440 m. Las pistas están en buen estado y con ancho suficiente para el tránsito y cruce de vehículos de grandes dimensiones. Para acceder a la base del recinto se proyecta, según se refleja en el *Plano A.2-AI-5 Excavación del Recinto de confinamiento y área de ampliación*, la construcción de tres rampas, dos de entrada situadas al sureste, de subida



al caballón y de bajada a la base del recinto, y otra de salida situada al noreste del recinto, con las siguientes características:

Tabla 6.1. Características de las rampas

	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	COTAS
Rampa noreste - subida	50	10	665 - 670
Rampa noreste - bajada	40	8	670 - 665
Rampa noreste - subida	50	10	668 - 673

- **Lixiviados.** Aunque, en principio, no se prevé su generación, la recogida de los posibles lixiviados se realizará mediante un drenaje compuesto por tubería ranurada y paquete de gravas rodeadas de geotextil que discurrirá por el fondo del Recinto de Confinamiento, en cuneta de sección en "V" y forma de *espina de pez*, que termina en una arqueta de hormigón armado situada sobre la impermeabilización en la zona sureste del Recinto, en el punto de cota más baja. *Plano A.2-AI-7. Recinto de Confinamiento. Drenaje de lixiviados.* Los lixiviados se conducirán desde esta arqueta hasta otra arqueta situada en la zona del suroeste del exterior de la Era, que presenta una cota más baja de la cuenca. Desde esta arqueta, los lixiviados del Recinto, junto con los generados en la Era, serán conducidos por tubería inicialmente hasta la balsa de recogida de aguas pluviales (BA-324), y posteriormente hasta el punto de recogida de aguas de mina para su tratamiento (*Plano A.2-AI-10*).
- **Sellado.** Una vez finalizada la fase de explotación del Recinto de Confinamiento y estabilizados los residuos depositados en éste, se dotará a la superficie resultante de pendiente hacia la Era de Lixiviación y se procederá al aislamiento total de su contenido mediante el sellado superficial con materiales geosintéticos. *Plano A.2-AI-10. Recinto de Confinamiento (Sellado del Recinto).* La protección ante los agentes atmosféricos se simplificará en gran medida, ya que por su proximidad a la Era de Lixiviación, el sellado de ambas estructuras se realizará de forma conjunta, quedando el recinto incluido bajo el extendido de la Era.



6.3. EJECUCIÓN DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO

6.3.1. ACTUACIONES INICIALES

Con anterioridad a la ejecución del recinto de confinamiento de los materiales procedentes del desmantelamiento de la Planta Quercus se deberá proceder a la retirada de las antiguas estructuras mineras auxiliares existentes en la zona este de la ubicación actual de la era. En esta zona se encuentran la nave taller, transformador de suministro y cuadros eléctricos, dos depósitos de aceites y la estación de servicio. Antes del inicio de las obras, esta explanada se encontrará despejada de estructuras y maquinaria.

Se mantendrá operativa la balsa de aguas de escorrentía, junto con la plataforma, los flotadores, la bomba y las tuberías que van desde ésta hasta la BRV, para recibir los lixiviados que se generen durante la construcción y parte del periodo de explotación del Recinto. Antes del sellado del Recinto, ésta balsa y sus instalaciones tendrá que ser desmantelada y depositada en el Recinto, por lo que los lixiviados se conducirán directamente desde la arqueta situada en la vaguada suroeste de la Era hasta el punto de recogida de aguas de mina para su tratamiento. Una vez sellado el conjunto Era - Recinto se reducirá progresivamente el volumen de lixiviados hasta que se produzca el cese de su generación.

Al inicio de las actividades correspondientes a la ejecución del recinto de confinamiento se llevará a cabo el desmantelamiento y almacenamiento en una zona anexa de las estructuras de la Planta Quercus, correspondientes a la sección de Lixiviación Estática, como son:

- Instalación eléctrica, formada por un transformador para el suministro del taller, balsas de soluciones lixiviantes y BRV, así como la caseta de cuadros de protección y mando de éstas.



- Sistema de plataformas, flotadores y bombas correspondientes a las balsas de almacenamiento de solución lixiviante y balsas de solución fértil, así como las tuberías asociadas a cada una de estas instalaciones.
- Depósitos de almacenamiento de ácido sulfúrico, mezcladores y las tuberías asociadas a esta instalación.
- 2 Balsas de almacenamiento de solución lixiviante para el riego de la Era, de 42 x 42 m² de superficie y de 3,5 m de profundidad cada una, 2 balsas de almacenamiento de solución fértil, de 46 x 35 m² de superficie y 3 m de profundidad. Estas balsas están formadas por caballones de tierra que conforman el vaso, impermeabilizados superficialmente con lámina de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). La balsa de almacenamiento de aguas de escorrentía, de 44,5 x 21,5 m² de superficie y 2,5 m de profundidad, se mantendrá operativa para almacenar los posibles lixiviados producidos durante la operación y el sellado del conjunto de la Era y el Recinto de Confinamiento hasta el final del periodo de explotación del Recinto y serán desmanteladas y depositadas en éste en último lugar.

También se procederá a la anulación de los piezómetros S-48, S-1, S-2, S-3 y S4, situados en la zona de la base del Recinto de Confinamiento, con anterioridad a las labores de movimiento de tierras. Se realizará el cementado de los sondeos para impermeabilizarlos, evitando las posibles vías de infiltración de lixiviados en el subsuelo bajo el recinto.

Una vez retiradas las estructuras citadas anteriormente, y antes del inicio de la excavación, se realizará el correspondiente replanteo topográfico de las actividades a realizar, con la demarcación del límite de las obras, cotas de referencia y cubicación inicial de materiales.

De forma similar a la construcción del recinto de confinamiento se realizará una zona de ampliación de la era como continuación de la superficie impermeabilizada hacia el norte, y



que se situará junto al lateral noreste de la era. Los detalles de construcción de esta zona de ampliación de la era se describen en el apartado nº 7.

6.3.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las actividades de movimiento de tierras se iniciarán con el despeje de la superficie que va a ser ocupada por el recinto de confinamiento, la zona ocupada por los taludes exteriores de éste y la zona del contorno de la Era para la colocación de las capas de cubierta. *Plano A.2-AI-3. Estado actual de la Era de Lixiviación y áreas de actuación.*

Este despeje consistirá en la tala del grupo de encinas existente (unas 40), el destocoado de las mismas, así como el desbroce y retirada de los primeros 30 cm de espesor de tierra vegetal de éste área que serán acopiados en zonas próximas a la obra para su posterior uso o transportados al destino designado para las tierras limpias sobrantes de la obra para su uso en otras zonas de las explotaciones mineras. La superficie afectada por este desbroce es de 52.420 m² de terreno.

Inicialmente, es necesario realizar la retirada y acopio de las tres plataformas formadas por estériles de mina situadas al este de la Era de Lixiviación, de 12.917 m² de extensión, y 18.533 m³ de volumen medido sobre perfil, situadas al este de la Era. El material se apilará temporalmente en el área de acopio de materiales situado al este de la zona de excavación del Recinto, de 5.324 m² de superficie y 24.093 m³ de volumen de material esponjado. *Plano A.2-AI-3. Áreas de Desbroce y Limpieza de Suelos.*

Posteriormente se realizará la excavación del recinto de confinamiento mediante el arranque, carga y transporte de tierras, sobre terreno excavable formado fundamentalmente por arcosas de recubrimiento terciario y áreas de alteración de la roca con alteración superficial variable, dado que la profundidad de excavación no supera los 5 m. El volumen a excavar, medido sobre perfil, es de 49.103 m³ de desmonte, y de 26.658 m³ de terraplén necesarios para la formación del caballón sureste. Para la formación de este caballón podrá utilizarse



material del nivel de alteración de pizarras procedente de la excavación del desmonte. El excedente de material, que resultará al menos 22.445 m³ de material restante del desmonte, será acopiado junto al talud sur para su posible uso como material de regulación y relleno superficial. El volumen del acopio es de 30.093 m³, una vez esponjado el material por efecto de la excavación. *Plano A.2-AI-4. Recinto de Confinamiento sin capas de Cobertura, y Plano A.2-AI-4.1 Recinto de Confinamiento (Movimiento de Tierras).*

Tras la excavación del recinto, se procederá al reperfilado y compactación superficial de la base y taludes del mismo con el fin de proporcionar las pendientes adecuadas de desagüe de al menos el 1% para la recogida de los posibles lixiviados generados hacia la zona de la arqueta.

Para evitar la posibilidad de que el nivel freático pudiera alcanzar las capas de impermeabilización del Recinto de Confinamiento se excavará una zanja de 1 m de ancho y de 1 m de profundidad promedio en todo el perímetro de la base, de longitud 518 m. En esta zanja se colocará una tubería de drenaje de Ø160 mm y se rellenará de gravas. Todo el conjunto estará rodeado por un geotextil de filtro de 150 g/m² que evitará la colmatación de las gravas por materiales finos. En la parte sureste se situará una arqueta de 2x2x1 m³ que recogerá el agua captada por el drenaje y la conducirá a una tubería de PEAD de Ø160 mm, que irá alojada en una zanja de dimensiones 1 m de ancho y de profundidad variable entre 1 y 4 m y que discurrirá desde esta arqueta hasta la vaguada situada al sur, donde aflorará a la superficie para dejar correr las aguas captadas. La zanja con la tubería de salida de aguas freáticas tendrá una longitud de 100 m. *Plano A.2-AI-5.1. Recinto de Confinamiento (Drenaje Perimetral).*

Tanto la excavación de la citada zanja de salida de aguas freáticas, como la de conducción de los posibles lixiviados del recinto de confinamiento, y las tuberías que llevan alojadas, se deberán ejecutar antes de proceder a la construcción del terraplén del talud sur de cierre del Recinto de Confinamiento.



Asimismo, se excavará la correspondiente zanja de anclaje de los elementos geosintéticos de 0,5 x 0,5 m situada en el perímetro del Recinto de Confinamiento de 332 m de longitud, dejando el material de excavación a borde de la misma para proceder a su relleno y compactación una vez instalados estos.

Finalmente, antes de proceder a la colocación de las capas de impermeabilización del recinto de confinamiento se procederá a la limpieza de 300 m del borde existente de ésta para retirar los materiales que puedan tapar este límite y hacer posible la unión de la geomembrana de la nueva impermeabilización con la ya existente. Esta limpieza del límite de la era se realizará con maquinaria pequeña y con especial cuidado para no deteriorar la lámina y, si fuese necesario, se procederá a la retirada manual de la capa más próxima a la lámina.

6.3.3. CONSTRUCCIÓN DEL RECINTO

Sobre la superficie excavada del recinto de confinamiento, una vez refinada, se aplicará la capa de impermeabilización, constituida por los siguientes elementos de muro a techo:

- Capa de impermeabilización natural, formada por 60 cm. de arcosas.
- Geotextil de protección, de polipropileno de 300 g/m².
- Capa de impermeabilización artificial, formada por geomembrana de PEAD de 2 mm de espesor.
- Geotextil de protección, de polipropileno de 300 g/m².
- Capa de rodadura de la maquinaria y de apoyo formada por una primera capa de arcosas de 20 cm de espesor, en contacto con los geosintéticos para evitar su deterioro, y una



segunda capa de 20 cm de material adecuado para resistir el tránsito de la maquinaria y el apoyo de los residuos, es decir, de estériles de mina acopiados.

Inicialmente se colocará la capa de arcosas seleccionadas de los préstamos del emplazamiento minero, con 60 cm de espesor, ejecutadas en 2 tongadas de 30 cm cada una, y debidamente compactadas y humectadas. Se colocarán un total de 15.151 m³ de arcosas compactadas.

Seguidamente se ejecutará la parte inferior de la arqueta de hormigón armado para la recogida de lixiviados situada al mismo nivel de la superficie de arcosas, en la zona sureste de la base del Recinto de Confinamiento. Las dimensiones de esta arqueta serán de 2 x 2 m y 1 m de profundidad, y se prestará especial atención a la unión con la lámina de PEAD mediante brida y tubo con codo de PEAD o acero inoxidable embebidos en el hormigón, y la unión de estas piezas con el tubo de PEAD. Esta tubería de PEAD de Ø160 mm que se divide en dos tramos, los 100 primeros metros instalados anteriormente, junto al drenaje de aguas freáticas, y un segundo tramo que se colocará en una zanja de 1 m de ancho, 1 m de profundidad y 203 m de longitud, y conducirá los lixiviados desde esta arqueta del recinto hasta la arqueta de la vaguada de la Era.

Posteriormente se instalará la lámina de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de 2 mm de espesor, protegida inferior y superiormente por geotextil de polipropileno de 300 g/m². La instalación de estos geosintéticos se realizará según lo especificado en la Norma UNE 104425. Esta lámina será lisa en las superficies subhorizontales, en una superficie de 16.245 m², y texturizada por ambas caras en los 9.663 m² de superficie de taludes de mayor inclinación, incluyendo la superficie del anclaje. Los geosintéticos se anclarán perimetralmente en la zanja excavada a tal efecto en el límite del Recinto de Confinamiento, de dimensiones 0,5 x 0,5 m y de 657 m de longitud.

A continuación se ejecutará la parte superior de la arqueta de recogida de los lixiviados del Recinto, de dimensiones 2 x 2 m y 1 m de profundidad. Esta arqueta presentará la cara frontal perforada, y se colocará la tubería ranurada de la red de lixiviados, formada por cuneta en "V"



de 2 m de anchura y 0,3 m de profundidad, y 390 m de longitud, con tubería ranurada de PVC de $\varnothing 160$ mm rodeada de gravas de drenaje y de un geotextil de 150 g/m^2 , que conducirá los lixiviados hasta la arqueta. Este paquete de gravas drenantes tiene la misma altura que la capa de rodadura posterior por lo que permite el tránsito de maquinaria sobre la misma. El detalle de la construcción del sistema de lixiviados del Recinto de Confinamiento se refleja en los Planos A.2-AI-7, *Recinto de Confinamiento (Drenaje de Lixiviados)*, y A.2-AI-8, *Recinto de Confinamiento, Detalles Constructivos*.

Finalmente se colocará la capa de rodadura de la maquinaria y de apoyo de los residuos en la base y taludes del Recinto de Confinamiento. Estará formada por una capa de 40 cm de espesor de suelo arenoso y granular. En contacto con la capa de impermeabilización artificial se deberá colocar una capa de material fino-arenoso, ya que si se aplicara el material granular sobre los materiales geosintéticos se podrían deteriorar. Según lo anterior, la capa de rodadura constará de un nivel de 20 cm de arcosa compactada de volumen 5.050 m^3 , y otro nivel de 20 cm de material adecuado para resistir el tránsito de la maquinaria y el apoyo de los residuos, con la función de aportar propiedades mecánicas al suelo, con un volumen de 3.249 m^3 de estériles de mina acopiados.

Las rampas de acceso situadas en el interior del Recinto de Confinamiento estarán impermeabilizadas con la misma sección que éste. La rampa sureste ascendente está situada en el exterior de la impermeabilización del Recinto y solo será necesario mantener la superficie compactada y uniforme para permitir el buen tránsito de la maquinaria.

6.3.4. SELLADO FINAL DEL RECINTO

Una vez finalizada la explotación del recinto de confinamiento, se procederá al reperfilado de la superficie superior del Recinto, dotándola de una pendiente del 1% hacia el talud de la Era de Lixiviación situada al oeste (*Plano A.2.-AI-10, Recinto de Confinamiento - Sellado del Recinto*), para posteriormente proceder a su sellado con geomembrana de PEAD de 2 mm de espesor, protegida inferior y superiormente con geotextil de polipropileno de 300 g/m^2 . La



superficie a impermeabilizar es de 26.144 m² para la lámina lisa y 52.288 m² para el geotextil de protección. El anclaje perimetral de estos geosintéticos es de 682 m de longitud. El margen norte de la lámina PEAD de sellado del Recinto, de 122 m de longitud, quedará lastrada, a la espera de su empalme con la lámina de la zona de ampliación, que se instalará más adelante.

6.4. PLAN DE EXPLOTACIÓN

En este apartado se desarrolla el plan de explotación del Recinto de Confinamiento, cuyas características y dimensiones se han descrito en apartados anteriores. A continuación se define cómo se realizará la recepción de residuos, las vías internas de movimiento de residuos, las zonas y métodos de vertido, el acondicionamiento de los frentes de almacenamiento y la estabilización previa a la clausura de los mismos, para asegurar una correcta gestión de los residuos, garantizando la estabilidad del conjunto a largo plazo.

6.4.1. TIPOLOGÍA DE LOS RESIDUOS A ALMACENAR

Los residuos que almacenará serán los productos del desmantelamiento de la Planta Quercus que presenten contaminación radiológica, que se han descrito en el apartado 5 de esta memoria. A modo de síntesis, los residuos estarán constituidos por:

- Tuberías, que se agruparán según sean metálicas o de materiales plásticos. Las tuberías de PVC serán aplastadas para minimizar su volumen. Serán cortadas en segmentos de 1,5 m como máximo y se unirán en paquetes de 1 x 1 x 1,5 m³, aproximadamente, mediante flejes, atados con alambre o algún otro sistema similar.
- Equipos, que se almacenarán enteros si no superan el metro cúbico de volumen, y si lo superan, serán troceados en piezas de 2 x 1 m².



- Estructuras metálicas, que serán cortadas con una longitud de 1 m aproximadamente, no superando 1,5 m de longitud y serán transportadas a granel.
- Láminas PEAD, plástico, papel, textil, etc., que serán cortados en paños no superiores a 2 x 2 m² y serán empaquetados hasta un peso aproximado de 1 t.
- Cables, que serán cortados a una longitud máxima de 1,5 m en caso de tratarse de conductores de sección gruesa, o serán enrollados con diámetro menor a 1,5 m para secciones finas.
- Chatarras compactables (estructuras, escaleras, barandillas, suelos, bandejas, armarios, chapas de cubierta, etc.), que, a ser posible, se compactarán en paquetes con forma de cubo o prisma rectangular.
- Resto de materiales (piezas pequeñas, fragmentos pequeños, etc.), que serán envasados en bidones, *big-bags*, o en cualquier otro sistema de envasado, o serán empaquetados por algún procedimiento estándar.

Como se ha visto, en general, todos estos materiales se trocearán en tamaños próximos a 1 m y, en todo caso, no superando 1,5 m, para hacer posible su adecuada manipulación y colocación en el recinto, aunque en el caso de las láminas de PEAD de las balsas, depósitos y equipos, se podrían cortar con alguna dimensión superior, no excediendo de 2 m.

6.4.2. TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DE RESIDUOS

Los materiales serán almacenados en una zona anexa a la Planta Quercus, acondicionado para tal efecto, y desde ésta serán cargados mediante grúa, pulpo, carretilla elevadora, pala cargadora, o maquinaria similar, en camiones plataforma o bañera, según se trate de materiales empaquetados o a granel, y serán transportados al recinto.



El transporte de los materiales y residuos se realizará por viales y pistas interiores ya existentes en las instalaciones mineras. Éstas están en buenas condiciones y tienen un ancho suficiente para permitir el cruce de dos vehículos pesados. Son pistas con pendientes suaves y con curvas con radio de giro amplio.

La Era de Lixiviación se encuentra alejada de la parcela de proceso, disponiendo de dos itinerarios alternativos para acceder a ésta. La distancia a recorrer por cada uno de estos itinerarios es la siguiente:

- Itinerario 1: 2.440 metros.
- Itinerario 2: 1.985 metros.

Ambos itinerarios, que se pueden observar en la *Figura n° 6.3*, tienen en común su tramo final. El acceso al Recinto de Confinamiento se realizará por el sur de la explanada.

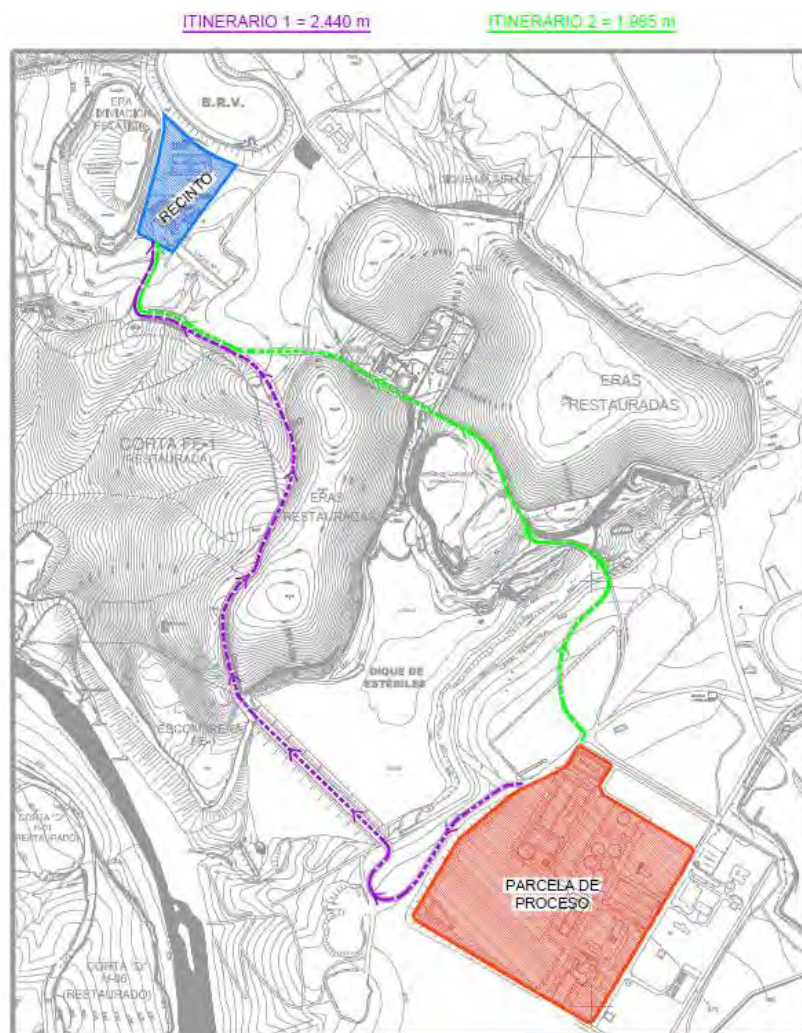


Figura 6.3. Itinerarios de accesos al recinto de confinamiento

El itinerario 1, que se usará para el tránsito de los camiones de transporte de los residuos, discurre por el Dique de Estériles y asciende hasta el norte por un tramo prolongado y de fuerte pendiente que pasa entre la Corta Fe-1 restaurada y la Era Elefante restaurada sur.

El Itinerario 2 tiene una longitud inferior al Itinerario 1, discurre por la cola del Dique de Estériles y pasa entre las Eras restauradas y las instalaciones de tratamiento de las aguas de corta. Se trata de un itinerario con numerosos cambios de pendiente, con un ancho de pista menor que el Itinerario 1 y con una curva en la zona del Dique de N° 2 con un radio de giro no muy grande, que pudiera dificultar el tránsito de vehículos pesados largos o con remolque, por lo que, en principio, únicamente, se destinará al tránsito de vehículos ligeros, o si fuese necesario, al regreso de los transportes vacíos.



Se prestará especial atención al acceso de los vehículos al vaso de vertido, que se harán por la entrada sur y, tras la descarga, realizarán la salida por la rampa norte. A tal efecto se tomarán las medidas adecuadas para garantizar la integridad y protección de las superficies del vaso del recinto.

Dentro del depósito se colocará una capa de rodadura que permitirá la circulación de los camiones por el interior, facilitando de esta forma la descarga de los materiales, ya sean en forma de bloque, envasados o a granel. No obstante, la circulación dentro del depósito se realizará tomando las máximas precauciones para no afectar a la integridad de la impermeabilización.

6.4.3. DESCARGA DE RESIDUOS

Los materiales serán descargados, a ser posible, por medio de grúa o por la maquinaria de descarga dispuesta a tal efecto, limitando en todo lo posible la descarga por basculante a los transportes de material a granel.

Los residuos serán apilados en dos o tres niveles, sin exceder de la altura de 3 m, tal y como se muestra en el *Plano A.2-AI-9.1. Recinto de confinamiento. Plan de Explotación (Sección Material Confinado)*, y se colocarán siguiendo en lo posible las siguientes recomendaciones generales:

- Los paquetes de láminas de las balsas se colocarán en la base del recinto y sobre los taludes, con el fin de colocar el resto de residuos apoyados sobre ellos, protegiendo en todo lo posible las capas de impermeabilización del recinto.
- Los equipos no troceables y de distintos tamaños se colocarán sobre estos paquetes de láminas y lo más cerca posible de los taludes del recinto.



- Los residuos susceptibles de ser envasados o empaquetados se colocarán sobre el suelo del recinto de confinamiento, aunque también se podrán colocar en tongadas, sobre una superficie más o menos regular, siempre que no se superen las 3 filas ó 3 m de altura.
- Las piezas con huecos, tuberías, etc. Se colocarán con la apertura de los huecos hacia arriba para que se facilite su llenado con el material de regulación y relleno de huecos.
- Las chatarras no compactables transportadas a granel se colocarán relleno los huecos existentes entre los equipos colocados.

El orden de llenado será desde la esquina noroeste hacia el talud sur, de tal forma que se complete la columna de residuos en los taludes norte y oeste, y posteriormente se complete el resto de superficie.

Las distintas secciones de la Planta Quercus se irán ubicando según su orden de desmantelamiento. Inicialmente, se ha considerado el siguiente orden de llegada de estas secciones al recinto y el volumen previsto, aunque podrían cambiar por razones operativas:



Tabla 6.2. Orden de llegada de estas secciones al recinto y el volumen previsto

SECCIÓN	RESIDUOS RECINTO (m ³)
SERVICIOS Y BALSAS	-
LIXIVIACIÓN ESTÁTICA	2.855
CLARIFICACIÓN	783
LIXIVIACIÓN DINÁMICA	2.403
LAVADO CONTRACORRIENTE	3.216
NEUTRALIZACIÓN Y CAUSTIFICACIÓN (*)	1.777
EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES	1.144
PRECIPITACIÓN, SECADO Y ENVASADO	3.066
T.A.D.(*)	372
CAMBIO DE ION (T.A.C.)	283
ZONA CHATARRA Y OTROS	1.050
TOTALES	16.949

(*) Excepto equipos y componentes a reutilizar como repuestos de la sección TAC.

