

1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Antecedentes:

El presente Estudio Hidrogeológico se presenta a petición de la **HACIENDASBIO S.A.**, con C.I.F. A-06403877 y domiciliada en Carretera de Almendralejo km 24,200, C.P: 06470, Guareña (Badajoz).cuyo representante es D. Francisco Casallo Mantecón con D.N.I.-17.712.289-N y domiciliado en la misma dirección. El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se va a asentar planta de almacenamiento y compostaje con una capacidad de 3.000 m³ de estiércol de ovino y/o vacuno, y la posible influencia hidrogeológica de esta sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

La actividad se ubicará en la parcela 1 del polígono 142 de Mérida (Badajoz). **La parcela en cuestión se encuentra en zona Red Natura 2000**, ya que parte de la misma se encuentra dentro de las siguientes zonas:

- Zona Especial de Conservación (ZEC): Río Aljucén Bajo (ES4310017)
- Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA): Embalse de Montijo (ES0000328)

Cabe mencionar que la planta de compostaje se ubicará en un punto de la parcela que se encuentra fuera tanto de la zona ZEPA como de la zona ZEC, por tanto no afectará a la Red Natura 2000.

Por otra parte, hay que destacar que en ningún caso se producirán vertidos de aguas residuales en cauces de agua, ya que el presente proyecto contempla el vaciado de la balsa de retención por parte de una empresa autorizada para la gestión de residuos.

No existe explotación ni otra actividad que pueda afectar a la sanidad de la instalación, ni que ésta pueda producir incidencias negativas sobre las mismas, a menos de 1.000 m. Tampoco existe núcleo urbano a menos de 1.500 m. La explotación cumple las siguientes distancias mínimas:

- Más de 1,5 km a núcleo urbano.
- Más de 500 metros a carretera.
- Más de 100 metros a cauces de agua.

Los residuos que se van a compostar son:

- Se considera que la materia prima a almacenar (estiércol de ovino y/o vacuno) es un residuo como tal.
- Aparte de los efluentes líquidos procedentes del proceso de almacenamiento y compostaje, la explotación descrita no genera otros residuos para el medio ambiente ni para los seres vivos del entorno.

- El resto de basura correspondiente a los restos de alimentos de trabajadores, etc. serán eliminados en los contenedores de basura para retirada de los servicios municipales.

El objetivo del presente estudio es el determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la actividad y estudiar la posible influencia hidrogeológica de un hipotético vertido sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

1.2.- Características constructivas de la planta de compostaje:

El objetivo del proyecto es sentar las bases técnicas para llevar a cabo la construcción de instalaciones de planta de almacenamiento y compostaje en el T.M. de Mérida (Badajoz) promovido por HACIENDASBIO S.A., se pretende obtener una planta de almacenamiento y compostaje con una capacidad de 3.000 m³ de estiércol de ovino y/o vacuno.

Todas las construcciones e instalaciones necesarias para la planta serán de nueva construcción.

La actividad a desarrollar es el almacenamiento y compostaje de estiércol de ganado ovino y/o vacuno para su posterior extendido en la parcela objeto de este documento, por lo que no se llevará a cabo una comercialización del producto final generado.

El objetivo es obtener una planta de almacenamiento y compostaje con una capacidad de 3.000 m³ Con esta capacidad, la actividad quedaría englobada en el Grupo 9, Subgrupo 9.3 según el Decreto 81/2011 del 20 de mayo de 2011 por el que se aprueba el Reglamento de autorizaciones y comunicación ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

La ubicación de las instalaciones queda reflejada en los planos que se adjuntan en este estudio.

Las características constructivas de cada una de las instalaciones, serán las siguientes:

El proyecto incluye las siguientes obras e instalaciones:

- Zona de almacenamiento y compostaje de 5.060,00 m².
- Balsa de retención de 472,50 m³.
- Tubería de conducción de aguas sucias hasta la balsa.

La superficie total construida será:

- Zona de acumulación = 5.060,00 m²
- Balsa de retención decantación = 475,00 m²
- TOTAL = 5.535,00 m²

Por tanto y según los datos anteriores, la superficie total afectada es de 5.535,00 m².

Se describirán en el presente apartado las soluciones adoptadas en cuanto a las obras necesarias para diseñar la explotación a las exigencias que la normativa plantea y cuyas unidades principales son las siguientes:

A).- ZONA DE ALMACENAMIENTO Y COMPOSTAJE:

La zona de acumulación es una superficie de 5.060,00 m² de forma rectangular (110,00 m x 46,00 m) donde se colocarán las pilas con las materias primas para el compostaje.

La zona constará de 6 pilas de dimensiones en planta de 100,00 m x 3,00 y con una altura de 1,75 m. Las pilas estarán separadas entre sí a una distancia de 4,00 m, lo que posibilita la circulación de la maquinaria por las calles de manejo.

La capacidad total de la planta viene calculada de la siguiente forma:

$$6 \text{ pilas} \times 100,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} \times 1,75 \text{ m} = 3,150 \text{ m}^3$$

Por tanto, tenemos una capacidad total de 3.150 m³, suficiente para alojar los 3.150 m³ objeto de este proyecto.

Toda la superficie se encontrará totalmente impermeabilizada con una lámina de PEAD de 1,50 mm de espesor para evitar filtraciones en la zona. Además, sobre la lámina se dispondrá una capa de 0,40 m de jabre que servirá como firme para evitar la rotura de la misma con el paso de la maquinaria.

Para evitar fugas e infiltraciones, a lo largo de todo el perímetro de la zona de almacenamiento y compostaje se dispondrán unos caballetes de tierra de 0,40 m de altura que servirán para elevar la cota de la lámina de PEAD, tal como se indica en los planos, evitando así la salida de cualquier escorrentía fuera de la zona de almacenamiento y compostaje.

Como medida correctora en el caso poco probable de rotura de la lámina, se diseña un sistema de drenaje para los lixiviados que se puedan infiltrar. Dicho sistema viene detallado en los planos adjuntos y su funcionamiento se explica a continuación.

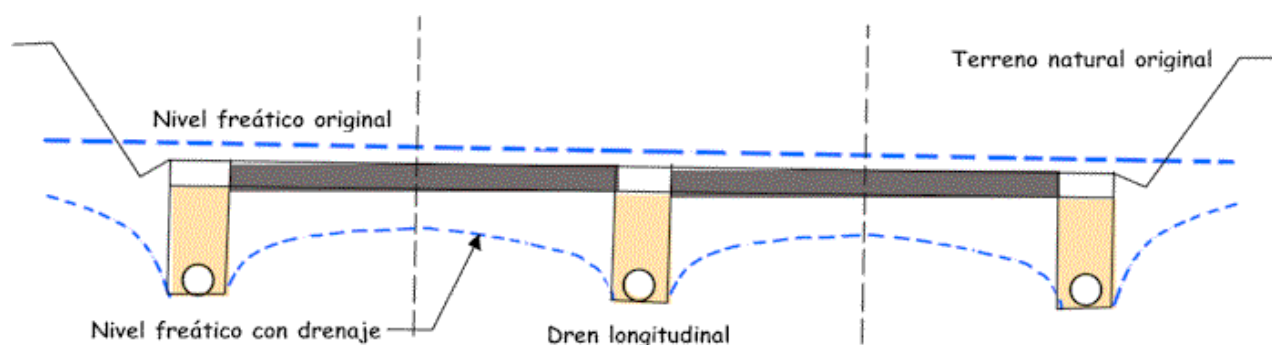
Se disponen dos redes de drenaje para garantizar la evacuación de cualquier escorrentía de lixiviados que se pueda producir por la rotura de la lámina de PEAD:

RED DE DRENAJE TRANSVERSAL:

Se llevará a cabo la colocación de 5 drenes dispuestos transversalmente a la zona de almacenamiento, tal como se representa en los planos adjuntos. Dichos drenes estarán formados por un tubo dren de diámetro 100 mm recubierto con geotextil. Dicho tubo estará alojado en una cuneta de dimensiones 1,00 m de ancho x 1,25 m de alto que estará rellena de material granular que facilite la infiltración hacia el tubo dren.

La función principal de esta red es la de mantener el nivel freático a la cota -1,25, tal como se representa en los planos adjuntos, lo que provocará que cualquier flujo de agua provocado por una filtración en la lámina de PEAD, discurra hacia los drenes, dada la diferencia de presión.

Este sistema es el mismo que se usa, con excelentes resultados, en la construcción de carreteras para garantizar el drenaje longitudinal interno, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Por otra parte, la existencia de 5 drenes transversales divide la planta en 6 sectores, lo que facilita la localización de las fugas en caso de rotura de la lámina de PEAD. Esto es así ya que en caso de rotura en un punto de la lámina de PEAD, los lixiviados serían recogidos por uno de los drenes transversales y conducidos hasta la arqueta dispuesta al final del mismo, por tanto, mientras el resto de arquetas permanecerían totalmente secas, en esa se podría apreciar el flujo de lixiviados, por lo que sabríamos que hay una rotura en ese sector. Sin duda, este sistema agiliza los trabajos de localización y reparación de fugas.

RED DE DRENAJE PERIMETRAL:

A lo largo de todo el perímetro de la zona de almacenamiento se dispondrá un tubo dren de diámetro 100 mm recubierto con geotextil. Dicho tubo estará alojado en una cuneta de dimensiones 1,00 m de ancho x 1,25 m de alto que estará rellena de material granular que facilite la infiltración hacia el tubo dren.

La función principal de esta red es la de recoger la escorrentía evacuada por la red de drenaje transversal y conducirla hasta la arqueta de desagüe hacia la balsa, además con la colocación de esta red también se garantiza el descenso del nivel freático en todo el perímetro, lo que también contribuye a la evacuación directa de las filtraciones que se puedan producir, tal como ocurre en la red de drenaje transversal.

Por otra parte, con el fin de garantizar la evacuación de las aguas por parte de los drenes, previo a la instalación de los mismos se llevará a cabo un nivelado y perfilado que dote de pendiente a las tuberías, que por su parte, desembocarán en la arqueta de desagüe hacia la balsa.

Una vez en la arqueta, los lixiviados serán conducidos hacia la balsa de retención mediante una tubería de PVC de diámetro 315 mm

B).- Balsa de Retención:

La instalación contará una balsa de retención para acumulación de las aguas de escorrentía y de los lixiviados de las pilas de almacenamiento de estiércol. Dicha balsa será construida con una lámina de PEAD de 1,5 mm de espesor, y una capa de geotextil de 200 g/m², la cual garantiza la impermeabilidad y estanqueidad de la balsa.

La capacidad de la balsa será de 472,500 m³, capacidad suficiente para albergar la escorrentía generada en la zona de almacenamiento y compostaje. Las principales características constructivas de la balsa son:

- Capacidad	472,50 m ³
- Longitud	25,00 m
- Anchura	19,00 m
- Profundidad	2,00 m
- Altura de almacenamiento	1,50 m
- Resguardo	0,50 m
- Área superior del vaso	475,00 m ²
- Área inferior del vaso	216,00 m ²
- Pendiente de taludes	3/2

Durante el proceso constructivo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Talud perimetral de hormigón de 0,5 m, para impedir desbordamientos; y cuneta en todo su perímetro, que evite el acceso de las aguas de escorrentía.

- Estructura:

o Sistema de control de la balsa: red de recogida de filtraciones canalizadas a una arqueta de detección de fugas, ubicada en el punto más bajo del terreno.

o Cerramiento perimetral con malla de simple torsión con una altura de 2,00 m, para evitar posibles caídas de animales y/o personas.

La ubicación de esta balsa garantiza que no se produzcan vertidos en ningún curso de agua.

Se procederá al vaciado y compactado del vaso, sobre él se colocará una cama de arena de río sobre la que irá instalada una tubería de drenaje en forma de espina de pez. Esta tubería estará conectada a una arqueta de detección de fugas, ubicada en el punto más bajo del terreno.

Encima de la red de drenaje, se colocará un geotextil de 200 g/m² y una lámina de polietileno de alta densidad, con un espesor de 1,5 mm.

La dimensión de la balsa de retención viene definida por la escorrentía de la superficie objeto de este proyecto. Para conocer el dato de la escorrentía, es necesario realizar un balance hidrológico, de modo que:

$$\Sigma Entradas = \Sigma Salidas$$

Que en este caso corresponde con:

$$Precipitación = Escorrentía + Infiltración + Evapotranspiración$$

Los datos de precipitación se pueden obtener fácilmente ya que corresponden a los datos registrados en la estación meteorológica más cercana, en este caso a los de la estación situada en Mérida. Mientras que la Evapotranspiración, se puede obtener por el Método de Thornthwaite partiendo de los datos de precipitación y temperatura medias mensuales.

Una vez obtenido estos dos parámetros, tendríamos la suma de Escorrentía e Infiltración. Conociendo las características del suelo, se puede atribuir un porcentaje a cada variable y de este modo se obtendría la escorrentía.

- Precipitación

La precipitación media mensual (en mm) registrada en la estación de Mérida es la siguiente:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
72,6	57,8	46	58	41,6	26,3	4,5	6	30,4	63,7	75,2	72,5

Tabla 1: Precipitación Media Mensual (mm)

- Evapotranspiración

Para calcular la evapotranspiración real (ETR), hay que partir de la precipitación media mensual y la temperatura media mensual para poder obtener el valor de la evapotranspiración potencial.

La Evapotranspiración potencial (ETP) según el Método de Thornthwaite, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ETP = ETP_{teórica} \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

Donde:

$ETP_{teórica}$ es la evapotranspiración potencial mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

N es el número de hora de sol diaria en ese mes

d es el número de días que tiene el mes de cálculo

La $ETP_{teórica}$ se calcula de la siguiente forma:

$$ETP_{teórica} = 16 \cdot \left(\frac{10 t}{I} \right)^a$$

Donde:

t es la temperatura media mensual °C

I es el índice de calor anual

a es un coeficiente que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1.792 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0.49239$$

El índice de calor anual (I) es la suma de los índices de calor mensuales (i) que se obtienen aplicando la siguiente fórmula:

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

Una vez realizados estos cálculos, se obtiene que el valor mensual de la Evapotranspiración Real es:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETR	14,912	19,996	36,603	51,732	87,296	80,604	4,500	6,000	30,400	62,741	29,518	17,280

- Infiltración + escorrentia

Mediante el balance hídrico, se obtiene la suma de infiltración y escorrentia:

$$Escorrentia + Infiltración = Precipitación - Evapotranspiración$$

- Escorrentia

Teniendo en cuenta que en ningún caso se podrán infiltrar los residuos generados en la zona de almacenamiento y compostaje, se considera que el porcentaje de infiltración es del 0%. Por tanto la escorrentía será del 100%, lo que supone una escorrentía mensual de:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Esc.	57,69	37,80	9,40	6,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	45,68	55,22

- Volumen mínimo de la balsa

El agua que recogerá la balsa será la correspondiente a la escorrentía de generada en la zona de almacenamiento y compostaje y el agua de lluvia recogida en dicha zona, que es 5.060,00 m², además, se diseña para que la balsa no supere los 2/3 de su capacidad, por tanto el volumen mínimo de la balsa será:

Volumen mínimo de la balsa de retención = 437,85 m³

Dado que la balsa tiene una capacidad de 472,50 m³, existe capacidad suficiente para el correcto funcionamiento de la instalación.

