

1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Generalidades:

El presente Estudio Hidrogeológico se presenta a petición de TROIL VEGAS ALTAS, S.COOP., con C.I.F.: F06302087 con domicilio en Carretera Comarcal EX-105, pk 18,500, de Valdetorres (Badajoz), C.P.: 06474. El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se va a asentar una balsa de alperujo (en la Planta de Tratamientos de Lodos de Almazara de Valdetorres) y la posible influencia hidrogeológica de esta nueva balsa sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

1.2.- Descripción de la actividad:

En el año 2000 TROIL llevó a cabo el Proyecto de instalación de una planta de tratamiento de lodos de almazara (alperujos), con cogeneración de energía eléctrica, para la recepción y el procesado de los lodos de almazaras procedentes de las industrias integradas en TROIL, así como el de otras almazaras de comarcas próximas.

Desde que se implantó la industria se ha incrementado, progresivamente, las cantidades recibidas de alperujo debido a la entrada en producción de nuevas plantaciones de olivos, la puesta en riego de otras tradicionales, así como a la solicitud de nuevas incorporaciones de socios. **Estos hechos justifican la necesidad de aumentar la capacidad de recepción y almacenamiento de alperujo, ya que la capacidad de procesado se mantiene constante.**

Para poder hacer frente a este aumento de alperujos, así como a posibles incrementos de producción de las almazaras, se realiza una nueva balsa de almacenamiento de 40.000 m³.

El objetivo principal de estas balsas es la producción de energía eléctrica a través de un proceso de cogeneración, el alperujo es el subproducto sólido y puede ser un material reutilizado satisfactoriamente y, en opinión de ciertos expertos, con un mercado creciente y diversificado; el alperujo es utilizado principalmente para combustible (4.000 cal/kg.).

Otros recursos que se están obteniendo es el aceite de orujo crudo de oliva por medios físicos, materia prima para pienso para el ganado con la pulpa, combustible a través del orujillo y fertilizantes con el alpechín.

Los residuos existentes en las balsas tienen una difícil degradación en la naturaleza, es difícil básicamente debido a que contiene productos con poder antibacteriano. Básicamente los residuos existentes en la Planta de Troil Vegas Altas provienen de almazaras y son alpeorujos.

La composición química de las aguas alpechinadas es la siguiente:

Por ser un producto natural su composición no es constante, variando con el tipo de aceituna, la estación, el tipo de recogida y sobre todo con el proceso, industrial utilizado para obtener el aceite. Su composición aproximada es la siguiente:

- Agua: 83,5 %
- Materia orgánica: 15 %
- Minerales: 1,8 %

Estas sustancias contaminantes deben de estar debidamente almacenadas sobre balsas efectivamente impermeabilizadas como es el caso de esta Planta, ya que se han construido dos balsas con una ingeniería de impermeabilización que anula cualquier posibilidad de filtración, ello unido a la enorme dimensión y profundidad de las mismas, evita cualquier posibilidad de colmatación, ya que el volumen de alpechines y alperujos dista mucho de sobrepasar la cota de riesgo de colmatación de las balsas.

No obstante el objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la nueva balsa y estudiar la posible influencia hidrogeológica de un hipotético vertido sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

1.3.- Características constructivas de la balsa:

1.3.1.- Introducción:

Se realiza una balsa con una capacidad aproximada de 40.000 m³, de medidas exteriores de 125 m x 65,45 m y profundidad media 8 m.

La balsa dispone de una rampa de descenso de vehículos de 6 m de anchura y una pendiente del 25 %.

Las características constructivas de la balsa son:

1.3.2.- Movimiento de tierra:

Mediante el empleo de tractores con traíllas, máquinas retroexcavadoras, vehículos de transporte, rulos compactadores y otras maquinarias, se procede al vaciado del terreno hasta una profundidad media de 8 m. Se procede al taluzado de las paredes, con pendiente máxima de 27 grados, para evitar derrumbamientos. Al fondo de la balsa se le aporta, una capa de zahorra de 20 cm de espesor que se compactará mediante pases de rulo vibratorio y riego de superficie.

1.3.3.- Camino coronación y rampa:

Se construye un camino útil de 4m de anchura a lo largo del perímetro de la balsa con tierras de la propia excavación compactado hasta una densidad del 100% del Próctor Modificado.

Para facilitar el acceso al fondo de la balsa se ha previsto una rampa de hormigón armado situada en el talud interior de 4 m de ancho.

1.3.4.- Impermeabilización:

Se impermeabiliza la balsa, para evitar que el alperujo entre en contacto con la tierra. Se utilizan dos láminas independientes:

- Un fieltro separador, de tejido de polipropileno, tipo Geotextil, de 250 gr/m², sirviendo como separador y protector de la lámina impermeabilizante.

- Una lámina de polietileno, de 1,5 mm. de espesor. Las uniones entre las láminas se realizarán mediante termofusión y extrusión en singularidades y detalles

1.3.5.- Drenaje:

Se coloca bajo el material impermeabilizante tuberías perforadas de drenaje de diámetro adecuado y conducidas hacia piezómetros en los extremos de la balsa para controlar posibles fugas y filtraciones.

1.3.6.- Solera:

Sobre la lámina de impermeabilización se realiza una solera de hormigón armado con fibra de polipropileno de 15 cm de espesor, para que permita la entrada de vehículos en el interior y poder dar un buen mantenimiento de esta.

Perimetralmente a la solera se dispondrá una fila de bloques de hormigón para evitar que cualquier vehículo dañe la lámina.

1.3.7.- Cerramiento:

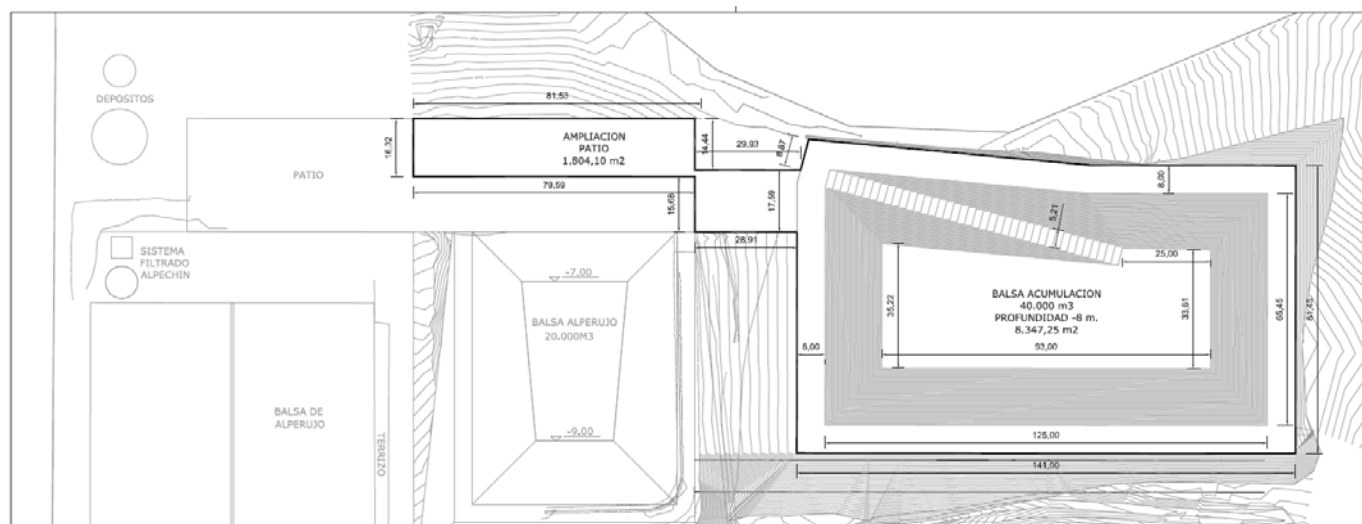
Para separar la zona de balsas del resto de la industria, previniendo de esta forma accidentes, se instalará un cercado de 1,50 m. de altura realizado con malla simple torsión galvanizada en caliente de trama 50/14 y postes de tubo de acero galvanizado, recibido con mortero de cemento y arena de río 1/4. (M-80). Contarán con dispositivos de escape para la fauna.

