



TECMINSA, S. L.

TECNICAS MINERAS DE SANTA MARTA.

Profesionales de la Tierra

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO



“ESTUDIO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO SIMPLIFICADO DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DE UNAS BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. SITAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)

PETICIONARIO: S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen

AUTOR: D. Francisco J. Fernández Amo

Geólogo Colegiado n°.: 3.214

1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Antecedentes:

El presente Estudio Hidrogeológico se presenta a petición de la SOCIEDAD COOPERATIVA AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN, con C.I.F. F-06003404 y domicilio social en la calle Cooperativa s/n, con Código Postal 06150 de la localidad de Santa Marta de los Barros (Badajoz) y representada por su presidente D. Nicasio Muñoz Toro. El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asientan cuatro balsas para efluentes de almazara y y la posible influencia hidrogeológica de estas balsas sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

La industria que genera los efluentes es la almazara y bodega S.Coop Sata Marta Virgen ubicada en la calle Cooperativa s/n, de la localidad de Santa Marta de los Barros (Badajoz). Sin embargo las balsas se ubican en las parcelas 63, 64, 68 y 608 del polígono 16, pertenecientes al Término Municipal de Santa Marta de los Barros (Badajoz). Las características de las parcelas son las siguientes.

Parcela 63

- Superficie suelo: 11.623 m².
- Superficie balsa en coronación: 3.159 m²
- Referencia Catastral: 06121A016000630000KW.
- Datum: WGS84
- HUSO UTM: 29
- Latitud: 38° 36' 38.31" N
- Longitud: 6° 38' 06.67" W
- Coordenada X: 705904 m
- Coordenada Y: 4276223 m

Parcela 64

- Superficie suelo: 2.682 m² en Catastro. Superficie real por levantamiento: 3.130,81 m²
- Superficie balsa en coronación: 2.950 m²
- Referencia Catastral: 06121A016000640000KA
- Datum: WGS84
- HUSO UTM: 29
- Latitud: 38° 36' 42,97" N
- Longitud: 6° 37' 49,77" W
- Coordenada X: 706.309,12 m
- Coordenada Y: 4.276.377,13 m

Parcela 68

- Superficie de suelo. 3.447 m².
- Superficie balsa en coronación: 2.175 m².
- Referencia Catastral: 06121A016000680000KQ.
- Datum: WGS84
- HUSO UTM: 29
- Latitud: 38° 36' 37.06" N
- Longitud: 6° 38' 4.40" W
- Coordenada X: 705960 m
- Coordenada Y: 4276186 m

Parcela 608

- Superficie de suelo. 9.046 m².
- Superficie balsa en coronación: 4.095 m².
- Referencia Catastral: 06121A016006080000KG.
- Datum: WGS84
- HUSO UTM: 29
- Latitud: 38° 36' 37.22" N
- Longitud: 6° 38' 1.24" W
- Coordenada X: 706036 m
- Coordenada Y: 4276193 m



A continuación se describen las características propias de cada balsa y su capacidad máxima de recogida de agua, teniendo en cuenta el agua del proceso más las precipitaciones estimadas según datos estadísticos de la zona.

Balsa de evaporación de aguas oleosas procedente del aderezo de aceitunas, sita en la parcela 63.

La balsa situada en la parcela 63, tiene las siguientes características:

- * Año de construcción..... 1980
- * Superficie en coronación 3.159 m².
- * Superficie de evaporación neta 2.800 m².
- * Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones) 1.680 m³.
- * Altura de la lámina de agua 60 cm.
- * Altura de sobreelevación por oleaje por viento 25 cm.

- * Altura de depósitos de fangos 15 cm.
- * Altura de resguardo 50 cm.
- * Total altura balsa 150 cm.

Balsa de evaporación de aguas de limpieza de la bodega de vino, sita en la parcela 64. La balsa situada en la parcela 64, tiene las siguientes características:

- * Superficie en coronación 3.278 m².
- * Superficie de evaporación neta 2.950 m².
- * Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones) 1.770 m³.
- * Altura de la lámina de agua 60 cm.
- * Altura de sobreelevación por oleaje por viento 35 cm.
- * Altura de depósitos de fangos 35 cm.
- * Altura de resguardo 50 cm.
- * Total altura balsa 180 cm.

Balsa de evaporación de aguas oleosas procedentes de la fábrica de aderezo de aceitunas, sita en la parcela 608. La balsa situada en la parcela 608, tiene las siguientes características.

- * Año de construcción 1.995
- * Superficie en coronación 4.095 m².
- * Superficie de evaporación neta 3.679 m².
- * Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones) 2.207 m³.
- * Altura de la lámina de agua 60 cm.
- * Altura de sobreelevación por oleaje por viento 25 cm.
- * Altura de depósitos de fangos 15 cm.
- * Altura de resguardo 50 cm.

* Total altura balsa 150 cm.

Balsa de evaporación y recogida de fangos procedente de la limpieza de las tres balsas anteriores, sita en la parcela 68. La balsa situada en la parcela 68, tiene las siguientes características:

* Superficie en coronación 2.175 m².

* Superficie de evaporación neta 1.792 m².

* Capacidad máxima de la balsa (fangos + precipitaciones) 1.702 m³.

* Altura de la lámina de agua 20 cm.

* Altura de sobreelevación por oleaje por viento 25 cm.

* Altura de depósitos de fangos 75 cm.

* Altura de resguardo 50 cm.

* Total altura balsa 170 cm.

Los efluentes de almazara tienen una difícil degradación en la naturaleza, es difícil básicamente debido a que contiene productos con poder antibacteriano.

La composición química de los efluentes 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 las balsas que están construidas, ya que con la ingeniería de impermeabilización aplicada en estas balsas se limita cualquier posibilidad de filtración, ello unido a las dimensiones y profundidades de las mismas, evita cualquier posibilidad de colmatación, ya que el volumen de los efluentes dista mucho de sobrepasar la cota de riesgo de colmatación de las cuatro 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 actividad y estudiar la posible influencia hidrogeológica de un hipotético vertido sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

1.2.- 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 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.

1.3.- Localización Geográfica:

La zona donde se asientan las balsas se enclava se sitúa en las parcelas 63, 64, 68 y 608 del polígono 16, pertenecientes al Término Municipal de Santa Marta de los Barros (Badajoz) (Ver mapas y planos anexos), el paraje al que pertenece la parcela es el conocido como El Chaparral.

En Proyección U.T.M. ETRS89, HUSO 29.

Balsa 1ª.- X = 0706029 Y = 4276201

Balsa 2ª.- X = 0706023 Y = 4276156

Balsa 3ª.- X = 0705952 Y = 4276188

Balsa 4ª.- X = 0705893 Y = 4276226

2.- ASPECTOS FISIOGRAFICOS E HIDROLOGÍA:

2.1.- Geomorfología:

La morfología general 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 una penillanura donde destacan algunos relieves residuales como alineaciones hercínicas.

La zona donde se ubica la balsa presenta un relieve marcado por una peneplanización donde afloran sedimentos detríticos cuaternarios.

En el área estudiada se presenta un relieve marcado por zonas llanas con suaves ondulaciones. El área donde se ubican las balsas presenta un paisaje con una morfología semiplana donde los cauces fluviales ocupan pequeños valles con escasa diferencia de cota con respecto al resto de la topografía del lugar. Las cotas topográficas en la zona de ubicación de las balsas oscilan entre los 270 y los 276 m.

2.2.- Hidrología:

La hidrología de la zona estudiada está marcada por el escaso desarrollo de la red fluvial, no se observan cauces fluviales en un perímetro de 300 metros en torno a las balsas. El cauce fluvial más cercano es el Arroyo de las Piletas situado a unos 350 al oeste de las balsas.

No existen ni cauces fluviales ni llanuras de inundación en el entorno de las balsas de RAMAOLIVA.