C).- ARQUETA DE DESAGÜE:

El punto más bajo de la zona de almacenamiento y compostaje se dispondrá una arqueta de PVC prefabricada e impermeabilizada que recogerá la escorrentía producida en dicha zona.

Esta arqueta evacuará las aguas hacia la balsa de retención mediante una tubería de PVC.

D).- TUBERÍA DE DESAGÜE:

La arqueta de desagüe estará conectada con la balsa de retención mediante una tubería de PVC de diámetro 315 mm. Esta tubería se encontrará enterrada a una profundidad suficiente para evitar su rotura con el paso de la maquinaria.

E).- ENTRADA / SALIDA ZONA DE ALMACENAMIENTO:

Para la entrada de maquinaria en la zona de almacenamiento y compostaje se diseña un dispositivo de entrada, el cual está detallado en los planos adjuntos.

Dicho dispositivo consiste en una rampa de acceso de jabre que cubra el caballete en ese punto y evite la rotura de la lámina de Pead.

Cabe mencionar que este dispositivo no afecta a la impermeabilización de la zona de almacenamiento y compostaje, ya que se encuentra elevado con respecto a la cota de la lámina de PEAD y en el lado interior tiene una pendiente descendente, por lo que los lixiviados en ningún caso no podrán salir fuera de la zona de almacenamiento.

1.3.- Metodología:

La metodología usada en el presente estudio es la más usada para el tipo de problemas que aquí se nos presenta y es la que sigue:

1ª Fase: La primera fase ha consistido en una exploración de campo donde se ha estudiado los distintos materiales aflorantes y la vulnerabilidad de posibles acuíferos de la zona de ubicación de las balsas y del entorno inmediato a las mismas, además se ha efectuado un estudio geofísico del subsuelo junto a las balsas, para estudiar en profundidad la posible existencia de aguas subterráneas y las características del acuífero. El objetivo que se ha perseguido en esta fase es el de estudiar que unidades hidrogeológicas son las receptoras de los posibles acuíferos, los cauces superficiales y suelos existentes en la zona y el estudio de se posible vulnerabilidad con la existencia de las balsas.

2ª Fase: Estudio hidrogeológico de los materiales existentes y su posible vulnerabilidad hidrogeológica.

3ª Fase: Estudio del riesgo de contaminación.

1.4.- Localización Geográfica:

La zona donde se asienta la actividad se enclava aproximadamente a unos 5.000 m. al noroeste de Mérida, más en concreto se sitúa en la parcela 1 del Polígono 42 (Ver mapas y planos anexos), el paraje al que pertenece la parcela es el conocido como La Albuera.

Desde el punto de vista hidrológico la zona afectada se ubica en la cuenca hidrográfica del Guadiana y concretando más en la subcuenca del “Vegas Altas”.

En Proyección U.T.M. Datum ETRS89.

X = 0725154 Y = 4314693

Su acceso se realiza desde la Ctra. EX – 209 que une Badajoz con Mérida, en el P.K. 56+200, tomando un camino que sale a la izquierda a tomando como sentido de avance el de los P.K.

2.- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E HIDROLOGÍA:

2.1.- Geomorfología:

La morfología de la zona está condicionada por el material que conforman el contexto geológico, rocas plutónicas graníticas, así como la tectónica regional, estas junto con la acción de agentes exógenos, conforman un área de relieves de “Terreno Fracturado”, las familias de fracturas del terreno granítico condicionan el trazado de la red hidrográfica, adquiriendo está un marcado aspecto poligonal.

La erosión diferencial ha hecho mella en la red de diaclasado del macizo granítico de Mérida donde el agua y los diferentes agentes erosivos han ido provocando la meteorización del mismo, hasta el punto de que se observan pocos afloramientos de bolos graníticos en la zona.

Las cotas topográficas en la zona de ubicación de actividad oscilan entre los 214 y los 216 m.

2.2.- Hidrología:

La hidrología de la zona estudiada está marcada por la presencia del Río Guadiana situado a unos 130 metros al oeste de la zona afectada, siendo este el cauce fluvial más cercano.

No existen ni cauces fluviales ni llanuras de inundación en el entorno de la zona afectada.

En base a lo anteriormente definido la planta de compostaje no afecta hidrológicamente a ningún cauce fluvial y debido a la distancia con el más cercano se descarta cualquier posibilidad de afección en el futuro, ya que los lixiviados estarán controlados por canales perimetrales y serán conducidos a una balsa de lixiviados, por lo que no discurrirán aleatoriamente.

3.- GEOLOGÍA:

3.1.- Introducción:

Para el objetivo marcado por el presente estudio hidrogeológico se antoja como básico conocer el contexto geológico que rodea la zona de ubicación de la actividad de compostaje. El presente capítulo pretende dar a conocer las diferentes formaciones geológicas sobre las que se localiza la ubicación de aquellas.

Estudiar las litologías y la tectónica de estas formaciones geológicas afectadas nos puede aportar datos precisos acerca de las diferentes unidades hidrogeológicas, el funcionamiento hidrogeológico de los distintos acuíferos que pudieran existir en la zona de estudio; y sobre todo este conocimiento nos puede indicar la posible incidencia que podría tener el uso de la zanja filtrante sobre las aguas subterráneas y superficiales de la zona.

Durante el presente estudio se ha realizado una exploración de campo hidrogeológica que ha pretendido ayudar a alcanzar los objetivos mencionados anteriormente; así mismo se ha realizado un estudio geofísico de la parcela afectada para conocer el subsuelo en la misma.

3.2.- Geología regional:

En el contexto geológico, la zona donde se ubicará la planta de compostaje se enclava en la zona de Ossa - Morena perteneciente al Macizo Hespérico (LOTZE et al), dentro de esta zona se ubican en el Dominio Ovejo – Valsequillo – Puebla de la Reina.

Dentro de esta área la zona afectada se sitúa sobre el Batolito Granítico de Mérida

3.3.- Estratigrafía:

3.3.1.- Introducción:

Dentro de la zona de estudio únicamente se distinguen materiales graníticos pertenecientes al Batolito Granítico de Mérida.

Los materiales reconocidos en la zona estratigráficos son básicamente cuaternarios.

3.3.2.- Cuaternario Indiferenciado:

En este grupo están representados todos los materiales cuaternarios a excepción de los aluviales, que se tratan en capítulo aparte.

El Cuaternario Indiferenciado, en general, son materiales originados por la meteorización de las rocas ígneas subyacente, y son todos ellos de edad Holocena.

El Cuaternario Indiferenciado está formado por un conjunto de arenas, limos y arcillas resultado de la alteración de la roca madre ígnea subyacente, todos estos materiales engloban numerosos restos de roca madre ígnea (bolos y bloques) con diferentes grados de meteorización química.

La línea de contacto entre el Cuaternario Indiferenciado Edáfico y la roca ígnea fresca no es paralela con la superficie del suelo; presenta inflexiones que, bajo la acción de la erosión, forma los berrocales, por lo que el espesor del seno del lhem granítico es variable, de 0 a 7 metros, según zonas. En la zona donde se ubica la actividad es de 0 a 0,5 metros, ya se observan afloramientos graníticos en el entorno.



AFLORAMIENTO DEL GRANITO DE MÉRIDA EN LA ZONA AFECTADA

3.4.- Petrología:

3.4.1.- Introducción:

Como se ha podido comprobar anteriormente, la estratigrafía de la zona prácticamente se reduce a depósitos recientes ya que toda la zona de estudio está dominada por la presencia de rocas ígneas.

Dentro de las rocas ígneas, en la zona se puede apreciar un tipo de litología claramente definida y que es de naturaleza granítica.

3.4.2.- Granito de Mérida:

El batolito granítico de Mérida, se encuentra en la zona noroeste de la Hoja 777, en un área delimitada por una línea entre Mirandilla, Proserpina y Esparragalejo. Presenta una facies principal de granito-monzogranito porfídico, que varía de tamaño de grano y textura hacia los márgenes. Además, en su interior se pueden reconocer facies cordieríticas, albitizadas y greisenizadas.

El Granito de Mérida ocupa la totalidad de la zona afectada por la actividad que aquí nos ocupa, de hecho se observan afloramientos de granito en la zona, la facies que se observa es la de leucogranito porfídico con dos micas.

Un análisis petrográfico del mismo nos revela lo siguiente:

Textura: Holocristalino, fanerítico, hipidiomórfico y porfídico.

Composición mineral:

Minerales esenciales: Cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita.

Minerales accesorios: Hornblenda, cordierita, circón, apatito y opacos.

Minerales secundarios: Sericita, clorita, prehnita, hematites y caolinita.

En resumen diremos que el granito encontrado en el área de investigación es un granito peraluminico con una facies porfídica dominante y composición homogénea.

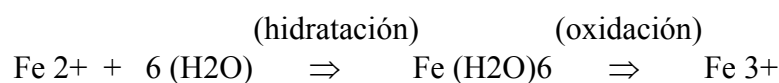
El granito presenta un grado de alteración medio, presentando dos tipos clásicos de alteración en esta roca como son la cloritización de las biotitas y la seritización de las plagioclasas, estas alteraciones se producen por la hidrólisis que provoca las aguas supergénicas y se limitan a los metros más superficiales de la masa granítica o a zonas con una alta fracturación por la que circula el agua freática.

Esta alteración consiste en la hidrólisis de los minerales más atacables por la misma y está provocada por la acción química de las aguas superficiales. Esta hidrólisis produce básicamente tres procesos de alteración, uno de ellos es la oxidación de la que ya hablaremos más adelante; los otros dos procesos son la cloritización de las biotitas y la seritización de las plagioclasas y feldespatos.

La cloritización consiste en la transformación de biotita en clorita más hierro, el mineral biotítico con un color característico, al microscopio, marrón oscuro a rojizo, pasa a tener un color verdoso y de un hábito más o menos idiomorfo pasa a uno cuasi xenomorfo.

En cuanto a la sericitización consiste en la transformación de los feldespatos y plagioclasas en sericita, es básicamente un proceso de argilización, en el cual la ortoclasa pasa a transformarse en moscovita secundaria e/o illita, de visu se observa como los feldespatos toman una tonalidad rosácea, estos al mirarlos al microscopio presentan una total alteración del mineral primario apareciendo como una masa con cristales de plagioclasa, biotitas y accesorios (posiblemente inclusiones del feldespato originario), feldespato recrystalizado y sobre todo sericita.

El tercer proceso que produce la hidrólisis es la oxidación de los minerales ferromagnesianos; en este caso la escasa presencia de estos condiciona la importancia de la oxidación en este stock granítico, sólo basta echar un vistazo a una muestra y observar su aspecto leucocrático. El óxido proviene principalmente de la alteración de las biotitas, el Fe^{2+} pasa a Fe^{3+} , según la siguiente reacción:



Este paso de ion ferroso a ion férrico produce las conocidas “manchas de óxido” en el granito. El rutilo es también un mineral que puede dar lugar a oxidaciones pero su presencia es prácticamente nula en la roca, por lo que la posible oxidación que podría producir es prácticamente insignificante, además es un mineral muy resistente a la misma.

Hasta ahora no hemos hablado de algunos minerales estables como el cuarzo entre los esenciales, o el circón entre los accesorios. Estos componentes tienen estructuras extraordinariamente vigorosas que les permiten resistir los embates de los agentes erosivos; en el peor de los casos experimentan una disolución parcial periférica que apenas les hace disminuir de tamaño.

Como la alteración de los otros minerales con los que están asociados, provoca la desintegración del granito, los componentes inatacables se acumulan al pie mismo de la roca que sufre la descomposición, formando una arena (lhem granítico) enriquecida en estos componentes. Las aguas corrientes tardan mucho más en arrastrarlos, por su tamaño y peso, que las pequeñas partículas coloidales o iones disueltos procedentes de la destrucción de los feldespatos.

No ha de suponerse por lo dicho, que la alteración de un granito es un proceso que se realice en la Naturaleza de una forma tajante y completa, con separación total de dos tipos de productos: minerales residuales y alterados. Los procesos de alteración son muy lentos y aún dentro de su lentitud existen diferencias muy considerables respecto de la velocidad con que se altera cada mineral. Existen unos que se alteran rápidamente y otros con mayor lentitud. En nuestro caso, por ejemplo, la biotita se altera con más lentitud que la plagioclasa y ésta menos rápidamente que la ortoclasa. Entre los productos presentes en el Lhem granítico, se encuentra el cuarzo, abundante mica y muchos granos de feldespato en fases intermedias de alteración.

En resumen la alteración que se observa en las muestras analizadas en campo, es la común en cualquier tipo de granito, en nuestro caso la argilización y/o seriticización es el proceso de alteración más importante debido a la composición mineralógica de la roca donde los minerales leucocráticos dominan sobre los ferromagnesianos.

3.5.- Tectónica:

3.5.1.- Introducción:

En el presente apartado se pretende analizar los procesos tectónicos locales y su relación con la tectónica regional, ya que desde el punto de vista hidrogeológico se antoja básica una revisión de la tectónica para poder analizar posteriormente el comportamiento hidráulico de los acuíferos existentes en el entorno de la zona de actuación.

Dentro de la zona de estudio se han observado indicios de un proceso orogénico que afecta al granito: la orogenia hercínica.

Esta orogenia presenta indicios claramente observables por todo el entorno de la parcela afectada. Se manifiesta en varias fases de plegamiento y una de cabalgamientos.