La colocación de los residuos seguirá el orden que se muestra en el *Plano A.2-AI-9. Recinto de confinamiento. Plan de explotación.*

Una vez colocados los residuos en el recinto de confinamiento se realizarán las labores de estabilización de los mismos mediante las siguientes actividades:

- Tras la colocación de cada capa de residuos, de altura aproximada de 1 a 1,5 m, se extenderá una capa de material arenoso o de arcasas procurando que se introduzca bien en todos los huecos con el fin de evitar colapsos del conjunto de residuos a corto, medio y largo plazo. Posteriormente se compactará la superficie mediante rodillo vibratorio para regularizar y preparar la capa para sustentar a la capa de residuos superior o, en caso de



ser la última capa, los materiales geosintéticos de impermeabilización del Recinto de Confinamiento.

- Lámina de PEAD de 2 mm de espesor, protegida superior e inferiormente por ambos geotextiles de 300 g/m².
- Cubierta de 2 m de espesor mínimo de materiales contenidos en la era de lixiviación sobre la capa de residuos estabilizada con el fin de repartir las presiones de igual forma por la parte superior y los laterales del conjunto de los residuos, así como regularizar los asentamientos de pequeña magnitud que se pudieran producir.
- La clausura del recinto de confinamiento se realizará conjuntamente con la era de lixiviación, ya que forma parte del conjunto de la misma.

6.4.4. EQUIPAMIENTO NECESARIO

La maquinaria a utilizar durante la explotación del recinto de confinamiento será la adecuada para realizar la correcta manipulación de los materiales depositados, ya sea en la descarga, en la colocación o apilado de los mismos, y tendrá la altura suficiente para dominar el acondicionamiento de los frentes de almacenamiento de materiales y la estabilización final del conjunto de los residuos.

El equipo de maquinaria se podría componer de grúa, camiones plataforma y camiones bañera para el transporte, carretilla elevadora, manipuladora telescópica, pala cargadora y retroexcavadoras provistas de pinzas y pulpos para la carga, descarga y colocado de los residuos en las diferentes secciones del recinto.



6.4.5. DOCUMENTACIÓN DE LOS REGISTROS DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

Durante la fase de explotación del recinto de confinamiento se registrará la situación de cada residuo, indicando también la sección de procedencia de los mismos, con el fin de mantener el control de todos los residuos depositados.

Al finalizar el almacenamiento de cada sección, se realizará una evaluación del llenado del depósito y del volumen restante disponible.

Los detalles del almacenamiento y situación de cada componente de la Planta Quercus desmantelada quedarán registrados según el procedimiento que en su momento se determine.



7. ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA

7.1. DISEÑO FINAL

Para facilitar el movimiento interno de materiales de la era de lixiviación, con el fin de realizar la remodelación y estabilización de los mismos, se ha diseñado la ampliación de una zona impermeabilizada anexa al noreste de la era y como continuación norte del recinto de confinamiento. Los detalles constructivos de esta zona son similares a los del recinto de confinamiento y se detallan en el apartado 7.2, ejecución del desmantelamiento de la era y en el *Plano A.2-AI-11. Área de Ampliación Impermeabilizada*.

7.1.1. RECONFIGURACIÓN SUPERFICIAL

La reconfiguración in situ de la era de lixiviación estática se realizará para dotar a los taludes de la misma de estabilidad a largo plazo, y hacer posible su sellado, evitando en todo lo posible la erosión superficial por los agentes atmosféricos.

Para ello se realizará la remodelación de las superficies con pendiente 5:1 (H:V) según lo establecido en *USNRC 10 CFR Part. 40 / 40 CFR Part 192, Appendix A*, así como lo recomendado en *NUREG-1620 rev.1* para una adecuada estabilidad de los taludes a largo plazo, con una combinación mediante alternancia de capas de materiales geotécnicamente estables, como son el mineral marginal agotado de la Era y los estériles de mina acopiados, con los materiales geotécnicamente inestables, como son las tortas de neutralización de aguas y algunas tierras procedentes de la limpieza de suelos de la parcela de proceso.

La reconfiguración de los taludes de la Era de Lixiviación Estática quedará como sigue, según se detalla en el *Plano A.2-AI-13. Remodelación topográfica de materiales de la Era de Lixiviación Estática y Recinto de Confinamiento*:



- Desde la cota 649 m hasta la cota 681 m (cotas ENUSA), el talud tendrá una pendiente del 20%, que representa una distribución horizontal-vertical de 5:1 y un ángulo de talud de 11,3º. El mayor recorrido de talud se presentará en la zona suroeste, con unos 165 m de longitud.
- Desde la cota 681 m hasta la cota 684 m (cotas ENUSA), el talud será mucho más tendido, con pendiente del 5% e inclinación de 2,9º, que permite el desalojo de las aguas pluviales sin problemas de estancamiento o retención superficial y evita que éstas adquieran velocidades altas de flujo que puedan producir erosión. El recorrido máximo de talud en esta zona será de unos 100 m.

En el pie de talud de la Era, los materiales extendidos no superarán el límite perimetral que se encuentra impermeabilizado con lámina PEAD, e incluso se deberán mantener 0,3 m por debajo de dicho límite, con el fin de que los posibles lixiviados generados sean recogidos por la citada lámina. Este hueco quedará relleno con las arcosas de la capa de impermeabilización que se situará sobre la superficie remodelada.

7.1.2. CAPAS DE SELLADO

Las capas de cubierta que se usan habitualmente en el sellado de depósitos de residuos tienen como objetivos fundamentales evitar la difusión de los contaminantes y minimizar la percolación del agua pluvial y prevenir que esta alcance los residuos y pueda producir lixiviados. En el caso de residuos radiológicos, a este objetivo se le suma el de evitar la exhalación de radón a través de las barreras de confinamiento.

La *U. S. Nuclear Regulatory Commission. (NRC)* en la *NUREG -1620 Rev.1 Standard Review Plan for the Review of a Reclamation Plan for Mill Tailings Sites Under Title II of the Uranium Mill Tailings Radiation Control Act* de 1978 establece los criterios y procedimientos necesarios para el diseño de capas de cubierta, entre otros, con objeto de minimizar los efectos de los residuos



derivados de los procesos de concentración de uranio.

También, en el documento *EP2006-0667, Appendix B, Cover Material Information*, realizado por *Los Alamos National Laboratory*, se describen las capas de cubierta preceptivas para la clausura de residuos, incluyendo los que contengan residuos radiactivos, y la orientación de su diseño según la *Environmental Protection Agency* (EPA 1991).

Como se ha tratado en el *Anejo 4* de este proyecto, y como se puede observar en el *Plano A.2-AI-18*, la sección tipo seleccionada para el sellado de los residuos contenidos en la Era de Lixiviación será una variante a la sección tipo recomendada en la citada normativa de referencia que haga posible la ejecución de las capas sin dañar la geomembrana de impermeabilización artificial. En síntesis, se dividirá la capa de arcosas en 2 subcapas de 30 cm situadas por encima y por debajo de la capa de impermeabilización artificial, formada por materiales geosintéticos, para hacer posible la colocación de la siguiente capa de gravas sin deteriorar éstos.

A continuación se describe la composición de las capas de sellado, ordenadas de abajo a arriba:

- Capa de impermeabilización natural y artificial, compuesta por las siguientes subcapas:
 - ❖ Capa de 30 cm de arcosas seleccionadas de los préstamos del emplazamiento minero, debidamente compactadas y humectadas para conseguir la permeabilidad máxima prevista para este tipo de material.
 - ❖ Geotextil de polipropileno de 300 g/m², de protección inferior a la geomembrana.
 - ❖ Capa de impermeabilización artificial, constituida por geomembrana de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor. En taludes se instalan geomembranas con las dos



superficies texturizadas para aumentar el rozamiento de éstas con los elementos situados superior e inferiormente.

- ❖ Geotextil de polipropileno de 300 g/m², de protección superior a la geomembrana.
- ❖ Capa de arcosas de 30 cm de espesor, de iguales características a la primera capa.
- ❖ Capa de protección superior de la segunda capa de arcosas, compuesta por un geotextil de polipropileno de 300 g/m².
- Capa de captación y drenaje de pluviales de 30 cm de espesor, formada por un material granular drenante. Esta capa cumple también la función secundaria de protección superior de la capa de impermeabilización.
- Capa superior de filtro, formada por un geotextil de polipropileno de 150 g/m² que evita la colmatación por finos de la capa granular de drenaje.
- Capa de cubierta vegetal de 60 cm de espesor, formada por materiales tipo raña, u otros materiales de origen natural adecuados, procedentes de préstamos situados en las instalaciones mineras. Adicionalmente podrían incluirse en esta capa, en su caso, suelos artificiales (tecnosoles⁷).

7.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE CUBIERTA

A continuación se relacionan las características y parámetros que deberán cumplir los materiales de cubierta, tanto desde el punto de vista geotécnico, como desde el punto de vista radiológico en los préstamos y canteras de origen. Con respecto a este segundo aspecto, los

⁷ Las características de estos suelos artificiales o tecnosoles se describen con más detalle en el Documento A, Apartado A-2 Proyecto General de Desmantelamiento.



valores coinciden con los considerados para el cálculo del espesor de las capas para atenuar el flujo de gas radón (Anejo 7).

Características geotécnicas

- Valores de los parámetros para arcosas de la capa mineral impermeable en los préstamos de origen:

Ensayo Proctor Normal:	
– Densidad máxima (t/m ³)	1,70 a 2
Ensayo Triaxial:	
– Ángulo de rozamiento interno (°)	> 25°
– Cohesión efectiva (kp/cm ²)	> 0,25
– Coeficiente de permeabilidad (triaxial) (cm/s)	< 1 x 10 ⁻⁵
Granulometría	
– Finos que pasan por tamiz ASTM-200 (%)	>15
Otros	
– Índice de plasticidad	> 10

- Valores para gravas de la capa de protección y drenaje en las canteras de origen:

Granulometría	
– Cernido por el tamiz UNE (1mm) (%)	≤ 10

- Valores para rañas de la capa de cubierta en los préstamos de origen:

Ensayo Proctor Normal:	
– Densidad máxima (t/m ³)	>1,8



Características radiológicas

Se realizará una caracterización radiológica de los materiales en los préstamos de origen, previa al transporte y puesta en obra de los mismos.

Las características radiológicas serán controladas mediante radiometría (tasa de radiación gamma ambiental) con escintilómetro SPP-2, comprobando que los valores están por debajo del límite fijado. El Radio-226 se controlará mediante análisis de muestras del material del préstamo. En las siguientes tablas se indica el límite de los valores para cada material de los parámetros analizados.

- Valores para arcosas de la capa mineral impermeable en los préstamos de origen:

Concentración de Radio - 226:	
– Valor promedio (Bq/kg)	< 74
Tasa de radiación gamma ambiental:	
– Valor promedio (μSv/h)	< 0,183

- Valores para gravas de la capa de protección y drenaje en las canteras de origen:

Concentración de Radio - 226:	
– Valor promedio (Bq/kg)	< 74
Tasa de radiación gamma ambiental:	
– Valor promedio (μSv/h)	< 0,183

- Valores para rañas de la capa de cubierta en los préstamos de origen:

Concentración de Radio - 226:	
– Valor promedio (Bq/kg)	<74
Tasa de radiación gamma ambiental:	
– Valor promedio (μSv/h)	< 0,183



Con respecto a los materiales artificiales, en apartados posteriores, así como en el Anejo 4, se especifican las características que deberán cumplir, según normas UNE u otras indicadas. En general, y como ya se ha explicado en parte en el apartado 2.2.1 del Documento A.1, relativo a la situación actual de era de lixiviación estática, puede señalarse que los fabricantes consideran que la durabilidad de las láminas de PEAD se extiende a 100 años, en base a cálculos en laboratorio, aunque no se incluya en las fichas técnicas del producto. En esos estudios se han usado métodos de ensayo destructivos de muy corta duración, determinando el fallo del material, justificando dicha duración, considerando como "vida útil" el tiempo necesario para que pierdan su función principal de impermeabilidad.

Asimismo, otros estudios realizados sobre las primeras geomembranas instaladas en España en balsas de recogida de aguas, hace más de 30 años, confirman que no han experimentado cambios notables. Se adjunta información al respecto en el mencionado Anejo 4.

Los geotextiles, por su composición y estructura, podrían verse más afectados en superficie por la radiación solar, aunque no sería el caso al quedar enterrados bajo otros materiales. Su durabilidad, de acuerdo a lo indicado en las fichas técnicas de los fabricantes, es de un mínimo de 100 años en suelos naturales en las condiciones indicadas en las mismas ($4 < \text{pH} < 9$ y temperatura $< 25^\circ\text{C}$). También se adjunta información al respecto en el Anejo 4.

En cualquier caso, hay que indicar que la colocación de estos materiales artificiales en la multicapa de protección es para reforzar la acción de los naturales (arcosas, gravas y rañas), sobre todo los primeros años, y que no se han tenido en cuenta para los cálculos de estabilidad a largo plazo.

7.1.3. ESTABILIDAD DE TALUDES A LARGO PLAZO

La comprobación de la estabilidad de los taludes de la Era de Lixiviación estática remodelada se desarrolla en toda su extensión en el *Anejo 3* de este documento, y está de acuerdo con los criterios recogidos en el apartado 2, *Geotechnical Stability*, del documento *The U. S. Nuclear*



Regulatory Commission. (NRC) en la NUREG -1620 Rev.1, que ha sido adoptado como normativa de referencia.

7.1.3.1. SECCIÓN MÁS DESFAVORABLE

Para el análisis de estabilidad del conjunto de taludes, que conforman la Era de Lixiviación remodelada, se selecciona el talud más desfavorable, en dirección Suroeste – Noreste, que contiene el talud de mayor inclinación y recorrido. La sección longitudinal A - A' tiene 412 m de longitud y se representa en la *Figura 7.1*.

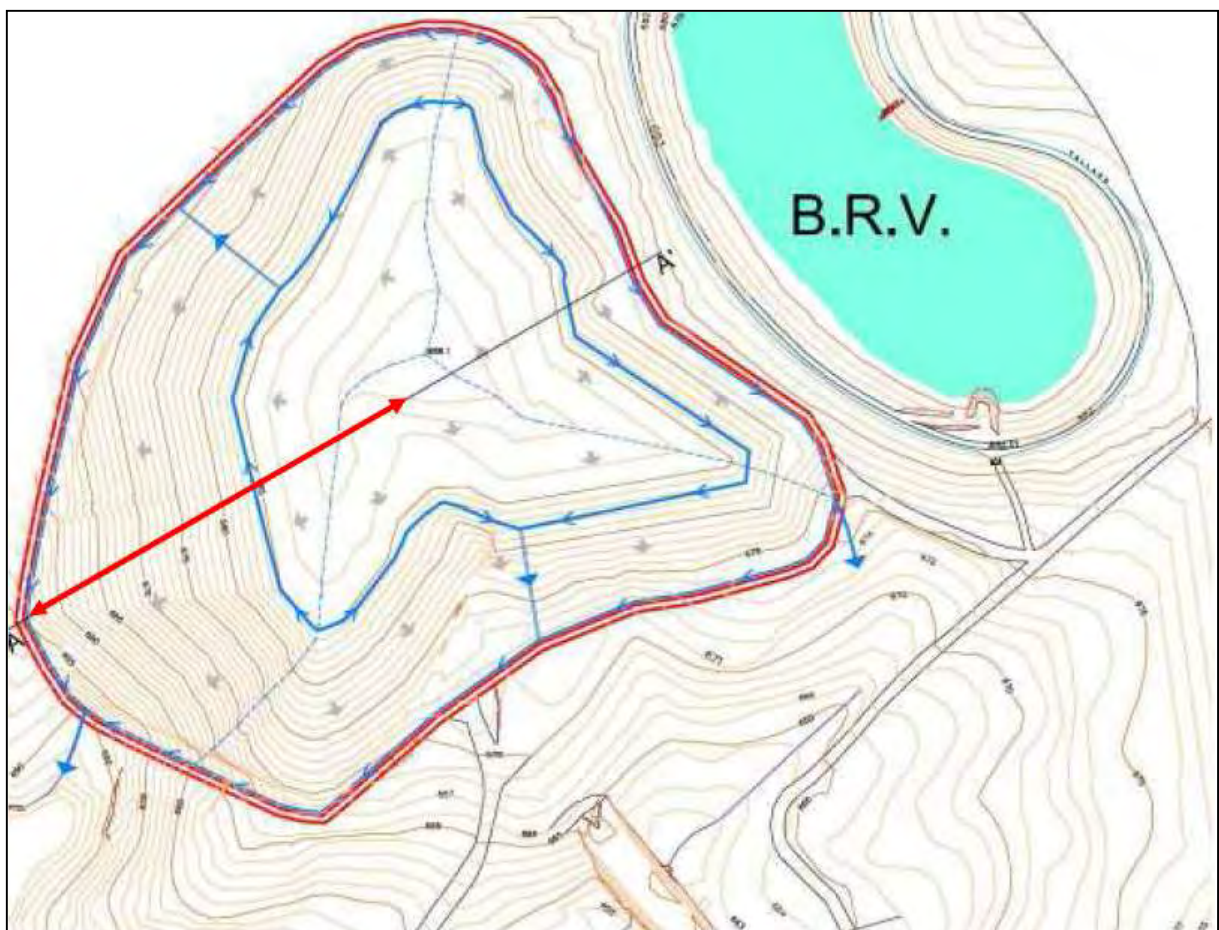


Figura 7.1.- Situación de la sección considerada para los cálculos de estabilidad.



7.1.3.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Los parámetros geotécnicos de los materiales que constituyen la Era, así como los que forman la capa de cubierta, se exponen en la *Tabla 7.1*.

Para el análisis de estabilidad del talud se considerarán los parámetros geotécnicos resistentes indicados en la tabla 7.1, que incluye parámetros de los materiales en condiciones Proctor Normal (cond. PN), en condiciones originales, según se encuentran en la era, y en distintos tipos de mezclas ensayadas para su estabilización. También se incluyen los parámetros de los materiales naturales previstos para las capas de cubierta.

Tabla 7.1. - Parametros geotécnicos de los materiales de la era y de la cubierta

MATERIAL	DENSIDAD	COHESIÓN	ROZAMIENTO INTERNO
	(t/m ³)	(kPa)	(°)
Mineral agotado cond. PN.	1,94	91	36
Tortas de neutralización cond. PN.	1,02	42	31
Tortas de neutralización originales	1,19	38	24
Mezcla 1:1 original	1,30	20	28
Mezcla 2:1 cond. PN.	1,66	23	36
Tortas con 2% de cal cond. PN	1,01	30	27
Arcosas	1,89	52	44
Gravas de drenaje	2,64		31
Cubierta vegetal - Rañas	1,91		



7.1.3.3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo de la estabilidad del conjunto de estos taludes se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- No se ha tenido en cuenta la presencia de nivel freático, ya que las aguas pluviales son drenadas por la capa de proyección-drenaje (capa de sellado).
- El sustrato rocoso compuesto por pizarras paleozoicas sobre el que apoya la Era se ha definido como "Bedrock", es decir, resistencia infinita.
- No se han considerado sobrecargas permanentes sobre el talud de la Era.
- De acuerdo con la normativa, para el cálculo de estabilidad se han contemplado valores de aceleración vertical de 0,1g y de aceleración horizontal de 0,15g, considerados como coeficientes sísmicos conservadores.
- Los cálculos se han realizado suponiendo superficies de deslizamiento circulares y utilizando el método de equilibrio límite de Morgenstern-Price (fuerzas y momentos).

En el anejo 3 se adjunta el análisis de estabilidad realizado sobre varios supuestos de mezcla de materiales y disposición de capas, pero a efectos de la realización de los trabajos se ha seleccionado, en principio, el supuesto modelación y estabilización mediante la disposición de materiales en capas alternantes, tipo "sándwich", en condiciones originales de los materiales.

La solución seleccionada propone la alternancia de una tongada de entre 25-30 cm de torta en estado original y otra tongada de 25-30 cm de mineral agotado.

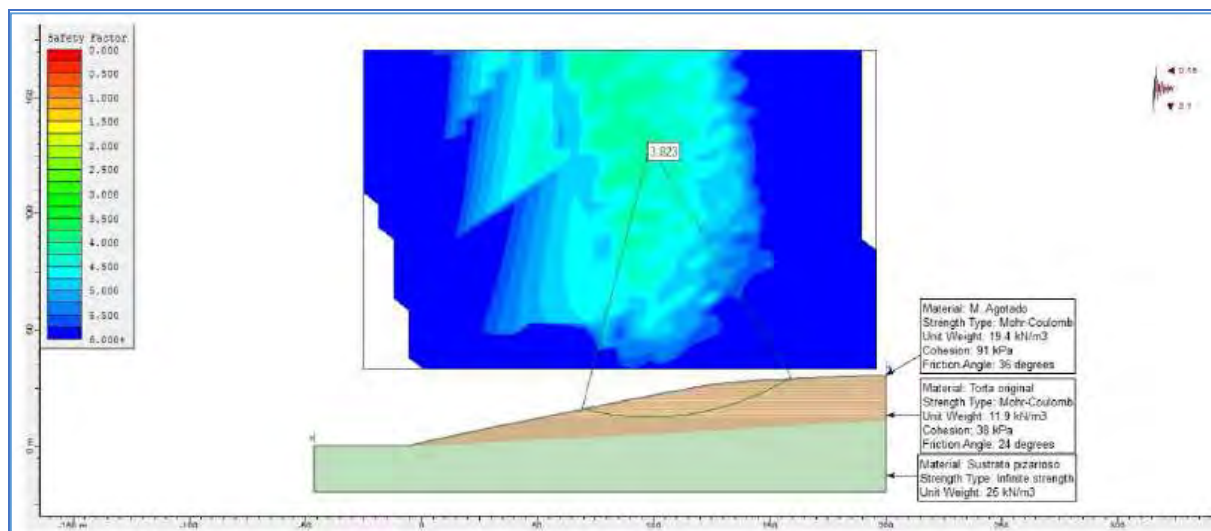


Figura 7.2.- Modelo de análisis de estabilidad para el cuerpo de la era en disposición tipo "sándwich" en condiciones de torta original. Factor de seguridad FS=3,823.

Como se recomienda en este análisis de seguridad, posteriormente se realizó un estudio de terraplenes de prueba para la puesta en obra de los materiales de la era en condiciones naturales, que también se adjunta en el anejo 3, donde se llevaron a cabo dos terraplenes con distintas disposiciones de alternancia de capas de torta y de mineral agotado en condiciones originales.

Durante la construcción de los terraplenes se instalaron 4 placas de asiento en distintos niveles y 4 hitos de nivelación en ambos terraplenes, y se realizaron en 22 puntos ensayos de placas dinámicas y humedad y densidad *in situ*, así como 2 calicatas y 22 ensayos geotécnicos de laboratorio sobre varias muestras tomadas.

El proceso de prueba del terraplén A que se observa en la Figura 7.3, consistió en la extensión de una franja lineal de unos 30 cm de espesor de material de torta originas sobre una superficie regular y previamente compactada de mineral agotado. Sobre esta franja se extendió otra del mismo espesor de mineral agotado, transitando en todo momento la maquinaria sobre esta última capa. Una vez extendidas las dos capas en proporción 1:1 se



realizaron dos pasadas mediante ripper profundizando con sus vástagos hasta unos 50 cm, hasta mezclar los materiales de mineral agotado y torta. Al finalizar este proceso se realizaron dos pasadas mediante rodillo vibratorio de 18 t.

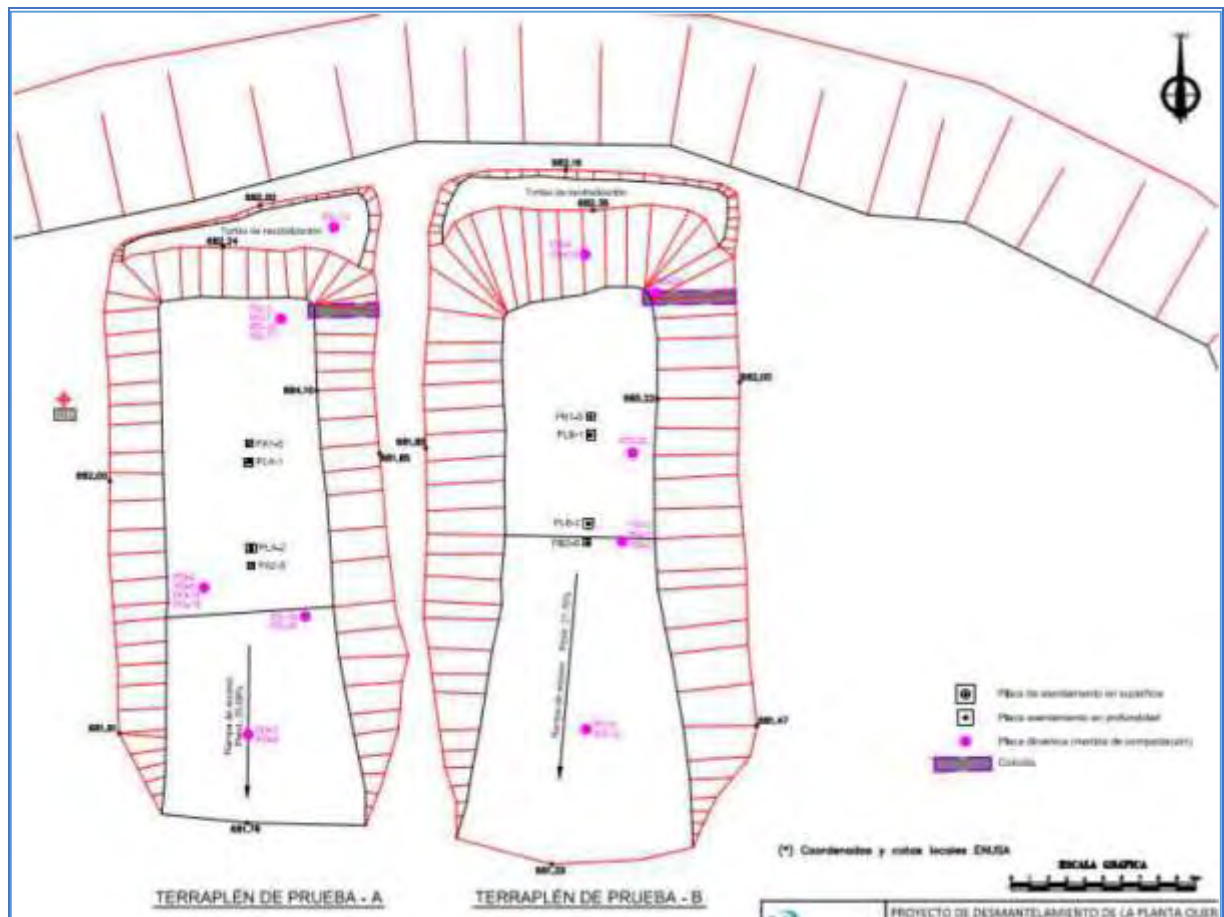


Figura 7.3.- Terraplenes de prueba con la situación de instrumentación instalada y ensayos realizados.