En base a lo anteriormente definido las balsas de RAMAOLIVA no afectan hidrológicamente a ningún cauce fluvial y debido a la distancia con el más cercano se descarta cualquier posibilidad de afección en el futuro.

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 las balsas. 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. Marco geológico:

En el contexto geológico, las balsas de efluentes de almazaras, se ubica en el dominio de Ossa-Morena, según la división del Macizo Hespérico realizada por LOTZE en 1945, en la división que realiza BARD en 1969 en el SO de la península, la situamos en la zona 1, a la que denomina anticlinorio Badajoz-Almendralejo-Azuaga.

Según los últimos trabajos realizados para el Plan MAGNA se establece otra división, que es la que vamos a seguir en la presente cartografía:

En función de ello en la cartografía efectuada nos encontraríamos con materiales pertenecientes a dos dominios:

- Dominio Valencia de las Torres – Cerro Muriano
- Dominio de Zafra - Monesterio.

La zona se encuentra así mismo, caracterizado por la intrusión del Stock de Santa Marta afectando a una banda de materiales precámbricos y cámbricos de dirección hercínica NW-SE que afloran entre el flanco norte del anticlinorio Olivenza-Monesterio y la banda de cizalla Badajoz-Córdoba. Por el norte los granitos del stock de Santa Marta están recubiertos por sedimentos miocenos de la cuenca del Guadiana y coluviones cuaternarios.

Estructuralmente, los materiales precámbricos (esquistos con intercalaciones de volcánicas silicificadas) conforman un anticlinal de dirección N120° (anticlinal de Santa Marta-Fuente del Maestre) con vergencia al noreste limitado por fallas inversas de igual dirección y con buzamientos de 70° a 80°N.

La falla inversa norte (falla de Los Llanos) pone en contacto mecánico materiales de origen vulcanosedimentarios del Cámbrico inferior y precámbrico en facies de medio-alto grado metamórficos con anfibolitas y gneises de la banda de cizalla Badajoz-Córdoba.

La falla inversa sur (falla de la Atalaya) imbrica las pizarras y esquistos precámbricos sobre sedimentos lutíticos y areniscosos del extremo más septentrional de la cuenca carbonífera de Los Santos de Maimoma.

Toda esta estructura se ve cortada por el extremo noroeste por el Stock de Santa Marta, formado por granitos de dos micas más o menos porfídicos y de carácter calcoalcalino. Aunque localmente presenta deformaciones dúctil-frágil (pequeñas cizallas), estos granitos no están deformados, pudiendo asociarse a etapas tardihercínicas de emplazamiento.

Las relaciones de contacto con los materiales precámbricos y cámbricos del anticlinal de Santa Marta indican un carácter claramente intrusivo marcado por una aureola de metamorfismo de contacto de pizarras mosqueadas.

3.3.- Geología Local:

3.3.1.- Estratigrafía:

3.3.3.1.- Introducción:

Dentro de la zona de estudio únicamente se distinguen materiales graníticos pertenecientes al Stock granítico de Santa Marta.

Los materiales reconocidos en la zona estratigráficas son básicamente cuaternarios.

3.3.3.2.- 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 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 4 metros, según zonas.

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.- Stock Granítico de Santa Marta:

El stock rodea la localidad que le da nombre tiene una dimensión de unos 7 km², aunque está parcialmente recubierto de materiales terciarios y cuaternarios. Litológicamente está compuesto por rocas graníticas y granodioríticas pobres en ferromagnesianos lo que le confiere al granito un aspecto marcadamente leucocrático.

En conjunto se trata de un stock de características uniformes, moderadamente fracturado. No se observa aureola de contacto en los materiales cámbricos y precámbricos en los que intruye. Presenta también disyunción bolar de gran tamaño que se observa principalmente en la carretera Badajoz-Granada km 42. De las muestras obtenidas se puede observar que en la zona central del stock las características texturales son las siguientes: Holocristalino, hipidiomórfico e inequigranular; a medida que nos alejamos de la zona central se va haciendo más porfídico, aunque siempre mantiene una homogeneidad relativa debida a la escasa dimensión del stock.

a) *Composición mineralógica:*

La gran homogeneidad composicional que presenta el granito es la principal característica del stock, en general se mantienen los porcentajes de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita, que son los minerales esenciales que componen la roca granítica.

Mencionar que en las partes más centrales del stock granítico se observa la presencia de augita como mineral accesorio. Los cristales de cuarzo (SiO_2) son euhedrales y/u ocupan interespacios irregulares; y están deformados. Las plagioclasas ($[\text{Na,Ca}]\text{Si}_3\text{O}_8$), que es oligoclasa más que andesina, se presenta en cristales también euhedrales a subeuhedrales, algunos de ellos están parcial o totalmente encerrados por ortoclasa, el zonado normal es común, desde núcleos que se aproximan a An_{50} hasta bordes de cerca de An_{25} .

La ortoclasa (KAlSi_3O_8) raramente forma fenocristales y comúnmente es peritítica, frecuentemente está acompañada o sustituida por microclina.

Estas ortoclasas en general se presenta en cristales euhedrales que presentan inclusiones de minerales accesorios y cristales de minerales esenciales recrystalizados.

Como minerales secundarios se observan dos especies principalmente; estos se forman resultado de la hidrólisis provocada por las aguas supergénicas. Debido a esta alteración surge la clorita (cloritización) y la illita o moscovita secundaria (seritización).

En cuanto a los minerales accesorios que se observan, son principalmente apatitos ($\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3 \text{F,Cl,OH}$), circón (ZrSiO_4) (que aparece siempre incluido en cristales de biotita ($\text{K}[\text{MgFe}]_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}[\text{OH}]_2$) produciendo el fenómeno conocido como metamixmatismo), rutilo (TiO_2) y opacos (ilmenita [FeTiO_3]).

En lo que se refiere a la clasificación petrográfica:

Según la IUGS, una granodiorita es una roca plutónica compuesta esencialmente por cuarzo, plagioclasa y menores cantidades de feldespato potásico y máficos. De las muestras estudiadas al microscopio ninguna tiene un porcentaje suficiente de plagioclasa para ser considerada granodiorita; según este organismo el material que nos encontramos por la cantidad de feldespato potásico hallado es un MONZOGRANITO y más concretamente un LEUCOMONZOGRANITO, por la escasa presencia de biotita encontrada; eso sí, muy cerca del campo de la granodiorita por lo que no se descarta la presencia de granodiorita dentro del stock granítico estudiado.

b) *Fábrica granítica:*

La palabra fábrica se utiliza como un término general para describir el ordenamiento interno de las partículas constituyentes de una roca, que incluye lo que es la textura de la roca y la fábrica deformativa, en nuestro caso microfábrica. En este apartado vamos a hablar tanto de la textura que se observa en las láminas estudiadas, como de las microestructuras de deformación que se presentan.

b.1.- Textura:

La homogeneidad textural es alta; se observa una tendencia a texturas más porfídicas en los márgenes del stock, pero en general la textura observada en la mayoría de las muestras estudiadas es:

Holocristalina, fanerítica, hipidiomórfica e inequigranular.

b.2.- *Microfábrica*:

Las muestras analizadas presentan fenómenos de deformación frágil y dúctil, los indicios de esta deformación son:

✱ *Indicios de deformación dúctil*:

- ✧ Extinción ondulante en plagioclasas, cuarzo y feldespatos.
- ✧ Zonado de las plagioclasas.
- ✧ Biotitas plegadas.
- ✧ ...etc.

✱ *Indicios de deformación frágil*:

- ✧ Minerales fracturados.
- ✧ Indicios de recristalización.
- ✧ Puntos triples en el cuarzo.
- ✧ Texturas en mortero.
- ✧ Protofilones y profallas.
- ✧ ...etc.