Son observables tres fases de plegamiento:

a.- 1ª Fase de Deformación:

Durante la primera fase se originan pliegues isoclinales de dirección N120°-140°E, esta fase origina una esquistosidad de flujo claramente observable en los materiales paleozoicos. Las distintas formaciones que aparecen en el perímetro de protección, a excepción hecha de los materiales neógenos, forman parte de un flanco normal de una estructura de primera fase (Apalategui et.al.).

b.- 2ª Fase de Deformación:

Es la fase responsable de los cabalgamientos que se observan en la zona de Magacela, dichos cabalgamientos provocan la repetición de formaciones (dúplex).

c.- 3ª Fase de Deformación:

Es la última fase, consiste en un plegamiento que dio lugar a pliegues de naturaleza cilíndrica de dirección N120°E de amplio radio y plano axial subvertical.

Procesos tectónicos tardihercínicos:

Este tipo de procesos no constituyen una orogenia, no obstante sí que han dejado su impronta en la geología local e influyen claramente en la hidrogeología del entorno por lo tanto merece la pena analizar.

Esta tercera fase de deformación, es responsable de procesos de fracturación tardíos en los granitos, y posiblemente también sea la responsable de diferentes rejuegos de los pliegues que son claramente observables en las diferentes formaciones existentes en la zona.

3.5.2.- Estructuras magmáticas primarias:

Las estructuras magmáticas consideradas son:

Foliación, schlierens, vetas, filones, diques, enclaves, diferenciaciones pegmatoides, etc.

La primera consecuencia que se saca observando el granito es la gran homogeneidad composicional y textural del mismo. El tamaño de los enclaves (gabarros) es reducido por lo general, de dos a diez centímetros por regla general y además aparecen concentrados en determinadas áreas quedando una representación mínima en el resto de la masa.

Su media de frecuencia de aparición puede ser de un enclave de aproximadamente tres centímetros de diámetro por dos metros cúbicos; esto ocurre por regla general aunque también se pueden presentar anomalías tanto en la frecuencia de aparición como en el tamaño de los enclaves. Realmente estos enclaves son autolitos o sea segregaciones de minerales primitivamente formados, también se encuentran xenolitos reconstituidos.

Los schlierens o fajeados máficos aparecen con menor frecuencia que los enclaves; sin embargo su tamaño es menor. Se observa como una especie de cinta de aspecto oscuro, realmente consiste en una acumulación de minerales ferromagnesianos por segregación de estos (autolito).

Las diferenciaciones pegmatoides y/o vetas son más escasa que las anteriores, las primeras consisten en segregaciones leucocráticas de minerales félsicos (cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico), lo que les confiere un color blanco, los canteros las denominan “manchas blancas”, la dimensión y frecuencia de aparición de las mismas tampoco es muy significativa comparada con otros granitos. Las vetas consisten en fracturas primigenias que han sido selladas por el relleno de minerales recrystalizados de plagioclasas, feldespato potásico y cuarzo principalmente. Esto le aporta, al igual que las diferenciaciones pegmatoides un aspecto leucocrático; suelen ser de poco recorrido y escaso diámetro.

Por último hablar de la foliación, que consiste en la orientación preferente de los ejes más largos de los minerales planares y lineares lo que le confiere a la roca un aspecto débilmente laminar. En el granito de Mérida esta orientación preferente de los constituyentes minerales no se observa de una manera clara; en algunos casos se aprecia la orientación de ciertos microlitones félsicos alternando con máficos paralelos a la dirección NO-SE de la cizalla Badajoz-Córdoba.

3.5.3.- Tectofábrica:

En este apartado se va analizar la tectofábrica, y nos vamos a centrar exclusivamente a analizar la red de diaclasado, debido a que ejercerá una influencia directa en la hidrogeología de la zona de ubicación de las balsas.

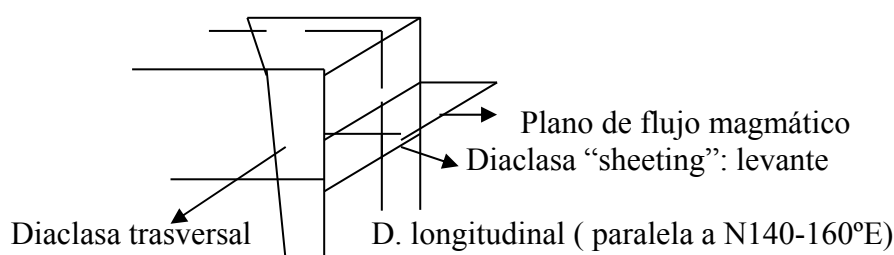
Las diaclasas (fracturas), son superficies de discontinuidad en las rocas con movimiento inexistente o inapreciable y cuyo origen está relacionado con:

❶ Emplazamiento magmático: Diaclasas primarias.

❷ Denudación: Sheeting.

a.- Diaclasas primarias:

Poseen relaciones geométricas con los planos de flujo magmático.



Realmente la red de diaclasas tiene relaciones mutuas entre sí, formando lo que se conoce como sistema de diaclasado.

El diaclasado que se da en nuestro caso es el más común entre los granitos, la disyunción en bolos, que consiste en tres conjuntos de diaclasas perpendiculares entre sí, el agua va alterando las esquinas de los bloques naturales y a menudo preserva el interior de los mismos, la erosión de las partes alteradas produce la típica disyunción en bolos.

La fracturación que se observa en toda la masa granítica tiene esencialmente tres direcciones de mayor desarrollo longitudinal que son:

❶ N140°-160°E

❷ N40°-60°E

❸ N90°-100°E

Estas direcciones tienen un buzamiento vertical a subvertical (65°-90°), las tres direcciones de fracturación se repiten por toda la masa granítica, no obstante en ciertos áreas aparece una cuarta dirección de fracturación con menor frecuencia de repetición que es la N20°E. La medición de estas fracturas es imprescindible para poder hacer un buen diseño del frente.

b.- Diaclasas sheeting:

Estas diaclasas se originan resultado de la denudación superficial; la erosión de la cúpula granítica crea un estado metaestable de las partes inmediatamente más profundas que hasta ese momento habían estado sometidas a una presión litostática mayor. Debido a esto se produce el fenómeno conocido como descompresión y la respuesta de la roca a este es la escamación horizontal (sheeting) de la misma.

Estas diaclasas son por tanto horizontales (buzamiento $\approx 0^\circ$) y la primera diaclasa horizontal aparece a los 5 metros aproximadamente, esta diaclasa que llega a tener siete metros de profundidad según “sondeos de barrena” efectuados en áreas aledañas.

3.6.- Edafología:

Debido a la meteorización química y física que ha sufrido el Granito de Mérida surge un suelo de alteración granítica (lehm) más conocido como “tosca”, este suelo también llamado Suelo Pardo Meridional presenta las siguientes características: Se trata de un suelo edafológicamente clasificado como Typic Xerochrept que tiene en la zona afectada una potencia de 0,0 a 0,5 metros aproximadamente.

Son suelos relativamente jóvenes, la meteorización química no ha sido intensa, por tanto, son ricos en minerales alterables. Consecuencia de su textura arenosa es la dificultad de retención de agua y fácil infiltración de la misma lo que infiere la posibilidad de formación de acuíferos.

Se trata en general de suelos muy silíceos, de textura marcadamente arenosa, de fácil sequía y con dispersos afloramientos rocosos con la siguiente descripción de horizontes:

Horizonte	Profundidad en cm.	DESCRIPCIÓN
A	0-20	Pardo en seco, textura areno - limosa, fácil permeabilidad.
B	20-50	Pardo grisáceo en húmedo, textura arenosa, buena permeab.
B(C)	+ 155	Granito alterado (tosca). Permeabilidad lenta
R	155 – 700	Granito fresco. Impermeable

El horizonte A y B destaca poco del conjunto (tono ligeramente más pardo por la mayor proporción de humus). El horizonte R, o sea la roca originaria de los suelos granito, es rica en sílice y feldespatos, su fácil desintegración por meteorización (raíces, reacciones químicas, etc.) permite la formación de una poco potente capa de material originario u horizonte C (0,2 a 0,5 metros según zonas).

La línea de contacto entre el cuaternario (arenas de alteración granítica) y el granito de Mérida es paralela con la superficie del suelo; presenta escasas inflexiones, el granito aparece a unos 0,00 a 0,50 metros de profundidad de hecho la excavación se ha dificultado al encontrar el granito (aun un poco alterado) pero con un alto grado de coherencia, a las profundidades anteriormente mencionadas.

4.- HIDROGEOLOGÍA:

4.1.- Marco hidrogeológico:

4.1.1.- Introducción:

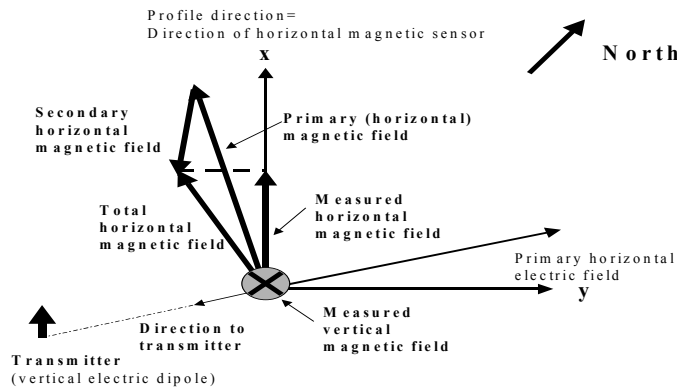
Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de dos litologías: arenas, limos y arcillas de la Formación Cuaternaria y granitos del Batolito de Mérida, estas últimas son impermeables desde el punto de vista hidrogeológico si bien pueden existir fracturas resultado del tectonismo varisco y tardihercínico de fracturación que pueden albergar acuíferos tectónicos; y una de las mejores maneras de localizar estas fracturas es mediante un método geofísico, en este caso el sistema WADI-VLF, que es uno de los mejores métodos para localizar fracturas, donde se podrían ubicar acuíferos de tipo tectónico.

4.1.2.- Estudio geofísico:

4.1.2.1.- Introducción:

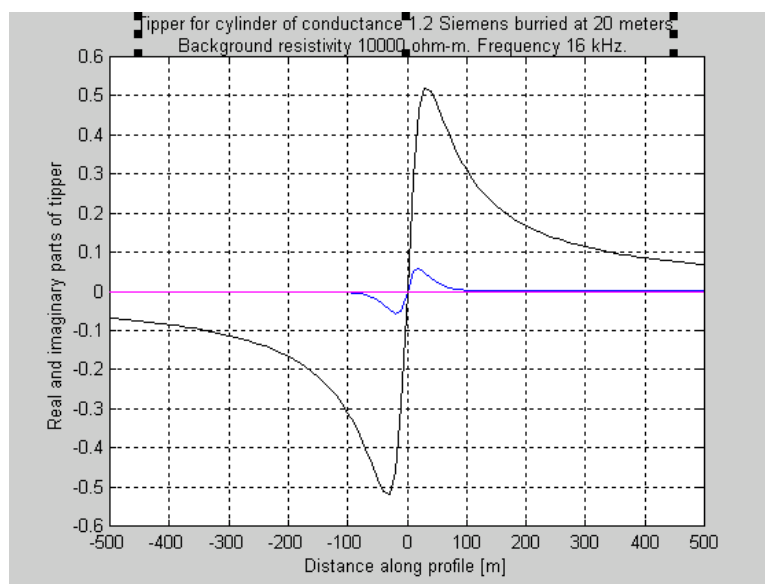
La geofísica efectuada en la finca afectada está basada en el método VLF. Mediante estas mediciones se puede determinar la situación en el subsuelo de diferentes estructuras y formaciones geológicas.

El sistema WADI VLF (Very Low Frequency) es un receptor de dos componentes magnéticas en un rango de frecuencias de 15-30 kHz. Las fuentes de estas frecuencias son potentes transmisores de radio usados para radio-comunicación submarina, distribuidas por todo el mundo. Cuando estas señales propagadas desde la posición de origen fuente hasta la posición de sitio de medida, interactúan de forma compleja entre dos conductores eléctricos: la tierra (abajo) y la ionosfera (arriba). Sin embargo, debido a su pequeña penetración (400 metros en granitos) comparado con la distancia entre las fuentes, podemos observar que las señales como ondas planas propagándose por debajo del suelo y el punto de recepción. La supuesta onda plana permite una interpretación sencilla y rápida de los datos usando un modelo 2D.



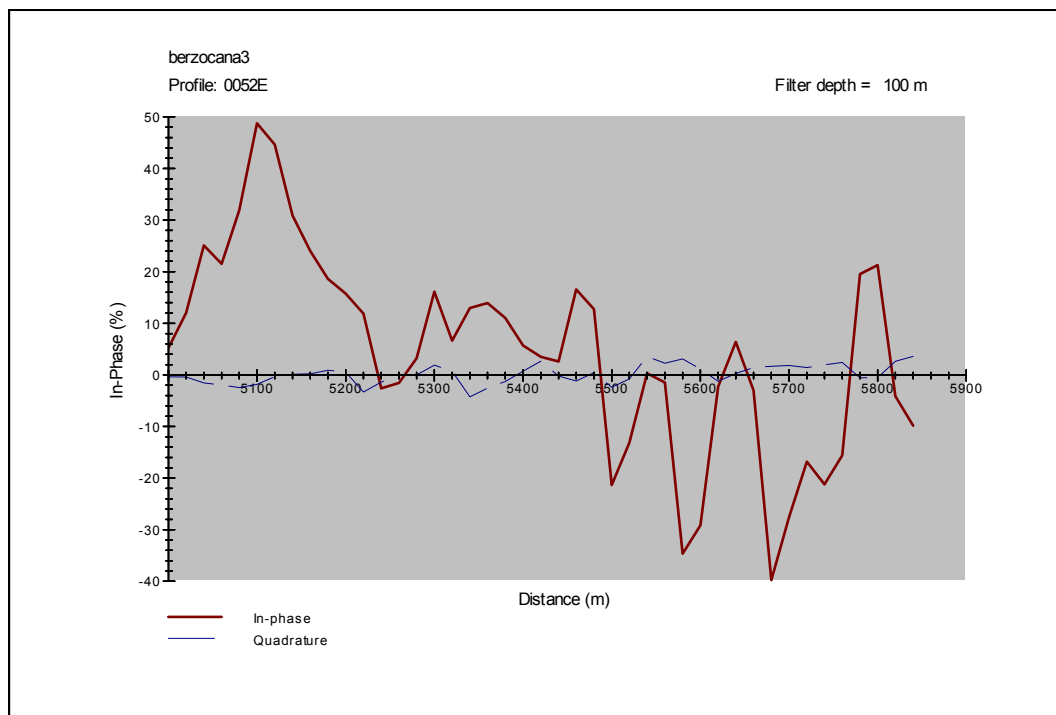
Dos componentes magnéticas (H_x, H_z) son medidas, relacionadas por la formula $H_z = AH_x$, donde A es una compleja cantidad con una parte real y otra imaginaria, debido a que en una frecuencia dada, los campos horizontales y verticales tienen normalmente un desfase en tiempo causado por inducción electromagnética subyacente en el suelo.