En este estudio se considera al terraplén de prueba A como mejor modelo constructivo, ya que proporciona el mejor comportamiento tenso-deformacional. Por tanto se considera como la solución seleccionada, que propone la alternancia de una tongada de entre 25-30 cm de torta en estado original y otra tongada de 25-30 cm de mineral agotado, ripado de mezcla y compactado conjunto de ambas capas.



7.1.3.4. ACCIÓN SÍSMICA

La acción sísmica se introduce en el cálculo de la estabilidad mediante los coeficientes sísmicos. Estos son coeficientes sin dimensiones que representan la aceleración (máxima) del terremoto como una fracción de la aceleración debido a la gravedad.

La aceleración sísmica de cálculo, determinada en el estudio geotécnico mediante la aplicación de la Norma de la Construcción: parte general y edificación (NCSE-02) (REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre), es inferior a 0,04g, por lo que esta norma no resulta de aplicación obligatoria. No obstante, según lo establecido en el apartado 2.2 de *NUREG -1620 Rev.1*, para el análisis de la estabilidad se establecerá el 67% del pico de aceleración de la tierra o de 0,1 g, cualquiera que sea mayor, como coeficiente sísmico.

De acuerdo a lo anterior, para el cálculo de la estabilidad de taludes se contemplarán valores de aceleración vertical de 0,1 g y de aceleración horizontal de 0,15 g, considerados como coeficientes sísmicos conservadores. Además, estos valores coinciden con los parámetros se han utilizado en el cálculo en otros proyectos de la mina.

7.1.3.5. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para el supuesto considerado, correspondiente a la disposición de materiales en capas alternantes, tipo "sándwich", en condiciones originales de los materiales, es de un factor de seguridad correspondiente al círculo péximo de $FS= 3,823$, cumpliendo así con los requisitos de la normativa de referencia ($FS > 1,3$) y, por tanto, se puede considerar un talud estable.

El coeficiente de seguridad mínimo a aplicar en este tipo de actuaciones, según la normativa de referencia *NRC Regulatory Guide 3.11, Rev.3*, se establece en 1,3 para el estado final de la construcción.



7.1.3.6. CONCLUSIONES

Según lo expuesto anteriormente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El modelo constructivo seleccionado para la estabilización de los materiales de la era consiste en la alternancia de una tongada de entre 25-30 cm de torta en estado original y otra tongada de 25-30 cm de mineral agotado, ripado de mezcla y compactado conjunto de ambas capas, ya que es el recomendado por proporcionar el mejor comportamiento tenso-deformacional al conjunto.
- El Factor de Seguridad (FS) obtenido para la situación de la Era remodelada, resulta muy superior al exigible, incluso aplicando el factor sismo a modo conservador.
- El Factor de Seguridad admisible adoptado para el análisis de seguridad de este tipo de estructuras en la fase final de la construcción, según la normativa de referencia NRC *Regulatory Guide 3.11, Rev.3*, es de 1,3, por lo que se puede afirmar que el FS del talud diseñado ha resultado ser más del doble del mínimo exigible, por lo que este diseño está muy por encima de seguridad mínima exigida.



7.1.4. DRENAJE SUPERFICIAL

La red de drenaje de la Era Quercus se ha diseñado como un sistema automantenible y perdurable en el tiempo, con evacuación de las aguas pluviales por gravedad y vertido final en cuencas y vaguadas naturales.

La superficie total de la era restaurada se ha dividido en distintas cuencas para evitar grandes recorridos y velocidades de las aguas pluviales, con objeto de minimizar al máximo los procesos erosivos. *Plano A.2-AI-17. Era de lixiviación remodelada. Red de recogida de aguas superficiales.*

Así, la superficie de cada una de las cuencas parciales creadas por las divisorias de aguas y las canalizaciones a realizar en la nueva estructura son:

Tabla 7.3. Cuencas hidrográficas

SUBDIVISIÓN DE CUENCAS	SUPERFICIE (m ²)
CUENCA 1	10.522
CUENCA 1.1	26.888
CUENCA 1.2	20.248
CUENCA 2	10.032
CUENCA 2.1	5.426
CUENCA 3	13.749
CUENCA 3.1	28.193
CUENCA 3.2	8.580

Cada cuenca de recogida de agua dispone de su correspondiente cuneta de evacuación trazada perpendicularmente a la línea de máxima pendiente y que, con una pendiente media



comprendida entre el 1% y el 7,5%, conducirá el agua recogida hasta dos vaguadas naturales, ya existentes, para su vertido final. Las aguas recogidas por las cunetas construidas a media ladera se evacuarán mediante bajantes prefabricadas según se refleja en el *Plano A.2-AI-17. Era de Lixiviación Remodelada. Red de recogida de aguas superficiales.*

7.1.4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para poder realizar un dimensionamiento adecuado de los caudales que circularán por cada uno de las cunetas a diseñar es necesario conocer las aguas pluviales caídas sobre las diferentes superficies afectadas, así como los caudales máximos a evacuar por cada una de las cunetas diseñadas.

En el Anejo A.5. Cálculos Hidráulicos, se incluyen los cálculos justificativos para la obtención del caudal máximo a evacuar basados en el Método Racional. En la tabla siguiente se incluyen los resultados obtenidos para un periodo de retorno de 1000 años.

Tabla 7.4. Caudales Máximos para las Diferentes Cuencas

NÚMERO DE CUENCA	CAUDAL MÁXIMO (m ³ /sg) T = 1000 años
CUENCA 1	0,30
CUENCA 1.1	0,70
CUENCA 1.2	0,65
CUENCA 2	0,30
CUENCA 2.1	0,23
CUENCA 3	0,39
CUENCA 3.1	0,73
CUENCA 3.2	0,33



7.1.4.2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Las cunetas de recogida de las aguas de escorrentía se excavarán en el terreno con las siguientes características de diseño:

- Se ha considerado la sección trapezoidal con un talud de cajeado de 1,5:1.
- Todas las cunetas irán revestidas de hormigón armado con un espesor de unos 10 cm y un resguardo de 5 cm.
- Se han dimensionado las secciones transversales de las cunetas de forma que evacuando el caudal aportado a través de la sección correspondiente la velocidad en las canalizaciones no supere nunca los 5 m/s.
- Rugosidad del canal, se ha considerado un valor para $n = 0,016$
- Tanto las cunetas de evacuación como las bajantes, dado que deben ser estructuras perdurables en el tiempo y automantenibles, se han diseñado para una ejecución modular mediante piezas prefabricadas de hormigón armado.

El dimensionamiento de la red de drenaje se ha realizado aplicando la fórmula de Manning, según se detalla en el Anejo A.5. Cálculos Hidráulicos. Los resultados obtenidos son los expuestos en la siguiente tabla:



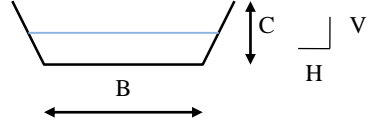
Tabla 7.5 Características de las cunetas propuestas

	LONGITUD (m)	SECCIÓN	BASE (m)	CALADO (m)	PENDIENTE MEDIA %	CAUDAL A EVACUAR (m³/sg)	CAPACIDAD DE EVACUACIÓN (m³/sg)	VELOCIDAD (m/sg)
CUNETAS 1	114	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,30	0,57	2
CUNETAS 2	210	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,30	0,57	2
CUNETAS 3	281	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,39	0,57	2
CUNETAS 1.1	334	Trapezoidal	0,50	0,30	3,9%	0,70	1,12	4
CUNETAS 1.2	363	Trapezoidal	0,50	0,30	3,0%	0,65	0,99	3,5
CUNETAS 2.1	150	Trapezoidal	0,50	0,30	2,7%	0,23	0,93	3
CUNETAS 3.1	308	Trapezoidal	0,50	0,30	7,5%	0,73	1,55	5
CUNETAS 3.2	158	Trapezoidal	0,50	0,30	1,9%	0,32	0,78	3



7.1.4.3. CARACTERÍSTICAS FINALES DE LAS CUNETAS

Los resultados obtenidos se regularizan en una sección trapezoidal de base de solera 0,3 m y calado 0,3 m.

Tabla 7.6. Secciones tipo trapezoidal				
SECCIÓN TIPO	BASE SOLERA B [m]	CALADO MÁXIMO C [m]	PAREDES LATERALES [H:V]	SECCIÓN TRAPEZOIDAL
I	0,5	0,3	1,5:1	

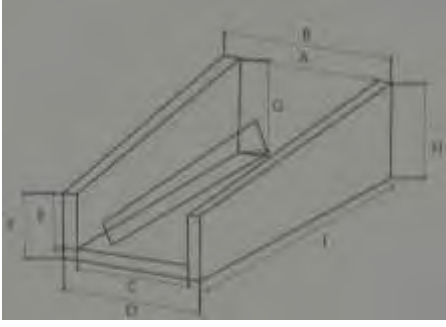
Bajante prefabricada

Para evitar la erosión de los taludes inferiores se colocarán tres bajantes prefabricadas para evacuar el agua recogida por las cunetas de la zona alta.

Las bajantes se ejecutarán con piezas prefabricadas con hormigón HA-25 y ligeramente armadas para facilitar su manejo durante el transporte y colocación.

El ancho útil será de 40 cm y tendrá un calado de 20 cm.



Tabla 7.7 Bajantes				
	LONGITUD	C	E	
BAJANTE 1	108	0,4	0,20	
BAJANTE 2	69	0,4	0,20	
BAJANTE 3	67	0,4	0,20	

7.1.5. ESTABILIDAD ANTE LA EROSIÓN

Tal y como se ha descrito en el apartado 7.1.2., la multicapa de sellado de la Era Quercus estará formada por un paquete de materiales impermeabilizantes, una capa de gravas y un geotextil para la protección y drenaje de pluviales, y una última capa de cubrimiento e integración paisajística.

Esta última capa deberá soportar los fenómenos erosivos producidos por la circulación de las aguas pluviales que caigan sobre los taludes de la Era reconfigurada. Las irregularidades del terreno, la pendiente de los taludes y el mayor caudal vertiente abajo hacen que el flujo laminar pase a concentrado y se pueda producir la formación de cárcavas en aquellas posiciones en las que la fuerza cortante del agua supere la resistencia del suelo.

Los materiales utilizados para la construcción de esta capa serán tipo raña, u otros materiales de origen natural adecuados, procedentes de la propia explotación, y que han sido ensayados previamente, presentando las características geotécnicas de la siguiente tabla.



Tabla 7.8 Características geotécnicas de los materiales de cubrimiento

RAÑAS				
Ref.	Densidad (t/m ³)	d ₇₅ (pulgadas)	% de finos	I _w (índice de plasticidad)
P6-RA-5	2,14	0,78	12,8	9,0
P6-RA-7	2,04	2,36	2,3	3,8

El espesor mínimo diseñado para la capa, con independencia de otros criterios que pudieran ser menos restrictivos, es de 60 cm. Este espesor es algo mayor que el utilizado para la capa superior de implantación vegetal de las eras Elefante reconfiguradas (50 cm), construida con el mismo tipo de material, y el doble que el empleado para dicha capa en los huecos y escombreras de mina restaurados. Además, en este último caso la mayor parte del material extendido fueron arcosas y no rañas. Las rañas, con sus bolos cuarcíticos, hacen más difícil la erosión, y la presencia de materia orgánica, aunque pueda ser escasa, favorece el desarrollo de suelo y, por tanto, de vegetación. Así se constata en el emplazamiento restaurado, estando afectadas en gran parte las estructuras de mina restauradas, pero muy poco o nada las eras reconfiguradas. Por todo ello, con el tipo de material seleccionado, el espesor indicado, la densidad de la vegetación y, en su caso, aunque no necesario, el extendido de tecnosoles, se espera que la capa resista la acción erosiva.

En base a lo establecido en *NUREG-1623 Design of Erosion Protection for Long-Term Stabilization (The U. S. Nuclear Regulatory Commission)*, se han calculado los esfuerzos admisibles para los materiales de cubrimiento y las pendientes máximas admisibles que garantizan la estabilidad de los taludes frente a la erosión y previenen la formación de cárcavas. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 7.9 Esfuerzos admisibles

	t _a (libras/pie ²)
P6-RA-5	0,312
P6-RA-7	0,944



Tabla 7.10. Pendientes admisibles

Cuencas	PTE Diseño	PTE admisibles muestra P6-RA5	PTE admisibles muestra P6-RA7
CUENCA 1	5%	3,4%	16,6%
CUENCA 1.1	20%	2,1%	10,4%
CUENCA 1.2	20%	3,0%	14,5%
CUENCA 2	5%	3,6%	17,4%
CUENCA 2.1	20%	5,0%	24,1%
CUENCA 3	5%	3,3%	15,9%
CUENCA 3.1	20%	2,1%	10,4%
CUENCA 3.2	20%	4,0%	19,5%

Todos los cálculos justificativos realizados en base al Método de los Esfuerzos de Tracción se incluyen en el Anejo 6. Cálculo de estabilidad de la cubierta ante la erosión.

Las pendientes máximas admisibles para el suelo representado por la muestra P6-RA-5 son inferiores en todas las cuencas. Para el caso del suelo de la muestra P6-RA-7, sólo resultan inferiores en las cuencas nº 1.1, 1.2, 3.1 y 3.2. En la situación más pesimista, podrían producirse fenómenos erosivos y formación de canales o cárcavas en todos los taludes, aunque los más desfavorables parecen ser los taludes de esas cuencas.

7.1.5.1. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE CÁRCAVAS EN LAS CUENCAS 2 Y 6

Según se establece en el documento *EPA-909-R-11-007 Closing Small Tribal Landfills And Open Dumps. How to Desing Environmentally Safe Covers*, y se justifica en el Anejo 6 (*Cálculo de estabilidad de la cubierta ante la erosión*), la profundidad máxima de las cárcavas en los taludes correspondientes a las cuencas 2 y 6 será la indicada en la siguiente tabla:



Tabla 7.11. Profundidad máxima de cárcava

Cuencas	d (cm)
CUENCA 1	15,0
CUENCA 1.1	24,5
CUENCA 1.2	15,6
CUENCA 2	14,8
CUENCA 2.1	8,5
CUENCA 3	16,6
CUENCA 3.1	24,5
CUENCA 3.2	11,4

El resultado medio de profundidad máxima de cárcava es de 16,4 cm, produciéndose el valor máximo en la cuenca nº 1.1 y 3.1, con 24,5 cm.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera justificado que, para un periodo de retorno de 1000 años, los 60 cm propuestos como espesor de la capa de cubierta superior son suficientes para garantizar la correcta protección del conjunto de la multicapa de sellado.



7.1.6. EXHALACIÓN DE RADÓN EN LA SUPERFICIE DE LA ERA RESTAURADA

El objetivo de este apartado es justificar que para las condiciones establecidas para el diseño de las capas de cubierta, los valores de exhalación de radón en la superficie exterior, cumplen el valor límite propuesto para el Proyecto de Desmantelamiento de la Planta Quercus ($31\text{pCi/m}^2\text{s} + 20\text{pCi/m}^2\text{s}$).

Como ya se ha indicado anteriormente, los residuos se cubrirán con una multicapa integrada por una primera capa de arcosas de 60 cm, una segunda capa de gravas de 30 cm y, finalmente, una última capa de rañas de 60 cm. Además, se colocarán una serie de materiales geosintéticos que no se han considerado para el cálculo de la exhalación de radón en la superficie de la Era. Estos espesores son superiores a los utilizados en dicho cálculo por ser más operativos para la construcción de las capas.

Los cálculos justificativos se exponen en el Anejo nº 7 de este Proyecto (Cálculo para el diseño de capas de cobertura para la optimización de la salida de gas radón del proyecto de desmantelamiento de la Era de Lixiviación Estática de la fábrica de concentrado de uranio, Planta Quercus de ENUSA en Saelices el Chico, Fase I del desmantelamiento), realizado por el Dpto. de Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Universidad de Cantabria, colaboradora habitual de ENUSA en este tema y de reconocido prestigio. Los espesores utilizados para el diseño (cálculo conservador) fueron de 50 cm para la capa de arcosas, 30 cm para la capa de gravas y 40 cm para la capa de rañas.

7.1.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES AFECTADOS

- Densidad de las partículas sólidas de los materiales:

Se ha fijado en $2,65\text{ g/cm}^3$, siguiendo el criterio establecido en *la Regulatory Guide 3.64* de la NRC de 1989.



- Densidad seca.

Se ha considerado el 90% de las medias obtenidas en el ensayo Proctor Normal en todos los materiales.

- Porosidad.

Deducida de los datos anteriores.

- Humedad.

Se ha adoptado un valor conservador del 6% conforme a lo establecido en la *Regulatory Guide 3.64*, de la *Nuclear Regulatory Commission (NRC)* de 1989.

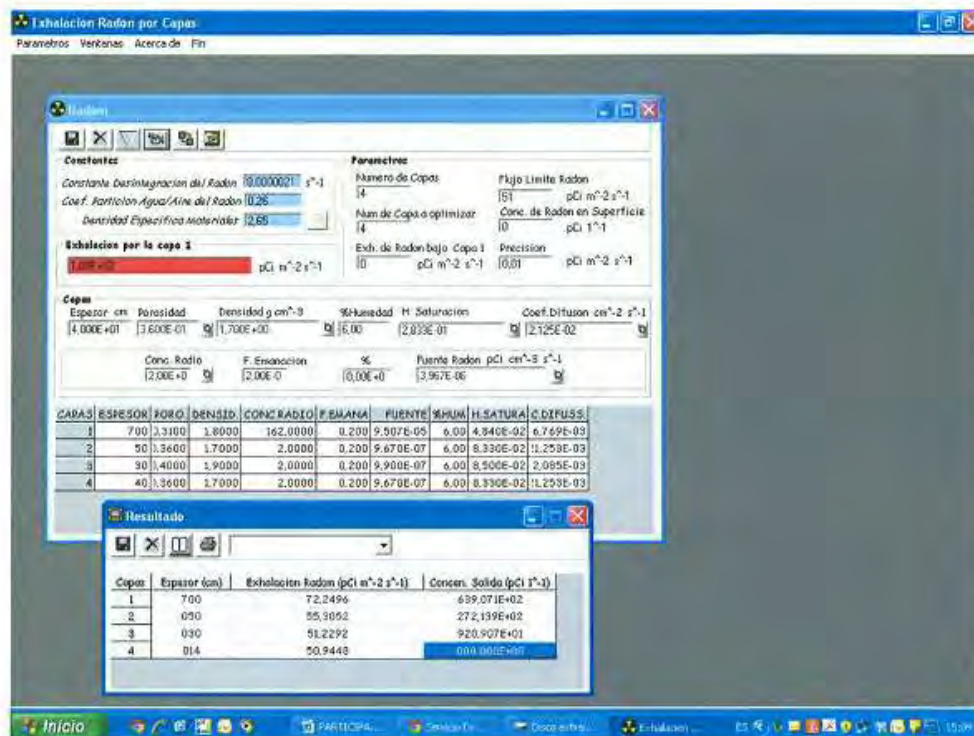
- Concentración de actividad de Radio.

Los valores asignados han sido 162 pCi/g para los minerales marginales agotados (como término fuente) y de 2 pCi/g para las capas de arcosas y de gravas de protección de la multicapa de cobertura.

7.1.6.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Con los parámetros de entrada fijados ya mencionados, los cálculos realizados han consistido en optimizar el diseño de la multicapa de cobertura, determinando el espesor necesario de la última capa para conseguir el objetivo fijado, tomando como valor medio del espesor de la capa mineral de Era (700 cm), como término fuente.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:



- La optimización se consigue con 14 cm de arcosas como última capa de cobertura.
- Además, los cálculos derivados muestran que, para las condiciones establecidas para las capas de cobertura, los valores de exhalación de radón en la superficie exterior cumplen el valor límite propuesto, por lo que el diseño se considera adecuado para dar cumplimiento a los objetivos de desmantelamiento.

Debe señalarse que, aparte del conservadurismo de los cálculos, la multicapa de cubierta incluye también una lámina de polietileno de alta densidad PEAD, que redundará en una menor difusión del radón hacia la superficie.



7.2. EJECUCIÓN DEL DESMANTELAMIENTO DE LA ERA

De forma similar a la construcción del recinto de confinamiento, descrito en el apartado nº 6, se realizará una zona de ampliación de la era como continuación de la superficie impermeabilizada hacia el norte del recinto, y que se situará junto al lateral noreste de la era.

Plano A.2-AI-11. Área de Ampliación Impermeabilizada.

Se realizará la preparación inicial de la superficie mediante saneo de la zona de ampliación de 8.400 m², con una profundidad de 60 cm, lo que resulta un volumen de materiales de 1.896 m³. Los materiales a sanear son estériles de mina de las pistas existentes. Al sur limita como prolongación del recinto de confinamiento, y al suroeste como continuación de la propia era.

Las capas de impermeabilización son iguales a las diseñadas en el recinto, con la salvedad de que no es necesario colocar las capas superiores a los elementos geosintéticos, colocándose sobre éstos mineral agotado directamente. Se colocará una capa de arcosas de 60 cm de espesor, y 1.896 m³ de volumen, y sobre esta las capas de geosintéticos (lámina PEAD de 2 mm de espesor y 2 capas de geotextil de protección colocadas inferior y superiormente).

La situación exacta de la zona de ampliación de la era, así como los detalles constructivos, se definen convenientemente en los planos.

7.2.1. RECOGIDA DE LIXIVIADOS

Los lixiviados generados durante la remodelación de la Era, producidos por las precipitaciones caídas sobre la superficie inicial de la misma, así como sobre el área del Recinto de Confinamiento, se recogerán en dos puntos localizados.

El primero es el punto actual más bajo de la vaguada donde se sitúa la era, ubicado al suroeste de la misma, en el interior de su impermeabilización de base. En este punto se realiza la recogida de los lixiviados mediante una tubería perforada en forma de “T” y se conduce por



medio de otra a la balsa de aguas de esorrentía, que permanecerá sin dismantelar, al menos hasta el final del periodo de obras de construcción del Recinto de confinamiento.

El segundo es una arqueta de recogida de aguas de esorrentía e infiltración del drenaje inferior de fondo de la vaguada, situada en el exterior de la impermeabilización de base de la era, donde actualmente se recoge agua y la conduce también a la balsa de aguas de esorrentía.

En esta vaguada se colocará una arqueta, de dimensiones 2x2x1, m que recogerá los lixiviados generados en estos dos puntos anteriores, así como los procedentes de la tubería del Recinto de Confinamiento.

La generación de lixiviados podría producirse principalmente durante el periodo de obras y posterior explotación del Recinto hasta el sellado de la Era, aunque se prolongaría algún tiempo posterior al sellado, debido a la progresiva pérdida de humedad de los materiales contenidos en la misma.

Este sistema de recogida de lixiviados está operativo actualmente, por lo que no es necesaria ninguna actuación para su puesta a punto distinta a las labores de mantenimiento propias de la instalación. Cuando se realice el dismantelamiento de la actual balsa de recogida se conectará la arqueta de lixiviados mediante tubería con el almacenamiento del resto de aguas de tratamiento actual de la mina.

7.2.2. MOVIMIENTO DE MATERIALES

Para realizar la correcta estabilización del conjunto de los materiales contenidos en la Era de Lixiviación, se deberá realizar la remodelación de los materiales contenidos en los niveles inferiores a la cota 681 m, configurando el talud con pendiente del 20% (5H:1V) y una inclinación de 11,3°. A partir de los 681 m de cota se adoptará una pendiente de talud más suave con pendiente del 5% (20H:1V) y una inclinación de 2,9°.



El material de la era de lixiviación situado por debajo de la cota 675 m está constituido únicamente por mineral marginal agotado tratado en la Era de Lixiviación. En cambio, Los materiales situados en la era sobre la cota 675 m están constituido, a fecha de diciembre de 2020, por 145.636 m³ de tortas de neutralización y por 32.460 m³ de mineral agotado.

Como ya se ha citado, en esta fase de la obra permanecerían acopiados 10.000 m³ de estériles de mina en el acopio noreste, ya que se habrían utilizado 14.093 m³ de este material como materiales de regulación durante la explotación del recinto de confinamiento. Además, se estima que se obtendrán 6.404 m³ de productos de limpieza de suelos del entorno de la era, así como 2.465 m³ de materiales de saneo del área de ampliación de la era. Desde el punto de vista geotécnico, estos últimos materiales son similares al mineral agotado y estéril de mina, por lo que son adecuados para la estabilización de las tortas de neutralización.

Para la estabilización y remodelación de estos materiales contenidos en la era se opta por la construcción de una estructura tipo "sándwich" con las tortas en condiciones de humedad originales, tal y como se encuentran actualmente. Esta solución constructiva está justificada, desde el punto de vista operativo y de estabilidad, en el estudio de estabilidad que se adjunta en el anejo 3.