En definitiva las muestras analizadas presentan una deformación dúctil que se observa principalmente como una fábrica planar en la que los minerales planares se orientan paralelamente. Es lo que se conoce como foliación granítica, en este caso se trata de un "clivaje espaciado". Es una fábrica planar poco penetrativa, definida por superficies que están separadas entre sí a una distancia apreciable. Las bandas de roca comprendidas entre las superficies de clivaje, llamadas microlitones, presentan un aspecto más leucocrático y no están afectadas por la deformación dúctil, los minerales máficos se concentran por lo general fuera de los microlitones.

Las muestras presentan una deformación frágil importante; según Fargier presentaría una deformación plástica continua, el índice que demuestra esto último es la presencia de cuarzo deformado o la existencia de la deformación de rutilos incluidos en cuarzo. Nos encontraríamos en el cuarto dominio según Fargier de la deformación granítica intrusiva. En esta fase se empiezan a superponer fábricas tectónicas; esta deformación aparece como un aplastamiento y una elongación de los nuevos agregados cristalinos que señalan la posición de la foliación tectónica y de la lineación de estiramiento.

En general esta deformación es más patente en los márgenes del stock, que es precisamente donde se encuentra abierto el frente piloto foco de la futura explotación.

c) *Alteración:*

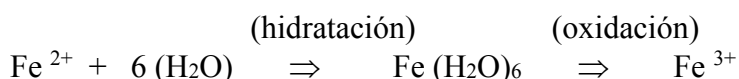
Las muestras en general están bastante alteradas, cosa normal teniendo en cuenta que han sido recogidos de las partes más superficiales de la masa granítica; las muestras III-S y IV-S al obtenerse de la parte más profunda del frente piloto, muestra obviamente una alteración inferior.

Esta alteración como ya se ha venido diciendo 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 muy escasa 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 lehm 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 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.

La alteración es más importante en los primeros metros de la masa estudiada, ésta disminuye considerablemente a los 3 o 4 metros y desaparecerá probablemente a una profundidad de 6 a 7 metros; no obstante como la alteración la produce la hidrólisis provocada por el agua, en zonas de fracturación por donde circula el agua la alteración también será reseñable.

d) *Inclusiones:*

Se han estudiado microscópicamente hasta cinco láminas con distintas inclusiones básicas, no se han encontrado ninguna metamórfica. Estas inclusiones básicas tienen la particularidad de que el tamaño de grano es muy inferior al de la roca que la engloba y sobre todo que el porcentaje de ferromagnesianos aumenta considerablemente comparado con el porcentaje de estos en la roca encajante, esto le aporta a las inclusiones o gabarros un colorido típicamente oscuro de rocas básicas.

Este tipo de inclusiones son autolitos, es decir, segregaciones de los minerales primitivamente formados, aunque uno de los estudiados es un xenolito reconstituido. Realmente estas inclusiones están constituidas de los mismos minerales que componen el monzogranito huésped pero en diferentes proporciones. Están menos alterados y no hay signos de que hayan sufrido una deformación importante, aunque se observa un débil bandeo (foliación).

Hay que decir que en el estudio estadístico efectuado durante la campaña de muestreo, estas inclusiones aumentan en forma considerada (al igual que los schlieren) hacia los márgenes del stock granítico, dentro de estos se suelen concentrar en determinadas zonas quedando el resto con una proporción de aquellas cuando menos baja.

3.3.3.- Tectónica:

3.3.3.1.- Introducción:

Observando la geología local se puede ver parte de una megaestructura regional conocida como Anticlinorio Badajoz-Córdoba, que como se definió en el apartado de geología regional, estaba incluido dentro de la Zona de Ossa-Morena

En la cartografía geológica de la zona se puede contemplar una clara dirección hercínica (N130-150°E), que se repite a lo largo de toda Sierra Morena y que posee una clara vergencia hacia el suroeste. Esta estructura se ve interrumpida por la intrusión granítica de Santa Marta y por una fuerte tectonización tardihercínica de dirección N40-60°E.

Es claramente sabido por todos los geólogos que han trabajado en Ossa-Morena, que la geología de esta zona está claramente marcada por la compartimentación en diversos dominios estrechos y alargados, con diferentes evoluciones estratigráficas. Parece claro que los dos dominios observables en la zona de estudio, están en contacto en épocas tardías lo que dificulta la correlación de las deformaciones que presentan, es por ello que se va a estudiar la tectónica por separado en ambos casos.

3.3.3.2.- Dominio de Valencia de las Torres – Cerro Muriano:

En este Dominio se observan los materiales más antiguos de toda la zona, se trata de la Formación Precámbrica Proterozoica, debido a la antigüedad de los materiales y su alto grado de tectonización resulta muy difícil poner de manifiesto las diferentes fases de deformación que han afectado a esta Formación. Además la cataclasticización tardía, ha contribuido a que se haya borrado parcial o totalmente la estructuración primigenia.

Se han reconocido hasta tres fases de deformación, en los esquistos y metagrauwackas.

La primera fase que se observa consiste en la formación de pliegues isoclinales con plano axial tendido, esto ha podido constatarse en unos lentejones de cuarcita negra observada en el paraje de Los Delgados.

Es frecuente observar una lineación plegada por los pliegues de segunda fase, que corresponde a la intersección de la S0 y la S1.

La Segunda fase es de pliegues tumbados de tendencia isoclinal y vergencia SW, la dirección de los mismos es hercínica N130-160°E. La esquistosidad asociada es penetrativa y sinmetamórfica. La tercera fase es de micropliegues suaves de dirección N140°E y vergencia SW.

En los gneises y anfibolitas se pueden apreciar 4 fases de deformación; la primera de ellas se trata de una esquistosidad muy penetrativa con un metamorfismo de grado muy alto, con anatexia. Esta da lugar a una serie de diques aplíticos y pegmatíticos.

La segunda fase se genera por una esquistosidad de flujo sinmetamórfica. Esta esquistosidad es claramente observable en los afloramientos.

La tercera fase es cataclástica, se desarrolla mediante un flujo cataclástico y la aparición de milonitas, no observables en la zona de estudio. Se pueden apreciar en las anfibolitas investigadas la existencia de microplegues de dirección NW-SE. Posteriormente existe una cuarta fase que origina el microplegamiento de la esquistosidad de flujo cataclástico.

Al nordeste de la cartografía efectuada se puede observar un anticlinal que afecta a la Formación Precámbrica

3.3.3.3.- Dominio de Zafra-Monesterio:

Dentro de la zona de estudio se han observado indicios de tres fases de deformación que afectan a la formación Los Giles, perteneciente al Dominio de Zafra – Monesterio; para una mejor comprensión de la tectónica se van a relacionar las distintas orogenias por separado.

3.3.3.3.1.- Fase de deformación precámbrica:

Es muy difícil de distinguir ya que las posibles estructuras de deformación que se hayan podido dar en esta fase, se piensa que han podido ser transformadas y/o borradas como consecuencia de las posteriores fases de deformación.

No obstante en este apartado se aporta una serie de datos tomados en campo que ratifican la existencia de esta fase de deformación, mediante la observación de láminas delgadas y algunas pequeñas estructuras relictas observadas en campo.

No obstante según Muelas et al, *“a partir de las observaciones llevadas a cabo con carácter regional, así como la información existente, se puede poner de manifiesto la existencia de movimientos epirogénicos, predecesores de la tectónica hercínica de plegamiento que ocasionan la presencia de lagunas estratigráficas y cambios rápidos en el régimen de sedimentación”*, esto último es constatable en la discordancia existente en el Precámbrico Superior y Cámbrico Inferior, en el punto kilométrico 90 de la carretera autonómica EX-105. En la misma se observa la impronta que dejó la Fase de Deformación Finiprecámbrica y prehercínica.