La relación entre la parte real e imaginaria es muy compleja debido a que depende tanto del “background” (fondo) de conductividad eléctrica como de la conductividad y forma del conductor dominante en cuestión.



La interpretación de los datos obtenidos se han tratado con el programa RAMAG que nos genera gráficos de las curvas reales e imaginarias de los perfiles realizados, e interpretando las curvas a distintas profundidades.

Ejemplo de datos de campo tratados con software RAMAG y curva elaborada con hoja de cálculo Xcel (Microsoft)(Perfil VLF-2)



Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de dos litologías: arenas, limos y arcillas de la Formación Cuaternaria y granitos del Granito de Santa Marta, estos últimos son impermeables desde el punto de vista hidrogeológico si bien pueden existir fracturas resultado del tectonismo tardihercínico de fracturación que pueden albergar acuíferos tectónicos; y la única manera de localizar estas fracturas mediante un método geofísico es la utilización del sistema WADI-VLF, que es el mejor método para localizar fracturas, donde se podrían ubicar acuíferos de tipo tectónico.

El objetivo de este estudio es por lo tanto estudiar la columna geofísica de la zona para hacer una interpretación de la columna estratigráfica de la zona, así mismo se pretende estudiar posibles zonas de macrofracturación tardihercínicas cuya resistividad en profundidad nos indicaría la presencia de agua, ya que cada material tiene su propia resistividad al igual que el propio material húmedo.

A la hora de hacer un estudio hidrogeológico para estudiar la hidrogeología del subsuelo se antojan como básicos dos aspectos diferentes: el primero de ellos es el conocer la geología de la zona ya que en algunos casos se puede plantear la duda de tener una misma resistividad que podría corresponder a diferentes materiales, pero que conociendo la litología que nos podemos encontrar dicho problema prácticamente se descarta. El segundo aspecto básico que entraña un estudio de estas características es el conocer obviamente las resistividades que aparecen en la zona ya que el conocimiento de las mismas es el que nos marca la posible existencia o no de aguas subterráneas.

Se han efectuado un total de cinco perfiles de distancias variables de 80 a 130 metros.

4.1.2.2.- Interpretación de los perfiles VLF efectuados:

4.1.2.2.1.- Introducción:

Se han efectuado dos perfiles en la zona afectada con dirección N30° E, con esta direcciones cubrimos las dos direcciones preferentes de fracturación de la zona, de modo que en el caso de existir algún acuífero fisural, lo detectaría la investigación geofísica, con ello se ha cubierto la totalidad de la superficie ocupada por la balsa en la parcela (ver planos). Este diseño de ejecución tiene su importancia hidrogeológica ya que en toda la zona se nos pueden dar tan solamente dos tipos de acuíferos: los asociados a niveles arenosos dentro del lhem granítico y/o pliocuaternarias o bien los acuíferos relacionados con áreas de fracturación existentes, y ambos tipos de acuíferos lo detectaríamos con esta campaña de geofísica, caso de existir.

Todos los enclaves de investigación están marcados con GPS.

4.1.2.2.2.- Perfil número 1:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales graníticos, las coordenadas en UTM de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto n°.: 1	Y: 4314655
	X: 725116

Punto n°.: 13	Y: 4314746
	X: 725201

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 120 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor de la alteración granítica y en la localización de fracturas dentro del macizo granítico que pudieran albergar agua subterránea.

Comentando lo que se observa en los datos extraídos del perfil efectuado podemos decir que nos encontramos con una columna estratigráfica sencilla a lo largo de todo el perfil.

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente un pequeño depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica (0,00 a 0,5 m.).

A continuación aparece el granito de Mérida y estos mismos materiales se sigue observando hasta los 250 metros de profundidad.

No se localizan anomalías significativas en todo el perfil investigado que nos indique la existencia de algún acuífero bajo la parcela afectada, tampoco se han detectado fallas o fracturas significativas.

4.1.2.2.3.- Perfil número 2:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales graníticos, las coordenadas en UTM de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto n.º: 1	Y: 4314768
	X: 725157

Punto n.º: 13	Y: 4314677
	X: 725088

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 120 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor de la alteración granítica y en la localización de fracturas dentro del macizo granítico que pudieran albergar agua subterránea.

Comentando lo que se observa en los datos extraídos del perfil efectuado podemos decir que nos encontramos con una columna estratigráfica sencilla a lo largo de todo el perfil.

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente un pequeño depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica (0,00 a 0,5 m.).

A continuación aparece el granito de Mérida y estos mismos materiales se sigue observando hasta los 250 metros de profundidad.

No se localizan anomalías significativas en todo el perfil investigado que nos indique la existencia de algún acuífero bajo la parcela afectada, tampoco se han detectado fallas o fracturas significativas.

4.1.3.- Presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos:

4.1.3.1.- Introducción:

Un acuífero es un depósito de agua subterránea, agua almacenada en la porosidad de las rocas almacén. Las características y potencialidad de los acuíferos dependen de sus dimensiones, de su forma, y de la permeabilidad de los materiales que los forman; por lo tanto los materiales y la tectónica de la zona nos marca el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas del entorno de la actividad objeto del presente proyecto.

Tras la geofísica efectuada no se localizan acuíferos bajo la parcela afectada. En cualquier caso, para un estudio del marco hidrogeológico del entorno donde se ubicará la actividad, se precisa de un análisis hidrogeológico de los materiales que encontramos en la columna litológica de la zona, para comprender mejor el marco hidrogeológico de la zona.

4.1.3.2.- Marco Hidrogeológico en el entorno de la zona afectada (características geométricas y litológicas de posibles acuíferos):

Un acuífero es un depósito de agua subterránea, agua almacenada en la porosidad de las rocas almacén. Las características y potencialidad de los acuíferos dependen de sus dimensiones, de su forma, y de la permeabilidad de los materiales que los forman; por lo tanto los materiales y la tectónica de la zona nos marca el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas del entorno de la actividad objeto del presente proyecto.

En este apartado lo que se pretende es aportar una serie de datos acerca del comportamiento hidrogeológico de los diferentes materiales a los que podría afectar la planta de compostaje.

4.1.3.2.1.- Marco hidrogeológico de las rocas graníticas:

4.1.3.2.1.1.- Introducción:

Litológicamente está compuesto por rocas leucograníticas porfídicas. Aparentemente no se observan evidencias de una actuación orogénica posterior a la intrusión. Aunque se localiza algo de cataclasis posttectónico.

4.1.3.2.1.2.- Tipo de acuífero:

Dentro de las rocas graníticas se encuentran algunos acuíferos en zonas donde la fracturación es elevada y que ha posibilitado la infiltración de agua por esa red de fracturación y al ser el granito un material con escasa o nula porosidad se ha formado alguna cámara de almacenamiento en estas zonas.

Desde el punto de vista hidrogeológico este material es impermeable y no suele formar acuíferos. Estos se presentan tan sólo en áreas de macrofracturación, que son entornos en los que se genera porosidad por fracturación. Sería por lo tanto un acuífero de los denominados “fisurales”, y este es el tipo de acuífero que se podía dar en esta zona.

Este tipo de acuíferos están asociados a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales.

Los acuíferos que encontramos en esta Formación son confinados, fisurales y discontinuos, estos presentan un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

Según datos tomados en granitos similares tenemos una **permeabilidad** en la zona de:

$$0 \text{ a } 2 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,90 \times 10^{-5}$$

$$2 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,30 \times 10^{-7}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,10 \times 10^{-8}$$

$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 3,8 \times 10^{-4}$$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo en zonas de fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica se aprecia un ligero aumento de la permeabilidad, que no deja de ser baja.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, al tratarse de un pozo tectónico, si bien suele ser de 70 a 90 metros de profundidad, en la zona afectada.

La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente N140°-160°E, coincidiendo con la dirección principal de fracturación del granito, si bien puede existir recarga en algún cruce de fracturas hercínicas conjugadas (N140-160°E y N40-60°) esta dirección es lógica porque, como ya se ha mencionado, el flujo de aguas subterráneas tiene una clara influencia de la red de fracturado hercínico local, la cual se dispone según estas direcciones.

No se ha detectado en la geofísica ningún acuífero bajo la zona afectada, sí se han detectado algunas fracturas, pero no albergan acuíferos tectónicos.

4.1.3.2.2.- Marco hidrogeológico de los materiales cuaternarios:

Esta Unidad Hidrogeológica está formada por las siguientes formaciones:

Depósito cuaternario y perfil de alteración granítico.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas y un seno de alteración edáfico.

Los límites de la profundidad del acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración granítica y la potencia del recubrimiento neógeno, según esto la potencia del acuífero puede estimarse en unos 0,00 a 0,50 metros.

El tipo de acuífero que se puede dar asociado a estos depósitos arenosos es de tipo libre, estos acuíferos son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático.

Está formado por un estrato permeable parcialmente saturado de agua, que es el perfil de alteración edáfico y Formación Cuaternaria, que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable, en este caso, granito que forma una barrera impermeable que provoca el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas.

Este tipo de acuíferos tienen una buena recarga y alimentación, muy poca capacidad de almacenamiento ya que la componente evapotranspiración en este tipo de pozos es muy importante, entre el 60 y 75 % de la pluviometría total.

En estudios realizados sobre acuíferos libres asociados a “sedimentos detríticos fluviales” se le asignan al conjunto del “acuífero” una transmisividad del orden de 8 a 10 m²/día, que para un espesor medio de 20 metros, significa una **permeabilidad** del orden de $4,63 \times 10^{-6}$ m/s.

De los citados ensayos se puede deducir la existencia de dos capas diferentes. La superior de 0 a 1 metros con una transmisividad de 25 m²/día y la inferior de 1-3 metros y una transmisividad del orden de 1 - 2 m²/día.

En lo que respecta a **nivel freático**, al no tener un espesor de arenas graníticas importante (inferior a dos metros), no existen acuíferos libres en el entorno de la zona afectada de esta formación en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 2 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 2 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección isótropa.

No se ha detectado en la zona afectada ningún acuífero detrítico, el escaso espesor del lhem granítico, unido al alto coeficiente de evaporación anula la existencia de acuíferos detríticos asociado al lhem cuaternario granítico.

4.1.4.- Tipología de los acuíferos asociados a este tipo de material:

Los materiales que encontramos en la zona son desde el punto de vista hidrogeológico impermeables, tan sólo presentan acuíferos asociados a zonas de fracturación (fallas y/o diaclasas). Sería por lo tanto un acuífero de los denominados fisurales. En general las fracturas se amortiguan en profundidad y los coeficientes de almacenamiento no suelen ser muy altos.

En este tipo de materiales, por el tipo de hueco, y por la presión hidrostática (lineal), el tipo acuífero típico es el asociado a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales. Los acuíferos que encontramos asociados a los granitos de Mérida son confinados, fisurales y discontinuos, estos presentan un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

4.1.5.- Características piezométricas, flujo subterráneo y funcionamiento hidrogeológico:

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, no existen sondeos en un perímetro de 100 metros en torno a la zona afectada.

Al tratarse de acuíferos de tipo tectónico el nivel piezométrico es muy variable y depende de múltiples variables:

- Tipo de fractura (falla y/o diaclasa) a la que se asocia el acuífero.
- Profundidad a la que se localiza.
- Dimensiones de la cámara de almacenamiento.
- Números de recarga.
- Estación (verano o invierno)
- Etc.

No obstante se han tomado medidas de nivel en varios pozos de la zona y el nivel piezométrico oscila entre los 70 y 90 metros de profundidad.

En lo que respecta al flujo subterráneo, manifiesta en el tipo de acuífero que nos podríamos encontrar en la zona, una extrema variabilidad espacial en lo que a conductividad hidráulica y cantidad de flujo se refiere.

Las propiedades hidráulicas de los acuíferos tectónicos son muy anisotrópicas y están definidas en conjunto con información espacial (direccional) de las fracturas existentes en la zona, en base a ello los acuíferos que se podrían dar en la zona presentan una circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) lineal y está claramente marcada por la red de fracturación del granito de Mérida, que tiene las siguientes direcciones:

❶ N140°-160°E

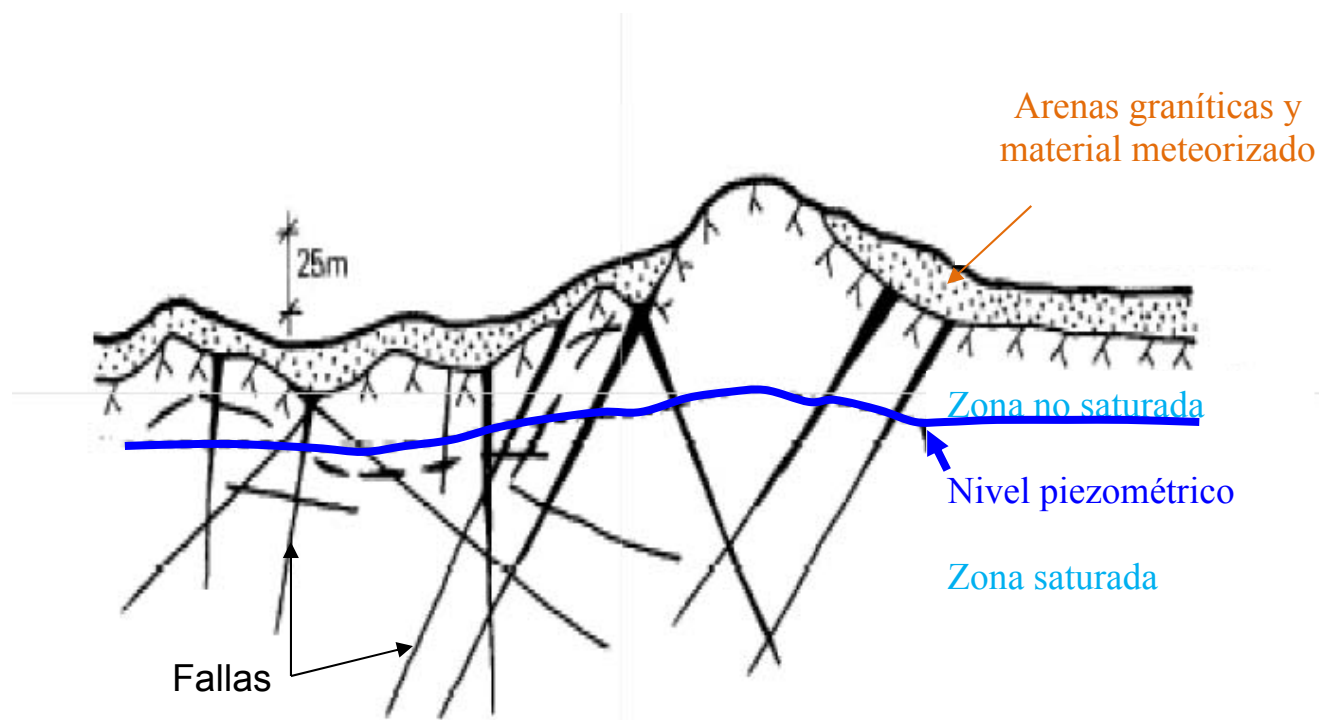
❷ N40°-60°E

❸ N90°-100°E

Las velocidades del agua a través de fracturas individuales pueden ser extremadamente altas, pero las fracturas usualmente ocupan solo una parte del acuífero, en base a esto, el promedio del flujo volumétrico suele ser bajo en este tipo de acuíferos.