1.3.8.- Desagüe perimetral:

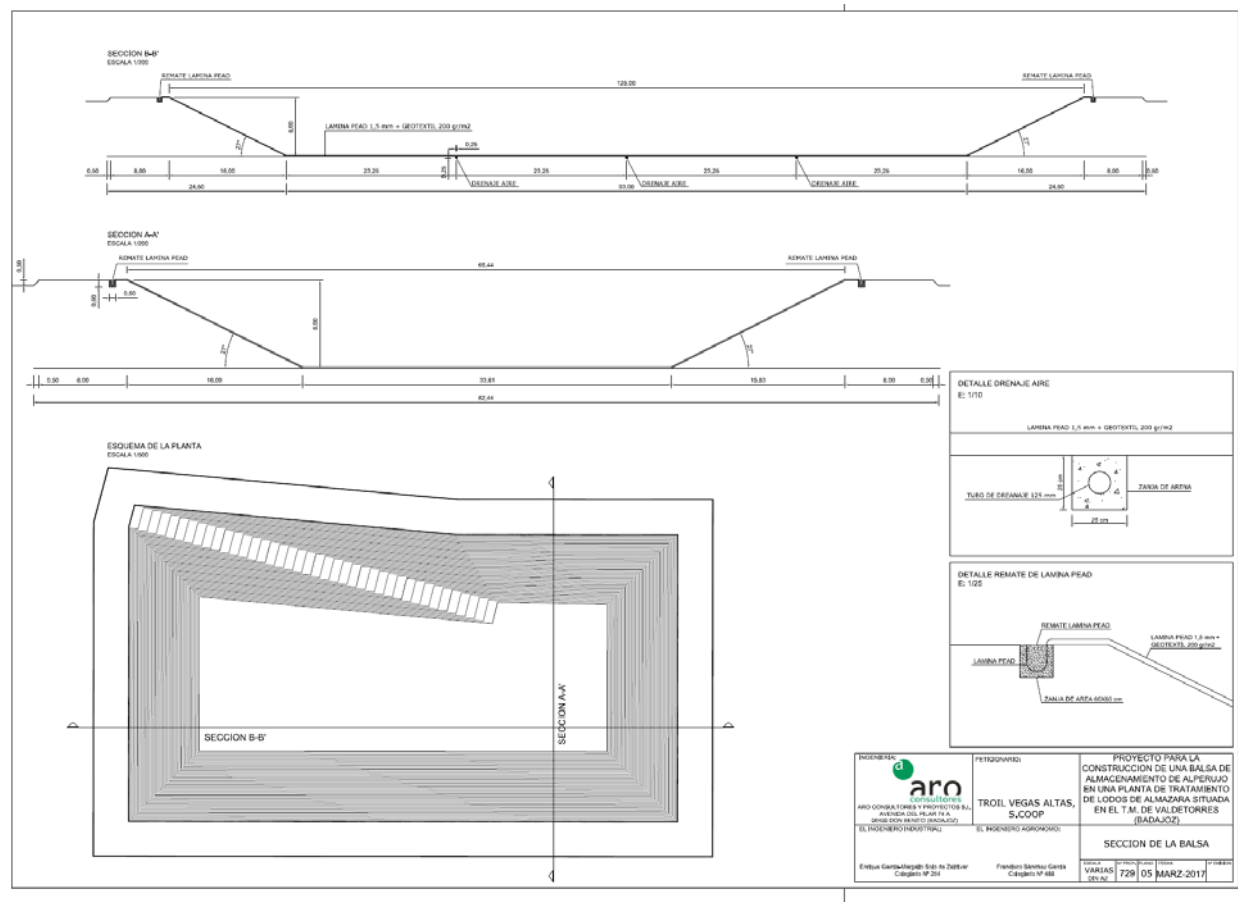
Se evita el acceso innecesario de aguas de escorrentía pluviales a la balsa mediante un desagüe perimetral que evacue las aguas de escorrentía fuera de la balsa.

1.3.9.- Planos:

A continuación se muestran planos de planta y secciones de la balsa proyectada.



PLANO PLANTA DE LA Balsa PROYECTADA



SECCIONES DE LA Balsa PROYECTADA

1.4.- Metodología de estudio:

El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la actividad y estudiar la posible influencia hidrogeológica de la misma sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

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 la balsa 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 su 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 finca donde se asienta la nueva balsa de alperujo, se enclava aproximadamente a unos 100 km. al este de Badajoz capital, en el Término Municipal de Valdetorres, más en concreto se sitúa en la parcela 5018 del Polígono 3 (Ver mapas y planos anexos), el paraje al que pertenece la parcela es el conocido como El Chaparral.

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

En Proyección U.T.M. ETRS89, HUSO 29.

X = 0755869 Y = 4306563

El acceso al área de ubicación de las balsas es a través de un camino que parte a del pk 18,600 a la izquierda de la carretera EX105 Don Benito - Olivenza, por este camino tras recorrer unos 200 metros se llega a la entrada de la Planta de Troil Vegas Altas, donde se ubican las balsas.

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 esta un marcado aspecto poligonal.

El área granítica de Guareña – Valdetorres presenta una amplitud de afloramiento reducida debido al recubrimiento existente. En conjunto mencionar que se trata de un granito de características uniformes y que presenta disyunción bolar.

La erosión diferencial ha hecho mella en la red de diaclasado del macizo granítico de Guareña 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. Sin embargo sí que se observan formaciones exógenas que nos indican que estamos ante un relieve de tipo residual pudiendo observar en la zona formaciones como berrocales, bolos con aspecto de losa, pasillos de arenización, etc.

Las cotas topográficas en la zona de ubicación de las balsas oscilan entre los 271 y los 283 m.

2.2.- Hidrología:

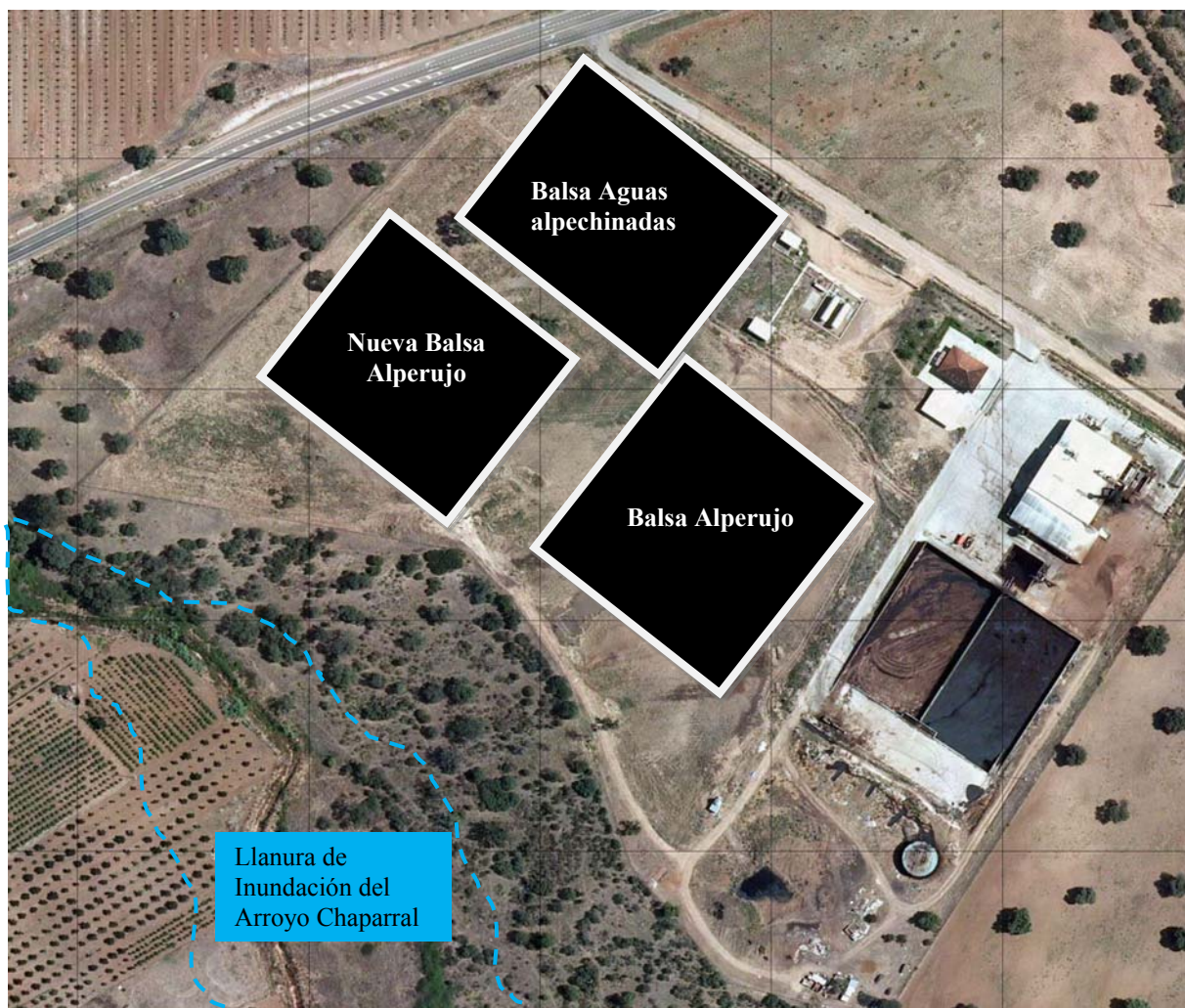
En el apartado referente a la hidrología cabe destacar el dominio de las arenas sobre los afloramientos graníticos, lo que provoca la infiltración del agua de lluvia en el subsuelo y la escasa proliferación de arroyos en la zona. El cauce más cercano, el Arroyo del Chaparral se encuentra a más de 110 metros de la nueva balsa de alperujo; fuera por tanto de la zona de policía del citado cauce.