La discordancia entre el Precámbrico superior y el Cámbrico Inferior, que se dispone sobre el primero con una discordancia erosiva angular, esto nos sugiere una deformación prehercínica posiblemente asociada a una tectogénesis cadomiense, que se manifiesta con una deformación de grandes abombamientos, esta fase está asociada a un vulcanismo ácido que origina una serie porfiroide de transición observada más al sudeste, en el paraje de Las Siete y Nueve, dentro del Término Municipal de Villalba de los Barros.

Como consecuencia de estas deformaciones de gran radio, se producen fracturas que sirvieron de aliviadero para las rocas volcánicas que jalonan el Cámbrico Medio.

Es de edad finiprecámbrica. Esta sería la primera fase de deformación y se ha reconocido en la Formación Tentudía (correlacionable con los materiales precámbricos existentes en la zona de investigación).

A pesar de tener constancia de la existencia de esta orogenia no se reconocen con claridad estructuras relacionadas con este proceso tectónico ya que han sido borradas y/o solapadas por el rejuego que tuvo lugar en la orogenia hercínica y que después analizaremos.

No obstante si se observan algunos indicios de lo que pudo ser y provocar aquella orogenia y que desde luego nos permite dejar constancia de su existencia.

En las pizarras y grauwackas precámbricas se observa que la deformación finiprecámbrica produce una esquistosidad sincinemática, con diferenciados granoblásticos de cuarzo y transposiciones.

3.3.3.3.2.- Fases de Deformación Hercínicas:

Esta orogenia presenta indicios claramente observables por todo la zona de investigación. Se manifiesta en varias fases de plegamiento.

En la zona estudiada se manifiesta lo que es el recubrimiento de parte de una gran estructura, la del núcleo Precámbrico del Anticlinorio Badajoz-Córdoba, esta se ve interrumpida por el emplazamiento de un cuerpo granítico posttectónico, que aflora en el casco urbano de Santa Marta y en sus alrededores. La dirección hercínica es NO-SE con una vergencia hacia el O.

Son observables tres fases de plegamiento:

- Primera Fase.
- Segunda Fase.
- Tercera Fase.

a.- 1ª Fase de Deformación Hercínica:

Durante la primera fase se desarrolla una esquistosidad de plano axial (S1), que se observa en el Precámbrico metamórfico. Debido a las altas presiones y temperaturas a que han estado sometidas las rocas, han perdido rigidez y se ven afectadas en consecuencia a pliegues isoclinales de vergencia SW.

La Formación Cámbrica Inferior tienen un plegamiento similar y solamente están afectadas por una esquistosidad de fractura los tramos pizarrosos.

Esta primera fase de deformación hercínica origina una esquistosidad de flujo claramente observable en los materiales paleozoicos.

b.- 2ª Fase de Deformación Hercínica:

En esta fase se produce micropliegues de esquistosidad muy espaciada sin blástesis. Es la fase responsable de las ondulaciones y curvaturas de las direcciones de los pliegues de fases previas.

Esta fase es la responsable de las grandes estructuras, sincrónicamente a los pliegues se desarrolla una esquistosidad de fractura de plano axial (S2) con un espaciado irregular y está originada por los materiales pelíticos crenulares. En esta fase se producen la cataclasis de los macizos graníticos vecinos como el batolito de Barcarrota por ejemplo.

c.- 3ª Fase de Deformación Hercínica:

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 en la zona de los Llanos.

3.3.3.3.- Fase de Deformación Tardihercínica:

Este tipo de proceso no constituyen una orogenia, no obstante sí que han dejado su impronta en la geología local y puede influir claramente en la metalogénia del entorno por lo tanto merece la pena analizar.

Esta fase de deformación es la que puede ser responsable de la cataclasis del granito de Santa Marta, la fracturación que se observa en este es menor que la observada en los macizos graníticos cercanos, el emplazamiento de dichos macizos tuvo lugar antes de la 2ª fase de deformación hercínica compresiva, esto condiciona una solidificación total de la roca, en consecuencia la respuesta lógica de la misma sería la cataclasis generalizada.

No obstante la cataclasis del stock santamarteano pudo ser causada o bien en los últimos estadios de la 2ª fase anteriormente reseñada, o por el contrario ocurriría durante los primeros estadios de una fase de deformación posthercínica.

La cataclasis ocurriría por tanto durante el Westfaliense Medio a Estefaniense o bien a lo largo del Estefaniense hasta el Pérmico Inferior, hace aproximadamente unos 280 a 290 millones de años. Al no disponer de datos radiométricos amplios ni ajustados no se puede datar la edad del granito, no obstante lo que realmente podría ocurrir es que el stock granítico se emplaza durante los últimos estadios de la 2ª fase de deformación hercínica y la cataclasis generalizada del mismo ocurriría durante los primeros estadios de una fase de deformación tardihercínica.

3.3.3.4.- 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 Santa Marta 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.

3.3.3.5.- Tectofábrica:

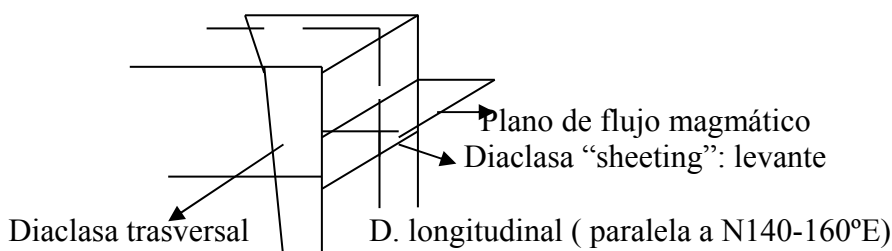
En este apartado se va analizar la tectofábrica, y nos vamos a centrar exclusivamente a analizar la red de diaclasado, debido a que ejercerá una influencia directa en la hidrogeología de la zona de ubicación de las balsas.

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 $N20^{\circ}E$. 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 Santa Marta 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 parcela afectada una potencia de 0,3 a 3 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	0-55	Pardo en seco, textura areno - limosa, fácil permeabilidad.
A1	55-105	Pardo oscuro en húmedo, textura arenosa, buena permeab.
B	105-155	Pardo amarillento en húmedo, textura areno - limosa, perm. media.
B(C)	+ 155	Granito alterado (tosca). Permeabilidad lenta
R	155 – 300	Granito fresco. 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 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 1,5 metros según zonas).



**EXCAVACIÓN DE LA Balsa N°.: 2 CON AFLORAMIENTO DEL GRANITO A 1,5 Y 3 METROS
SEGÚN ZONAS**

La línea de contacto entre el cuaternario (arenas de alteración granítica) y el granito de Santa Marta es paralela con la superficie del suelo; presenta escasas inflexiones, el granito aparece a unos 1,5 a 3 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:

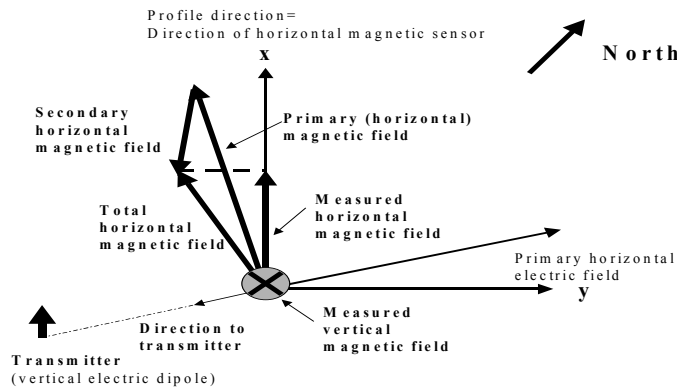
Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de dos litologías: arenas, limos y arcillas de la Formación Cuaternaria y granodioritas del Stock de Santa Marta, estas últimas son impermeables desde el punto de vista hidrogeológico si bien 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:

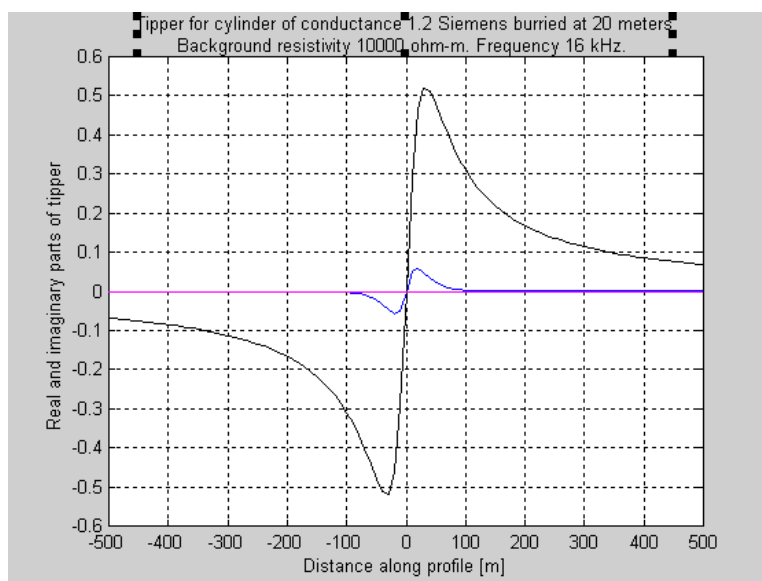
La geofísica efectuada en la finca afectada está basada en el método VLF. Mediante estas mediciones se puede determinar la situación en el subsuelo de diferentes estructuras y formaciones geológicas.

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.



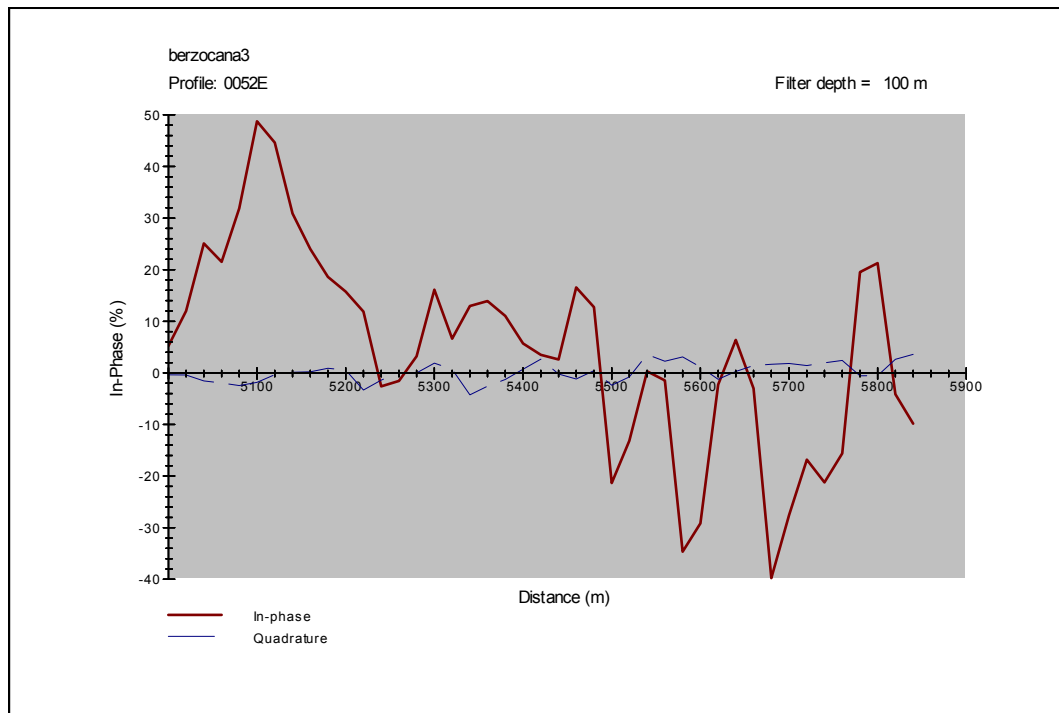
Dos componentes magnéticas (H_x, H_z) son medidas, relacionadas por la fórmula $H_z = AH_x$, donde A es una compleja cantidad con una parte real y otra imaginaria, debido a que en una frecuencia dada, los campos horizontales y verticales tienen normalmente un desfase en tiempo causado por inducción electromagnética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



Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio esta 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 cinco perfiles en el entorno de las cuatro balsas con dirección N100 120° E, con estas direcciones cubrimos las dos direcciones preferentes de fracturación de la zona, de modo que en el caso de existir algún acuífero tectónico, 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: 4276157
 X: 706102

Punto n°.: 11 Y: 4276184
 X: 705995

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 100 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.



EJECUCIÓN DEL PERFIL VLF N°.: 1

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente una mezcla de relleno con depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica, con una resistividad de 69,20 Ω m, a continuación se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (180,60 Ω m), se trata de granito alterado (tosca).

Posteriormente se detecta un elevado aumento de la resistividad (1.612,2 Ω m), estas resistividades corresponden con un material coherente, por la geología de la zona, no hay duda que se trata del granito alterado, pero ya coherente, con escasa o nula arenización. Por último, a los 6,5 metros de profundidad, aparece el granito “fresco”, con resistividades de 4.980,40 Ω m 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.

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 nº.: 1 Y: 4276216
 X: 706084

Punto nº.: 9 Y: 4276247
 X: 706004

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 80 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.



EJECUCIÓN DEL PERFIL VLF Nº.: 2

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente un depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica, con una resistividad de 127,3 Ωm , a continuación se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (511,20 Ωm), se trata de granito alterado (tosca).

Posteriormente, a los 1,5 metros se detecta un elevado aumento de la resistividad (1.521,5 Ωm), estas resistividades corresponden con un material coherente, por la geología de la zona, no hay duda que se trata del granito alterado, pero ya coherente, con escasa o nula arenización. Por último, a los 6,3 metros de profundidad, aparece el granito “fresco”, con resistividades de 6.421,30 Ωm 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.

4.1.2.2.4.- Perfil número 3:

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: 4276224
 X: 706001

Punto n°.: 14 Y: 4276271
 X: 705867

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 130 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 depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica, con una resistividad de 111,9 Ωm , a continuación se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (581,80 Ωm), se trata de granito alterado (tosca).

Punto n°.: 13 Y: 4276147
X: 705968

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.



EJECUCIÓN DEL PERFIL VLF N°.: 4

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 arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica, con una resistividad de 112,5 Ω m, a continuación se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (444,60 Ω m), se trata de granito alterado (tosca).

Posteriormente, a los 1,3 metros se detecta un elevado aumento de la resistividad (1.276,70 Ω m), estas resistividades corresponden con un material coherente, por la geología de la zona, no hay duda que se trata del granito alterado, pero ya coherente, con escasa o nula arenización. Por último, a los 5,30 metros de profundidad, aparece el granito “fresco”, con resistividades de 8.521,20 Ω m 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.

4.1.2.2.6.- Perfil número 5:

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: 4276157
 X: 705989

Punto n°.: 12 Y: 4276121
 X: 706097

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 110 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 una mezcla de relleno con depósito de arenas de alteración graníticas, que corresponde con el lhem cuaternario de alteración edáfica, con una resistividad de 63,60 Ω m, a continuación se aprecia un aumento de la resistividad, por las resistividades observadas (165,30 Ω m), se trata de granito alterado (tosca).

Posteriormente, a los 3,1 metros, se detecta un elevado aumento de la resistividad (1.324,8 Ω m), estas resistividades corresponden con un material coherente, por la geología de la zona, no hay duda que se trata del granito alterado, pero ya coherente, con escasa o nula arenización. Por último, a los 6,0 metros de profundidad, aparece el granito “fresco”, con resistividades de 6.156,30 Ω m 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.