En lo que respecta al funcionamiento hidrogeológico, mencionar que este tipo de acuíferos se conforma de los siguientes componentes:

- a. Red de fracturas / discontinuidades
- b. Bloque de la matriz
- c. Relleno de las fracturas (si existe).
- d. Zona meteorizada (si existe)



Esta figura representa el tipo de acuíferos que se relaciona con los granitos de Mérida, se trata de una red de fracturas (fallas y diaclasas) interconectadas entre sí, el bloque matriz es el macizo granítico ocupado por la red de fracturas. En este tipo de acuíferos no hay relleno de fracturas, si bien en la mayoría de ellas, sobre todo en las fallas, suele haber una intensa arenización producida principalmente por la meteorización de las aguas. En lo que respecta a la zona meteorizada es la formación cuaternaria compuesta por las arenas y limos de alteración granítica que compone los aproximadamente 0,00 a 0,50 metros de recubrimiento que tiene la masa granítica en la zona.

El agua se infiltra a través de la cobertera cuaternaria permeable y llega a la masa granítica impermeable, en las áreas donde se encuentren fracturas (principalmente fallas), que no es el caso de la zona donde se ubican las balsas, ya que la geofísica lo ha descartado; el agua penetra a través de esas fracturas y de pequeñas fisuras por capilaridad, rellenando de agua subterránea la red de fracturación por debajo del nivel piezométrico (zona saturada).

4.2.- Hidrogeología local:

4.2.1.- Inventario de pozos, sondeos y manantiales en el entorno próximo:

No se localizan pozos, ni sondeos, ni manantiales en un perímetro de 100 metros en torno al área de ubicación de la zona afectada.

4.2.2.- Características estructurales y análisis de la fracturación en acuíferos por fracturación:

Las características estructurales de los posibles acuíferos tectónicos que generan este tipo de materiales en el entorno, está claramente relacionada con la red de fracturación local (fallas y diaclasas) (ver figura pp 23).

La fracturación que se observa en toda la masa granodiorítica tiene esencialmente tres direcciones de mayor desarrollo longitudinal que son la NNO-SSE, NNE-SSO y E-O.

Estas direcciones tienen un buzamiento vertical a subvertical (65°-90°), las tres direcciones de fracturación se repiten por todo la masa granítica, no obstante en ciertas áreas aparece una cuarta dirección de fracturación con menor frecuencia de repetición que es la N20°E.

La circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente N140°-160°E, coincidiendo con la dirección principal de fracturación del granito, si bien puede existir recarga en algún cruce de fracturas hercínicas conjugadas (N140-160°E y N40-60°) esta dirección es lógica porque, como ya se ha mencionado, el flujo de aguas subterráneas tiene una clara influencia de la red de fracturado hercínico local, la cual se dispone según estas direcciones.

4.2.3.-Permeabilidad:

La permeabilidad es la facilidad de movimiento que tiene el agua por los caminos que encuentra en poros y grietas que comunican entre sí su espacio en mayor o menor medida.

En las granodioritas y/o granitos, como es el caso del Batolito Granítico de Mérida la permeabilidad está determinada por el tamaño de las fracturas, diaclasas, y por el tamaño de las aberturas a lo largo de los planos de estratificación y el tamaño de los huecos producto de la disolución, así mismo la conexión de la red de fracturación es un factor determinante en el grado de permeabilidad.

En base a esta premisa es muy difícil de calcular cual es la permeabilidad del bloque matriz en la zona, fundamentalmente porque no se ha detectado acuífero, en cualquier caso se aporta valores de permeabilidad para este tipo de materiales.

Según datos tomados en materiales similares tenemos una **permeabilidad** en la zona de:

$$0 \text{ a } 2 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,90 \times 10^{-5}$$

$$2 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,30 \times 10^{-7}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,10 \times 10^{-8}$$

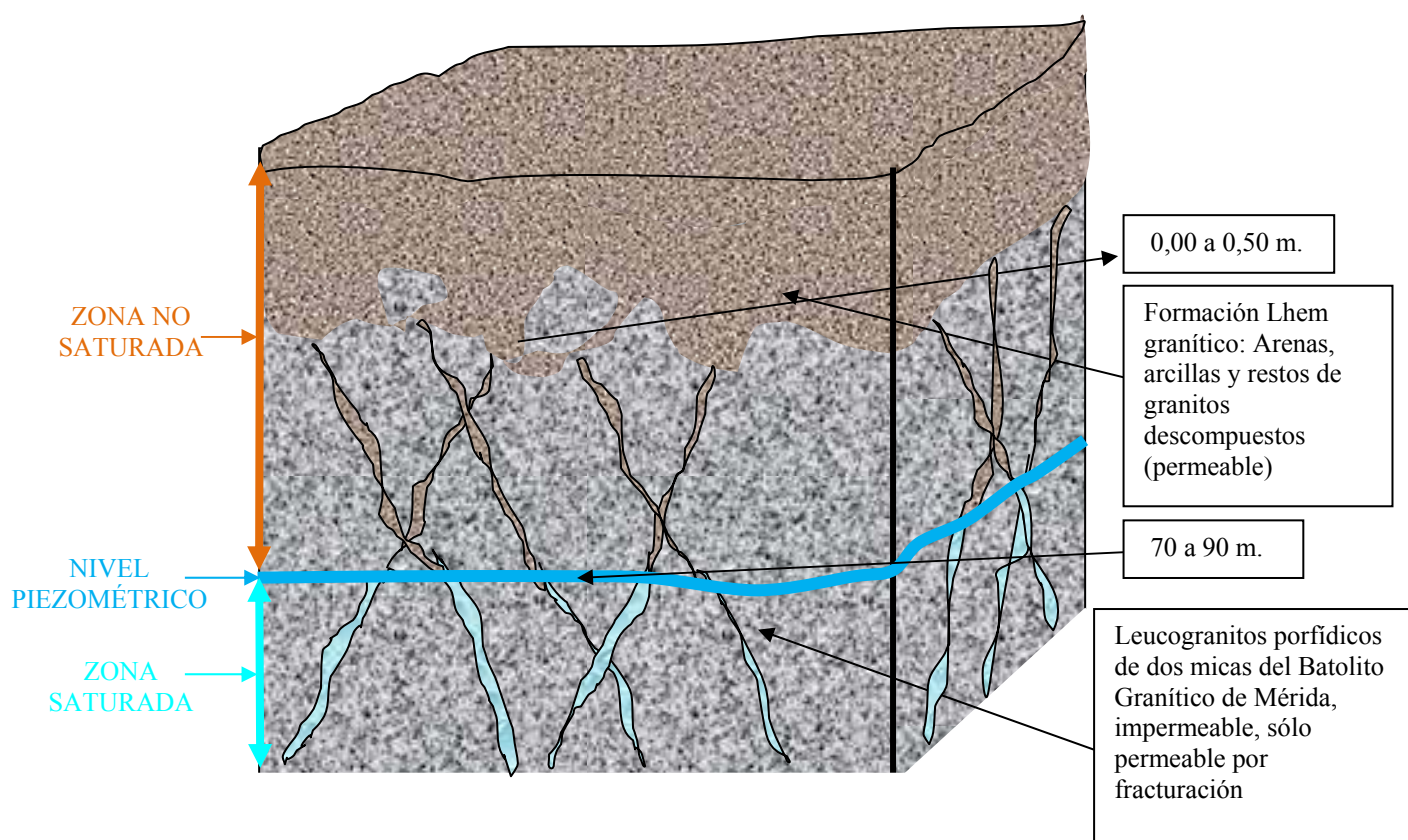
$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 3,8 \times 10^{-4}$$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo en zonas de fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica se aprecia un aumento de la permeabilidad.

4.2.4.-Caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada:

A pesar de no existir acuífero bajo la parcela afectada, se analiza la caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada asociada a acuíferos de esta tipología.

La zona no saturada está compuesta por el tramo de arenas cuaternarias procedentes de la meteorización de los leucogranitos porfídicos existentes bajo la zona afectada por la futura planta de compostaje, que es un tramo de unos 0,00 a 0,50 metros de potencia y por el bloque matriz y su red de fracturación asociada. En el siguiente esquema se define la geología e hidrogeología de la zona no saturada.



Desde el punto de vista hidrogeológico en la zona no saturada lo que ocurre en este tipo de acuíferos es un proceso de infiltración de las aguas fundamentalmente pluviales, esta agua se infiltran a través de las fracturas hasta llegar a la zona saturada.

En el caso de existir espesores altos de arenas cuaternarias también se puede dar un proceso de aporte de flujo subhorizontal.

4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local:

Como ya se ha mencionado anteriormente no se ha detectado acuífero local bajo las balsas, ni existen captaciones en un perímetro de 100 metros de las mismas, por lo que se desconoce el nivel piezométrico en la parcela afectada.

No obstante se dispone datos de niveles piezométricos en captaciones de Mérida, dentro del Batolito Granítico, distantes a 0,5 y 1 kilómetros, y el nivel piezométrico es bastante variable, ya que depende de:

- Rumbo y buzamiento de las discontinuidades que conformen el acuífero.
- Longitud de la traza de las discontinuidades
- Número de fracturas por unidad de longitud
- Número de grupos de discontinuidades presentes en la red
- Distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes del mismo grupo
- Longitud acumulada de fracturas por unidad de área expuesta.
- Extensión del área fracturada y su forma.
- Intersección y terminación de las fracturas expuestas.
- Área acumulada de planos fracturados por unidad de volumen de roca.
- Número de fracturas por metro cubico de volumen de roca.
- Tamaño del bloque y forma resultante de la red de fracturas
- Distancia perpendicular entre las paredes adyacentes de la discontinuidad que genera el acuífero.
- Proyección de la pared de la roca a lo largo de la superficie de la discontinuidad.
- Material sólido que cubre o rellena las superficies de las discontinuidades.

Todas estas variables inciden directamente en los parámetros hidrodinámicos del acuífero, y por tanto inciden en el nivel piezométrico local. En base a los datos de que se disponen, se establece el nivel piezométrico, asociado a este tipo de acuíferos dentro del Batolito Granítico de Mérida, se suele situar entre 70 y 90 metros de profundidad.

5.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

5.1.- Introducción:

Un acuífero es un depósito de agua subterránea, agua almacenada en la porosidad de las rocas almacén. Las características y potencialidad de los acuíferos dependen de sus dimensiones, de su forma, y de la permeabilidad de los materiales que los forman; por lo tanto los materiales y la tectónica de la zona nos marca el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas del entorno de la actividad objeto del presente proyecto.

Una vez efectuado un exhaustivo análisis hidrogeológico de los materiales existente bajo la parcela afectada por la actividad que nos ocupa y tras realizar estudios geofísicos en la misma, no se ha detectado ningún acuífero bajo la parcela afectada, sí que se han detectado fracturas de pequeña entidad, pero no albergan acuíferos fisurales. Por lo que no se detecta nivel piezométrico en la zona.

En lo que respecta al nivel freático es también inexistente debido al escaso espesor del suelo cuaternario existente, que no puede generar acuífero.

En cualquier caso y teniendo en cuenta que los estudios geofísicos realizados pueden tener un margen de error de un 20 % se describen las principales características hidrogeológicas de los materiales subyacentes de la parcela afectada, así como la permeabilidad de los mismos, niveles piezométricos asimilados, etc.

Leucogranitos porfídicos de dos micas de Mérida:

En este tipo de materiales se encuentran acuíferos en zonas donde la fracturación es elevada y que ha posibilitado la infiltración de agua por esa red de fracturación y al ser los leucogranitos un material con escasa o nula porosidad se pueden generar acuíferos de tipo fisural.

Desde el punto de vista hidrogeológico estos materiales son impermeables y no suelen formar acuíferos. Estos se presentan tan sólo en áreas de macrofracturación, que son entornos en los que se genera porosidad por fracturación. Sería por lo tanto un acuífero de los denominados fisurales, y este es el tipo de acuífero que se podía dar en esta zona.

Este tipo de acuíferos están asociados a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales.

Los acuíferos que encontramos en esta Formación son discontinuos, estos presentan un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

Materiales cuaternarios:

Está formada por un perfil edáfico y por las arenas graníticas de la alteración. No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas y un seno de alteración edáfico.

Los límites de la profundidad del acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración granítica, en el área ocupada por la parcela el espesor es insuficiente para generar acuífero, pero existen otras áreas dentro del término municipal de Mérida donde la potencia de estos materiales puede llegar a 12 metros.

En estas últimas áreas, el acuífero es de tipo libre, estos acuíferos son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático.

Está formado por un estrato permeable parcialmente saturado de agua, que es el perfil de alteración edáfico y Formación Cuaternaria, que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable, en este caso, granito que forma una barrera impermeable que provoca el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas.