Mencionar que no existen cauces fluviales menores en el entorno de la nueva balsa, el cauce fluvial más cercano es el citado Arroyo del Chaparral. Este cauce tiene un carácter estacional, por el cual tan solo discurre agua en épocas de lluvias, estando generalmente con escaso o nulo caudal en los meses estivales.

La morfología fluvial de los cauces es dendrítica arborescente.

Dentro de este apartado vamos a definir la llanura de inundación del Arroyo del Chaparral en las cercanías de las parcelas afectadas. Definir la llanura de inundación es vital en un estudio como en el que nos encontramos, ya que si bien la distancia administrativa en la protección de un cauce fluvial es de 100 metros en la realidad esta distancia varía y puede ser desde 2 metros hasta 130 metros (Llanura de Inundación del Río Guadiana en algunos puntos del Término Municipal de Badajoz).

Es por ello que definir la Llanura de Inundación se antoja como clave para saber la posible influencia de las balsas sobre el cauce fluvial. Las llanuras de inundación son las áreas adyacentes a los ríos o arroyos sujetas a inundaciones recurrentes, las mismas son variables y muy difíciles de determinar, sobre todo en zonas con topografía plana como la que tenemos. El poder determinar el área que ocupa la llanura de inundación de un cauce fluvial es muy complicado, ya que la misma es variable, habría que estudiar las crecidas históricas, de las cuales no se tienen datos ya que no existe un registro histórico de inundaciones recurrentes, al menos no en este cauce fluvial. La única manera de determinar la llanura de inundación en este tipo de cauces es por la cartografía geológica de los materiales detríticos aluviales modernos que circundan el cauce fluvial. Estos materiales además de marcar el límite de las crecidas recurrentes, constituyen un acuífero de tipo libre, de los que se suelen aprovechar numerosos pozos artesianos situados en las márgenes de los arroyos. La línea que marca el límite de afección al cauce fluvial, o lo que es lo mismo que marca la llanura de inundación del cauce del Arroyo del Chaparral, no es recta, varía en función de la morfología del cauce, siendo más estrecha la llanura de inundación en curvas de erosión fluvial, y más ancha en curvas de sedimentación.



En la fotografía aérea anterior se podía observar una línea discontinua en azul que marca la llanura de inundación, tras la exploración geológica de campo efectuada. Una vez investigada hidrogeológicamente la zona y como se puede ver en los mapas y planos (Ver Anexos) se puede afirmar que la nueva balsa está fuera y alejada del área que cubre la llanura de inundación del Arroyo del Chaparral y fuera de la zona de incidencia de la dinámica fluvial del mencionado cauce fluvial, y por tanto está fuera del área de influencia hidrológica de cualquier cauce fluvial, por ello no puede afectar a la dinámica fluvial del mencionado arroyo.

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 nueva balsa de alperujo de Troil. El presente capítulo pretende dar a conocer las diferentes formaciones geológicas sobre las que se localiza la ubicación de aquella.

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 balsa 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. Marco Geológico:

La orografía y morfología de la zona está condicionada por los distintos materiales que conforman el contexto geológico así como la tectónica regional; estas junto con la acción de agentes exógenos, conforman un área de relieves ondulados residuales que corresponden a alineaciones hercínicas pertenecientes a los horizontes cuarcíticos del Ordovícico.

En el contexto geológico, la balsa se enclavan en la zona de Ossa - Morena perteneciente al Macizo Hespérico (LOTZE et al), dentro de esta zona se ubica sobre el área granítica “Campanario - La Haba”, dentro de esta área se enclava en el Granito de Guareña.

3.3.- Geología Local:

3.3.1.- Estratigrafía:

3.3.1.1.- Introducción:

Dentro de la zona de estudio únicamente se distinguen materiales graníticos pertenecientes al Área Granítica “Campanario - La Haba”, dentro de esta área se enclava en el Granito de Guareña.

Los materiales reconocidos en la zona estratigráficos son básicamente cuaternarios.

3.3.1.2.- 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 macizo granítico, que después analizaremos, tiene en esta zona una amplitud de afloramiento reducida y esto es debido al recubrimiento cuaternario existente.

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 medio metro a 5 metros, según zonas.

3.3.1.3.- Cuaternario aluvial:

Los depósitos fluviales que nos encontramos en la zona son escasos y se limitan a pocos metros de anchura entorno a la línea de cauce del Arroyo Chaparral, los sedimentos que se encuentran más alejados de aquella corresponden a depósitos originados en fenómenos de crecida provocados por algún fenómeno tormentoso, no se observan sedimentos fluviales a más de 40 metros del citado arroyo.

En general los sedimentos que nos encontramos son gravas, arenas y arcillas, todas ellas con un grado de madurez medio-bajo. Las gravas presentan en su mayoría ángulos redondeados; estas gravas son los restos de la erosión fluvial producida aguas arriba y nos encontramos clastos metamórficos e ígneos (granitos y cuarcitas).

3.3.2.- *Petrología:*

3.3.2.1.- 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.

3.3.2.2.- Granito de Guareña:

Se trata de una masa granítica perteneciente al Área de Campanario - La Haba, el Granito de Guareña se dispone según las directrices hercínicas, y pertenece al Batolito de Campanario. La dimensión del Batolito de Campanario desde el punto de vista regional es considerable, con una extensión de afloramiento de varios de km².

El Granito de Guareña ocupa la totalidad de la parcela donde se ubican las balsas aunque presenta una amplitud de afloramiento reducida en el área de estudio debido al recubrimiento cuaternario existente.

La facies granítica encontrada es una granodiorita típica, en el sentido de tratarse de una roca de grano medio, y coloración gris.

Un análisis petrográfico del mismo nos revela lo siguiente:

Textura: Holocristalino, fanerítico, hipidiomórfico e inequigranular.

Composición mineral:

Minerales esenciales: Cuarzo, feldespatos potásico, plagioclasa (Oligoclasa) y biotita.