El proceso a seguir para la aplicación de la colocación de los materiales en obra consiste en el extendido de una tongada de 25-30 cm de tortas sobre una capa compacta y regular de mineral agotado y sobre ésta el vertido y extensión de otra tongada de 25-30 cm de mineral agotado u otro material similar, transitando en todo momento la maquinaria sobre esta última capa. Una vez extendidas las dos capas en proporción 1:1 se procede al ripado con una profundidad de 50-60 cm, realizándose seguidamente el compactado conjunto de las capas mediante rodillo vibratorio. A partir de este punto se deberá repetir el proceso manteniendo esta secuencia de alternancia de capas.



Al tratarse de un procedimiento experimental de estabilización de las capas, se llevó a cabo la construcción de dos terraplenes de prueba para validar el comportamiento general de la estructura, resultando más adecuada la descrita anteriormente. Además, en el periodo de vigilancia postclausura, se procederá al control geotécnico de la remodelación final de la era por medio de técnicas topográficas y de instalación de inclinómetros (inclinometría biaxial) para la detección de posibles desplazamientos horizontales (laterales).

El movimiento de materiales diseñado para la remodelación de la era estaba anteriormente condicionado por el volumen de tortas acopiadas en la era en cada momento, por lo en junio de 2019 se decidió detener el acopio de estos materiales en la era, fijándose así el volumen de tortas presentes en la era a partir de esa fecha. Cabe reseñarse que este balance de materiales podrá cambiar en función de las cantidades que resulte necesario retirar en el momento de acometer las actividades de limpieza de los suelos del entorno de la era y de la parcela de proceso, aunque cabe esperar que no se produzcan variaciones importantes. Este planteamiento se describe a continuación:

- Para hacer posible la ejecución del movimiento de materiales sobre la Era bajo condiciones adecuadas de seguridad será necesaria la carga, transporte de las tortas en condiciones originales y del mineral agotado contenido en la era, y realizar el extendido en alternancia de capas, ripado para mezcla y compactado de las mismas en las áreas de terraplén disponibles, inicialmente sobre el recinto de confinamiento una vez sellado, y posteriormente en el área de ampliación de la era y sobre las zonas a cota 673 de la propia era que van quedando expuestas en el transcurso del desarrollo de los trabajos.
- Se realizará el movimiento del material de tortas, 157.158 m³ en total (145.636 m³ situadas en la era y 11.522 m³ en la cola del dique), para realizar la estabilización mediante la alternancia de una capa de entre 25-30 cm de torta en estado original y otra capa de 25-30 cm de mineral agotado, o de los materiales disponibles externos a la era con características similares a éste. Posteriormente se realiza el ripado de mezcla



y el compactado del conjunto de estas dos capas. La citada estabilización requiere una relación de volumen de materiales de una parte de materiales de relleno por una parte de tortas de neutralización aproximadamente (1:1).

- El movimiento de los materiales necesarios para estabilizar las tortas se realizará en varias fases:
 - En una primera fase se movilizarán los materiales contenidos en el acopio norte, de la limpieza de plataformas del taller y del saneo del área de ampliación (12.465 m^3), al tiempo que se desmonta el volumen equivalente de tortas, y se realiza el terraplén mediante alternancia de capas sobre la superficie despejada disponible sobre el recinto sellado.
 - En las fases intermedias se moviliza el volumen proporcional de mineral agotado y de tortas en proporciones adecuadas para la formación de capas, ejecutando el desmonte en bancos longitudinales en dirección NNE-SSO, paralelos al contacto entre recinto y era, con avance hacia el oeste, de tal forma que se puede retirar las tortas situadas en la parte superior del acopio, dejando en el siguiente banco el espacio suficiente para excavar mineral agotado, y realizando el terraplén mediante alternancia de capas en el espacio disponible del recinto, el área de ampliación, una vez impermeabilizada su base, y en espacio que va quedando disponible a cota 673 en la era tras la excavación del mineral agotado. Será necesario el movimiento total de 193.068 m^3 de mineral marginal agotado contenido en la Era, en estas etapas intermedias, así como en la etapa final.
 - En la fase final se realizará el transporte de 11.522 m^3 de tortas acopiadas en la cola del dique a la era, así como unos 30.330 m^3 del resto de material resultante de la limpieza de suelos de la parcela de proceso de la Planta Quercus (de un total de 41.956 m^3 , ya que los 11.626 m^3 restantes habrían sido utilizados con anterioridad como material de relleno en el recinto de confinamiento). También se utilizarán 6.404 m^3 de materiales de limpieza de suelos del entorno de la era, así como el mineral agotado necesario para estabilizar los materiales anteriores. Las últimas tongadas a extender serán las



superiores de la configuración final de la era, pudiéndose asumir cualquier variación en el volumen de los materiales previstos.

- En la Figura 7.4, secuencia de trabajos de movimiento de tortas y mineral agotado en la era, se pueden observar las secciones inicial, intermedias y final del desarrollo de los trabajos descritos anteriormente para el movimiento de los materiales contenidos en la era y para lograr la estabilización de los materiales según la solución adoptada de alternancia de capas en las superficies disponibles.
- El volumen total para el movimiento de materiales previstos en la estabilización de los materiales contenidos y la reconfiguración de la era es de 399.425 m³. En la Tabla 7.12 se relaciona con detalle los volúmenes de movimiento de materiales necesarios para la remodelación de la Era de Lixiviación Estática según el planteamiento actual de distribución de los materiales a fecha de diciembre de 2019.

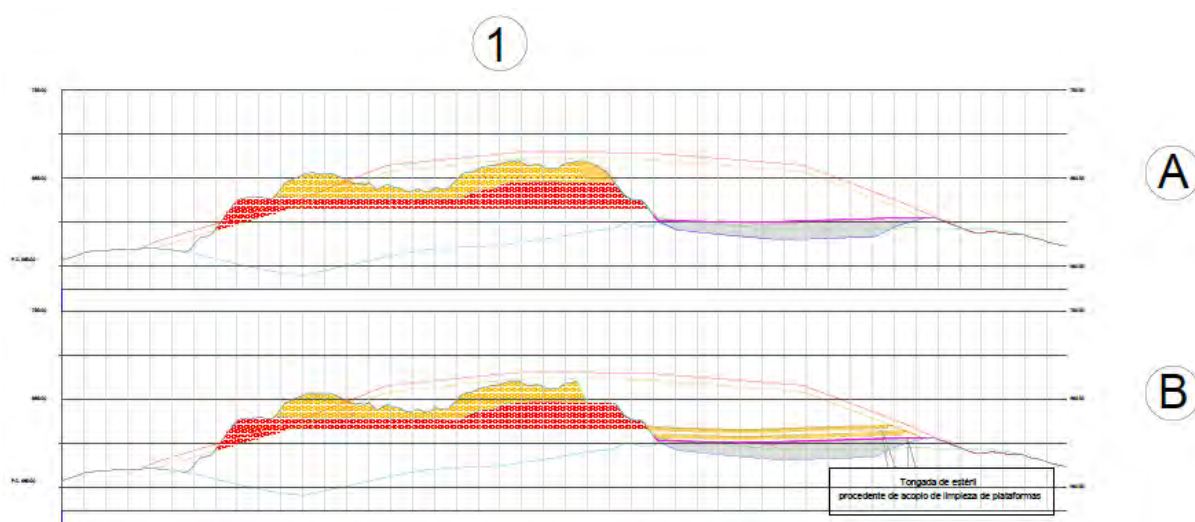


Figura 7.4.- Secuencia de trabajos de movimiento de tortas y mineral agotado en la era de lixiviación estática de la planta Quercus. Sección nº 1.

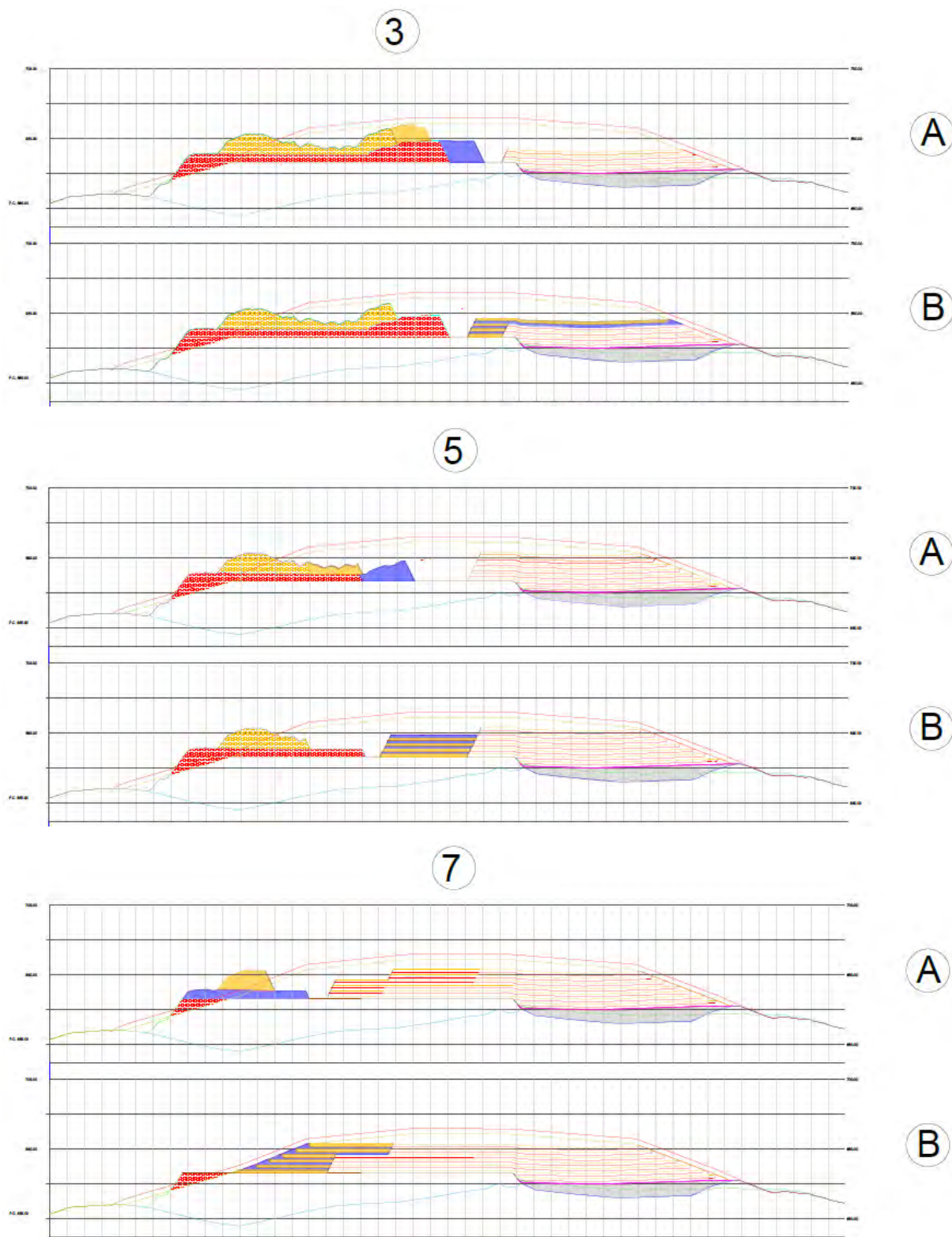


Figura 7.4. Cont.- Secuencia de trabajos de movimiento de tortas y mineral agotado en la era de lixiviación estática de la planta Quercus. Sección nº 3 y 7.



Tabla 7.12. Movimiento general de materiales para la remodelación topográfica de la Era

MOVIMIENTO GENERAL DE MATERIALES PARA LA REMODELACIÓN DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA - PLANTA QUERCUS					
Diciembre 2020 (Volumen en m ³)					
MATERIAL	ORIGEN			DESTINO	
	ERA Y ENTORNO	COLA DE DIQUE	PARCELA DE PROCESO	RECINTO DE CONF.	ERA DE LIXIVIACIÓN
Mineral marginal agotado	193.068				193.068
Tortas de neutralización	145.636	11.522			157.158
Desmantelamiento Quercus			16.949	16.949	
Demolición obra civil Quercus			10.276	10.276	
Limpieza suelos Parcela Proc.			41.956	11.626	30.330
Limpieza suelos entorno Era	6.404				6.404
Limpieza de plataformas	24.093			14.093	10.000
Saneamiento de área de ampliación	2.465				2.465
TOTAL	371.666	11.522	69.181	52.944	399.425

Finalmente, se realizará la limpieza perimetral del límite de la lámina de impermeabilización inferior existente en todo el perímetro de la Era de Lixiviación, ya que en algunas zonas el material ha tapado el límite de esta impermeabilización y es necesario tenerlo descubierto para proceder a su unión con la impermeabilización del sellado.

7.2.3. COLOCACIÓN DE CAPAS DE CUBIERTA

Se ha previsto que la barrera impermeable superior para la clausura de la Era de Lixiviación esté compuesta por las capas de sellado indicadas en el apartado 7.1.2., y que, de forma resumida, se indican ordenadas de abajo a arriba en la *Tabla 7.13*.



Tabla 7.13. Barrera impermeable de clausura de la era

CAPA DE ARCOSAS (0,3 m)	Capa de arcosas extendidas y compactadas de 0,3 m de espesor.
GEOTEXTIL DE PROTECCIÓN (300 g/m ²)	Geotextil de protección inferior de la lámina PEAD, de polipropileno no tejido, agujeteado, de 300 g/m ²
LAMINA PEAD 2 mm	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 2 mm de espesor, de acuerdo con norma UNE 104 300/99
GEOTEXTIL DE PROTECCIÓN (300 g/m ²)	Geotextil de protección superior de la lámina PEAD, de polipropileno no tejido, agujeteado, de 300 g/m ²
CAPA DE ARCOSAS (0,3 m)	Capa de arcosas extendidas y compactadas de 0,3 m de espesor.
GEOTEXTIL DE PROTECCIÓN (300 g/m ²)	Geotextil de polipropileno, de 300 g/m ² , para la protección ante el arrastre de finos de la capa de arcosas.
CAPA DE PROTECCIÓN Y DRENAJE	Capa de gravas de machaqueo de rocas, 30-120 mm de diámetro, para protección de las capas de impermeabilización y drenaje de pluviales.
GEOTEXTIL DE FILTRO (150 g/m ²)	Geotextil de polipropileno, de 150 g/m ² , para evitar la colmatación con finos de la capa de drenaje.
CUBIERTA VEGETAL (0,6 m)	Capa de cubierta vegetal de 60 cm de espesor de suelo con materiales de raña de la zona y, en su caso, tecnosoles.

Se han considerado 35.842 m² de instalación de lámina PEAD lisa, correspondiente a la superficie con pendiente de 5%, y 82.870 m² de instalación de lámina texturizada sobre el talud de 20% de pendiente.

El volumen de materiales calculado para la construcción de las capas de cubierta es de 70.148 m³ de arcosas, 35.665 m³ de áridos de protección y drenaje y 73.696 m³ de rañas para la cubierta vegetal.

Al pie de la capa de drenaje, en todo el contorno de la Era remodelada, se colocará una tubería de drenaje de 100 mm de diámetro que captará el agua percolada por la capa de cubierta. Esta tubería ranurada se conectará en varios puntos con la cuneta perimetral mediante tubería de conducción de 120 mm de diámetro con el fin de derivar estas aguas al exterior y gestionarlas en conjunto con las aguas de escorrentía.



En la ejecución de la última capa de cubierta vegetal se podrán redondear las aristas rectas de la superficie para favorecer la integración del conjunto de la actuación, sin afectar significativamente el diseño de las pendientes superficiales y el volumen de residuos contenidos en la Era de Lixiviación.

7.2.4. RED DE DRENAJE SUPERFICIAL

La red de recogida de aguas de escorrentía superficial estará constituida por las siguientes actuaciones:

Construcción de 2.019 m de cuneta situada en coronación y a pie de talud de la era de lixiviación estática. La cuneta se realizará con hormigón armado, con forma trapezoidal, de dimensiones 0,5 m de base y 0,3 m de calado, con paredes laterales de pendiente 1,5m H:1m V, y 10 cm de espesor. La excavación de la cuneta se realizará sobre la capa de cubierta, con retirada de material sobrante y reperfilado final, para dotarla de pendiente adecuada.

Colocación de 244 m de bajante prefabricada de hormigón HA-25 ligeramente armado, con ancho útil de 30 cm y calado de 20 cm Se fijarán en el talud sobre un lecho de hormigón en masa HM-20 y se acompañarán lateralmente de tierra.

Se construirán 4 vados de hormigón armado para el desagüe de las cunetas a través del camino perimetral de la era, como se observa en el *Plano A.2-AI-17, Red de recogida de aguas superficiales*. Estos vados estarán formados por una losa de hormigón armado HA-25, con dimensiones de 4 m de anchura, 6 m de longitud y espesor de 20 cm, con una diferencia de cota en el centro de 20 cm.



7.2.5. ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS

Como actuaciones complementarias a la remodelación de la era de lixiviación estática, para concluir su desmantelamiento, se realizarán otras, como son el acondicionamiento de un camino perimetral a la era y el abonado y siembra final de la superficie.

El camino perimetral de la era de lixiviación estática se realizará en todo el contorno, con una longitud de 1.350 m, con una anchura de 4 m y pendiente transversal de desagüe hacia el exterior de la era. Para mejorar su superficie se realizará una regulación del terreno natural y se colocará una capa de 30 cm de material de raña, humectada y compactada.

Sobre la superficie resultante de la retirada de los materiales estériles que constituyen las explanadas situadas frente a la nave taller se extenderá una capa de 30 cm de espesor de rañas.

Para facilitar la implantación de la vegetación sobre la capa de cubierta, se realizará el abonado mediante la distribución de fertilizante adecuado, para que sirva como nutrientes de las plantas, así como el pase de rotovator a los primeros 10 cm superficiales.

Finalmente, se llevará a cabo la siembra del total de la superficie de la Era remodelada y el resto de superficies afectadas (14,8 ha) con una mezcla de semillas con especies herbáceas, y arbustivas apropiadas, similares, en principio, a las utilizadas para la restauración de las eras Elefante y las explotaciones mineras. Se pasará el rodillo para el perfilado y asentado definitivo de la superficie.



8. PLAN DE ENSAYOS DE MATERIALES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Para el control de los materiales de construcción de la barrera impermeable se desarrollará un programa de puntos de inspección que, básica e inicialmente, incluirá los siguientes ensayos a realizar sobre los materiales que la integran, tanto en la impermeabilización del vaso del recinto de confinamiento, como en la capa de sellado de la Era Quercus desmantelada.

8.1. VASO DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO

- **Geotextil de polipropileno de 300g/m²**

A continuación se relacionen las características que deberá cumplir el geotextil de protección utilizado para evitar el punzonamiento de la geomembrana (lámina).

Tabla 8.1. Características del geotextil de 300 g/m²

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Peso unitario	g/m ²	UNE EN 9864	≥ 300
Espesor bajo carga 2kN/m ²	mm	UNE EN 9863	≥ 2
Resistencia CBR	N	UNE EN ISO 12236	≥ 2.000
Resistencia a tracción (*)	kN/m	UNE EN ISO 10319/1	≥ 4
Elongación a rotura (*)	%	EN-ISO-10319/1	≥ 50
Perforación caída libre de cono	mm	UNE EN 13433	≤ 23

(*) En ambos sentidos

Además, se deberá solicitar al fabricante el certificado de análisis genérico por lote que contendrá, al menos, los mismos parámetros citados en la tabla anterior.

- Controles previos a la instalación

La frecuencia de la toma de muestras del geotextil será la que se indica en la Tabla 8.2.



Tabla 8.2. Número de muestreos en función de la superficie

SUPERFICIE DE LÁMINA A INSTALAR	Nº MÍNIMO DE MUESTREOS
$m^2 \leq 50.000$	1
$50.000 < m^2 \leq 200.000$	2
$m^2 > 200.000$	3

- **Geomembrana de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor**

Las geomembranas deberán cumplir las características definidas en la Tabla 8.3. Así mismo, deberán poseer el marcado CE según la norma UNE- EN-13361 y certificado de análisis de control de calidad por cada uno de los rollos de material puesto en obra aportado por el fabricante.

Tabla 8.3. Características de las láminas de polietileno

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Densidad	g/cm ³	UNE EN ISO 1183-1	> 0,940
Espesor	mm	UNE EN 1849-2	2 ± 10%
Alargamiento en el punto de fluencia *	%	UNE EN 527-3	≥ 8
Resistencia a la tracción*	MPa	UNE EN 527-3	≥ 26
Tracción en el límite elástico	MPa	UNE EN 527-3	≥ 16
Alargamiento en el punto de rotura	%	UNE EN 527-3	≥ 700
Índice de fluidez	g/10 min.	UNE EN ISO 1133	< 1,00
Resistencia al punzonamiento estático CBR	kN	EN-ISO-12236	≥ 3,5

(*) En ambos sentidos

Controles previos a la instalación

La frecuencia de la toma de muestras de la geomembrana de PEAD será la que se indica en la Tabla 8.4.



Tabla 8.4. Número de muestreos en función de la superficie

SUPERFICIE DE LÁMINA A INSTALAR	Nº MÍNIMO DE MUESTREOS
$\leq 10.000\text{m}^2$	1
$10.000 < \text{m}^2 \leq 50.000$	2
$50.000 < \text{m}^2 \leq 200.000$	3
> 200.000	4

– Controles durante la instalación

Tabla 8.5. Controles, inspecciones y ensayos a realizar durante la instalación de la lámina

CONTROLES INSPECCIONES Y ENSAYOS A REALIZAR	UNIDAD DE MUESTREO TEÓRICA	UNIDAD DE MUESTREO REAL (*)	TOTAL ENSAYOS	OBSERVACIONES
Control de documentación exigida al solicitar el suministro	100 %			Certificados standard y normas aplicables
Control de recepción en obra	100 %			Inspección, cuantitativa y cualitativa
Control de distribución	100 %			Inspección
Montaje incluyendo uniones	100 %			
Control de recepción de documentación exigida	100 %			Certificados
Ensayo de estanqueidad de soldadura con canal central	100 %			Normativa aplicable
Ensayo de soldadura por extrusión	100 %			Normas aplicables
Resto de soldaduras	100 %			Normas aplicables
Inspección soldaduras	100 %			
Ensayos destructivos de pelado	Inicio de cada turno			Mínimo 2 ensayos inicio y final de paño
Inspección soldaduras	100 %			
Documentación de protocolos y ensayos realizados	100 %			Informe final de Obra

(*) La Unidad de muestreo real será la indicada por la Dirección de Obra



- **Arcosas empleadas en las capas de impermeabilización.**

Las arcosas empleadas en la construcción de las capas de impermeabilización se someterán a los siguientes ensayos y controles:

TABLA 8.6. Ensayos de control topográfico y geotécnico, Arcosas en capa

CONTROL	ENSAYO	VALOR	ACTUACIÓN
Espesor	Controles topográficos	≈ 30 cm	Ajustar altura
25.000 m ³ (caracterización)	Proctor normal: 1 ensayo (UNE 103500) → Densidad máxima (1)	Referencias	---
	Granulometría finos: 1 ensayo (UNE 103101) → Paso por el tamiz ASTM-200	≥ 15 %	Mezcla o rechazo
	Límites de Atterberg : 1 ensayo (UNE 103103 y 103104) → Índice de plasticidad	≥ 12	Mezcla o rechazo
5.000 m ²	Determinaciones “in situ”: → Densidad (UNE 103503)	≥ 90 % de (1)	Mayor compactación Riegos o aireación
Cada 5 ha	Capacidad de infiltración (infiltrómetro) → Conductividad hidráulica	≤ 1 · 10 ⁻⁴ cm/s	Mayor compactación
50.000 m ³ (información)	Triaxial: 1 ensayo (UNE 103402) → Permeabilidad → Ángulo de rozamiento interno → Cohesión	Información	---

- **Geotextil de polipropileno de 150 g/m²**

Dentro de los geotextiles, el de filtro no es tan importante, por lo tanto no se considera necesaria su analítica específica sobre muestras tomadas en obra. Los valores mínimos exigidos, que se muestran en la Tabla 8.7, se controlarán por el certificado de los ensayos de calidad que el fabricante realiza por cada lote de fabricación.



Tabla 8.7. Características de los geotextiles de polipropileno de 150 g/m²

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Peso unitario	g/m ²	UNE EN 9864	150 (± 10%)
Espesor bajo carga 2kN/m ²	mm	UNE EN 9863	≥ 1,2
Resistencia CBR	N	UNE EN ISO 12236	≥ 1.500
Resistencia a tracción (*)	KN/m	UNE EN ISO 10319/1	≥ 4
Elongación a rotura (*)	%	EN-ISO-10319/1	≥ 50
Perforación caída libre de cono	mm	UNE EN 13433	≤ 40

(*) En ambos sentidos

8.2. MULTICAPA DE CUBIERTA DE LA ERA QUERCUS

- **Geomembrana de polietileno de alta densidad**

Las geomembranas deberán cumplir las características definidas en la Tabla 8.8. Así mismo, deberán poseer el marcado CE según la norma UNE- EN-13361 y certificado de calidad por cada uno de los rollos de material puesto en obra aportado por el fabricante.

Tabla 8.8. Características de las láminas de polietileno

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Densidad	g/cm ³	UNE EN ISO 1183-1	> 0,940
Espesor	mm	UNE EN 1849-2	2 ± 10%
Alargamiento en el punto de fluencia *	%	UNE EN 527-3	≥ 8
Resistencia a la tracción*	MPa	UNE EN 527-3	≥ 26
Tracción en el límite elástico	MPa	UNE EN 527-3	≥ 16
Alargamiento en el punto de rotura	%	UNE EN 527-3	≥ 700
Índice de fluidez	g/10 min	UNE EN ISO 1133	< 1,00
Resistencia al punzonamiento estático CBR	kN	EN-ISO-12236	≥ 3,5

(*) En ambos sentidos



– Controles previos a la instalación

La frecuencia de la toma de muestras de la geomembrana de PEAD será la que se indica en la Tabla 8.9.