Este tipo de acuíferos tienen una buena recarga y alimentación, muy poca capacidad de almacenamiento ya que la componente evapotranspiración en este tipo de pozos es muy importante, entre el 60 y 75 % de la pluviometría total.

En estudios realizados sobre acuíferos libres asociados a “sedimentos detríticos fluviales” se le asignan al conjunto del “acuífero” una transmisividad del orden de 8 a 10 m²/día, que para un espesor medio de 10 metros, significa una **permeabilidad** del orden de $1,12 \times 10^{-6}$ m/s., con una trasmisividad de 25 m²/día.

El **nivel freático** de esta formación en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 2 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 2 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección isótropa.

No se ha detectado en la zona de la balsa ningún acuífero detrítico, el escaso espesor del lhem granítico, unido al alto coeficiente de evaporación anula la existencia de acuíferos detríticos asociado al lhem cuaternario granítico.

5.2.- Velocidad de avance del flujo:

En lo que respecta a las velocidades de avance del flujo subterráneo, manifiesta en el tipo de acuífero que nos podríamos encontrar en la zona, una extrema variabilidad espacial en lo que a conductividad hidráulica y cantidad de flujo se refiere.

En este sentido cabe decir que el flujo hidráulico que circula por la zona no saturada se rige por la Ley de Darcy que, en dirección vertical puede ser descrita en la siguiente forma:

$V_x = k(o)/\theta \times \delta h/\delta x$, donde V_x es la velocidad del flujo, θ el contenido de la humedad, $\delta h/\delta x$ la gradiente hidráulica no saturada, y $k(o)$ la conductividad hidráulica no saturada que es una función del contenido de la humedad.

El contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fracturas.

Las velocidades del agua a través de fracturas individuales pueden ser extremadamente altas, pero las fracturas usualmente ocupan solo una parte del acuífero, en base a esto, el promedio del flujo volumétrico suele ser bajo en este tipo de acuíferos.

Teniendo en cuenta esto último y aplicándolo a nuestro caso en concreto, en el que tenemos formaciones de granitos y/o granodioríticas con una red de fracturación no muy elevada y con escaso material cuaternario de recubrimiento (< 1 m.), la velocidad de flujo natural en la zona no saturada es inferior a 0,2 mt/día a corto plazo, y menos aún promediadas a periodos más largos.

5.3.- Ubicación de puntos de control:

Para evitar la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, se van a tomar una serie de medidas en la construcción de la planta y de la balsa de lixiviados que se pasan a detallar:

El proyecto incluye las siguientes obras e instalaciones:

- Zona de almacenamiento y compostaje de 5.060,00 m².
- Balsa de retención de 472,50 m³.
- Tubería de conducción de aguas sucias hasta la balsa.

La superficie total construida será:

- Zona de acumulación = 5.060,00 m²
- Balsa de retención decantación = 475,00 m²
- TOTAL = 5.535,00 m²

A).- ZONA DE ALMACENAMIENTO Y COMPOSTAJE:

La zona de acumulación es una superficie de 5.060,00 m² de forma rectangular (110,00 m x 46,00 m) donde se colocarán las pilas con las materias primas para el compostaje.

La zona constará de 6 pilas de dimensiones en planta de 100,00 m x 3,00 y con una altura de 1,75 m. Las pilas estarán separadas entre sí a una distancia de 4,00 m, lo que posibilita la circulación de la maquinaria por las calles de manejo.

La capacidad total de la planta viene calculada de la siguiente forma:

$$6 \text{ pilas} \times 100,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} \times 1,75 \text{ m} = 3,150 \text{ m}^3$$

Por tanto, tenemos una capacidad total de 3.150 m³, suficiente para alojar los 3.150 m³ objeto de este proyecto.

Toda la superficie se encontrará totalmente impermeabilizada con una lámina de PEAD de 1,50 mm de espesor para evitar filtraciones en la zona. Además, sobre la lámina se dispondrá una capa de 0,40 m de jabre que servirá como firme para evitar la rotura de la misma con el paso de la maquinaria.

Para evitar fugas e infiltraciones, a lo largo de todo el perímetro de la zona de almacenamiento y compostaje se dispondrán unos caballetes de tierra de 0,40 m de altura que servirán para elevar la cota de la lámina de PEAD, tal como se indica en los planos, evitando así la salida de cualquier escorrentía fuera de la zona de almacenamiento y compostaje.

Como medida correctora en el caso poco probable de rotura de la lámina, se diseña un sistema de drenaje para los lixiviados que se puedan infiltrar. Dicho sistema viene detallado en los planos adjuntos y su funcionamiento se explica a continuación.

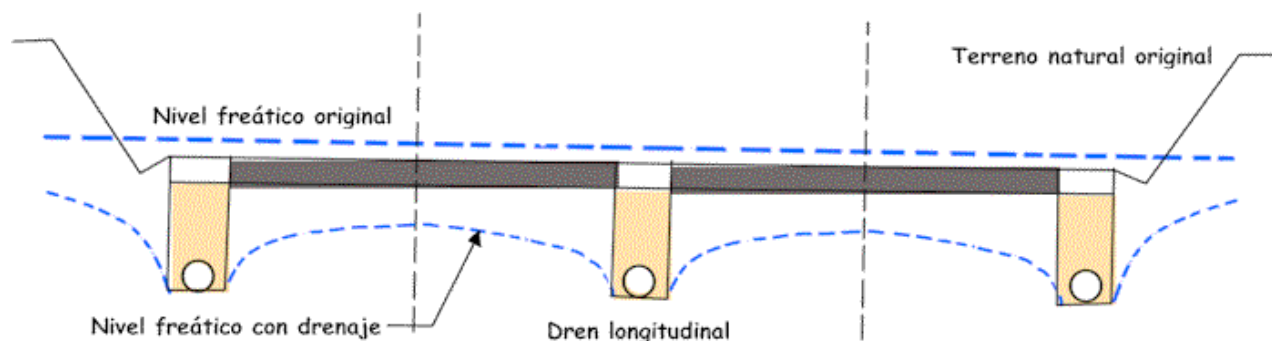
Se disponen dos redes de drenaje para garantizar la evacuación de cualquier escorrentía de lixiviados que se pueda producir por la rotura de la lámina de PEAD:

RED DE DRENAJE TRANSVERSAL:

Se llevará a cabo la colocación de 5 drenes dispuestos transversalmente a la zona de almacenamiento, tal como se representa en los planos adjuntos. Dichos drenes estarán formados por un tubo dren de diámetro 100 mm recubierto con geotextil. Dicho tubo estará alojado en una cuneta de dimensiones 1,00 m de ancho x 1,25 m de alto que estará rellena de material granular que facilite la infiltración hacia el tubo dren.

La función principal de esta red es la de mantener el nivel freático a la cota -1,25, tal como se representa en los planos adjuntos, lo que provocará que cualquier flujo de agua provocado por una filtración en la lámina de PEAD, discurra hacia los drenes, dada la diferencia de presión.

Este sistema es el mismo que se usa, con excelentes resultados, en la construcción de carreteras para garantizar el drenaje longitudinal interno, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Por otra parte, la existencia de 5 drenes transversales divide la planta en 6 sectores, lo que facilita la localización de las fugas en caso de rotura de la lámina de PEAD. Esto es así ya que en caso de rotura en un punto de la lámina de PEAD, los lixiviados serían recogidos por uno de los drenes transversales y conducidos hasta la arqueta dispuesta al final del mismo, por tanto, mientras el resto de arquetas permanecerían totalmente secas, en esa se podría apreciar el flujo de lixiviados, por lo que sabríamos que hay una rotura en ese sector. Sin duda, este sistema agiliza los trabajos de localización y reparación de fugas.

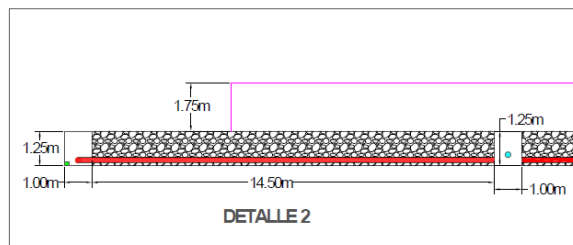
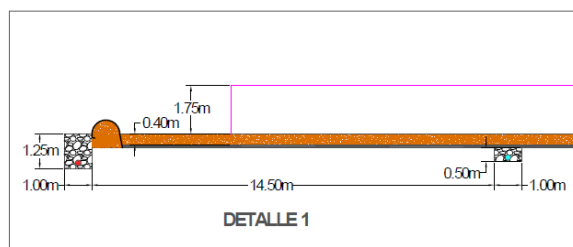
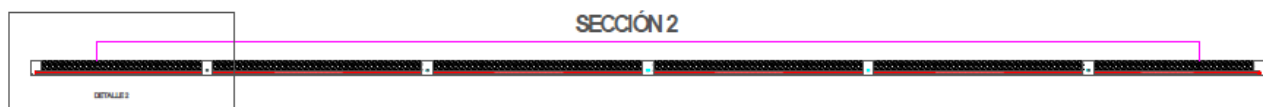
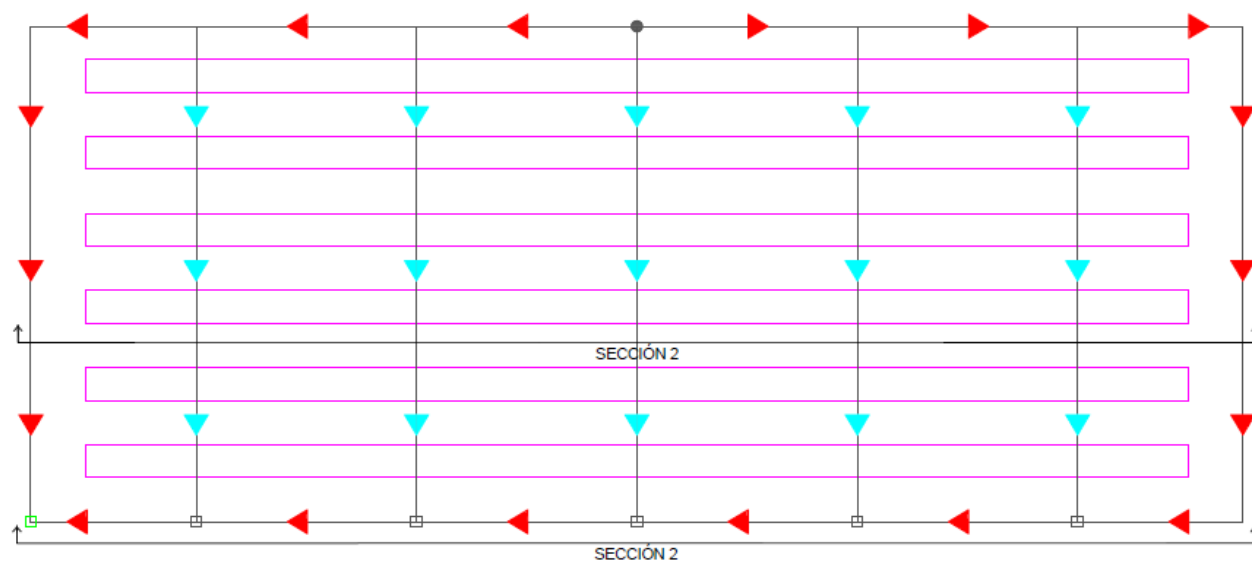
RED DE DRENAJE PERIMETRAL:

A lo largo de todo el perímetro de la zona de almacenamiento se dispondrá un tubo dren de diámetro 100 mm recubierto con geotextil. Dicho tubo estará alojado en una cuneta de dimensiones 1,00 m de ancho x 1,25 m de alto que estará rellena de material granular que facilite la infiltración hacia el tubo dren.

La función principal de esta red es la de recoger la escorrentía evacuada por la red de drenaje transversal y conducirla hasta la arqueta de desagüe hacia la balsa, además con la colocación de esta red también se garantiza el descenso del nivel freático en todo el perímetro, lo que también contribuye a la evacuación directa de las filtraciones que se puedan producir, tal como ocurre en la red de drenaje transversal.

Por otra parte, con el fin de garantizar la evacuación de las aguas por parte de los drenes, previo a la instalación de los mismos se llevará a cabo un nivelado y perfilado que dote de pendiente a las tuberías, que por su parte, desembocarán en la arqueta de desagüe hacia la balsa.

Una vez en la arqueta, los lixiviados serán conducidos hacia la balsa de retención mediante una tubería de PVC de diámetro 315 mm



LEYENDA 1

- | TUBO DRENAJE PERIMETRAL
- | TUBO DRENAJE TRANSVERSAL
- ARQUETA DE REGISTRO
- ARQUETA DE DESAGÜE
- ▼ PENDIENTE TUBO DRENAJE TRANSVERSAL
- ▼ PENDIENTE TUBO DRENAJE PERIMETRAL
- PUNTO ALTO

LEYENDA 2

- TUBO DRENAJE PERIMETRAL
- TUBO DRENAJE TRANSVERSAL
- RELLENO DE JABRE DE ESPESOR 0.40m
- RELLENO DE GRAVA PARA COLOCACIÓN DE TUBO DREN
- LAMINA DE PEAD
- ARQUETA DE REGISTRO
- DESAGÜE HACIA BALSA
- PILAS DE ESTIÉRCOL DE 100,00mx3,00mx1,75m

B).- Balsa de Retención:

La instalación contará una balsa de retención para acumulación de las aguas de escorrentía y de los lixiviados de las pilas de almacenamiento de estiércol. Dicha balsa será construida con una lámina de PEAD de 1,5 mm de espesor, y una capa de geotextil de 200 g/m², la cual garantiza la impermeabilidad y estanqueidad de la balsa.

La capacidad de la balsa será de 472,500 m³, capacidad suficiente para albergar la escorrentía generada en la zona de almacenamiento y compostaje. Las principales características constructivas de la balsa son:

- Capacidad	472,50 m ³
- Longitud	25,00 m
- Anchura	19,00 m
- Profundidad	2,00 m
- Altura de almacenamiento	1,50 m
- Resguardo	0,50 m
- Área superior del vaso	475,00 m ²
- Área inferior del vaso	216,00 m ²
- Pendiente de taludes	3/2

Durante el proceso constructivo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Talud perimetral de hormigón de 0,5 m, para impedir desbordamientos; y cuneta en todo su perímetro, que evite el acceso de las aguas de escorrentía.