4.1.2.3.- Conclusiones

Como resumen al presente estudio geofísico para el conocimiento de la columna lioestratigráfica en la zona estudiada se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar la zona investigada presenta una extensión muy concreta que se ha cubierto en su totalidad con la campaña de geofísica efectuada. Se han realizado cinco perfiles paralelos en la parcela donde se está construyendo una nueva balsa, los perfiles tienen una dirección de N100-120° E, con ello cubrimos las dos direcciones preferentes de fracturación de la zona, de modo que en el caso de existir algún acuífero tectónico, lo detectaría la investigación geofísica, con ello se ha cubierto la totalidad de 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.

En la parcela estudiada los resultados son muy similares en los cinco perfiles analizados, debido obviamente a la cercanía de los perfiles. Mencionar que tan sólo se observan diferencias en los perfiles 1 y 5 con respecto al resto, debido a que se han realizado estos dos sobre la coronación de la balsa sobre materiales de rellenos que al estar más esponjados aportan valores de resistividad más bajos. No se localizan anomalías significativas en los perfiles investigados que nos indiquen la existencia de algún acuífero bajo las parcelas afectadas, tampoco se han detectado fallas o fracturas.

Mencionar en este punto que las técnicas geofísicas empleadas, conllevan un margen de error de un 20 %, lo cual dentro de la geofísica hidrogeológica es bastante bajo.

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, ni se tiene constancia de la presencia de acuíferos en un entorno inmediato. En cualquier caso, para un estudio del marco hidrogeológico del entorno donde se ubican las balsas que va a ser adecuada, 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.

4.1.3.2.- Marco Hidrogeológico en el entorno de la parcela 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 las balsas de de efluentes de almazara.

4.1.3.2.1.- Marco hidrogeológico de las rocas graníticas:

4.1.3.2.1.1.- Introducción:

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

4.1.3.2.1.2.- Tipo de acuífero:

En los senos graníticos 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 “tectónicos”, 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 y tectónicos o 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:

$$0 \text{ a } 2 \text{ metros: } \kappa (\text{cm}^2) = 2,32 \times 10^{-4}$$

$$2 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa (\text{cm}^2) = 1,18 \times 10^{-7}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa (\text{cm}^2) = 3,18 \times 10^{-8}$$

$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa (\text{cm}^2) = 1,12 \times 10^{-3}$$

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 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 las balsas de alperujo, sí que se han detectado 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 1,5 a 3 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 x 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 parcela 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 de las balsas 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 Santa Marta 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 50 metros en torno a la zona donde se ubican las balsas.

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.

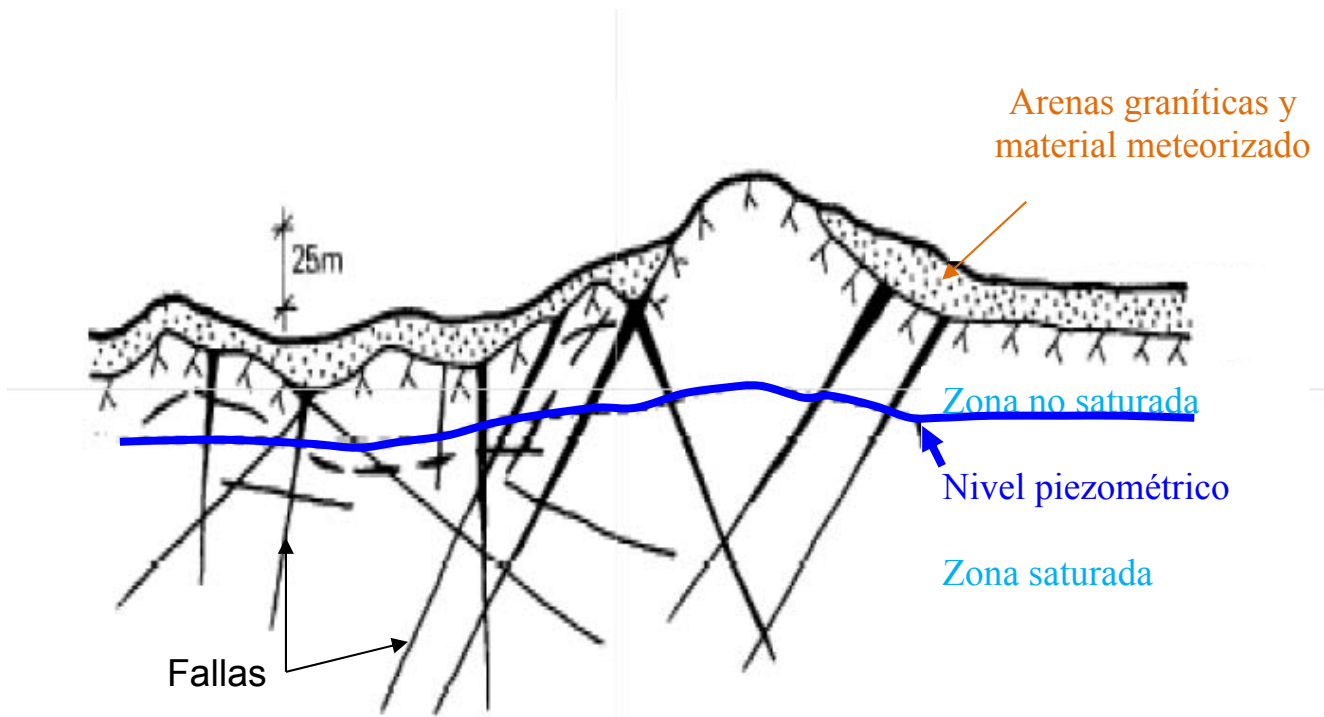
Las propiedades hidráulicas de los acuíferos tectónicos son muy anisotrópicas y están definidas en conjunto con información espacial (direccional) de las fracturas existentes en la zona, en base a ello los acuíferos que se podrían dar en la zona presentan una circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) lineal y está claramente marcada por la red de fracturación del granito de Santa Marta, 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 Santa Marta, 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 1,5 a 3 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 50 metros en torno al área de ubicación de las balsas.

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 37).

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 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 Stock Granítico de Santa Marta 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:

$$0 \text{ a } 2 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,32 \times 10^{-4}$$

$$2 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,18 \times 10^{-7}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 3,18 \times 10^{-8}$$