Tabla 8.9. Número de muestreos en función de la superficie

SUPERFICIE DE LÁMINA A INSTALAR	Nº MÍNIMO DE MUESTREOS
$\leq 10.000\text{m}^2$	1
$10.000 < \text{m}^2 \leq 50.000$	2
$50.000 < \text{m}^2 \leq 200.000$	3
> 200.000	4



Controles durante la instalación

Tabla 8.10. Controles en la lámina durante la instalación

CONTROLES INSPECCIONES Y ENSAYOS A REALIZAR	UD. DE MUESTREO TEÓRICA	UD. DE MUESTREO REAL (*)	TOTAL ENSAYOS	OBSERVACIONES
Control de documentación exigida al solicitar el suministro	100 %			Certificados standard y normas aplicables
Control de recepción en obra	100 %			Inspección, cuantitativa y cualitativa
Control de distribución	100 %			Inspección
Montaje incluyendo uniones	100 %			
Control de recepción de documentación exigida	100 %			Certificados
Ensayo de estanqueidad de soldadura con canal central	100 %			Normativa aplicable
Ensayo de soldadura por extrusión	100 %			Normas aplicables
Resto de soldaduras	100 %			Normas aplicables
Inspección soldaduras	100 %			
Ensayos destructivos de pelado	Inicio de cada turno			Mínimo 2 ensayos inicio y final de paño
Inspección soldaduras	100 %			
Documentación de protocolos y ensayos realizados	100 %			Informe final de Obra

(*) La Unidad de muestreo real será la indicada por la Dirección de Obra

- **Geotextil de polipropileno de 300 g/m²**

Las características más importantes a tener en cuenta en un geotextil de protección es aquella que mide la protección de la geomembrana (lámina) contra el punzonamiento.



Tabla 8.11. Características del geotextil de 300 g/m²

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Peso unitario	g/m ²	UNE EN 9864	≥ 300
Espesor bajo carga 2kN/m ²	mm	UNE EN 964	≥ 2
Resistencia CBR	N	UNE EN ISO 12236	≥ 2.000
Resistencia a tracción (*)	kN/m	UNE EN ISO 10319/1	≥ 4
Elongación a rotura (*)	%	EN-ISO-10319/1	≥ 50
Perforación caída libre de cono	mm	UNE EN 13433	≤ 23

Además, se deberá solicitar al fabricante el certificado de los ensayos de calidad genéricos por lote que contendrá, al menos, los parámetros enumerados en la tabla anterior.

- Controles previos a la instalación

La frecuencia de la toma de muestras del geotextil será la que se indica en la Tabla 8.12.

Tabla 8.12. Número de muestreos en función de la superficie

SUPERFICIE DE LÁMINA A INSTALAR	Nº MÍNIMO DE MUESTREOS
$m^2 \leq 50.000$	1
$50.000 < m^2 \leq 200.000$	2
$m^2 > 200.000$	3

- **Arcosas empleadas en las capas de impermeabilización.**

Las arcosas empleadas en la construcción de las capas de impermeabilización se someterán a los siguientes ensayos y controles:



Tabla 8.13. Ensayos de control topográfico y geotécnico en las capas de arcosas

CONTROL	ENSAYO	VALOR	ACTUACIÓN
Espesor	Controles topográficos	≈ 30 cm	Ajustar altura
25.000 m ³ (caracterización)	Proctor normal: 1 ensayo (UNE 103500) → Densidad máxima (1)	Referencias	---
	Granulometría finos: 1 ensayo (UNE 103101) → Paso por el tamiz ASTM-200	≥ 15 %	Mezcla o rechazo
	Límites de Atterberg : 1 ensayo (UNE 103103 y 103104) → Índice de plasticidad	≥ 12	Mezcla o rechazo
5.000 m ²	Determinaciones “in situ”: → Densidad (UNE 103503; ASTM D 2922/96; ASTM d 3017/96)	≥ 90 % de (1)	Mayor compactación Riegos o aireación
Cada 5 ha	Capacidad de infiltración (infiltrómetro) → Conductividad hidráulica	≤ 1·10 ⁻⁴ cm/s	Mayor compactación
200.000 m ³ (información)	Triaxial: 1 ensayo (UNE 103402) → Permeabilidad → Ángulo de rozamiento interno → Cohesión	Información	---

- **Capa de protección y drenaje de pluviales, material granular.**

Tabla 8.14. Ensayos de control topográfico y geotécnico. Material granular en capa

CONTROL	ENSAYO	VALOR	ACTUACIÓN
Espesor	Controles topográficos	≈ 30 cm	Ajustar altura
25.000 m ³ (caracterización)	Granulometría finos: 1 ensayo UNE (1mm)Cernido por el tamiz UNE (1mm)	≤ 10 %	Mezcla o rechazo

- **Geotextil de polipropileno de 150 g/m²**

Dentro de los geotextiles, el de filtro no es tan importante, por lo tanto no se considera necesaria su analítica específica sobre muestras tomadas en obra. Los valores mínimos



exigidos, que se muestran en la Tabla 8.15, se controlarán por el certificado de los ensayos de calidad que el fabricante realiza por cada lote de fabricación.

Tabla 8.15. Características del geotextil de polipropileno

PARÁMETRO	UNIDAD	NORMA	VALOR MÍNIMO
Peso unitario	g/m ²	UNE EN 9864	150 (± 10%)
Espesor bajo carga 2kN/m ²	mm	UNE EN 9863	≥ 1,2
Resistencia CBR	N	UNE EN ISO 12236	≥ 1.500
Resistencia a tracción (*)	kN/m	UNE EN ISO 10319/1	≥ 4
Elongación a rotura (*)	%	EN-ISO-10319/1	≥ 50
Perforación caída libre de cono	mm	UNE EN 13433	≤ 40

(*) En ambos sentidos

- **Material de la capa de cubierta**

Se prevé la utilización de materiales tipo raña procedente de un préstamo del interior de las instalaciones mineras, a los que, en caso necesario, se le podrían añadir suelos artificiales (tecnosoles). Estos materiales se someterán al siguiente control:

Tabla 8.16. Ensayos a realizar en los materiales de cubierta

CONTROL	ENSAYO	VALOR	ACTUACIÓN
Espesor	Controles topográficos	≈ 60 cm	Ajustar altura

- Caracterización radiológica de la capa final de cubierta

La caracterización radiológica de la última capa de cubierta será realizada mediante radiometría, toma de muestras de suelos para la determinación de Ra-226 y la medida de exhalación de radón.

- La radiometría (tasa de radiación gamma ambiental) se llevará a cabo con escintilómetro SPP-2, con medidas continuas a 1 m de altura del suelo, separadas unos



25 m, cubriendo la extensión total de la última capa para comprobar el blindaje de la multicapa de cubierta.

- Los valores de Radio - 226 en suelos se controlará mediante análisis de muestras del material sobre la capa ya extendida. Se realizará la toma de muestra en un punto por cada hectárea de extensión de la superficie de la Era remodelada y en cada punto se tomarán dos muestras, una a una profundidad entre 0 y 15 cm y otra situada entre 15 y 30 cm de profundidad.
- La determinación de la exhalación de radón se realizará mediante la instalación de 5 cartuchos de carbón activo en cada punto, abarcando un área aproximada de 1 m², durante 24 h, a razón de un conjunto de 5 cartuchos colectores por cada hectárea de superficie de capa extendida.

En la Tabla 8.17. se indica el límite de los valores para cada uno de los parámetros analizados sobre la última capa de cubierta.

Tabla 8.17. Parámetros para el control radiológico en la capa de protección y drenaje

PARÁMETRO		LÍMITE	UNIDAD
Tasa de radiación Gamma Ambiental		0,183	μSv/h
SUELOS (Ra-226)	Entre 0 y 15 cm	330	Bq/kg
	Entre 15 y 30 cm	696	Bq/kg
Exhalación de radón en suelos		1,89	Bq/m ² ·s



9. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL

Las actividades correspondientes a la vigilancia y control del recinto de confinamiento y de la era restaurada estarán incluidas en el Programa de Vigilancia y Control para el cumplimiento del desmantelamiento, cuya propuesta se enviará oportunamente.



10. SEGURIDAD Y SALUD

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, que incorpora la Directiva 89/391/CEE, establece un cuerpo básico de garantías y responsabilidades para lograr un adecuado nivel de protección de los trabajadores frente a los peligros derivados de las condiciones de trabajo, y constituye la base de toda la normativa posterior relativa a la seguridad y salud en el trabajo.

Posteriormente la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, vino a subrayar como objetivos combatir de manera activa la siniestralidad laboral y fomentar una auténtica cultura de la prevención de los riesgos en el trabajo que asegure el cumplimiento efectivo y real de las obligaciones preventivas y proscriba el cumplimiento meramente formal o documental de tales obligaciones.

Además el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. En base a dicho R.D. se redacta el presente documento cuya finalidad es establecer una actuación preventiva y eficaz respecto a los riesgos laborales que puedan presentarse durante los trabajos de desmantelamiento de la Planta Quercus

La mencionada acción preventiva se consigue mediante la planificación, puesta en práctica, seguimiento y control de medidas de seguridad y salud integradas en las distintas fases del proceso de desmantelamiento.

En el Anexo II del Proyecto General de Desmantelamiento se incluye un Avance del Plan de Seguridad y Salud que aplicaría a los trabajos de desmantelamiento de la Planta Quercus y que deberá integrarse en la documentación de Seguridad y Salud del Centro de Trabajo de Saelices el Chico previamente al comienzo de los trabajos.



11. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Según se establece en el artículo 4.1 del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición; *Además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, el productor de residuos de construcción y demolición deberá cumplir con las siguientes obligaciones: a) Incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo: 1.º Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.*

En respuesta a este requerimiento se elabora el citado Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en el ANEXO III del Documento A de la Solicitud de Desmantelamiento y Cierre de la Planta Quercus, dentro de la cual se integra el presente proyecto, para todas las actividades correspondientes al Desmantelamiento y Cierre de la Planta Quercus y que son básicamente:

- Retirada y gestión de residuos.
- Eliminación de acometidas (agua, electricidad, etc.)
- Desmantelamiento de instalaciones para reutilizar o gestionar como residuos.
- Demolición de estructuras de obra civil y hormigón (zapatas, riostras y cimientos)
- Confinamiento final de residuos en depósito dentro del propio emplazamiento.
- Remodelación final del emplazamiento.
- Colocación de capas de cobertura.
- Siembra e integración paisajística.



12. PLAN DE OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN

12.1. PLAN DE OBRA

El Programa de las Actuaciones supone el desarrollo analítico y matemático de la Planificación y la Programación de la obra. En ella se tiene en cuenta todos los medios técnicos y humanos necesarios para la realización de las actividades, así como la duración, comienzo y terminación de las mismas, estableciéndose la interdependencia entre ellas.

La programación se realiza a partir de las actividades de la ejecución y las mediciones de estas para obtener la duración estimada de los trabajos y el plazo de ejecución, aunque este pueda variar en función de la estacionalidad, condiciones meteorológicas de la zona de actuación, maquinaria y mano de obra utilizada y actuaciones auxiliares necesarias.

Los parámetros tenidos en cuenta para la elaboración de este Programa de Actuaciones de la oferta variante han sido los siguientes:

Las principales actuaciones a realizar son:

Recinto de confinamiento

- Sellado de sondeos existentes
- Desbroce del terreno y talado de árboles
- Excavación del recinto de confinamiento
- Drenaje de base del recinto de confinamiento
- Arqueta, zanja y tubería de lixiviados
- Limpieza del borde de lámina PEAD existente
- Colocación de capa de arcosas como capa de impermeabilización natural
- Instalación geotextil de protección 300 g/m²



- Instalación de lámina PEAD 2mm
- Instalación geotextil de protección 300 g/m²
- Colocación de capa de arcosas
- Colocación de capa de rodadura
- Relleno de huecos en residuos del recinto
- Sellado del recinto con lámina PEAD y geotextil de protección inferior y superior

Era de lixiviación estática

- Movimiento de materiales.
- Afino de la superficie.
- Limpieza del perímetro de la lámina existente
- Colocación de la capa de arcosas
- Instalación de lámina PEAD y geotextil de protección inferior y superior.
- Colocación de la capa de drenaje
- Colocación de capa de cubierta vegetal
- Construcción de cunetas, bajantes y badenes.
- Abonado del suelo y siembra de la superficie restaurada.

Los trabajos de ejecución se realizarán en coordinación con el Servicio de Protección Radiológica de ENUSA así como con las actuaciones derivadas del desmantelamiento de la Planta Quercus.

El equipo de movimiento de tierra estará integrado por:

- 2 Retroexcavadoras.
- 1 Bulldozer
- 8 Camiones Dumper de 14 m³.
- 1 Rodillo compactador.



- 1 Retropala mixta.
- 1 Cuba de riego.

El equipo necesario para realizar las tareas de impermeabilización estará formado por:

- Jefe de equipo.
- Oficial de primera.
- 3 ayudantes.

- Máquina de soldadura de lámina PEAD por cuña caliente.
- Máquina de soldadura de lámina PEAD por extrusión.
- Sierra radial.
- Vehículo todo terreno.
- 2 gatos y un tubo para desenrollar lámina.
- Grupo electrógeno.

El equipo necesario para la construcción de la red de drenaje estará formado por:

- Retropala mixta
- Camión hormigonera
- 2 Oficiales 1ª
- 1 Peón



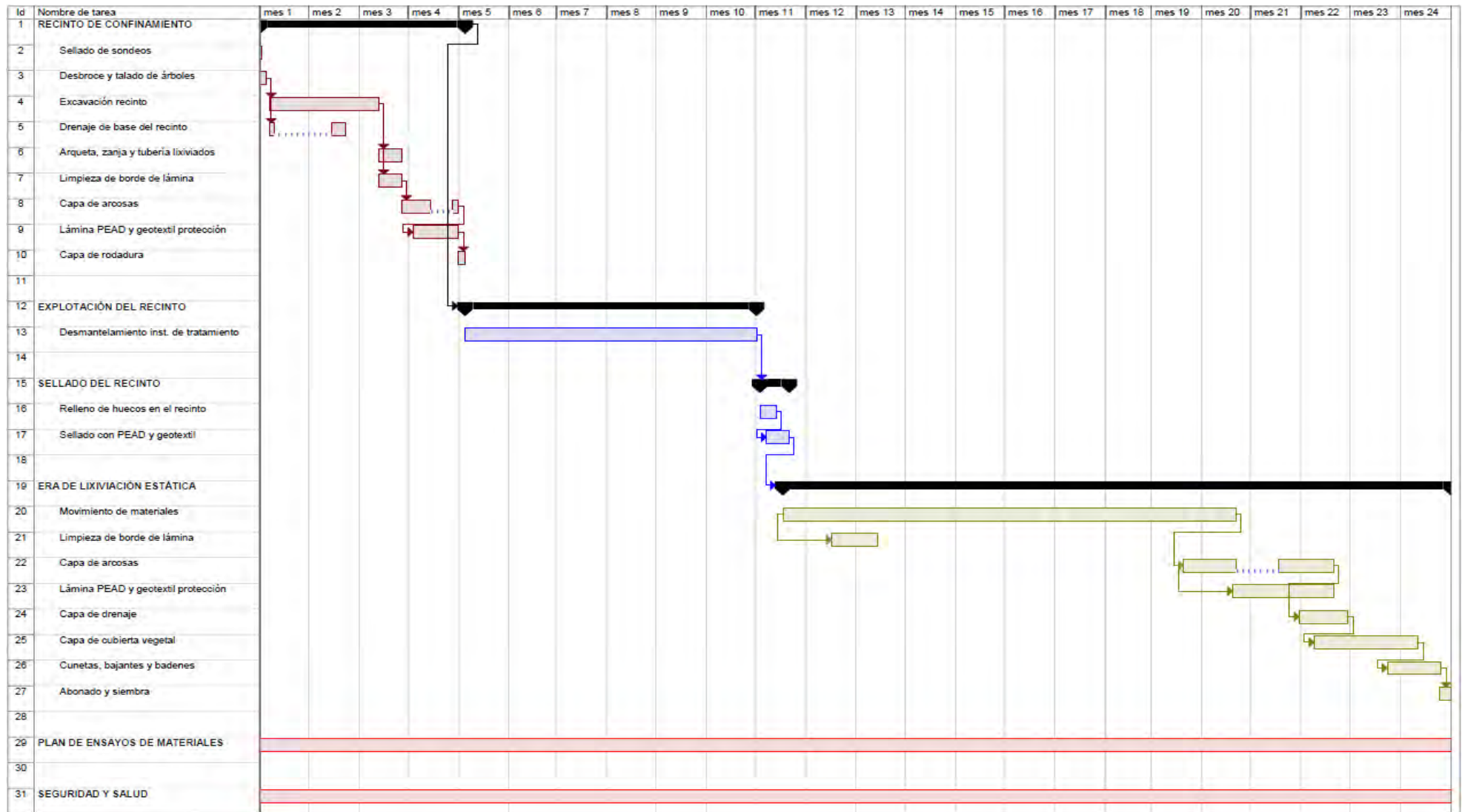
12.2. CRONOGRAMA Y PLAZO DE EJECUCIÓN

En base a todos los parámetros expuestos en el apartado anterior, se han estimado los rendimientos que se obtendrán en la ejecución de las principales actividades a realizar en la obra y se han obtenido los plazos parciales de ejecución de las mismas.

En función de los tiempos estimados, se ha establecido un cronograma de ejecución de obras. De esta forma se ha obtenido una programación de los trabajos con unas holguras temporales suficientes para no afectar a la planificación establecida.

En el cronograma de actividades que se incluye a continuación, mediante Diagrama de Gantt General, se expresa la secuencia y duración de los distintos trabajos, con indicación de los plazos parciales en la ejecución de la obra, así como las relaciones e interdependencias entre las distintas actividades.

Una vez analizada la secuencia de ejecución de las diferentes tareas y contemplado los solapamientos en interacciones entre las mismas, se ha obtenido, inicialmente, un **Plazo Total de Ejecución de veinticuatro (24) meses**.



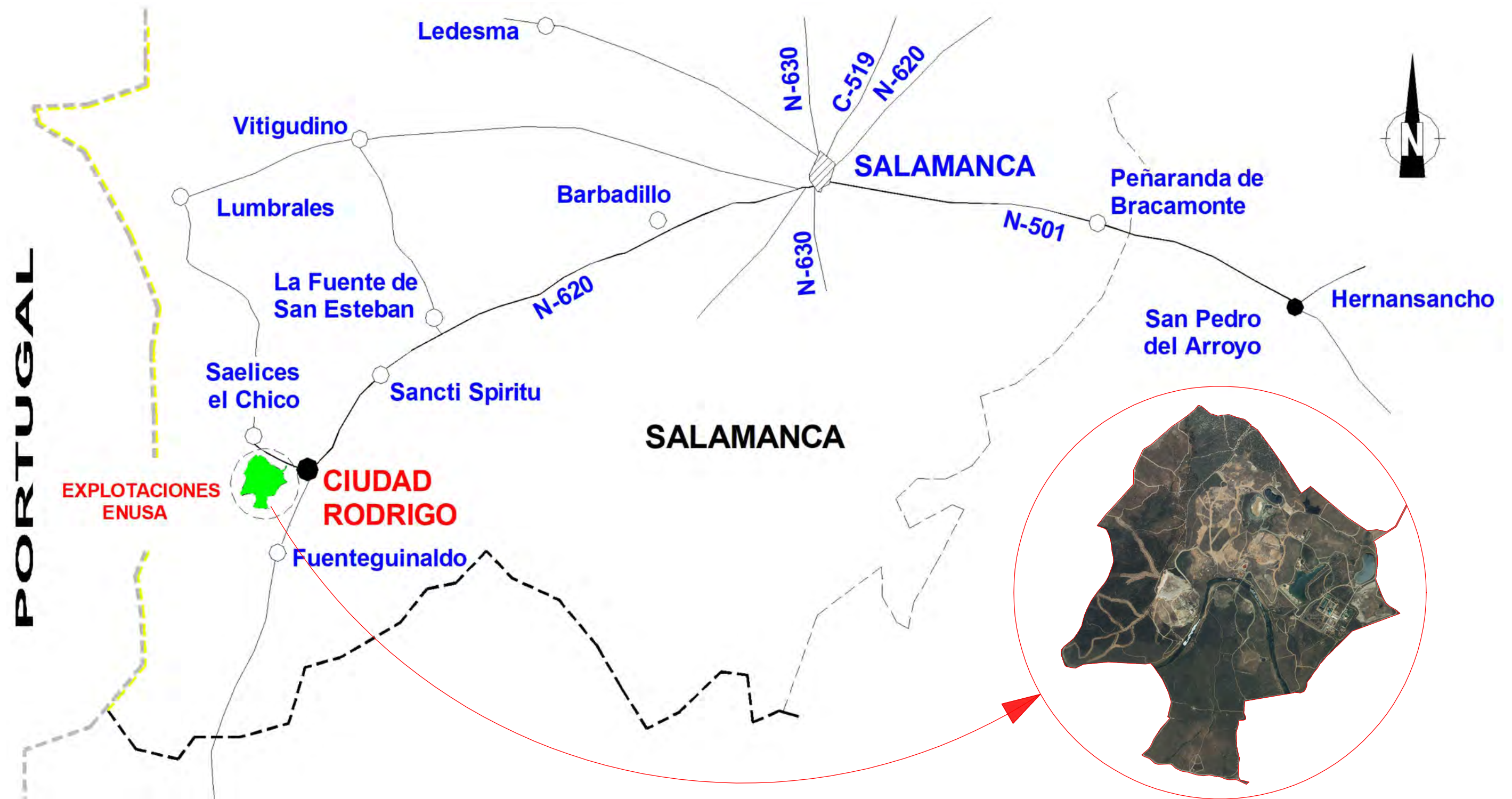


ÍNDICE DE PLANOS

Plano A.2-AI-1 :	Plano del Emplazamiento. Limites (Regional)
Plano A.2-AI-1.1:	Situación General de las Áreas de Actuación dentro de las EE.MM.
Plano A.2-AI-2 :	Estado Actual Era de Lixiviación y Áreas de Actuación Proyectada.
Plano A.2-AI-2.1 :	Estado Actual Era de Lixiviación y Áreas de Actuación Proyectada. Ortofoto.
Plano A.2-AI-3 :	Áreas de Desbroce y Limpieza de Estéril de Relleno.
Plano A.2-AI-4 :	Recinto de Confinamiento (Rasante de Excavación)
Plano A.2-AI-4.1 :	Recinto de Confinamiento (Movimiento de Tierras)
Plano A.2-AI-5 :	Recinto de Confinamiento (Drenaje Perimetral)
Plano A.2-AI-6 :	Recinto de Confinamiento (Impermeabilización del Vaso)
Plano A.2-AI-7 :	Recinto de Confinamiento (Drenaje de Lixiviados)
Plano A.2-AI-8 :	Recinto de Confinamiento. Detalles Constructivos en planta
Plano A.2-AI-8.1:	Recinto de Confinamiento. Detalles Constructivos en perfil
Plano A.2-AI-8.2:	Recinto de Confinamiento. Detalles Constructivos en perfil
Plano A.2-AI-9 :	Recinto de Confinamiento. Plan de Explotación (Vista en Planta)
Plano A.2-AI-9.1 :	Recinto de Confinamiento. Plan de Explotación (Sección Material Confinado)
Plano A.2-AI-10 :	Recinto de Confinamiento (Sellado del Recinto)
Plano A.2-AI-11 :	Área de Ampliación Impermeabilizada.
Plano A.2-AI-12 :	Perfiles Transversales – Situación.
Plano A.2-AI-12.1 :	Perfiles Transversales
Plano A.2-AI-12.2 :	Perfiles Transversales
Plano A.2-AI-12.3 :	Perfil Longitudinal.
Plano A.2-AI-12.4 :	Secuencias de Trabajo.
Plano A.2-AI-12.5 :	Secuencias de Trabajo.
Plano A.2-AI-12.6 :	Secuencias de Trabajo.