- Estructura:

- Sistema de control de la balsa: red de recogida de filtraciones canalizadas a una arqueta de detección de fugas, ubicada en el punto más bajo del terreno.

- Cerramiento perimetral con malla de simple torsión con una altura de 2,00 m, para evitar posibles caídas de animales y/o personas.

La ubicación de esta balsa garantiza que no se produzcan vertidos en ningún curso de agua.

Se procederá al vaciado y compactado del vaso, sobre él se colocará una cama de arena de río sobre la que irá instalada una tubería de drenaje en forma de espina de pez. Esta tubería estará conectada a una arqueta de detección de fugas, ubicada en el punto más bajo del terreno.

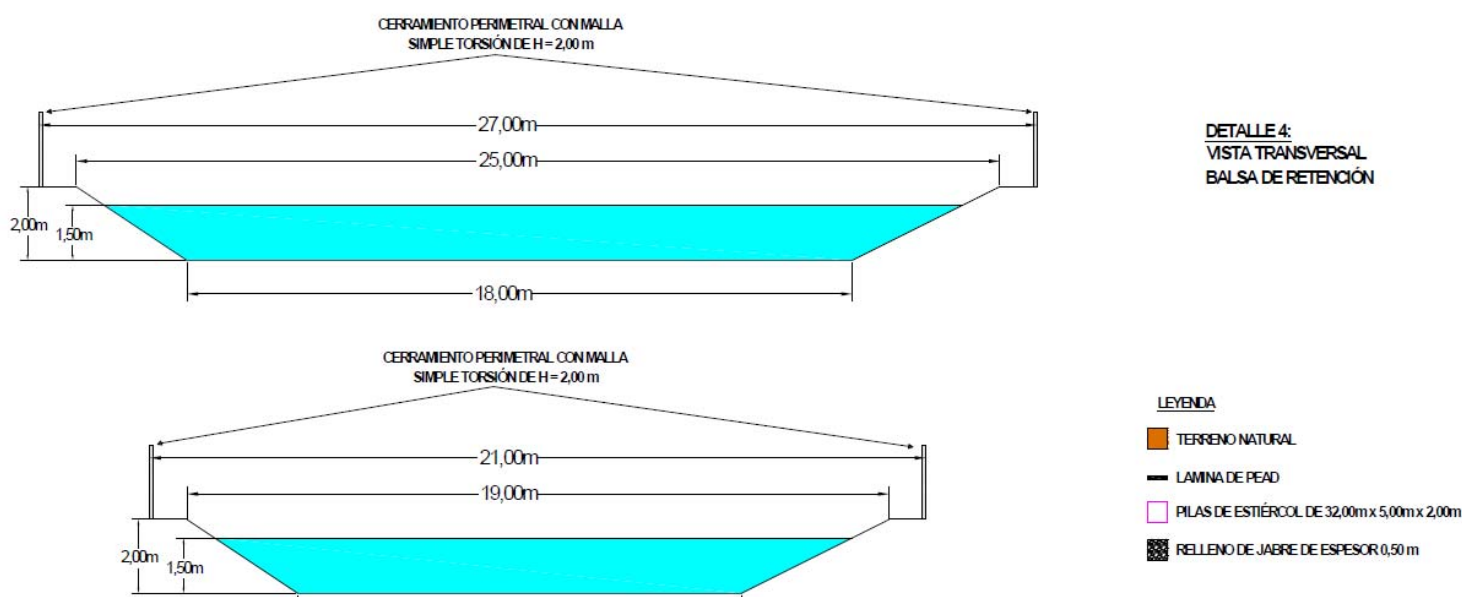
Encima de la red de drenaje, se colocará un geotextil de 200 g/m² y una lámina de polietileno de alta densidad, con un espesor de 1,5 mm.

- Volumen mínimo de la balsa

El agua que recogerá la balsa será la correspondiente a la escorrentía de generada en la zona de almacenamiento y compostaje y el agua de lluvia recogida en dicha zona, que es 5.060,00 m³, además, se diseña para que la balsa no supere los 2/3 de su capacidad, por tanto el volumen mínimo de la balsa será:

Volumen mínimo de la balsa de retención = 437,85 m³

Dado que la balsa tiene una capacidad de 472,50 m³, existe capacidad suficiente para el correcto funcionamiento de la instalación.



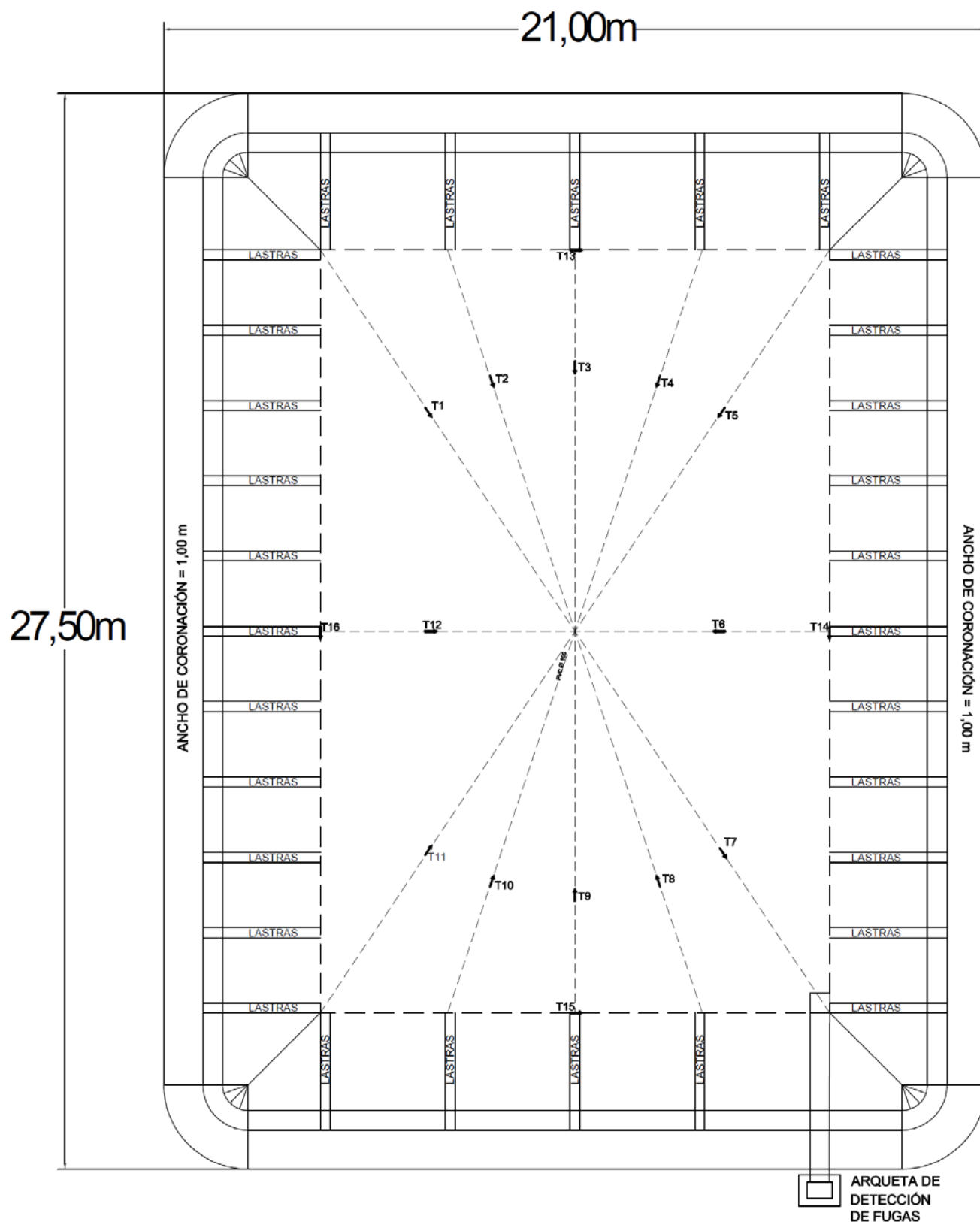
C).- ARQUETA DE DESAGÜE:

El punto más bajo de la zona de almacenamiento y compostaje se dispondrá una arqueta de PVC prefabricada e impermeabilizada que recogerá la escorrentía producida en dicha zona.

Esta arqueta evacuará las aguas hacia la balsa de retención mediante una tubería de PVC.

D).- TUBERÍA DE DESAGÜE:

La arqueta de desagüe estará conectada con la balsa de retención mediante una tubería de PVC de diámetro 315 mm. Esta tubería se encontrará enterrada a una profundidad suficiente para evitar su rotura con el paso de la maquinaria.



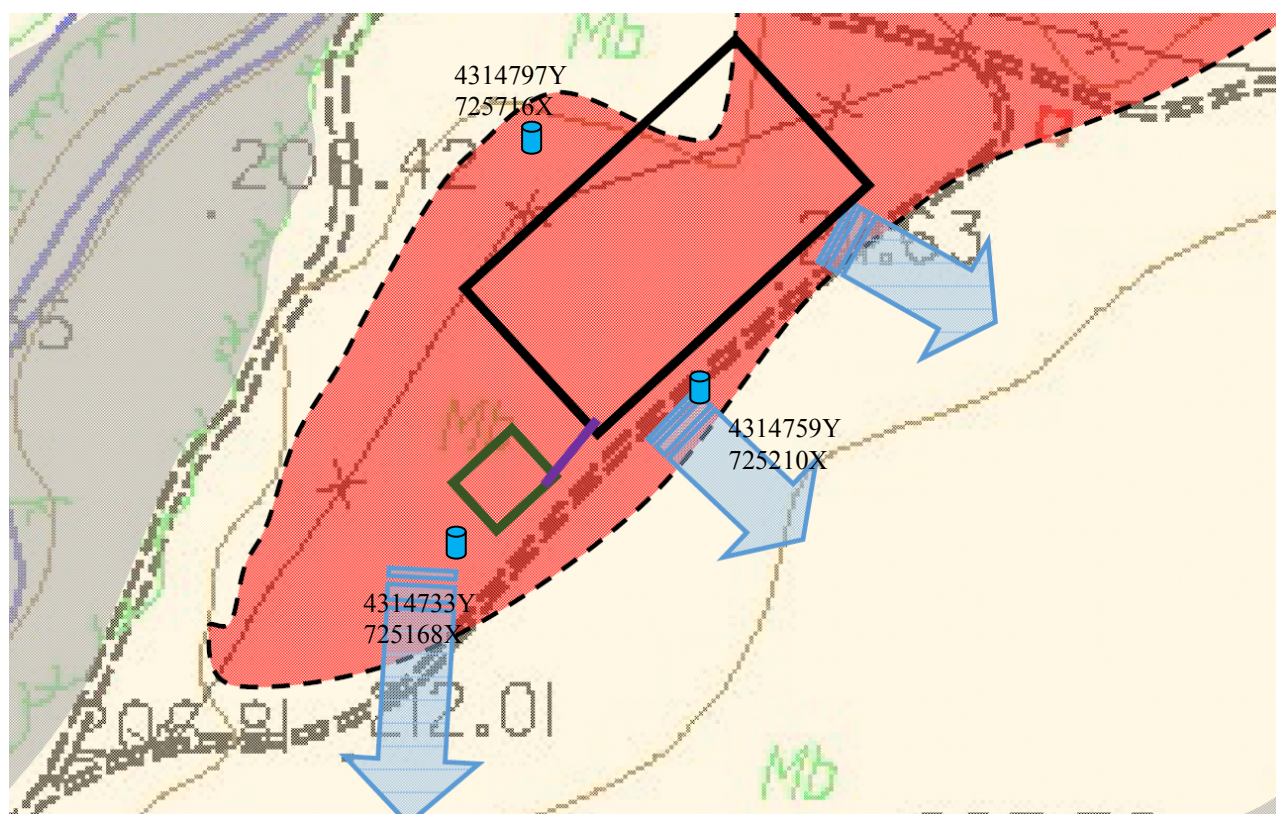
E).- ENTRADA / SALIDA ZONA DE ALMACENAMIENTO:

Para la entrada de maquinaria en la zona de almacenamiento y compostaje se diseña un dispositivo de entrada, el cual está detallado en los planos adjuntos.

Dicho dispositivo consiste en una rampa de acceso de jabre que cubra el caballete en ese punto y evite la rotura de la lámina de PEAD.

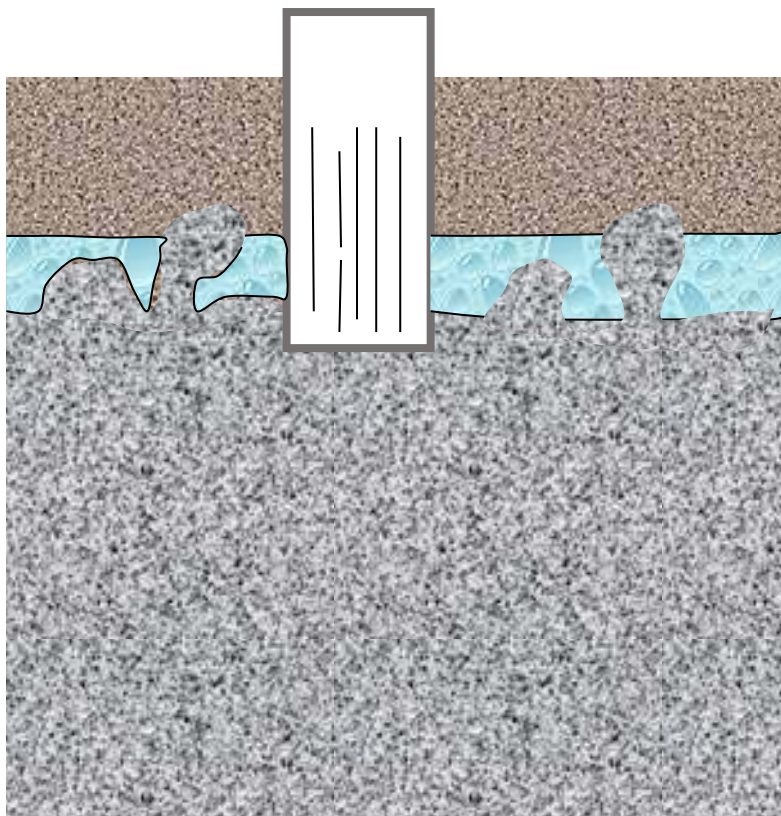
Cabe mencionar que este dispositivo no afecta a la impermeabilización de la zona de almacenamiento y compostaje, ya que se encuentra elevado con respecto a la cota de la lámina de PEAD y en el lado interior tiene una pendiente descendente, por lo que los lixiviados en ningún caso no podrán salir fuera de la zona de almacenamiento.