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

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

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

En general la muestra presenta indicios de una deformación importante, las plagioclasas están zonadas con un zonado normal común, La oligoclasa raramente forma fenocristales y presenta importantes fenómenos de peritización, los cristales de cuarzo son euhedrales o bien ocupa los espacios irregulares. La mayoría de los cristales de las distintas especies minerales presentan extinción ondulante.

Las biotitas muestran fenómenos de plegamiento; todos estas características microscópicas descritas indican que la roca ha sufrido una deformación dúctil, esta no se ha producido por fuerzas tectónicas después de la solidificación total, sino durante el ascenso del batolito y mientras permanecía líquida una pequeña fracción del magma granodiorítico. No se observa una lineación de los minerales planares como las biotitas.

Las muestras también presentan indicios de que han sufrido deformación frágil, las oligoclasas están deformadas con bordes irregulares y aparición de pequeños granos de cuarzo en estos; los cristales de cuarzo están fracturados y presentan puntos triples, se observan fenómenos de recristalización, ha habido reducción del tamaño de los granos. Todo esto indica que la roca ha sufrido un fenómeno de deformación plástica continua, en el que el aplastamiento y la elongación de los nuevos agregados policristalinos de cuarzo señalan la posición de la foliación tectónica y de la lineación de estiramiento.

Este tipo de deformación frágil - dúctil se produce según Fargier en el dominio nº 4 donde ya todo el magma granítico está cristalizado y se produce esta deformación plástica, el índice de todo esto es la presencia de cuarzo deformado o la existencia de la deformación de los rutilos incluidos en cuarzo, en esta fase se empiezan a superponer fábricas tectónicas.

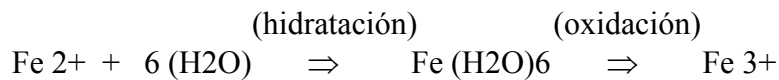
Por último hablar del grado de alteración; se observa que en general el granito presenta un grado de alteración medio, presentando dos tipos clásicos de alteración en esta roca como son la cloritización de las biotitas y la sericitización de las plagioclasas, estas alteraciones se producen por la hidrólisis 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 sericitización 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 recristalizado 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.

3.3.3.- Tectónica:

3.3.3.1.- 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) que son claramente visibles en la Sierra de Enfrente (Medellín).

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 que es claramente visible al suroeste de Guareña.

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.

3.3.3.2.- 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 recristalizados 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 Guareña 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.

3.3.3.3.- 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.

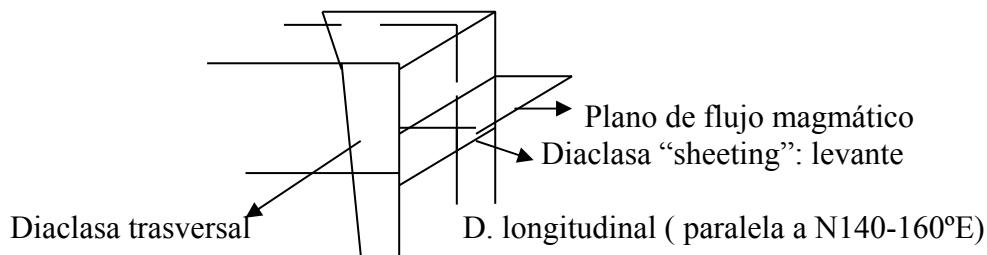
Las diaclasas (fracturas), son superficies de discontinuidad en las rocas con movimiento inexistente o inapreciable y cuyo origen está relacionado con:

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.

3.3.4.- Edafología:

Debido a la meteorización química y física que ha sufrido el Granito de Guareña 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 el foco de la explotación una potencia de 0,5 a 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	0-100	Pardo en seco, textura areno - limosa, fácil permeabilidad.
A1	100-200	Pardo oscuro en húmedo, textura arenosa, buena permeab.
B	200-500	Pardo amarillento en húmedo, textura areno - limosa, perm. media.
B(C)	+ 500	Granodiorita alterada. Impermeable
R	+ 2000	Granodiorita fresca. Impermeable

El horizonte A y A1 destaca poco del conjunto (tono ligeramente más pardo por la mayor proporción de humus). El horizonte B es la zona de mayor actividad química, que nunca llega a ser acusada por la rápida sequía del suelo.

Hay una cierta liberación de óxidos de hierro y neoformación de arcilla que cementan los elementos individuales entre sí, formándose agregados algo estables, pero la textura continúa siendo marcadamente arenosa y débil la retención de agua. El horizonte R, o sea la roca originaria de los suelos granito, es rica en sílice y feldspatos, su fácil desintegración por meteorización (raíces, reacciones químicas, etc.) permite la formación de una potente capa de material originario u horizonte C (0,5 a 5 metros según zonas).

La meteorización no actúa uniformemente sobre la superficie de las rocas debido, probablemente, a diferencias constitutivas. La línea de contacto entre el material meteorizado y roca fresca no es paralela con la superficie del suelo; presenta inflexiones que, bajo la acción de la erosión, forma los berrocales, apareciendo en las excavaciones numerosos bolos sueltos.

4.- HIDROGEOLOGÍA:

4.1.- Marco hidrogeológico:

4.1.1.- Introducción:

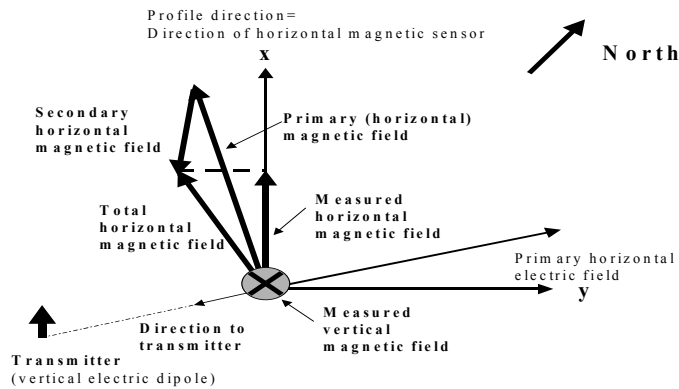
Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de dos litologías: arenas, limos y arcillas de la Formación Cuaternaria y Granitos de Guareña, estos últimos son impermeables desde el punto de vista hidrogeológico si bien pueden existir fracturas 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 fisural.

Estudio geofísico:

4.1.1.1.- Introducción:

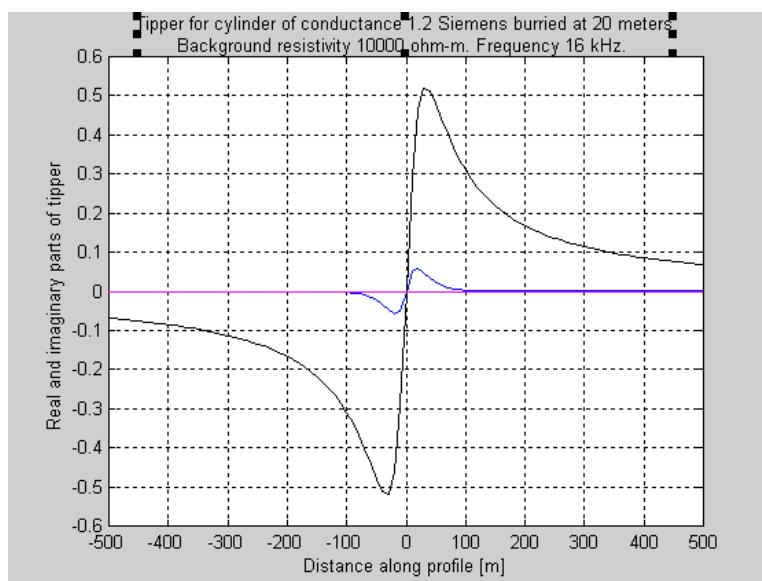
La geofísica efectuada en la finca afectada está basada en el método VLF. Mediante estas mediciones se puede determinar la situación en el subsuelo de diferentes estructuras y formaciones geológicas.

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.