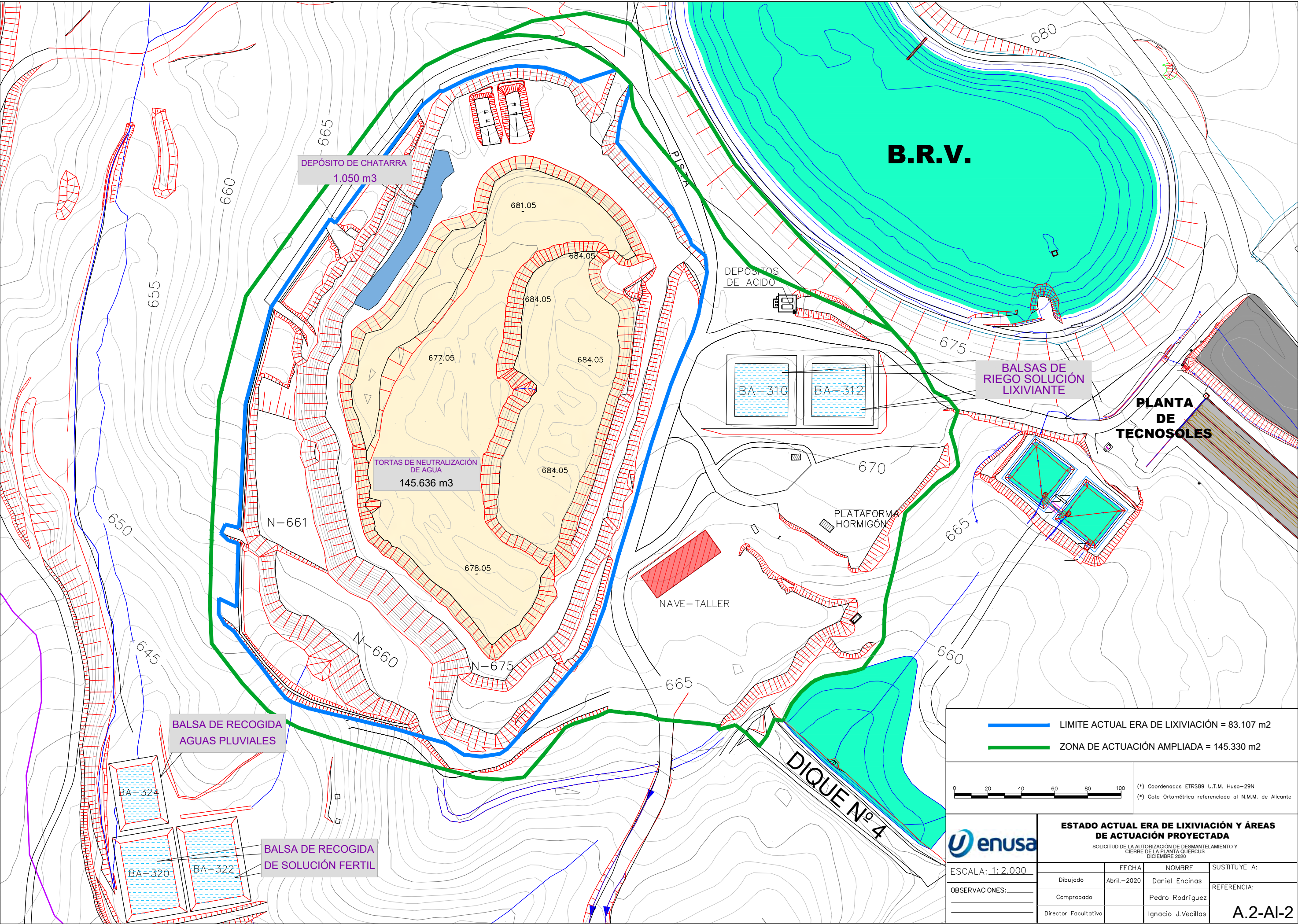
Plano A.2-AI-12.7 :	Secuencias de Trabajo.
Plano A.2-AI-13 :	Remodelación Topográfica de Materiales de la Era de Lixiviación Estática y del Recinto de Confinamiento.
Plano A.2-AI-14 :	Recinto de Confinamiento y Era (Estabilización de Materiales)
Plano A.2-AI-15 :	Movimiento de Materiales para la Remodelación de la Era de Lixiviación.
Plano A.2-AI-16 :	Era de Lixiviación Remodelada. Topografía Final con Capas de Cobertura.
Plano A.2-AI-17 :	Era de Lixiviación Remodelada. Red de Recogida de Aguas Superficiales.
Plano A.2-AI-17.1 :	Era de Lixiviación Restaurada. Detalle de Descarga de Lixiviados y Pluviales.
Plano A.2-AI-18 :	Era de Lixiviación Restaurada. Detalles Constructivos.

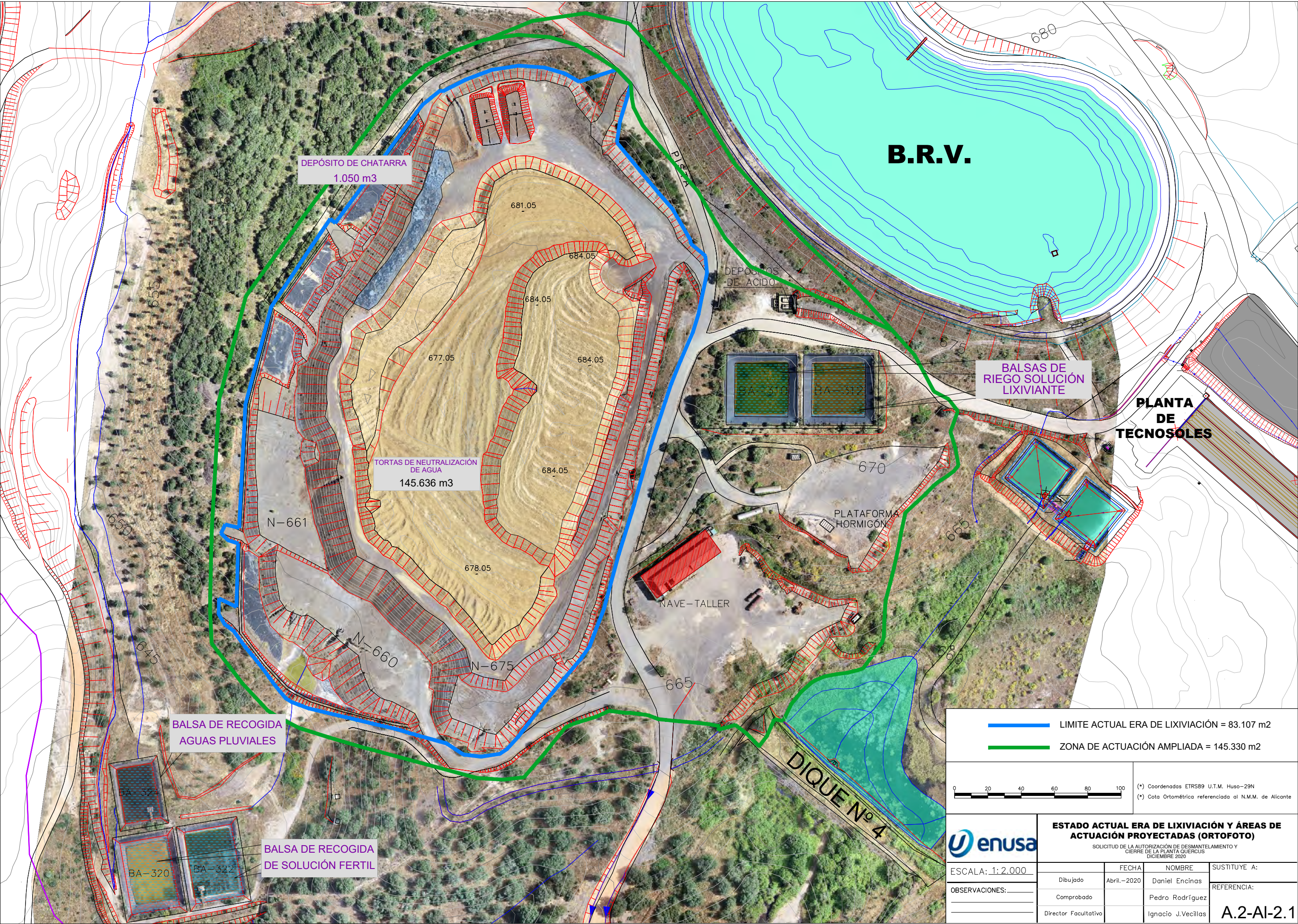


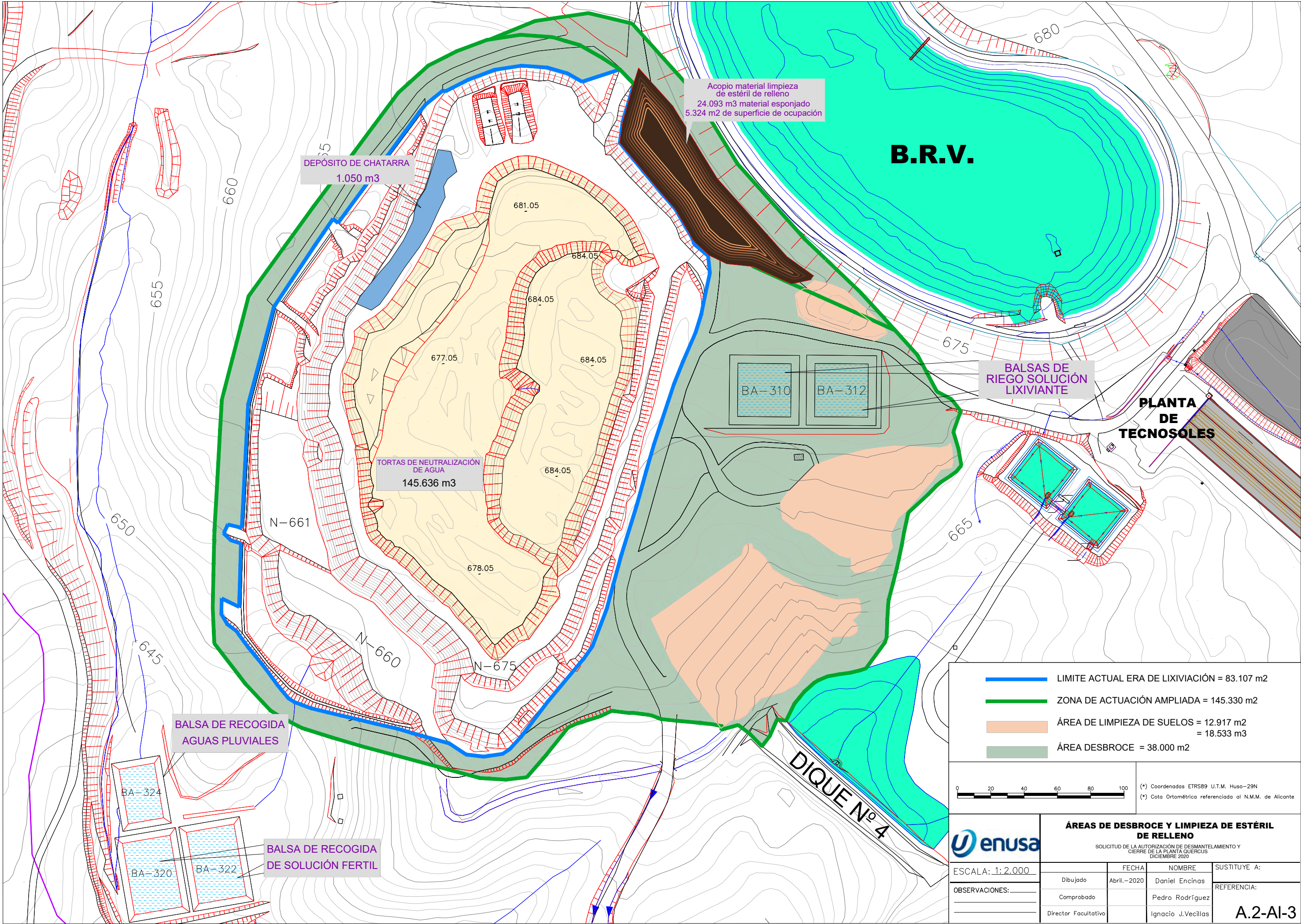
PLANO DE EMPLAZAMIENTO. LÍMITES (REGIONAL)
SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020

ESCALA: N/E	Dibujado	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
OBSERVACIONES:	Comprobado	Abril.-2020	Daniel Encinas	REFERENCIA:
	Director Facultativo		Pedro Rodríguez	
			Ignacio J. Vecillas	

A.2-AI-1



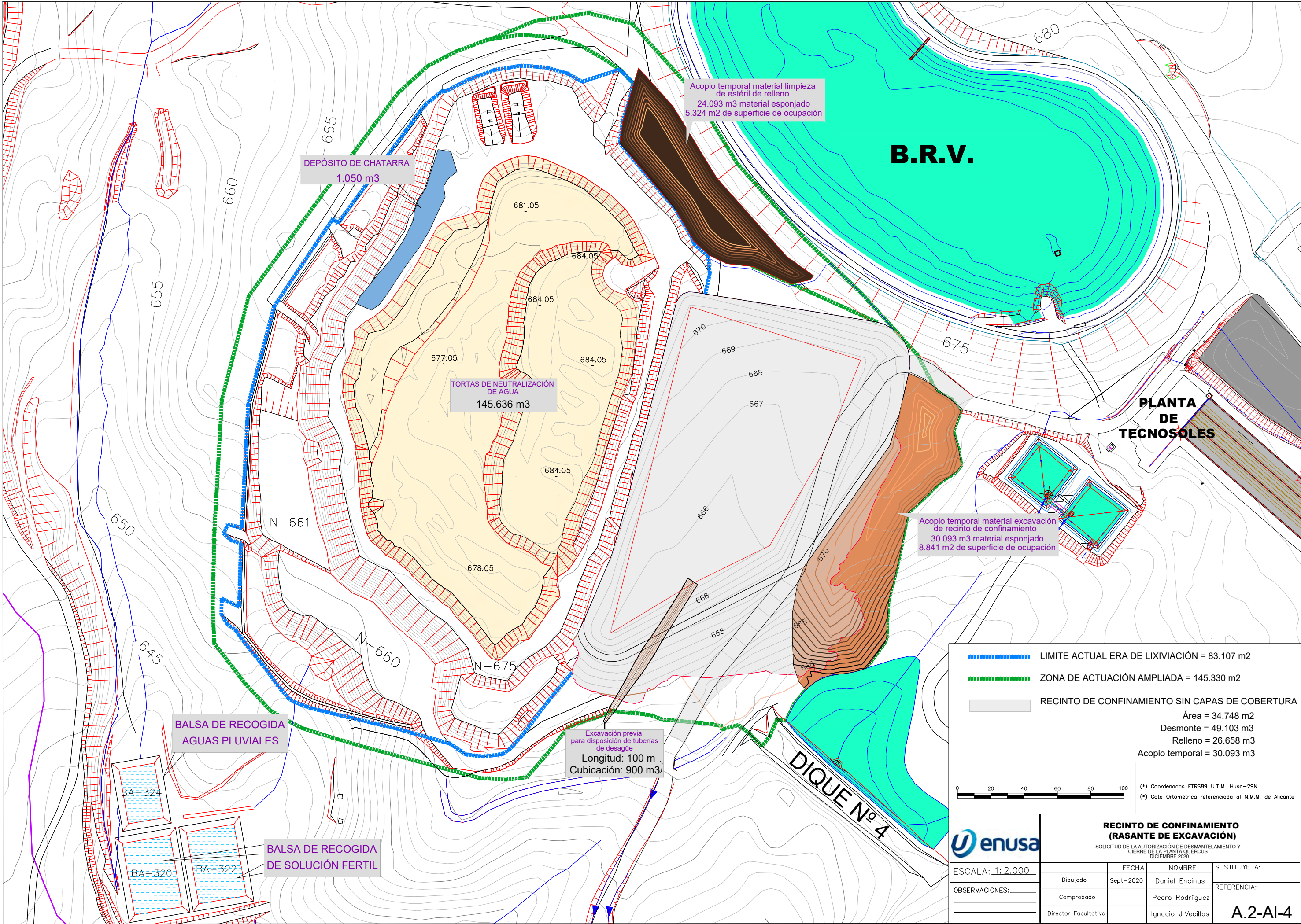




	LIMITE ACTUAL ERA DE LIXIVIACIÓN = 83.107 m2
	ZONA DE ACTUACIÓN AMPLIADA = 145.330 m2
	ÁREA DE LIMPIEZA DE SUELOS = 12.917 m2 = 18.533 m3
	ÁREA DESBROCE = 38.000 m2

	(*) Coordenadas ETRS89 U.T.M. Huso-29N (*) Cota Ortométrica referenciada al N.M.M. de Alicante
--	---

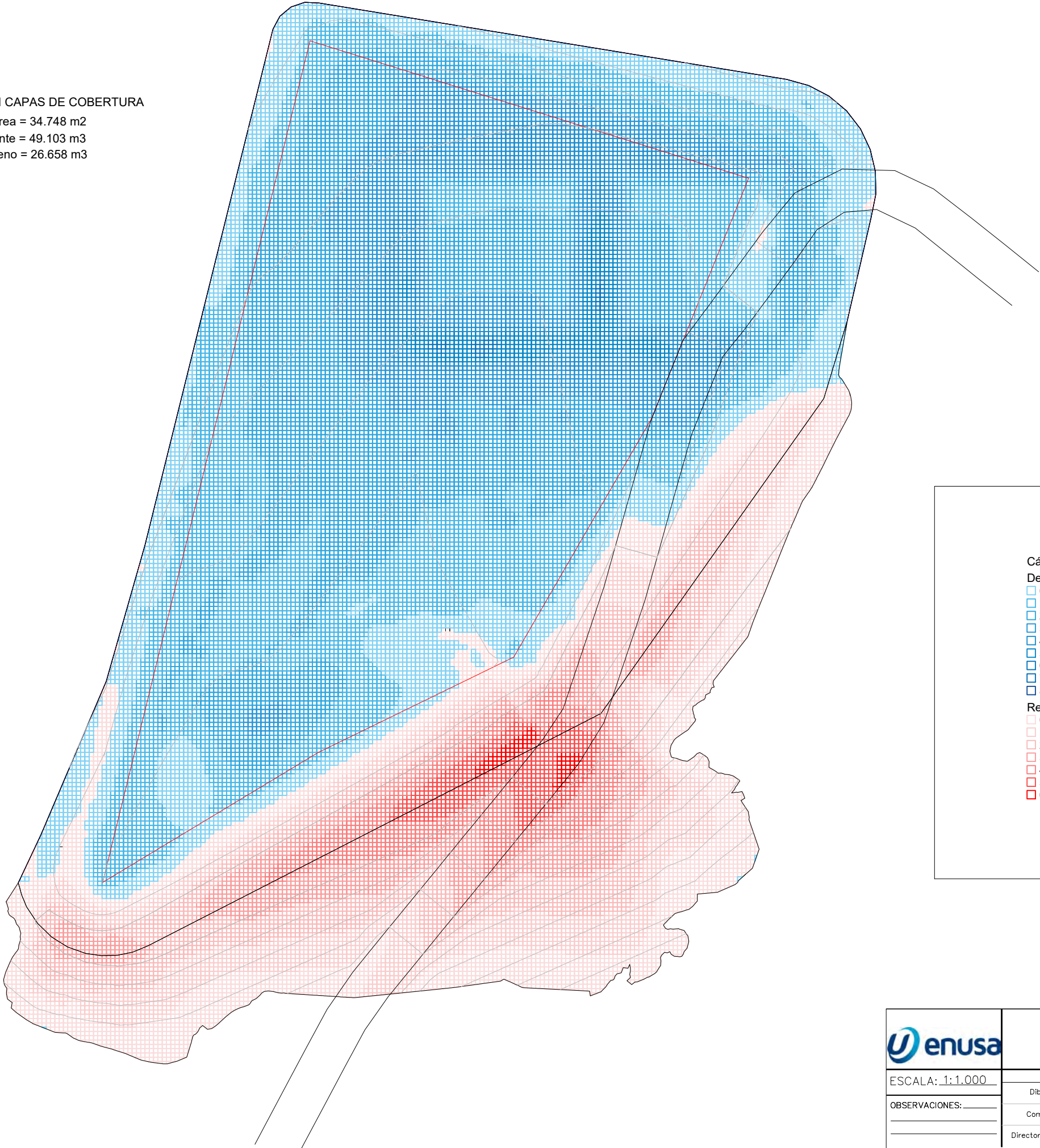
ÁREAS DE DESBROCE Y LIMPIEZA DE ESTÉRIL DE RELLENO				
SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020				
ESCALA: 1:2.000	Dibujado	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
OBSERVACIONES:	Comprobado	Abril.-2020	Daniel Encinas	REFERENCIA:
	Director Facultativo		Pedro Rodríguez	
			Ignacio J.Vecillas	
				A.2-AI-3



	RECINTO DE CONFINAMIENTO (RASANTE DE EXCAVACIÓN) SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020			
	ESCALA: 1:2.000	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
	OBSERVACIONES:	Dibujado	Daniel Encinas	REFERENCIA:
		Comprobado	Pedro Rodríguez	
		Director Facultativo	Ignacio J. Vecillas	A.2-AI-4

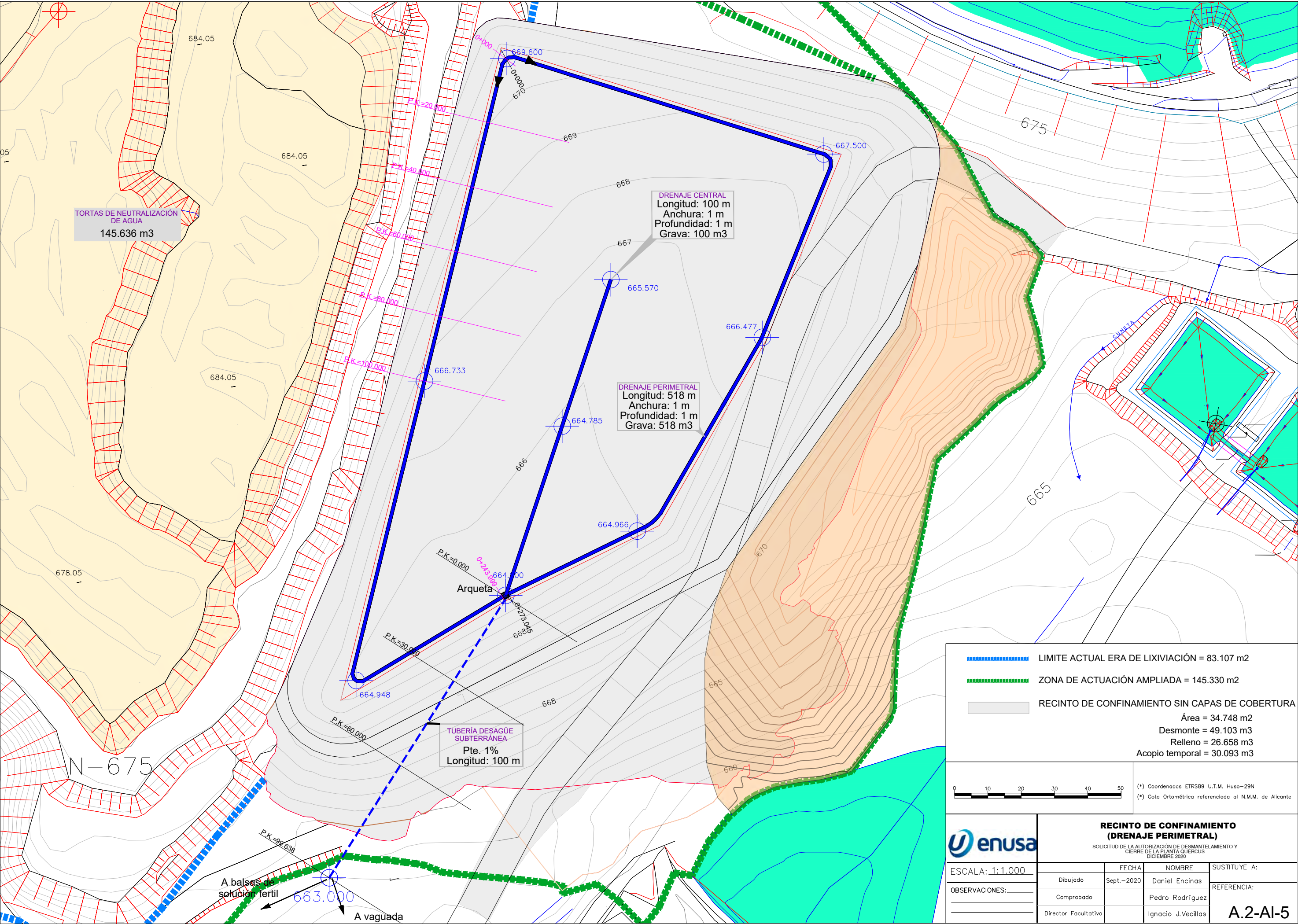
RECINTO DE CONFINAMIENTO SIN CAPAS DE COBERTURA

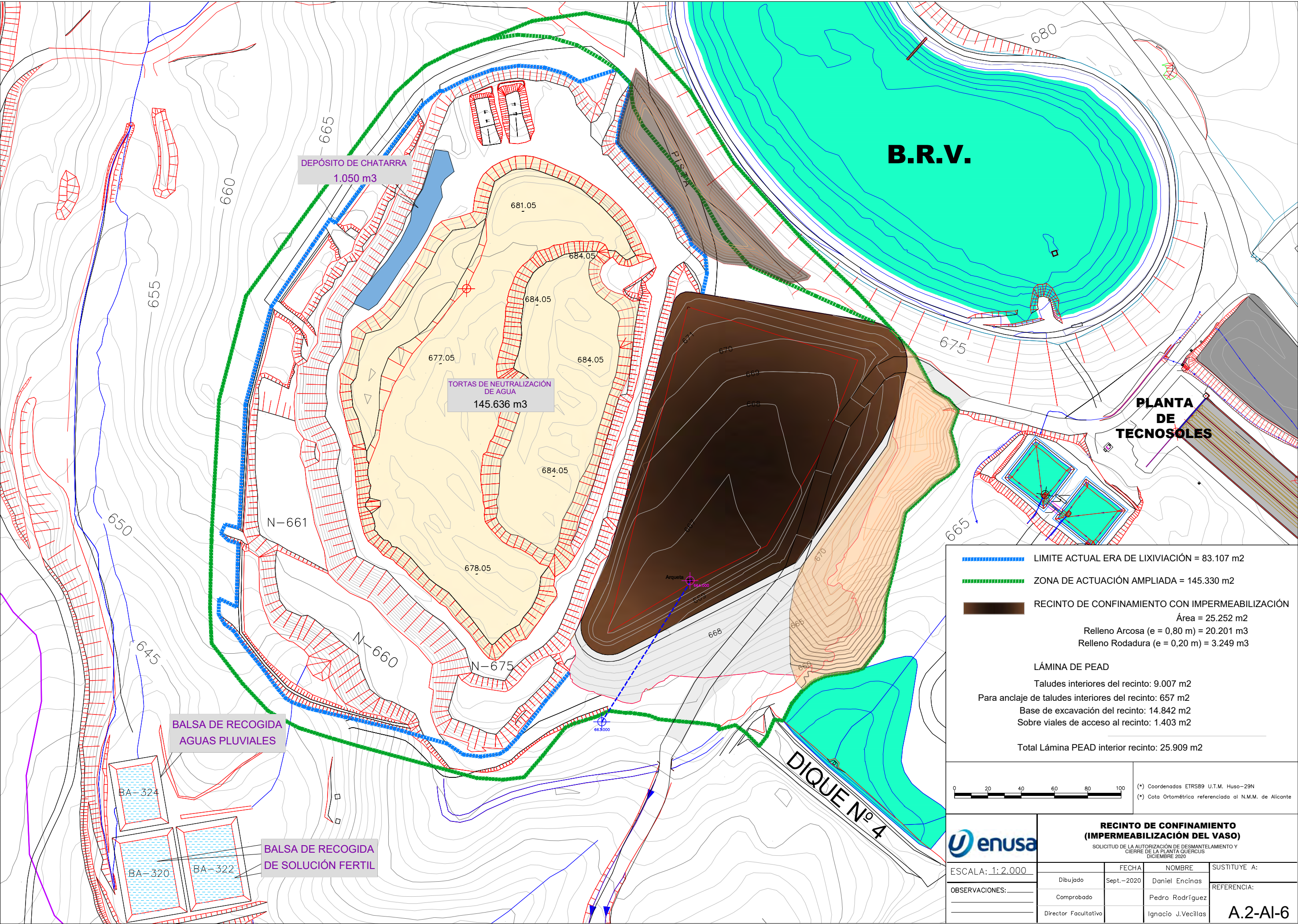
Área = 34.748 m2
Desmante = 49.103 m3
Relleno = 26.658 m3