Tanto el diseño como la impermeabilización de la planta de compostaje y de la balsa, garantizan la estanqueidad de la actividad, si bien se diseña la colocación de piezómetros de control para una detección inmediata de cualquier filtración de efluentes en la zona, y poder así tener una rápida respuesta en la contención de la contaminación, en base a ello y a las características de las zonas de flujo favorable se diseña la siguiente red de piezómetros.



Los piezómetros tienen que tener una profundidad de al menos tres metros. Para el entubado del piezómetro, se colocará a todo lo largo del agujero realizado por máquina de sondeo, una tubería de presión con un diámetro de 180 mm., todo el material empleado debe ser de buena calidad, la tubería de revestimiento de los piezómetros será de PVC, con una presión de 6 atms, siendo perfectamente cilíndrica con el fin de facilitar la maniobra de entrada y salida de los aparatos para realizar analíticas de control, procediéndose a su rasurado o colocación de puentecillos coincidiendo con la totalidad del tramo de cuaternario atravesado; entre el tubo de P. V. C. y la pared del sondeo, se procederá al relleno de este con grava de río.

El eje de los sondeos es vertical en toda su profundidad, colocando la tubería de PVC lo más coincidente posible al eje de perforación, no llegando al fondo de la perforación, ya que debido a posibles derrumbes, podría existir el riesgo de que no bajara hasta quedar perfectamente enfrentados ranurado y zona de acuífero detrítico.



El control de analíticas debe ser semestral, para que el tiempo de respuesta en caso de encontrar contaminantes sea rápida.

6.- ESTUDIO DE LA INTERCONECTIVIDAD:

6.1.- Introducción:

Expuestas las características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas de la zona, pasamos a analizar la relación de la actividad industrial con la hidrogeología e hidrología de la zona. La actividad que nos ocupa puede afectar a la calidad de las aguas, para conocer el grado de afección de las balsas vamos a estudiar por separado la incidencia sobre la cantidad y sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas de la zona.

6.2.- Estudio de la afección de la planta de compostaje sobre las aguas superficiales:

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la afección que pudiera tener la planta de compostaje y la balsa de retención sobre el entorno hidrológico e hidrogeológico de la parcela donde se ubican.

El estudio de las relaciones entre la actividad que aquí nos ocupa y la corriente superficial se ha basado en un estudio hidrológico de campo y de diferentes factores que pudieran influir de un modo decisivo en la afectividad entre él y la dinámica de cualquier cauce fluvial cercano.

Partimos de la base que la actividad para la que se redacta el presente estudio hidrogeológico no puede afectar a las aguas de corriente, a no ser que se viertan las aguas depuradas a cauces fluviales, el cual no es nuestro caso.

Si podría afectar a la dinámica fluvial si se produjesen colmataciones y/o filtraciones que llegasen a un cauce fluvial.

No obstante al observar los mapas de la zona (ver anexos) se puede ver que la balsa a acondicionar está a más de 125 metros del cauce fluvial más cercano, distancia que inhibe cualquier posibilidad de afección a la dinámica fluvial de la zona.

En cualquier caso las balsas no producen ninguna contaminación sobre las aguas superficiales, ya que la posibilidad de derrames por desbordamiento de las aguas, debido al diseño constructivo de la propia balsa, es muy baja.

En su diseño se ha tenido en cuenta una altura de oleaje para prevenir el movimiento de la masa de líquido motivado por fuertes vientos, así como la altura de acumulación de fangos durante la utilización de las balsas que se han sumado a la altura de resguardo, para obtener la altura de seguridad de la balsa.

Además en la construcción de las balsas se realizará un talud perimetral de hormigón de 0,5 m, para impedir desbordamientos; y cuneta en todo su perímetro, que evite el acceso de las aguas de escorrentía.

Una vez analizado todo lo anteriormente descrito se ha comprobado que la posibilidad de afección de la actividad sobre la hidrología de la zona, es muy baja.

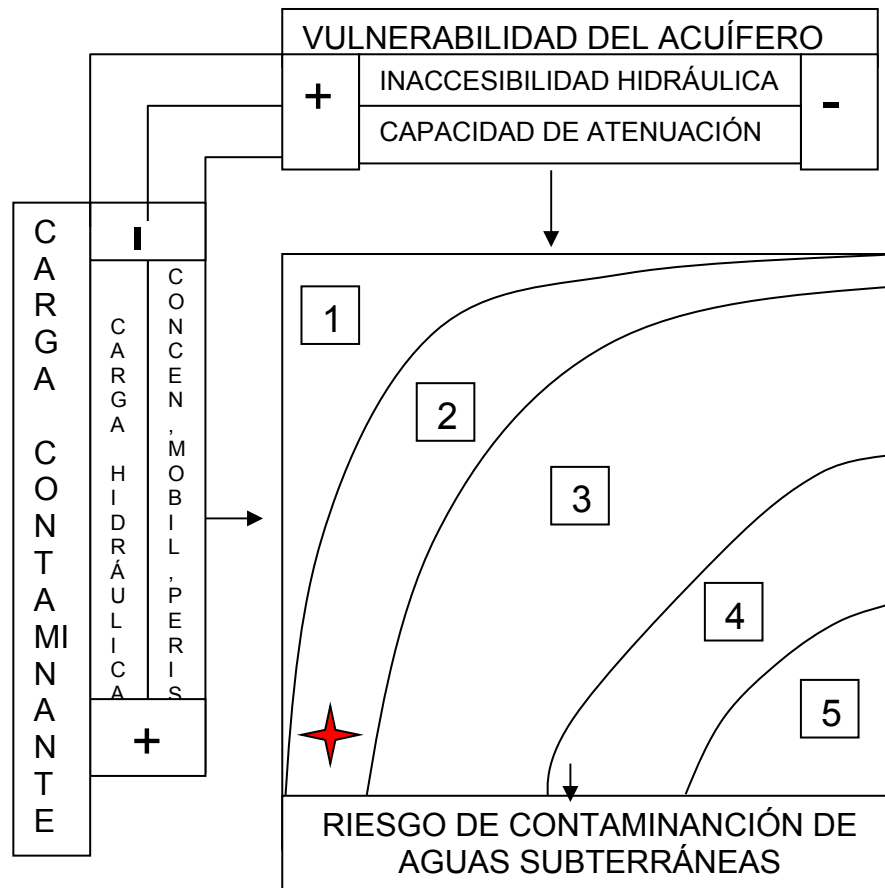
6.3.- Estudio de la afección de la actividad sobre las aguas subterráneas de la zona:

6.3.1.- Introducción:

Una vez visto las características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas de la zona, pasamos a intentar analizar la posible influencia que puede tener la actividad objeto del presente proyecto sobre la zona.

6.3.2.- El Riesgo de contaminación de las aguas subterráneas:

La definición más lógica del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es concebida como la interacción entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero. La determinación entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero determina el riesgo de que la contaminación penetre al acuífero. Adoptando tal esquema podremos obtener una alta vulnerabilidad sin riesgo de contaminación, por la ausencia de una carga significativa de contaminantes y viceversa. Ambos son perfectamente lógicos en la práctica.



Esquema conceptual del riesgo de contaminación de aguas subterráneas

Como se puede ver en la gráfica a pesar de que la carga contaminante es alta, ya que los residuos que aquí estamos tratando son contaminantes, sin embargo la no existencia de acuíferos bajo las balsas, el escaso espesor del seno arenoso y la impermeabilidad de los leucogranitos existentes bajo la planta de compostaje y la balsa de retención, unido a la efectiva impermeabilización proyectada, hace que el riesgo de contaminación sea bajo.

El término vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta.

En nuestro caso el potencial acuífero que pudiera existir en el área de ubicación de la parcela afectada sería poco vulnerable debido a las características hidrogeológicas impermeables de los leucogranitos, además la carga contaminante es inexistente debido a la impermeabilización que tendrá tanto la planta de compostaje como la balsa.

También es importante conocer el comportamiento hidráulico del acuífero relacionado con la posible introducción de sustancias contaminantes en las aguas del mismo. En este sentido cabe decir que el flujo hidráulico que circula por la zona no saturada está en función del contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada, que son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fisuras.

Teniendo en cuenta esto último y aplicándolo a nuestro caso, uso de unas balsas de efluentes, en el que tenemos materiales fundamentalmente graníticos, la variación no es dramática ya que no existen macroporos en los granitos y granodioritas, ni se han detectado fracturas significativas en la zona que puedan retener y conducir agua solamente a muy bajo potencial hídrico, por lo que tiene que existir un potencial hídrico altísimo para conducir contaminantes al interior de un supuesto acuífero.

La tasa del flujo de agua y de la penetración de algunos contaminantes en formaciones graníticas, como es el caso que estamos estudiando, pueden estar en un orden de magnitud mucho más alto cuando existe una carga hidráulica importante. Este es un factor clave en la determinación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas ya que al tener una tasa de flujo inferior a 0,2 metros al día, debido a las características hidrogeológicas del acuífero implica que el tiempo de tránsito que tarda un contaminante en llegar al acuífero puede ser más alto que en otro tipo de formaciones, en tal caso la contaminación microbiológica y bacteriológica no adquiere importancia; ya que el tiempo de tránsito generalmente es superior al periodo de vida y por tanto de contaminación de un determinado contaminante microbiológico.

En lo que respecta a la vulnerabilidad a la contaminación de la zona está una función de:

- * La inaccesibilidad de la zona saturada, en un sentido hidráulico, a la penetración de contaminantes.

- * La capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada del acuífero como resultado de su retención física y reacción química con contaminantes.

En función de todos los factores anteriormente mencionados se aporta una descripción de la vulnerabilidad hidrogeológica a la contaminación en las parcelas afectadas.

Como se cita en los apartados anteriores, tras los estudios geológicos y geofísicos efectuados mencionar que no se localizan aguas subterráneas bajo las balsas. En lo que respecta a las formaciones cuaternarias en los 0,00 a 0,50 metros de espesor que tenemos en la zona, es un terreno vulnerable a la contaminación ya que se trata de un terreno detrítico, si bien la impermeabilidad manifiesta de las balsas protege la vulnerabilidad hidrogeológica y edafológica de este tramo.

Con respecto a la formación leucogranítica hemos tratado de localizar acuíferos dentro de esta formación, estos acuíferos se circunscriben a áreas de macrofracturación que desarrollan porosidad secundaria por microfisurado, no se han localizado algunas fracturas (ver informe geofísico), significativas que puedan albergar agua subterránea, es por ello que bajo las balsas no se detectan acuíferos.

La vulnerabilidad de los leucogranitos existentes bajo las balsas es baja ya que se tratan de materiales impermeables por los que tan sólo discurre agua a lo largo de fracturas, si bien estos acuíferos son muy locales y de escaso caudal, con una accesibilidad hidráulica muy baja, por lo que la vulnerabilidad es baja.

6.4.- Medidas preventivas para evitar la contaminación de suelos y agua:

La mejor medida para evitar la contaminación de suelos y agua es la impermeabilización tanto de la planta de compostaje como de la balsa de retención, descrita en apartados anteriores.

7.- CONCLUSIONES:

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la posible afección de una planta de compostaje y una balsa de retención a construir en la parcela 1 del polígono 142 del Término Municipal de Mérida (Badajoz).

Este estudio de posible afectividad se ha basado en un estudio hidrogeológico, geológico, geofísico y edafológico de la zona afectada, del cual se ha deducido que por las características geofísicas, geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas observadas en la zona afectada, no existiría afección a la hidrología, hidrogeología y edafología de la zona, basado en tres razones fundamentales:

- a. Impermeabilidad y baja vulnerabilidad de los leucogranitos subyacentes en la zona afectada.
- b.- No se han detectado acuíferos bajo la futura planta de compostaje y balsa de retención.
- c.- El diseño de la construcción e impermeabilización tanto de la balsa como de la planta balsas limitan cualquier posibilidad de filtración o vertido de lixiviados al suelo.

Firma el presente estudio hidrogeológico

En Santa Marta a 23 de julio de 2018

Fdo. Francisco Javier Fernández Amo
Geólogo Colegiado n°. 3.214

ANEXO I

MAPAS Y PLANOS

MAPA TOPOGRÁFICO CON CURVAS DE NIVEL

MAPA GEOLÓGICO

NOTA ACLARATORIA:

En el mapa geológico (MAGNA 777 Mérida) en la donde se ubica la actividad aparecen materiales detríticos cuaternarios, lo cual es un error, ya que la zona afectada está en un pequeño resalte, donde afloran los leucogranitos tal y como se puede ver en la foto.



Es por ello que se ha realizado y se adjunta cartografía geológica de detalle a escala 1:5.000

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA
1 : 5.000 DE LA ZONA AFECTADA**

MAPA HIDROLÓGICO ESCALA 1 : 25.000

**MAPA DETALLADO DE LAS UNIDADES
HIDROGEOLÓGICAS**

No hay presencia de unidades hidrogeológicas en la zona afectada.

**MAPA DE PERMEABILIDADES DE LA ZONA
AFECTADA**

El mapa de permeabilidades del IGME se construye a partir del mapa geológico, en este caso el (MAGNA 777 Mérida) en la donde se ubica la actividad aparecen materiales detríticos cuaternarios, lo cual es un error, ya que la zona afectada está en un pequeño resalte, donde afloran los leucogranitos tal y como se puede ver en la foto.



En base a ello, la zona donde se ubica la actividad no es en la Q-M (vulnerabilidad media rocas detríticas cuaternarias), sino en la I-B (vulnerabilidad baja de rocas ígneas)

**PLANOS DE LOS PUNTOS DE CONTROL CON
COORDENADAS UTM (ETRS89)**

MAPA DE PUNTOS DE AGUA

El mapa de puntos de agua es el plano de instalaciones en sí, ya que no existen en un perímetro de 100 metros ni manantiales ni pozos. Tanto las construcciones, como la planta de compostaje de la balsa y los puntos de vertidos vienen detallados en los planos de instalaciones.

PLANO DE LAS INSTALACIONES

ANEXO II

DATOS GEOFÍSICOS

ANEXO III

DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACION PROFESIONAL COMO TÉCNICO COMPETENTE