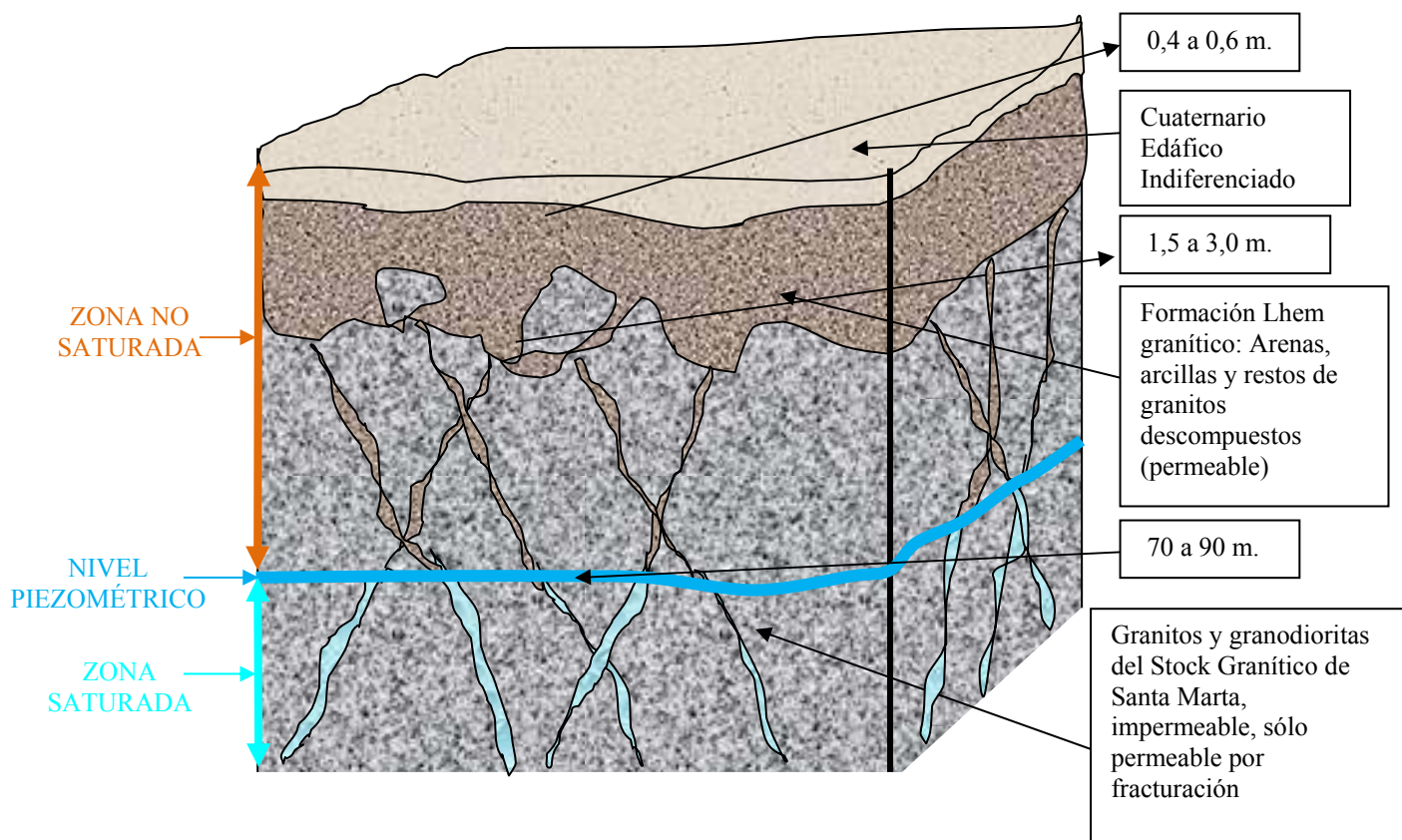
$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,12 \times 10^{-3}$$

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 los granitos y granodioritas del Stock de Santa Marta, que es un tramo de unos 1,5 a 3 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 50 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 Santa Marta, dentro del Stock 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 cúbico 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 Stock granítico de Santa Marta, 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 tectónicos. Por lo que no existe 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.

Granodioritas y/o granitos del Stock de Santa Marta:

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 granitos y/o granodioritas 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/o tectónicos, 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 granitos similares tenemos una **permeabilidad** en la zona de:

$$0 \text{ a } 2 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,32 \times 10^{-4}$$

$$2 \text{ a } 80 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,18 \times 10^{-7}$$

$$80 \text{ a } 120 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 3,18 \times 10^{-8}$$

$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,12 \times 10^{-3}$$

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 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 un perfil edáfico y por las arenas granodioríticas y/o 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 granodiorítica y la potencia del recubrimiento neógeno, en el área ocupada por la parcela el espesor es insuficiente para generar acuífero, pero existen otros áreas dentro del término municipal de Santa Marta donde la potencia de estos materiales puede llegar a 10 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 granodiorítico.

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:

$V_x = k(o)/o \times \delta h/\delta x$, 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 formaciones de granitos y/o granodioríticas con una red de fracturación no muy elevada y con escaso material cuaternario de recubrimiento ($< 3,5$ 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:

Para evitar la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, indicar que todas las balsas están impermeabilizadas mediante una lámina de PEAD de $1,5$ mm de espesor unida por soldadura térmica sobre geotextil no tejido de 200 gr/m².

Las balsas de las parcelas 64 y 68 cuentan con un sistema de drenaje formado por tuberías de PVC ranuradas con un colector principal y ramificaciones en forma de raspa de pescado colocadas por debajo de la lámina de impermeabilización. El colector principal conecta con una arqueta que sirve para el control de las posibles filtraciones en caso de rotura de la lámina de impermeabilización

En las balsas de las parcelas 63 y 608 se dispondrá de un sistema de vigilancia y testigo ante cualquier posibilidad de fuga de las balsas, Esto se realizará por medio de pozos y arqueta en las zonas de menos nivel, alrededor de la balsa, que nos indicaría cualquier fuga procedente de las mismas.

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 las balsas sobre las aguas superficiales:

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la afección que pudiera tener las balsas de la S.Coop Agrícola Santa Marta Virgen sobre el entorno hidrológico e hidrogeológico de las parcelas 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 unos 350 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 no existe la posibilidad de derrames por desbordamiento de las aguas, debido al diseño constructivo de la propia balsa.

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 la construcción de las balsas se ha realizado mediante dique perimetral a partir del centro de la balsa, intentando optimizar el movimiento de tierras compensando el desmonte y el relleno. La contención de los vertidos se realizará por medio de un dique de unos 3 metros de anchura en su coronación con taludes interiores 2:1.

Una vez analizado todo lo anteriormente descrito se ha comprobado que no existe la posibilidad de afección de la actividad sobre la hidrología de la zona, en base a tres hechos claramente contrastados:

1.- La ubicación de las balsas se encuentra a unos 300 metros de distancia del cauce fluvial más cercano.

2.- La ubicación de las balsas se encuentra fuera de la zona inundación del cauce fluvial más cercano, por lo que se encuentra fuera de la zona de inundaciones recurrentes de cualquier cauce fluvial.

3.- La ubicación de las balsas se encuentra fuera de zona de policía del cauce fluvial más cercano.

6.3.- Estudio de la afección de la balsas 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.- Tipos de contaminantes posibles:

La elaboración de vinos conlleva una serie de residuos líquidos que se vierten sobre la balsa situada en la parcela 64. Estos residuos provienen de la limpieza de los depósitos de fermentación y de reposo, así como de la limpieza de las instalaciones en la época de vendimia con el estrujado de la uva para la obtención del mosto y en el momento del embotellado.

En lo que respecta a la elaboración del aceite de oliva consiste, básicamente, en hacer pasar las aceitunas por un molino que tras generar un 20 % de aceite, también produce un 30 % de residuos sólidos (alperujo) y finalmente un 50 % de residuos acuosos (aguas alpechinadas).

Por aguas alpechinadas se entiende el residuo acuoso proveniente de los procesos de transformación de la oliva de aceite. Contiene el agua de la propia aceituna y las aguas de su lavado y centrifugado. Es un líquido de color negruzco y olor fétido que suele tener en suspensión, restos de la pulpa de la oliva, mucílago, sustancias pépticas e incluso pequeñas cantidades de aceite (un 0,5% emulsionado de forma estable).