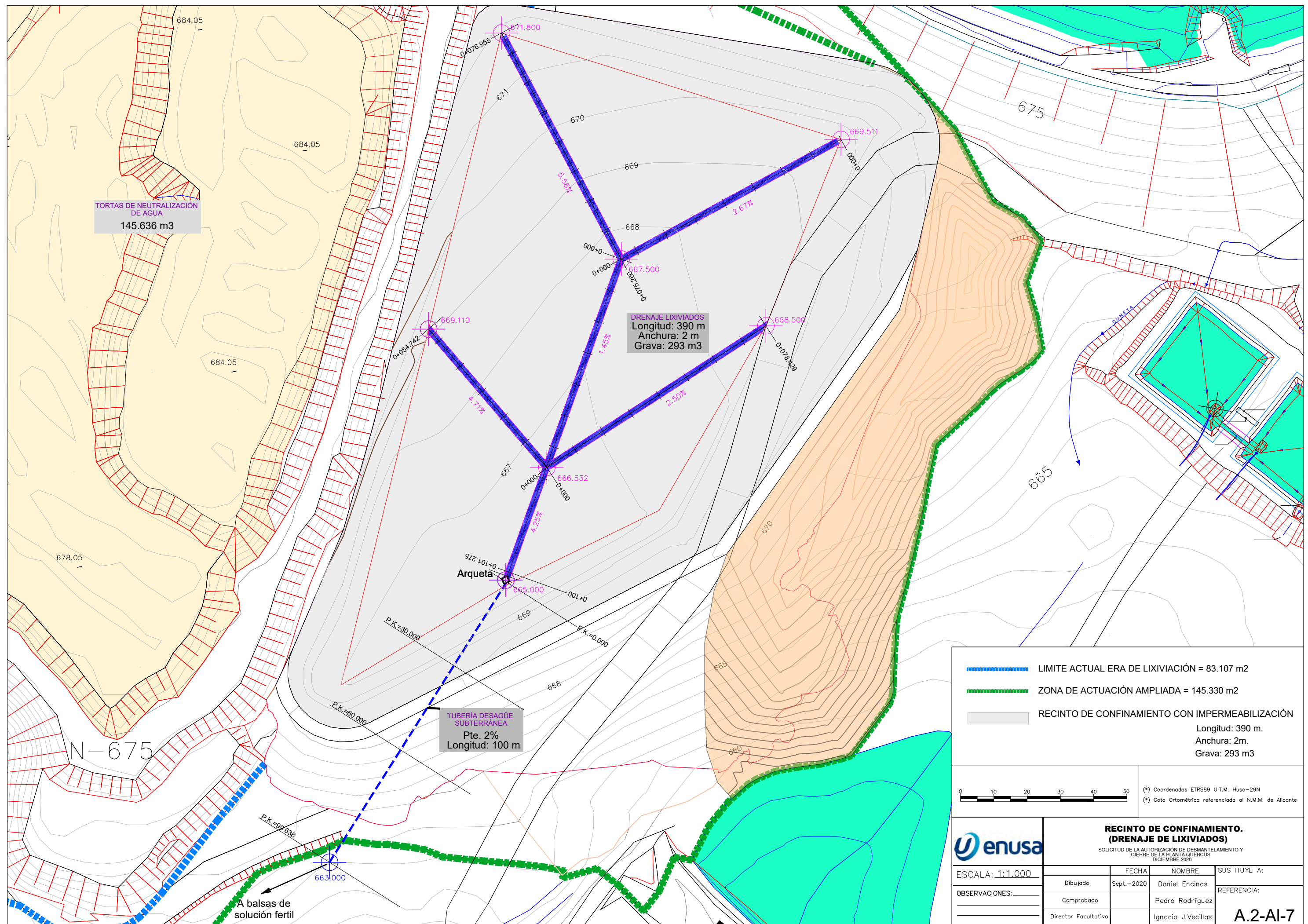


Cálculo de Volumen	
Desmante	
0.00 - 1.00	
1.00 - 2.00	
2.00 - 3.00	
3.00 - 4.00	
4.00 - 5.00	
5.00 - 6.00	
6.00 - 7.00	
7.00 - 8.00	
8.00 - 9.00	
Relleno	
0.00 - 1.00	
1.00 - 2.00	
2.00 - 3.00	
3.00 - 4.00	
4.00 - 5.00	
5.00 - 6.00	
6.00 - 7.00	

	RECINTO DE CONFINAMIENTO (MOVIMIENTO DE TIERRAS)		
	SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020		
	ESCALA: 1:1.000	FECHA	NOMBRE
	OBSERVACIONES: _____	Dibujado	SUSTITUYE A:
		Sept.-2020	Daniel Encinas
		Comprobado	Pedro Rodríguez
		Director Facultativo	Ignacio J.Vecillas
			REFERENCIA:
			A.2-AI-4.1

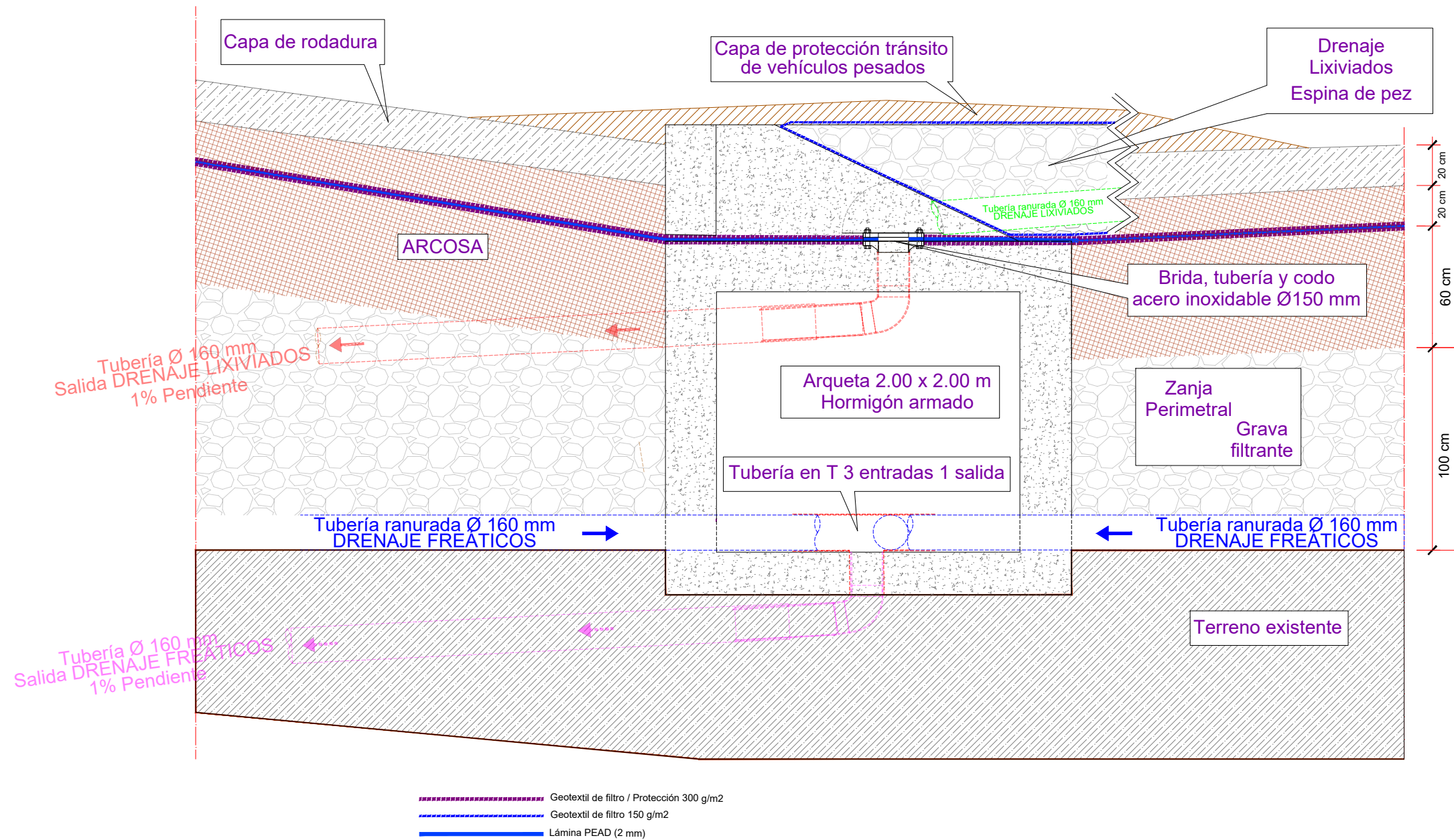




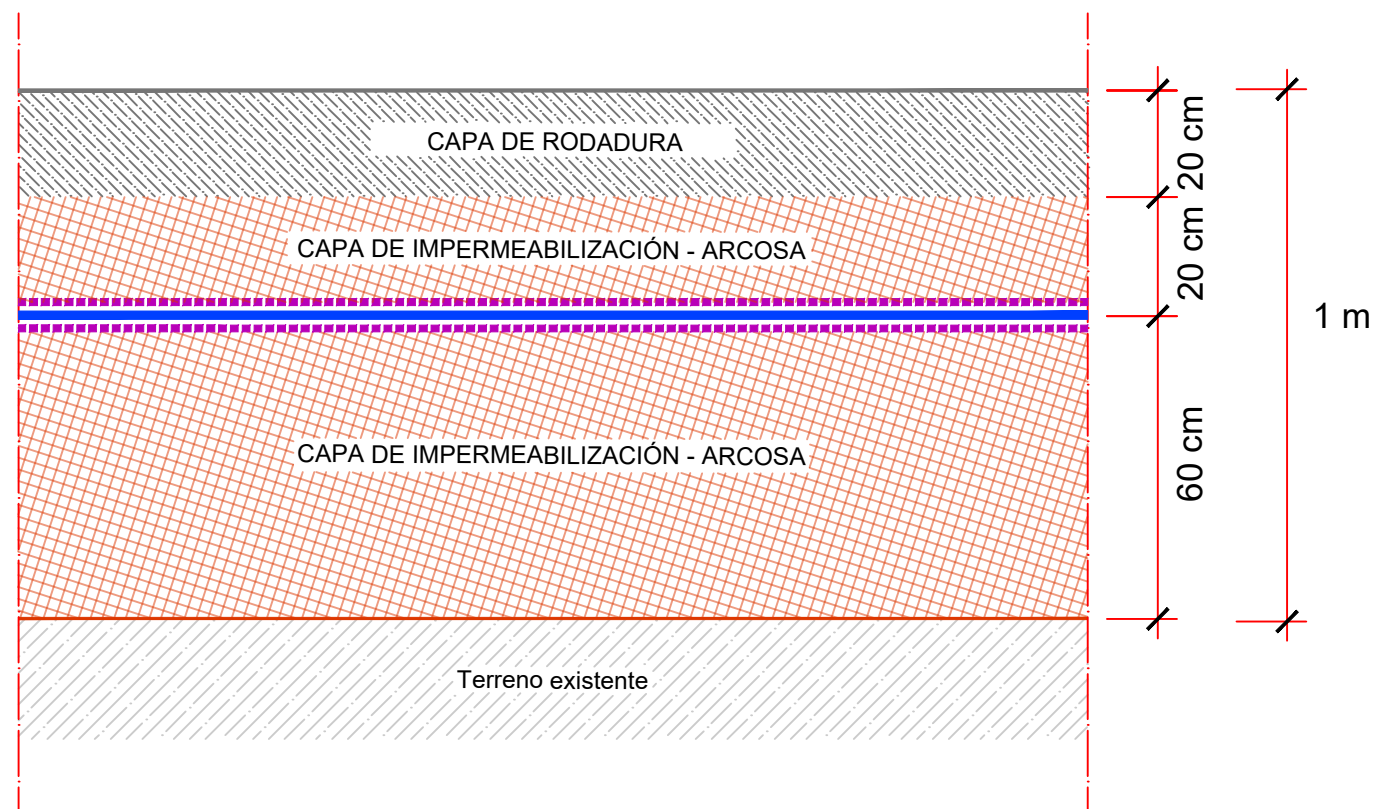




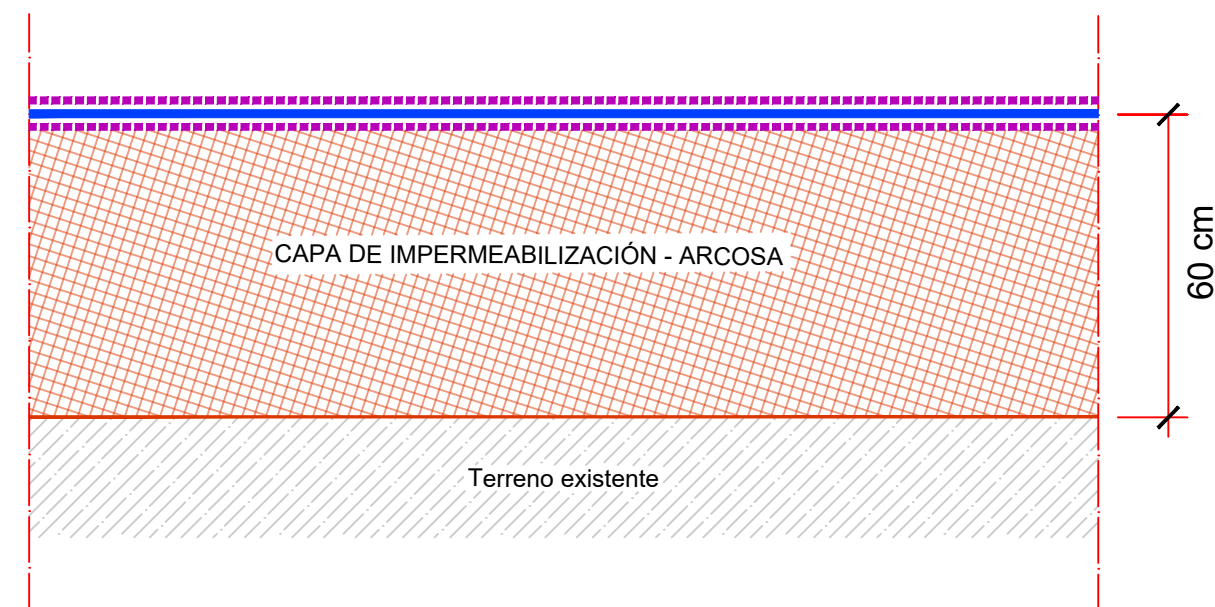
A.2-AI-8



	RECINTO DE CONFINAMIENTO. DETALLES CONSTRUCTIVOS EN PERFIL <small>SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020</small>			
	ESCALA: 1:250	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
	OBSERVACIONES:	Dibujado	Diciem.-2020	Daniel Encinas
		Comprobado		Pedro Rodríguez
		Director Facultativo		Ignacio J.Vecillas
				REFERENCIA:
				A.2-AI-8.1



DETALLE DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL VASO
DEL RECINTO DE CONFINAMIENTO



DETALLE DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL VASO
ZONA DE AMPLIACIÓN DE LA ERA

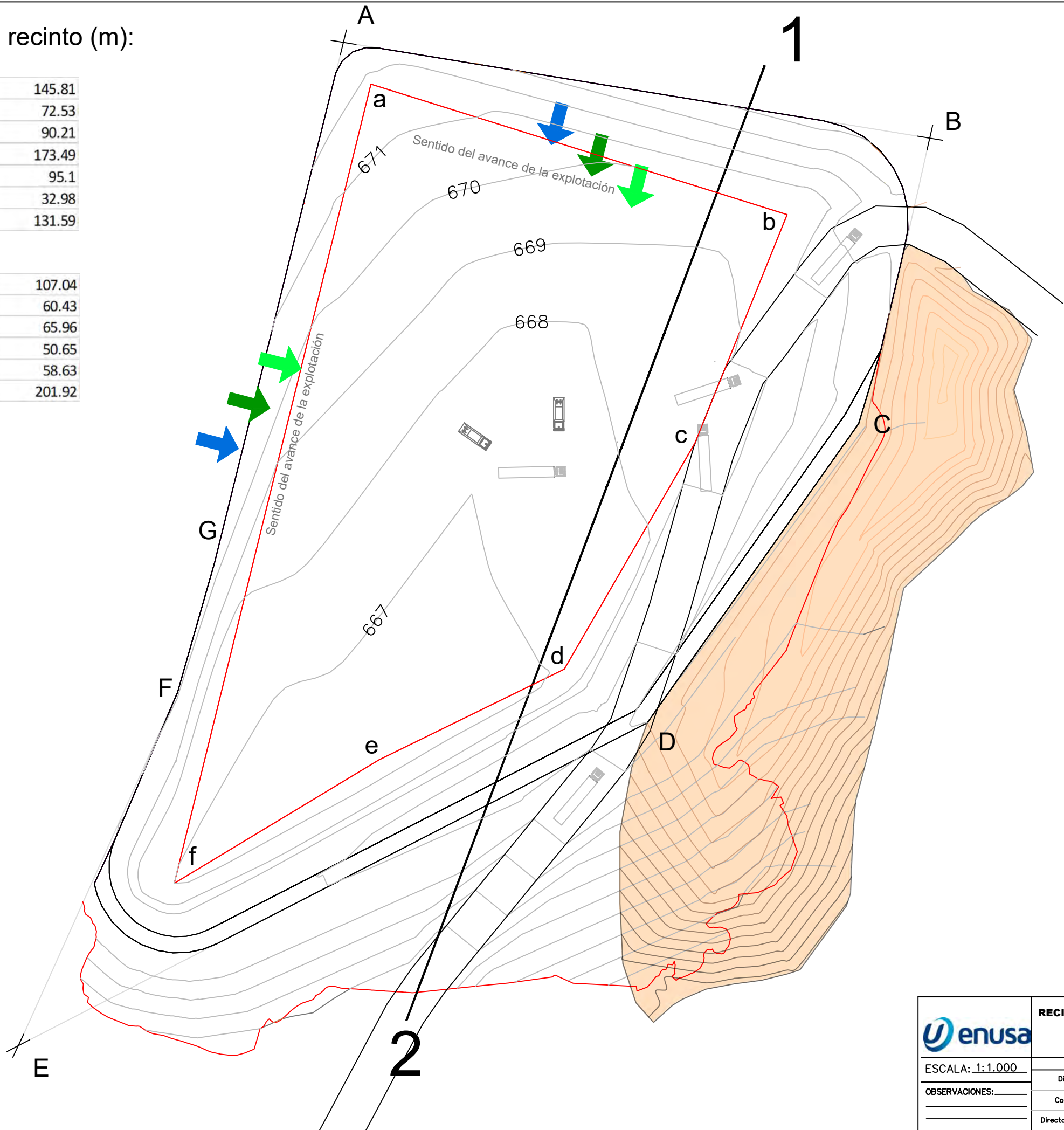
..... Geotextil de filtro / Protección 300 g/m2
———— Lámina PEAD (2 mm)

	RECINTO DE CONFINAMIENTO. DETALLES CONSTRUCTIVOS EN PERFIL <small>SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020</small>			
	ESCALA: S/E	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
	OBSERVACIONES:	Dibujado	Diciem.-2020	Daniel Encinas
		Comprobado	Pedro Rodríguez	REFERENCIA:
		Director Facultativo	Ignacio J.Vecillas	A.2-AI-8.2

Dimensiones recinto (m):

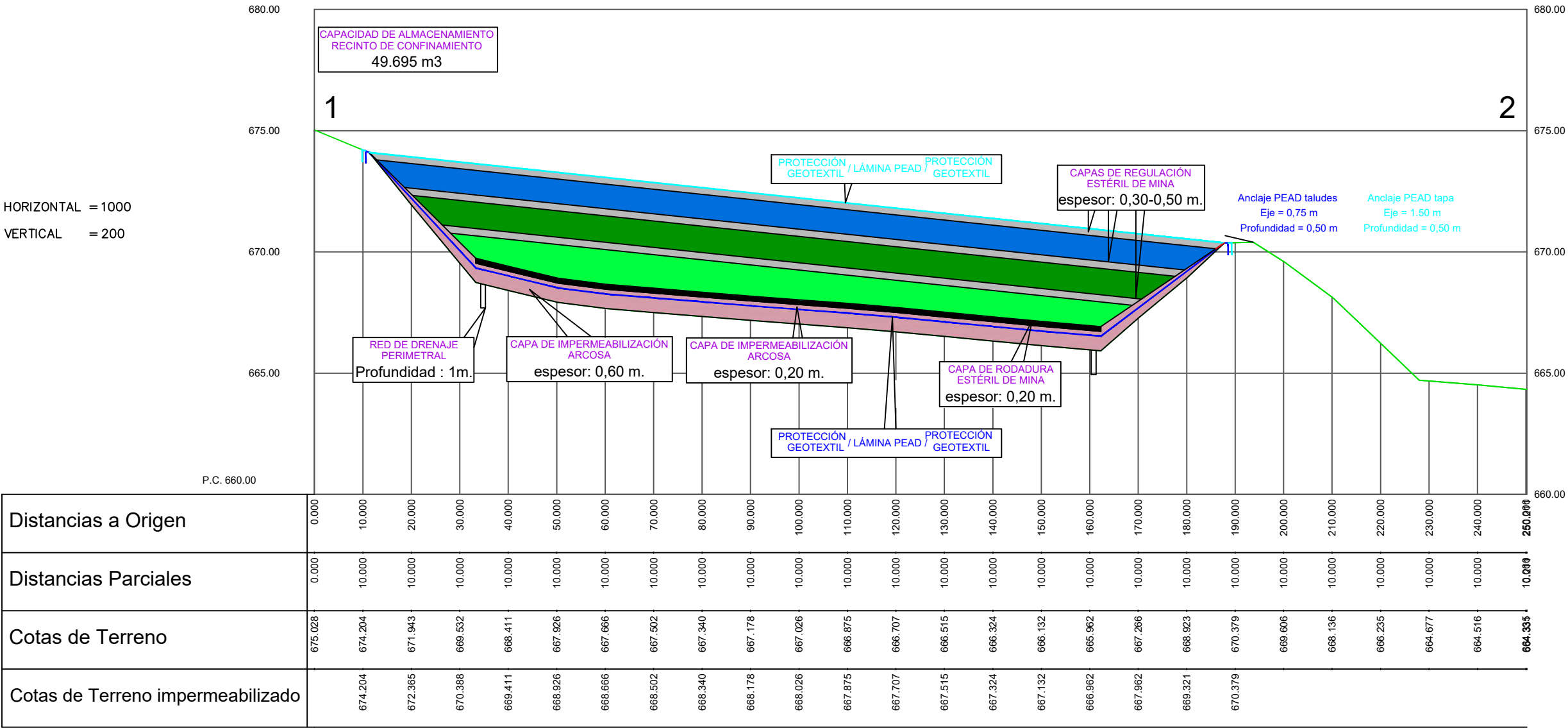
A-B	145.81
B-C	72.53
C-D	90.21
D-E	173.49
E-F	95.1
F-G	32.98
G-A	131.59

a-b	107.04
b-c	60.43
c-d	65.96
d-e	50.65
e-f	58.63
f-a	201.92



	RECINTO DE CONFINAMIENTO. PLAN DE EXPLOTACIÓN (VISTA EN PLANTA)			
	SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020			
ESCALA: 1:1.000	Dibujado	Sept.-2020	Daniel Encinas	SUSTITUYE A:
OBSERVACIONES:	Comprobado		Pedro Rodríguez	REFERENCIA:
	Director Facultativo		Ignacio J.Vecillas	A.2-AI-9