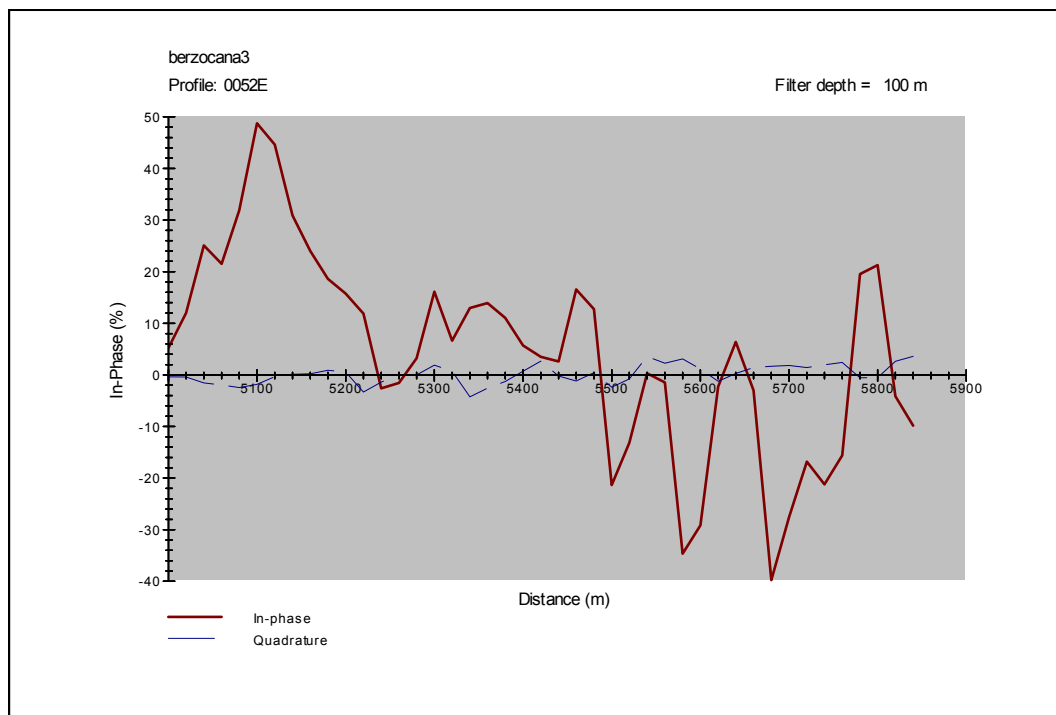
Dos componentes magnéticas (H_x, H_z) son medidas, relacionadas por la fórmula $H_z = AH_x$, donde A es una compleja cantidad con una parte real y otra imaginaria, debido a que en una frecuencia dada, los campos horizontales y verticales tienen normalmente un desfase en tiempo causado por inducción electromagnética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



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 tardihercénicas 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 dos perfiles de una distancia de 160 y 140 metros.

4.1.1.2.- Interpretación del perfil VLF 1 efectuado:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales graníticos, las coordenadas en UTM (ETRS89, HUSO 29) de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto n°.: 1 Y: 4306624
 X: 755804

Punto n°.: 17 Y: 4306758
 X: 755727

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 160 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor de la alteración granodiorítica y en la localización de posibles fracturas dentro del macizo granodiorítico 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 depósito de tipo detrítico cuaternario, compuesto por un material arcilloarenoso de color marrón rojizo con cantos de gravas de origen poligénico que tiene un espesor de 1,10 y una resistividad de 62,8 Ω m, a continuación se observa un depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración, con una resistividad aparente de 120,20 Ω m, a los 6,30 m se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (985,20 Ω m), corresponde con materiales graníticos poco alterados. A partir de 15,00 metros de profundidad se detecta un elevado aumento de la resistividad (6.824,30 Ω m), estas resistividades corresponden con materiales ígneos, en este caso granodioritas 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.

4.1.1.3.- Interpretación del perfil VLF 2 efectuado:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales graníticos, las coordenadas en UTM (ETRS89, HUSO 29) de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto n°.: 1 Y: 4306709
 X: 755670

Punto n°.: 15 Y: 4306688
 X: 755849

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 140 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor de la alteración granodiorítica y en la localización de posibles fracturas dentro del macizo granodiorítico 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 depósito de tipo detrítico cuaternario, compuesto por un material arcilloarenoso de color marrón rojizo con cantos de gravas de origen poligénico que tiene un espesor de 1,30 y una resistividad de 49,4 Ω m, a continuación se observa un depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración, con una resistividad aparente de 118,90 Ω m, a los 6,50 m se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (899,70 Ω m), corresponde con materiales graníticos poco alterados. A partir de 16,00 metros de profundidad se detecta un elevado aumento de la resistividad (7.111,60 Ω m), estas resistividades corresponden con materiales ígneos, en este caso granodioritas 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.- Presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos:

4.1.2.1.- 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, ni se tiene constancia de la presencia de acuíferos en un entorno de 300 metros. En cualquier caso, para un estudio del marco hidrogeológico del entorno donde se va a ubicar la nueva balsa se precisa de un análisis hidrogeológico de los materiales que encontramos en la columna litológica de la zona, para comprender mejor el marco hidrogeológico donde se está construyendo las balsas.

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

De las litologías existentes bajo la parcela afectada se podrían dar dos tipos de acuíferos, uno libre asociado a los materiales arenosos cuaternarios y otro de tipo fisural asociado a las áreas de macrofracturación de las granodioritas.

De los materiales observados, a priori, los materiales arenosos cuaternarios (deposición detrítica cuaternario + lehm granodiorítico) no puede ser considerado como formaciones que pueda albergar acuíferos. A pesar de su alto porcentaje en fracción arena con respecto a la fracción arcilla o limo, que facilita la infiltración del agua de lluvia y que se deposita en el contacto con la granodiorita impermeable que actúa como pantalla.

Sin embargo el escaso espesor de esta formación (> 7 m.) provoca que la componente evapo-transpiración adquiera una gran importancia y como consecuencia de ello el agua infiltrada termina evapo-transpirándose en un escaso periodo de tiempo, y no genera ningún tipo de almacenamiento, salvo algunos rezumes de baja importancia. En este sentido mencionar que no se ha localizado ningún freático en la perforación efectuada para conocer la permeabilidad de los materiales más superficiales.

Litológicamente bajo la formación cuaternaria aparecen rocas granodioríticas. Este tipo de material tiene el mismo comportamiento hidrogeológico y geofísico que un granito.

En este tipo de material se encuentran algunos acuíferos asociados a zonas donde la fracturación es elevada y que ha posibilitado la infiltración de agua por esa red de fracturación, al ser la granodiorita un material con escasa o nula porosidad, el flujo subterráneo circula por las fracturas que funcionan como conductos hasta que llega a una zona donde la fractura es más amplia y se puede formar alguna cámara de almacenamiento.

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.

4.1.3.- 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 estos materiales ígneos plutónicos son confinados, fisurales y discontinuos, estos presentan un difícil recarga y buena capacidad de almacenamiento.

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

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable.

Al tratarse de acuíferos de tipo fisural 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 la captación existente en la parcela y 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 fisurales 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 local, que tiene las siguientes direcciones:

- ❶ N140°-160°E
- ❷ N40°-60°E
- ❸ N90°-100°E

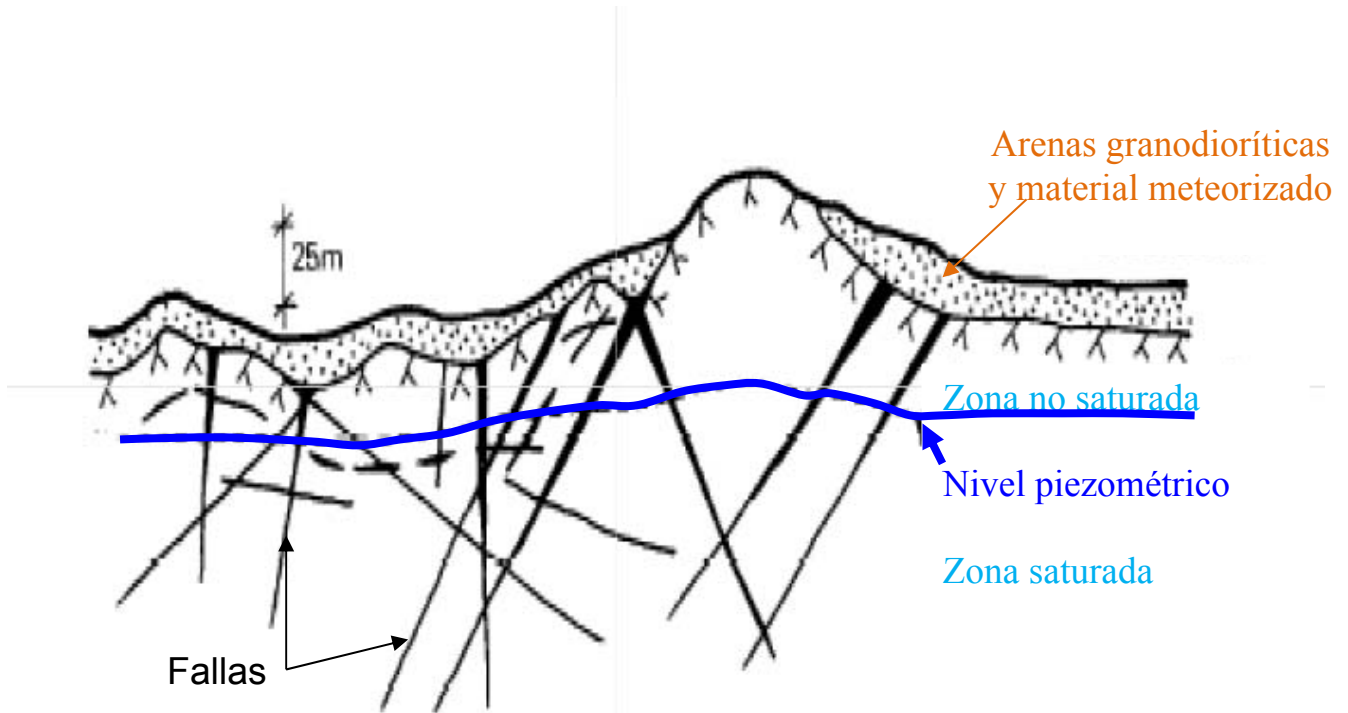
Las velocidades del agua a través de fracturas individuales pueden ser extremadamente altas, pero las fracturas usualmente ocupan solo una parte del acuífero, en base a esto, el promedio del flujo volumétrico suele ser bajo en este tipo de acuíferos.

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 materiales graníticos, se trata de una red de fracturas (fallas y diaclasas) interconectadas entre sí, el bloque matriz es el macizo granodiorítico 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 granodiorítica que compone los aproximadamente cinco metros de recubrimiento que tiene la masa granodiorítica en la zona (sumando el metro de depósito cuaternario coluvial, que tiene similar comportamiento hidrogeológico que el lhem).

El agua se infiltra a través de la cobertera cuaternaria permeable y llega a la masa granodiorítica impermeable, en las áreas donde se encuentren fracturas (principalmente fallas), 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:

Se localiza un pozo – sondeo dentro de la parcela donde se ubican las balsas, propiedad del titular.

Dicho pozo sondeo se ubica a unos 170 metros al nordeste de la zona donde se ubica la nueva balsa de alperujo, y más cercana a las antiguas balsas, las cuales nunca han afectado a esta captación.



La profundidad de esta captación es de 90 metros y se aprovecha de un acuífero de tipo fisural de escaso caudal (inferior a 1 l/s).

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 27).

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 toda la masa granodiorítica, no obstante en ciertas áreas aparece una cuarta dirección de fracturación con menor frecuencia de repetición que es la $N20^{\circ}E$.

La circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente $N140^{\circ}$ - $160^{\circ}E$, coincidiendo con la dirección principal de fracturación de la granodiorita, si bien puede existir recarga en algún cruce de fracturas hercínicas conjugadas ($N140$ - $160^{\circ}E$ 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.

Se ha realizado un ensayo de Lefranc, para conocer la permeabilidad de los materiales más superficiales, cuyos resultados se adjuntan a continuación:

PAYMACOTAS EXTREMADURA

Ensayo Lefranc

Sondeo: S-1
Fecha: 22/05/2017
Profundidad (m): 3,0 - 5,0 m
Nivel geológico N-1, JABRE
Nº Lefranc en el sondeo: 1

Longitud zona filtrante:	L=	1	mts
Diámetro entubación:	d_e=	0,098	mts
Diámetro zona filtrante:	d=	0,086	mts

Nivel Variable

Datos

Nota $h_1 =$ 5,00 metros
 $h_2 =$ 4,74 metros
 $\Delta h =$ 0,26
 $\Delta t =$ 40 minutos
 $\Delta t =$ 2400 seg

Lefranc

K= 8,4E-08 m/seg
K= 0,007 m/dia

$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

La permeabilidad es baja para tratarse de materiales detríticos (arenas de alteración granítica), posiblemente por la presencia de arcillas de alteración (illitas, serricitas y esmectitas).

En lo que respecta a las granodioritas 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** de:

$$5 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (m/día)} = 2,74 \times 10^{-5}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (m/día)} = 5,84 \times 10^{-6}$$

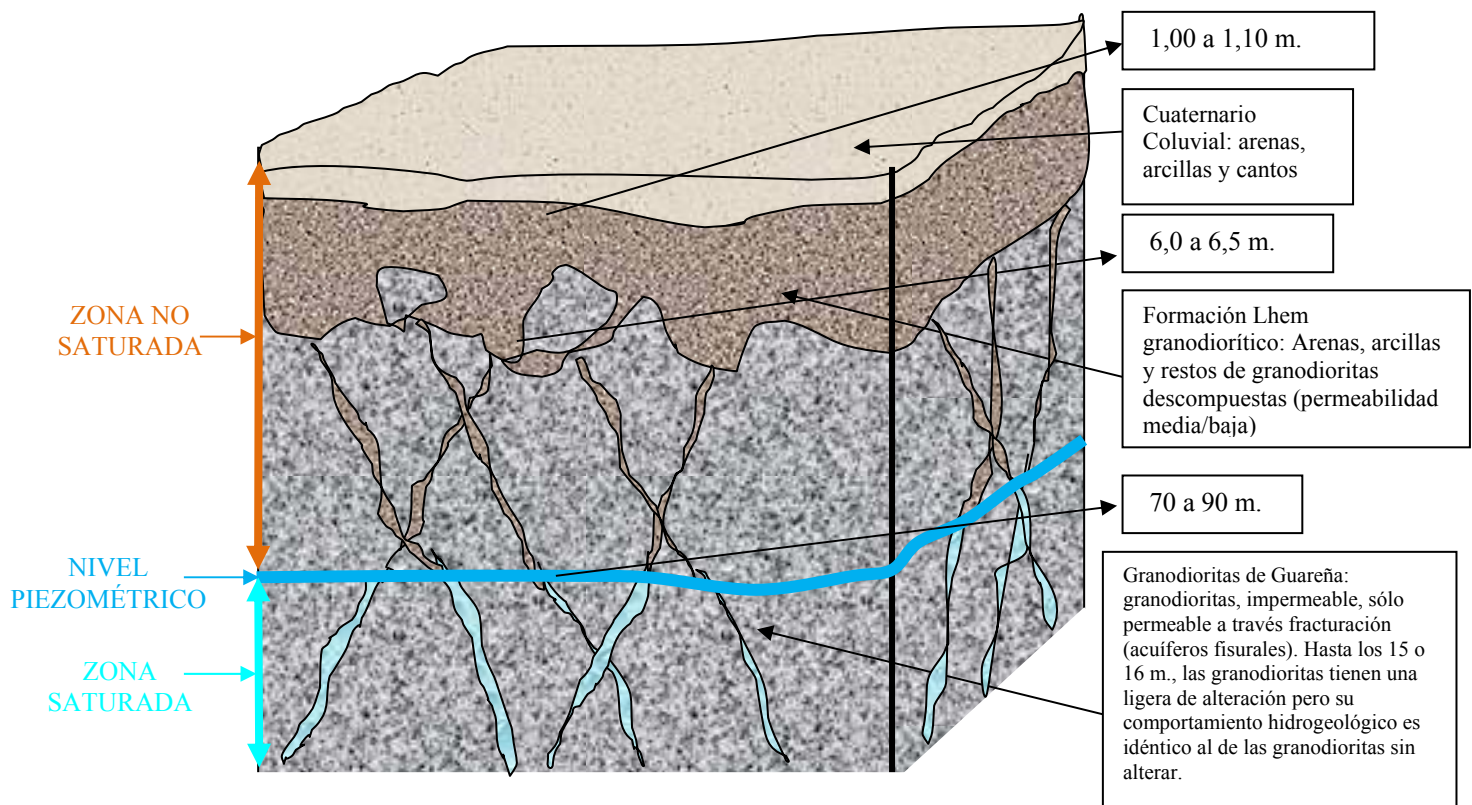
$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (m/día)} = 1,12 \times 10^{-3}$$