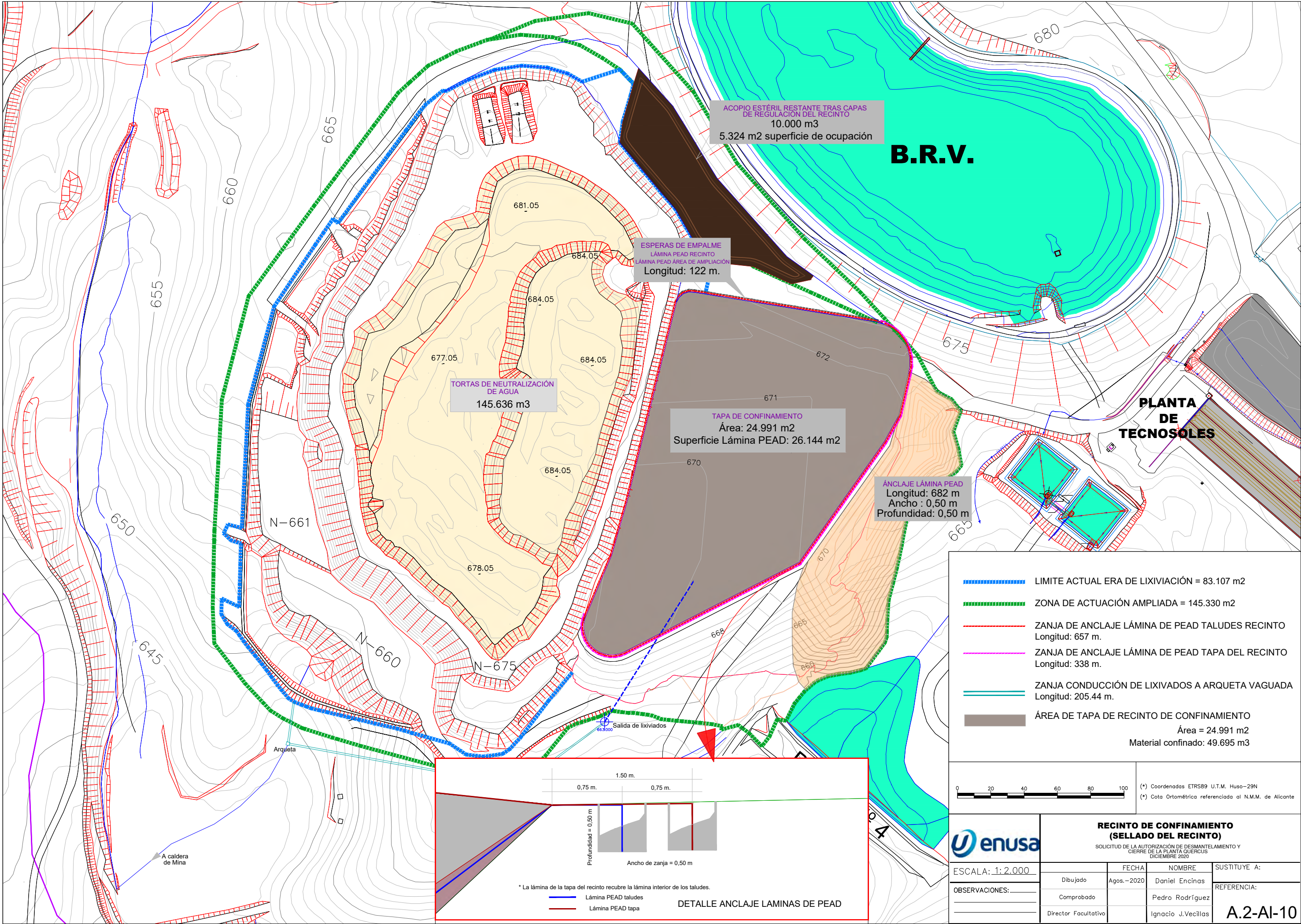
ESCALAS { HORIZONTAL = 1000
VERTICAL = 200

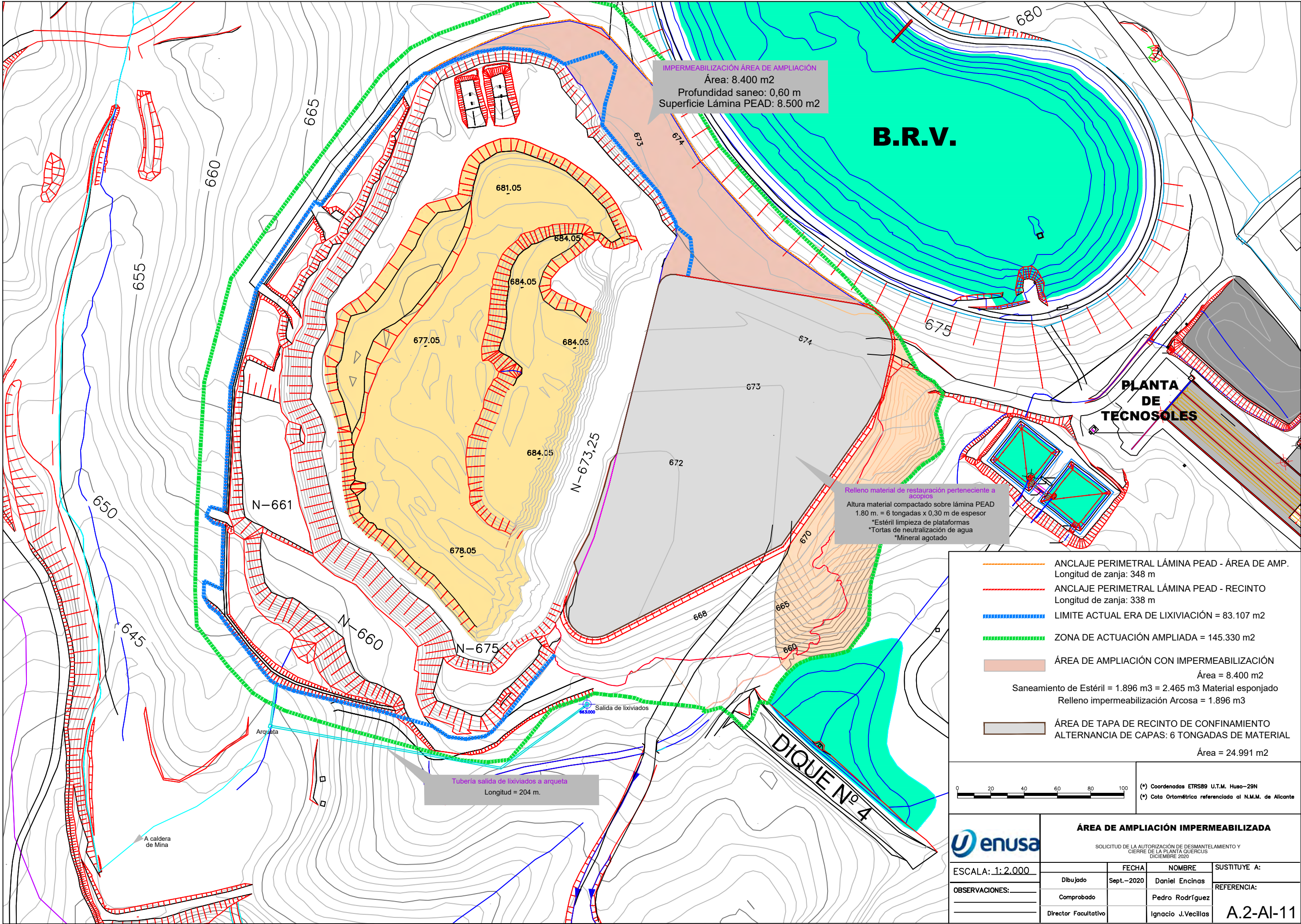


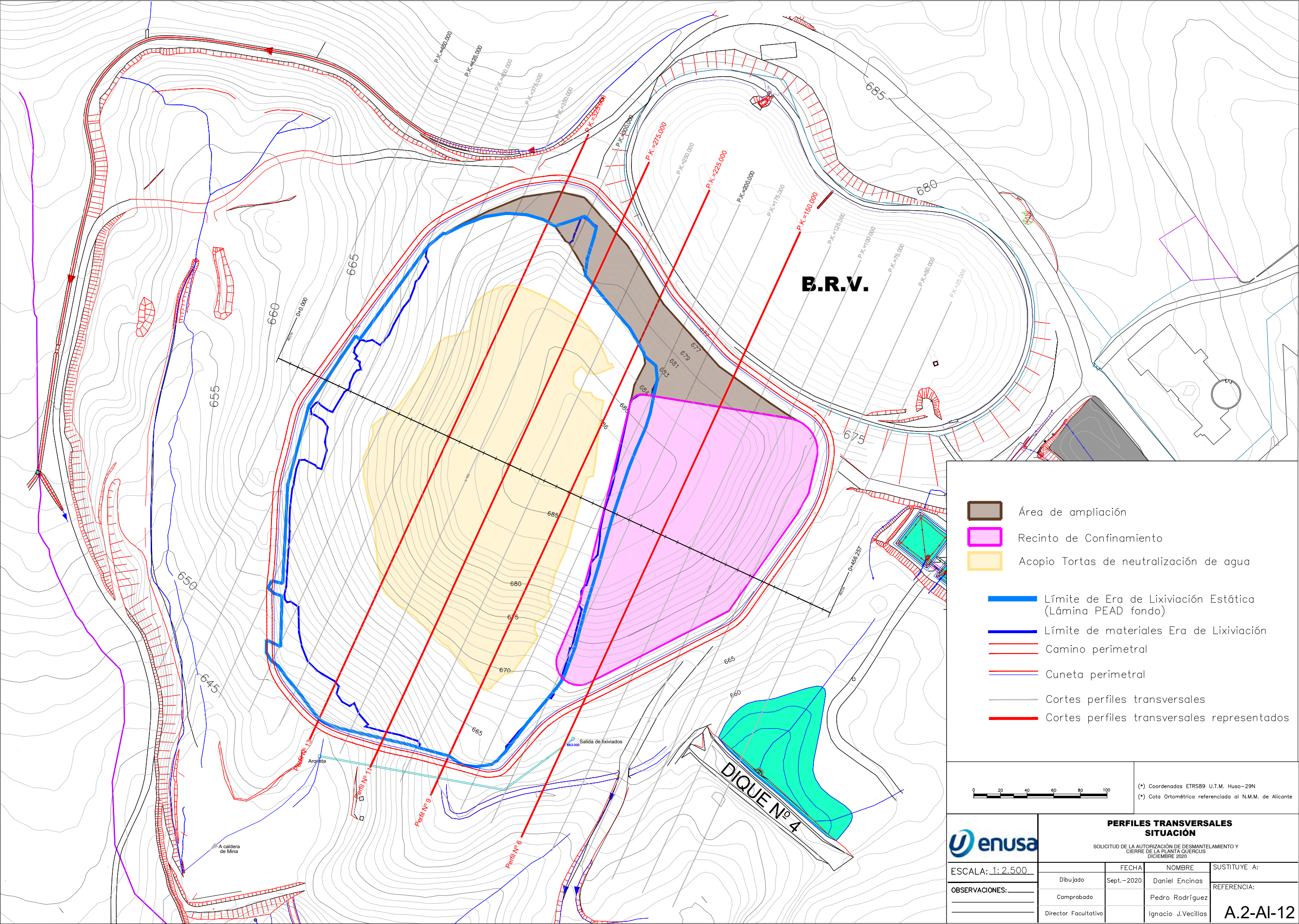
MATERIAL CONFINADO

- TONGADA 1: (1-1,5 m.)
- TONGADA 2: (1-1,5 m.)
- TONGADA 3: (1-1,5 m.)

	RECINTO DE CONFINAMIENTO. PLAN DE EXPLOTACIÓN (SECCIÓN MATERIAL CONFINADO)			
	SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020			
	ESCALA: 1:1.000	FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
	OBSERVACIONES:	Dibujado	Sept.-2020	Daniel Encinas
		Comprobado		Pedro Rodríguez
		Director Facultativo		Ignacio J.Vecillas






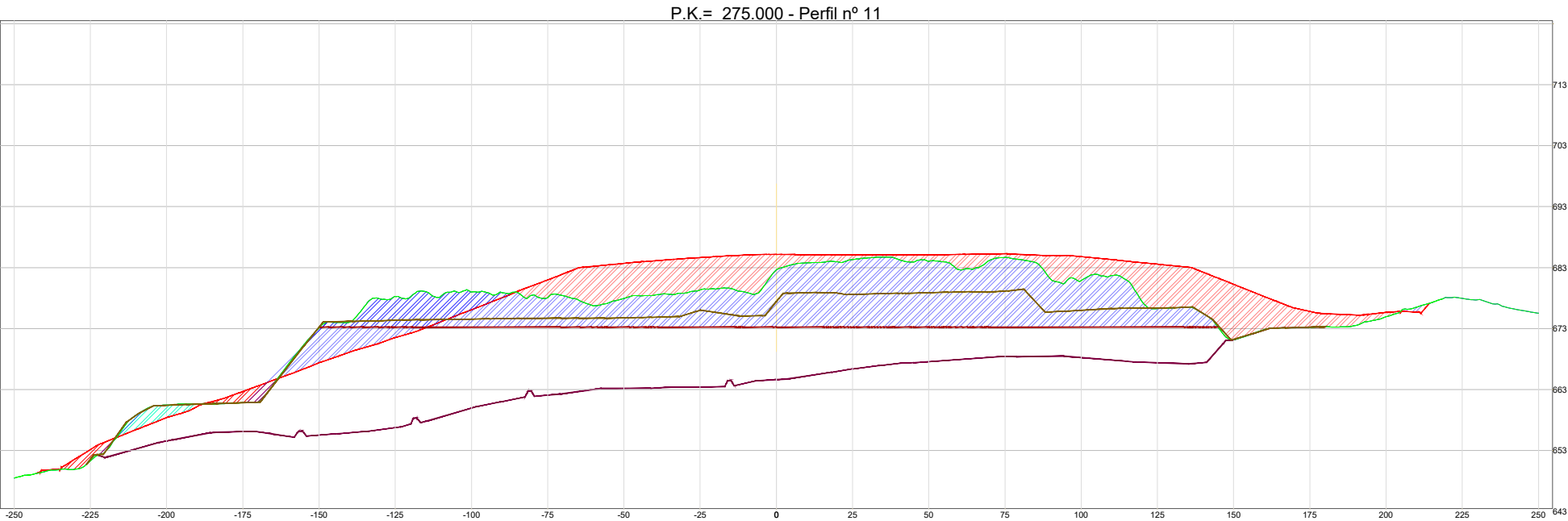
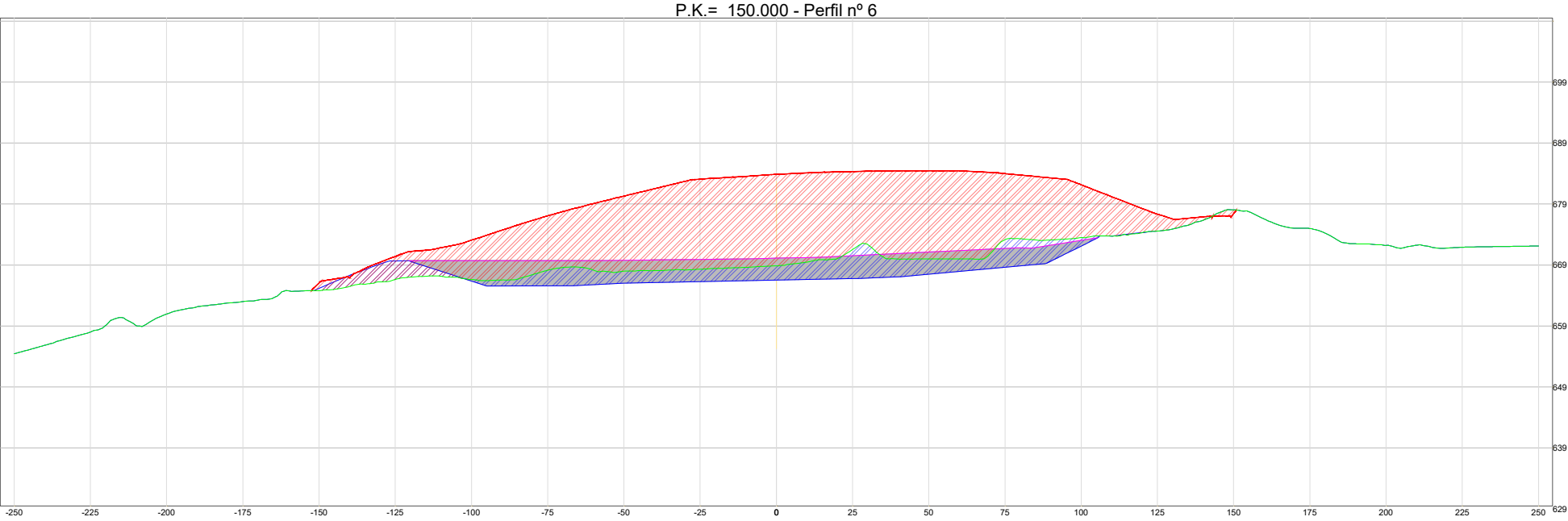


- Área de ampliación
- Recinto de Confinamiento
- Acopio Tortas de neutralización de agua
- Límite de Era de Lixiviación Estática (Lámina PEAD fondo)
- Límite de materiales Era de Lixiviación
- Camino perimetral
- Cuneta perimetral
- Cortes perfiles transversales
- Cortes perfiles transversales representados

0 20 40 60 80 100

(*) Coordenadas ETRS89 U.T.M. Huso-29N
(*) Cota Ortométrica referenciada al N.M.M. de Alicante

	PERFILES TRANSVERSALES SITUACIÓN				
	SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS DICIEMBRE 2020				
	ESCALA: 1:2.500		FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
	OBSERVACIONES: _____ _____ _____	Dibujado	Sept.-2020	Daniel Encinas	REFERENCIA: A.2-AI-12
	Comprobado		Pedro Rodríguez		
	Director Facultativo		Ignacio J.Vecillas		



- Desmonte terreno
- Relleno materiales y capa de cubierta
- Materiales confinados recinto
- Terreno inicial
- Terreno remodelado
- Recinto de confinamiento
- Tapa recinto de confinamiento
- Coronación mineral
- Base Era de Lixiviación
- Plataforma 673,23 tope desmonte



(*) E.H : 1:2000 y E.V = 1:1000
(*) Cota Ortométrica referenciada al N.M.M. de Alicante



PERFILES TRANSVERSALES

SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y
CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS
DICIEMBRE 2020

ESCALA: 1:2.000

OBSERVACIONES:

FECHA

NOMBRE

SUSTITUYE A:

Dibujado

Sept.-2020

Daniel Encinas

Comprobado

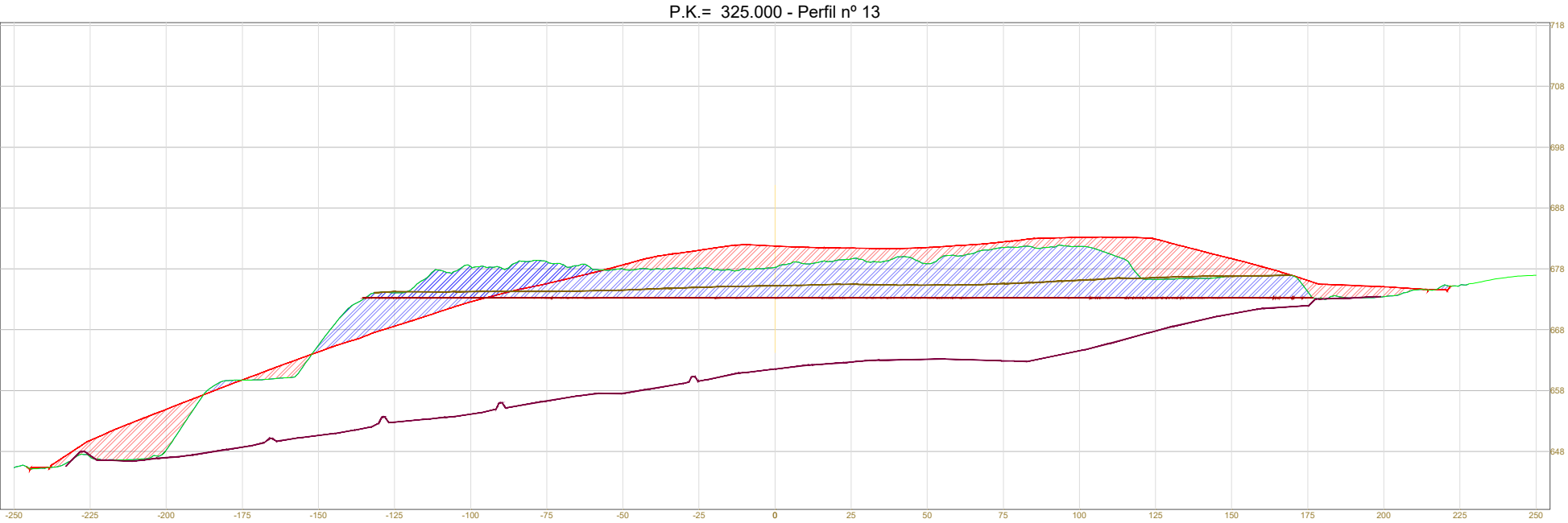
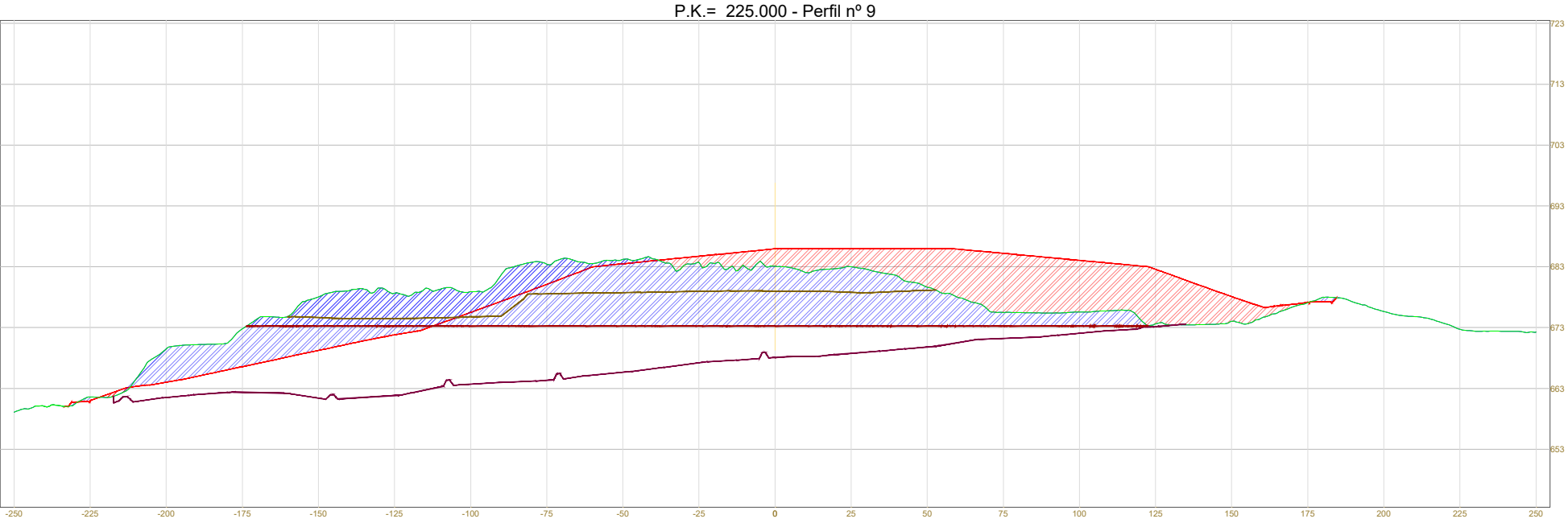
Pedro Rodríguez

REFERENCIA:

Director Facultativo

Ignacio J.Vecillas

A.2-AI-12.1



- Desmonte terreno
- Relleno materiales y capa de cubierta
- Materiales confinados recinto
- Terreno inicial
- Terreno remodelado
- Recinto de confinamiento
- Tapa recinto de confinamiento
- Coronación mineral
- Base Era de Lixiviación
- Plataforma 673,23 tope desmonte



(*) E.H : 1:2000 y E.V = 1:1000
(*) Cota Ortométrica referenciada al N.M.M. de Alicante

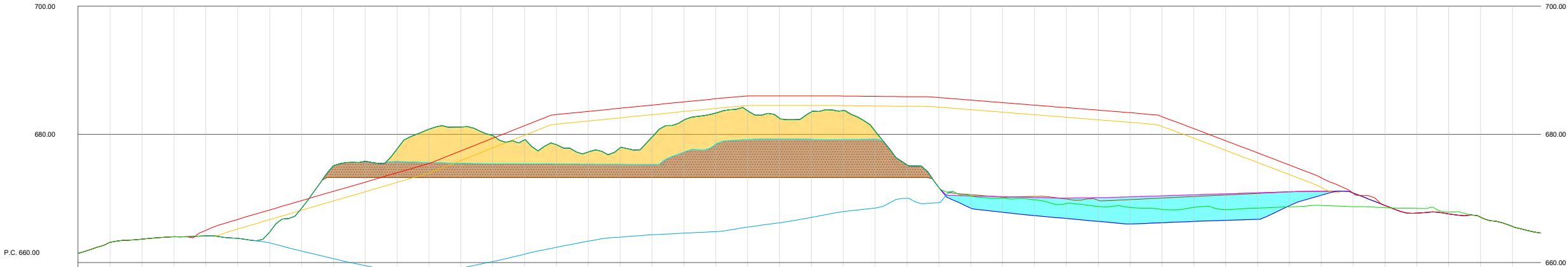
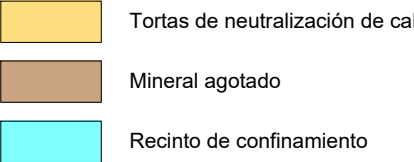


PERFILES TRANSVERSALES

SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y
CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS
DICIEMBRE 2020

ESCALA: 1:2.000	Dibujado	Sept.-2020	Daniel Encinas	SUSTITUYE A:
OBSERVACIONES:	Comprobado		Pedro Rodríguez	REFERENCIA:
	Director Facultativo		Ignacio J.Vecillas	A.2-AI-12.2

ESCALAS $\left\{ \begin{array}{l} \text{HORIZONTAL} = 1.500 \\ \text{VERTICAL} = 750 \end{array} \right.$

[illegible]

(*) E.H : 1.500 E.V = 750
 (*) Cota Ortométrica referenciada al N.M.M. de Alicante



PERFIL LONGITUDINAL

SOLICITUD DE LA AUTORIZACIÓN DE DESMANTELAMIENTO Y
CIERRE DE LA PLANTA QUERCUS
DICIEMBRE 2020

ESCALA: 1:1.500

OBSERVACIONES:_____

Director Facultativo

FECHA	NOMBRE	SUSTITUYE A:
-------	--------	--------------

2024-2025	DEPARTAMENTO DE ENFERMERIA	REFERENCIA:
-----------	----------------------------	-------------

Ignacio J. Vecillas	A.2-AI-12.3
---------------------	-------------



ÍNDICE

A.3.1. INTRODUCCIÓN	3
A.3.2. ESTUDIO DE ESTABILIDAD PARA ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA "QUERCUS" EN SAELICES EL CHICO (SALAMANCA)	4
A.3.3. ESTUDIO DE TERRAPLENES DE PRUEBA PARA LA REMODELACIÓN DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN ESTÁTICA "QUERCUS" EN SAELICES EL CHICO (SALAMANCA)	149