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 las granodioritas, que es un tramo de unos 5 metros de potencia (más 1 metro de cuaternario indiferenciado) 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, si bien esto no se ha detectado en el entorno, ya que no se aprecia acuíferos libres ni presencia de freáticos asociados a los materiales cuaternarios de alteración granítica.

4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local:

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 en la zona de Guareña y Valdetorres: 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 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.

En lo que respecta al nivel freático es también inexistente debido Sin embargo el escaso espesor de esta formación (> 7 m.) provoca que la componente evapo-transpiración adquiera una gran importancia y como consecuencia de ello el agua infiltrada termina evapo-transpirándose en un escaso periodo de tiempo, y no genera ningún tipo de almacenamiento, salvo algunos rezumes de baja importancia. En este sentido mencionar que no se ha localizado ningún freático en la perforación efectuada para conocer la permeabilidad de los materiales más superficiales.

En cualquier caso 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.

Granodioritas de Guareña:

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 las granodioritas un material con escasa o nula porosidad se ha generado un acuífero de tipo fisural.

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 discontinuos, estos presentan un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

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

$$5 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (m/día)} = 2,74 \times 10^{-5}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (m/día)} = 5,84 \times 10^{-6}$$

$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (m/día)} = 1,12 \times 10^{-3}$$

Como se puede apreciar las granodioritas tienen 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.

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.

Materiales cuaternarios:

Está formada por materiales cuaternarios coluviales y por las arenas granodioríticas de 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 granodiorítica y la potencia del recubrimiento neógeno, en el área ocupada por la parcela el espesor es insuficiente para generar acuífero, pero existen otras áreas dentro del término municipal de Guareña donde la potencia de estos materiales puede llegar a 15 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 son los materiales cuaternarios coluviales y las arenas granodioríticas de alteración, que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable, en este caso, granodiorita 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 15 metros.

Se ha realizado un ensayo Lefranc que nos ha dado una permeabilidad para los materiales cuaternarios detríticos (coluviales + lhem granodiorítico) de cobertera de 0 a 6,50 metros: κ (m/día) = $0,07 \times 10^{-2}$, es una permeabilidad baja para tratarse de materiales detríticos.

El **nivel freático** de esta formación en esta zona es variable si bien suele ser de 2 a 5 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 2 m, mientras en verano suele ubicarse a 5 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, en la perforación efectuada para conocer la permeabilidad de los materiales más superficiales.

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:

$V_x = k(o)/\rho \times \delta h/\delta x$, donde V_x es la velocidad del flujo, o 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.

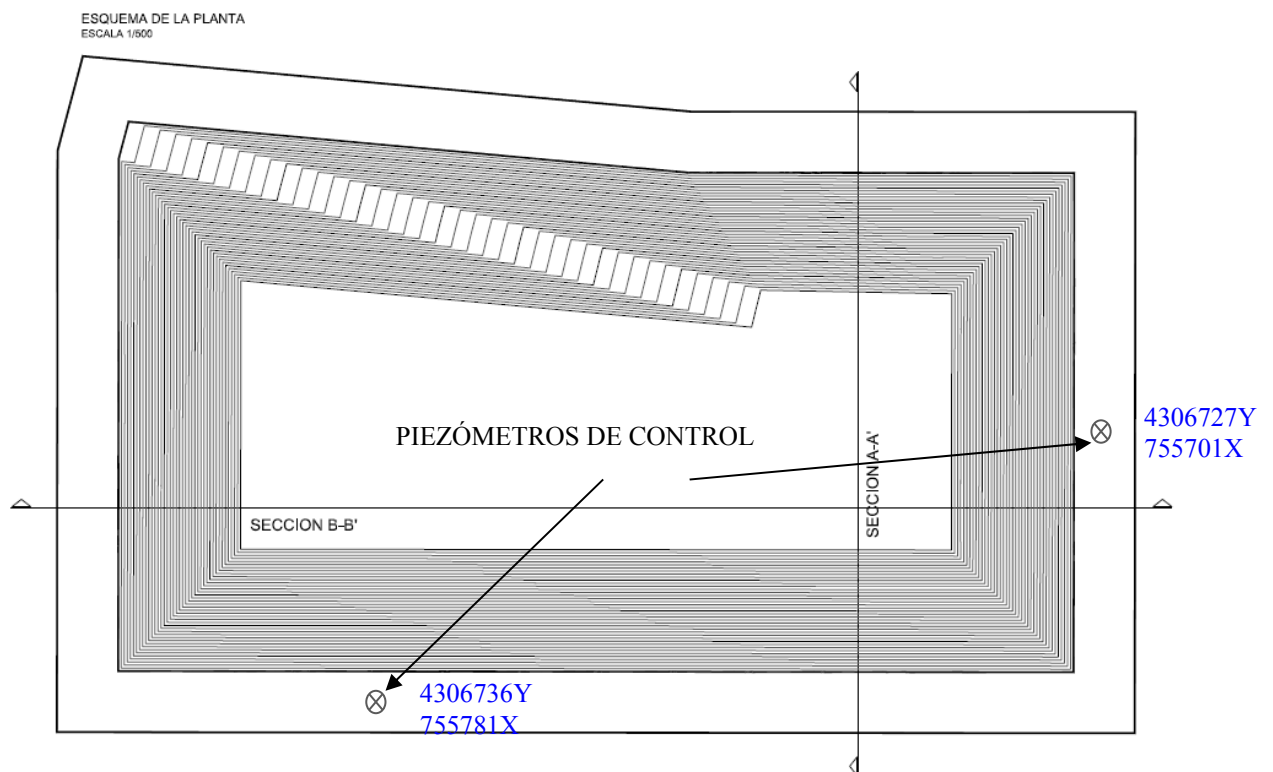
El contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fracturas.

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 granodioritas con una red de fracturación no muy elevada y con escaso material cuaternario de recubrimiento ($> 6,5$ 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:

A pesar de no detectarse acuífero bajo la parcela afectada se diseñó los puntos de ubicación de los piezómetros de control.



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 la balsa 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 balsa sobre las aguas superficiales:

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la afección que pudiera tener la balsa de acumulación y evaporación sobre el entorno hidrológico e hidrogeológico de la parcela 5018 del polígono 3 de Valdetorres (Badajoz).

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 la balsa y la dinámica de cualquier cauce fluvial.

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 al cauce fluvial.

Mencionar que no existen cauces fluviales en el entorno de la nueva balsa, el cauce fluvial más cercano es el Arroyo del Chaparral que se encuentra a más de 110 metros de la nueva balsa de alperujo; fuera por tanto de la zona de policía del citado cauce.. Este cauce tiene un carácter estacional, por el cual tan solo discurre agua en épocas de lluvias, estando generalmente con escaso o nulo caudal en los meses estivales.

Una vez investigada hidrogeológicamente la zona (ver apartado 2.2) se puede afirmar que la nueva balsa está fuera y alejada del área que cubre la llanura de inundación del Arroyo del Chaparral y fuera de la zona de incidencia de la dinámica fluvial del mencionado cauce fluvial, y por tanto está fuera del área de influencia hidrológica de cualquier cauce fluvial, por ello no puede afectar a la dinámica fluvial del mencionado arroyo.

6.3.- Estudio de la afección de la balsa 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:

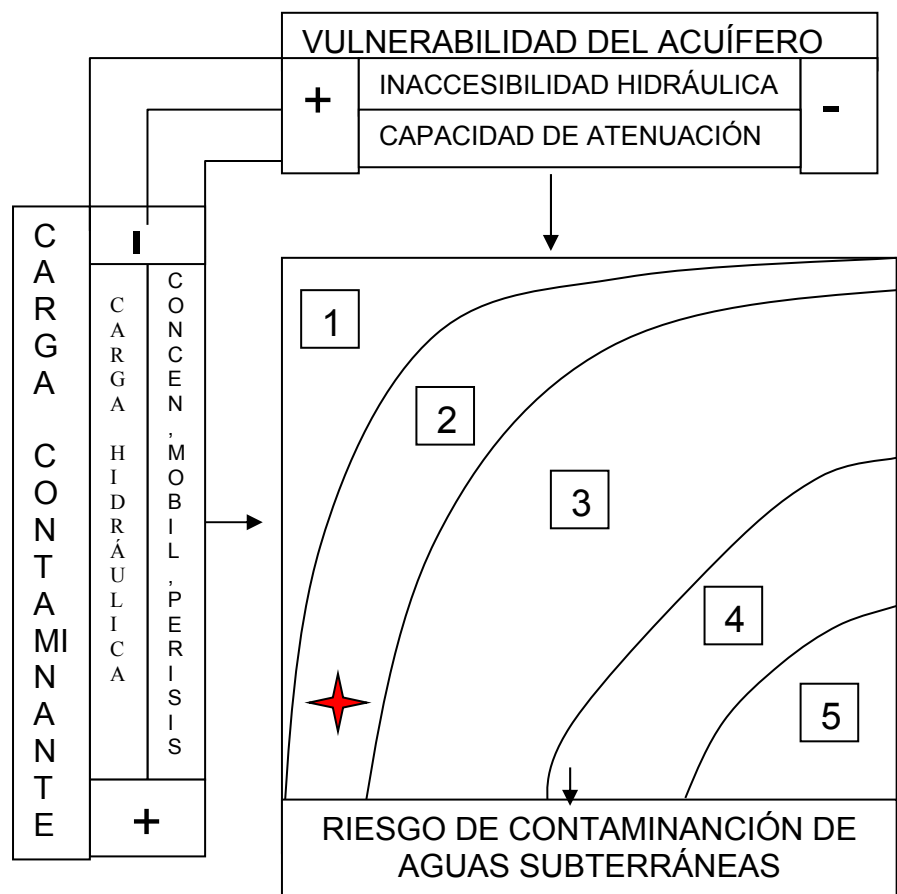
6.3.2.1.- Introducción:

La calidad natural de las aguas subterráneas, entendiéndolo como tal su composición original, es producto de la interacción del agua de infiltración y de los materiales con los que entra en contacto durante el ciclo hidrogeológico. Determinados factores externos, principalmente de actividades antrópicas pueden provocar alteraciones en dicha composición al introducir sustancias ajenas susceptibles de modificar su naturaleza original.

6.3.2.2.- Concepto fundamental del riesgo de contaminación:

6.3.2.2.1.- Introducción:

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.



- 1.- MUY BAJO
- 2.- BAJO
- 3.- MODERADO
- 4.- ELEVADO
- 5.- EXTREMO

 *BALSA DE ACUMULACIÓN DE TROIL VEGAS ALTAS*

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 la balsa, la no presencia de freático, el escaso espesor del seno arenoso y la impermeabilidad de la granodiorita existente bajo la nueva balsa de alperujos, nos indica que el riesgo de contaminación es bajo, y con la efectiva impermeabilización efectuada el riesgo de contaminación es mínimo.

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 las parcelas afectadas sería poco vulnerable debido a las características hidrogeológicas impermeables de la granodiorita, además la carga contaminante es inexistente debido a la impermeabilización que tienen la balsa, que retendrá los contaminantes depositados en 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 una balsa de efluentes, en el que tenemos materiales granodioríticos, la variación no es dramática ya que no existen macroporos en la granodiorita 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.

6.3.2.2.2.- Caracterización de la vulnerabilidad del acuífero:

El termino vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es usado para representar las características intrínsecas que determinan la sensibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante. La vulnerabilidad del acuífero es 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 la parcela afectada.

Como se cita en los apartados anteriores, tras los estudios geológicos y geofísicos efectuados mencionar que no se localizan aguas subterráneas bajo la balsa. En lo que respecta a las formaciones cuaternarias en los 0,5 a 6,5 metros (máximo) 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 con la que estará dotada de la balsa protege la vulnerabilidad hidrogeológica y edafológica de este tramo.

Con respecto a la formación granodiorita 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 la balsa no se detectan acuíferos.

La vulnerabilidad de la granodiorita existente bajo la balsa 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.

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

La mejor medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales del entorno es diseñar una balsa de un modo efectivo, que impida la colmatación de la balsa e posibles filtraciones del agua contaminada que albergará la citada balsa. Las sustancias contaminantes que tendrá el agua que se va a acumular en la balsa, deben de estar debidamente contenidas sobre una efectiva impermeabilización.

Con la ingeniería de impermeabilización aplicada en esta balsa (*ver capítulo 1.3*) se minimiza cualquier posibilidad de filtración, ello unido a la dimensión y profundidad de las mismas, evita cualquier posibilidad de colmatación, ya que el volumen de las aguas a acumular dista mucho de sobrepasar la cota de riesgo de colmatación de la balsa.

7.- CONCLUSIONES:

7.1.- Introducción:

El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asentará la nueva balsa de alperujos de TROIL VEGAS ALTAS, así como determinar la posible influencia hidrogeológica de esta balsa sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

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 las granodioritas subyacentes en la zona de la balsa.
- b.- No se han detectado acuíferos bajo la balsa a los que pudiera afectar lixiviados de aguas alpechinadas.
- c.- El diseño de la balsa unido a la efectiva impermeabilización de la que estará dotada la balsa.

7.2.- Conclusiones al Estudio Hidrogeológico:

Como conclusiones al estudio hidrogeológico podemos citar las siguientes:

- a.- Las características constructivas y la impermeabilización de la balsa minimizan la posibilidad de filtración, y el diseño de las características morfológica de las balsa dificulta cualquier posibilidad de colmatación.
- b.- Una vez comprobado el estudio hidrológico de inundabilidad del Arroyo Chaparral se ha comprobado que la ubicación de la balsa se encuentra fuera de la zona inundable del mencionado cauce fluvial, por lo que se encuentra fuera de la zona de inundaciones recurrentes.
- c.- La vulnerabilidad del acuífero en la parcela afectada es baja debido a las características hidrogeológicas impermeables de las granodioritas, además la carga contaminante estará contenida por la impermeabilización que tendrá la balsa.

En base a las conclusiones extraídas en el estudio hidrogeológico efectuado se puede concluir que siempre y cuando se apliquen de manera eficaz las medidas preventivas previstas en las características constructivas de la balsa y que se realicen periódicamente controles para mantener el buen estado de la impermeabilización, el grado de afección por la instalación y uso de la balsa de acumulación en la parcela 5018 del polígono 3 del término municipal de Valdetorres es muy bajo.

Firma el presente estudio hidrogeológico

En Santa Marta a 12 de Junio de 2017

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

ANEXO I

MAPAS Y PLANOS

MAPA TOPOGRÁFICO CON CURVAS DE NIVEL

MAPA GEOLÓGICO

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

PLANO DE LAS INSTALACIONES

PLANO DE LA RED DE VIGILANCIA
PROPUESTA CON LAS CORRESPONDIENTES
COORDENADAS (ETRS89)

ANEXO II

DATOS GEOFÍSICOS

ANEXO III

ENSAYO DE LEFRANC

ANEXO IV

DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACION PROFESIONAL COMO TÉCNICO COMPETENTE