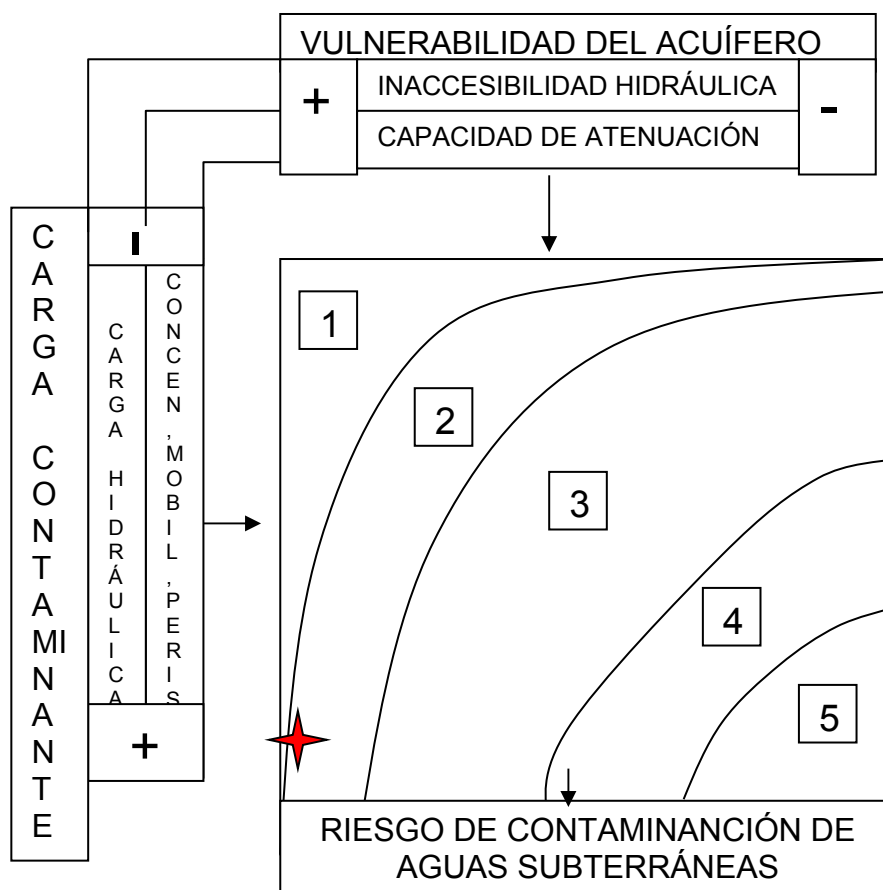
Por ser un producto natural su composición no es constante, variando con el tipo de aceituna, la estación, el tipo de recogida y sobre todo con el proceso, industrial utilizado para obtener el aceite. Su composición aproximada es la siguiente:

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

6.3.2.3.- Concepto fundamental del riesgo de contaminación:

6.3.2.3.1.- 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  *BALSAS DE LA S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN*
- 2.- BAJO
- 3.- MODERADO
- 4.- ELEVADO
- 5.- EXTREMO

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 granitos y granodioritas existentes bajo las balsas, nos indica que el riesgo de contaminación es bajo, y con la efectiva impermeabilización efectuada el riesgo de contaminación es muy 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 granitos y granodioritas, además la carga contaminante es inexistente debido a la impermeabilización que tienen las balsas.

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.

6.3.2.3.2.- 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 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 1,5 a 3,0 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 manifiesta de las balsas protege la vulnerabilidad hidrogeológica y edafológica de este tramo.

Con respecto a la formación granodiorítica 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 granitos y granodioritas 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:

6.4.1.- Introducción:

Los efluentes de almazara y las aguas de lavado de la sección vitivinícola, tienen una difícil degradación en la naturaleza, es difícil básicamente debido a que contiene productos con poder antibacteriano.

Estas sustancias contaminantes deben de estar debidamente almacenadas sobre balsas efectivamente impermeabilizadas como es el caso de las balsas recientemente acondicionadas, ya que con la ingeniería de impermeabilización aplicada en estas balsas se limita cualquier posibilidad de filtración.

La mejor medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas subterráneas es el diseño de construcción e impermeabilización que se ha empleado para las mismas y tiene las siguientes características constructivas.

6.4.2.- Características constructivas de las balsas:

En el presente punto se describe las características de cada una de las balsas de evaporación, la geometría de las balsas es de tipo mixto, es decir, realizadas mediante excavación y terraplenado, aprovechando la topografía del terreno.

Criterios de diseño comunes para todas las balsas.

Los criterios de diseño de todas las balsas han sido los siguientes:

- La lámina de agua no sobrepasa los 80 cm de altura.
- Tienen capacidad suficiente para albergar las aguas de limpieza más las precipitaciones recibidas.
- Tienen capacidad suficiente para evaporar las aguas contenidas en las mismas en base a los datos de evapotranspiración potencial para la zona de Santa Marta de los Barros.
- Disponen de vallado perimetral para evitar la entrada de personas o animales.
- Cumplen con las distancias mínimas legales a cursos de agua y a cualquier carretera nacional o comarcal.
- Disponen de talud perimetral que impide desbordamientos y cuneta que evita el acceso de las aguas de escorrentías.
- Disponen de red de recogida de filtraciones canalizadas a una arqueta de detección de fugas. (balsas 64 y 68)

A continuación se describen las características propias de cada balsa y su capacidad máxima de recogida de agua, teniendo en cuenta el agua del proceso más las precipitaciones estimadas según datos estadísticos de la zona.

Balsa de evaporación de aguas oleosas procedente del aderezo de aceitunas, sita en la parcela 63.

La balsa situada en la parcela 63, tiene las siguientes características:

* Año de construcción.....	1980
* Superficie en coronación	3.159 m ² .
* Superficie de evaporación neta	2.800 m ² .
* Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones)	1.680 m ³ .
* Altura de la lámina de agua	60 cm.
* Altura de sobreelevación por oleaje por viento	25 cm.
* Altura de depósitos de fangos	15 cm.
* Altura de resguardo	50 cm.

* Total altura balsa 150 cm.

Balsa de evaporación de aguas de limpieza de la bodega de vino, sita en la parcela 64. La balsa situada en la parcela 64, tiene las siguientes características:

* Superficie en coronación 3.278 m².

* Superficie de evaporación neta 2.950 m².

* Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones) 1.770 m³.

* Altura de la lámina de agua 60 cm.

* Altura de sobreelevación por oleaje por viento 35 cm.

* Altura de depósitos de fangos 35 cm.

* Altura de resguardo 50 cm.

* Total altura balsa 180 cm.

Balsa de evaporación de aguas oleosas procedentes de la fábrica de aderezo de aceitunas, sita en la parcela 608. La balsa situada en la parcela 608, tiene las siguientes características.

* Año de construcción 1.995

* Superficie en coronación 4.095 m².

* Superficie de evaporación neta 3.679 m².

* Capacidad máxima de la balsa (agua proceso + precipitaciones) 2.207 m³.

* Altura de la lámina de agua 60 cm.

* Altura de sobreelevación por oleaje por viento 25 cm.

* Altura de depósitos de fangos 15 cm.

* Altura de resguardo 50 cm.

* Total altura balsa 150 cm.

Balsa de evaporación y recogida de fangos procedente de la limpieza de las tres balsas anteriores, sita en la parcela 68. La balsa situada en la parcela 68, tiene las siguientes características:

* Superficie en coronación	2.175 m ² .
* Superficie de evaporación neta	1.792 m ² .
* Capacidad máxima de la balsa (fangos + precipitaciones)	1.702 m ³ .
* Altura de la lámina de agua	20 cm.
* Altura de sobreelevación por oleaje por viento	25 cm.
* Altura de depósitos de fangos	75 cm.
* Altura de resguardo	50 cm.
* Total altura balsa	170 cm.

En el diseño de las balsas 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 la construcción de las balsas se ha realizado mediante dique perimetral a partir del centro de la balsa, intentando optimizar el movimiento de tierras compensando el desmonte y el relleno. La contención de los vertidos se realizará por medio de un dique de unos 3 metros de anchura en su coronación con taludes interiores 2:1. La distancia al cauce más cercano (arroyo Lanchón) es de 540 m.

En cuanto a la impermeabilización se ha efectuado mediante una lámina de PEAD de 1,5 mm de espesor unida por soldadura térmica sobre geotextil no tejido de 200 gr/m².

Asimismo las balsas (64 y 68) cuentan con un sistema de drenaje formado por tuberías de PVC ranuradas con un colector principal y ramificaciones en forma de raspa de pescado colocadas por debajo de la lámina de impermeabilización. El colector principal conecta con una arqueta que sirve para el control de las posibles filtraciones en caso de rotura de la lámina de impermeabilización

En las balsas 63 y 608 se dispondrá de un sistema de vigilancia y testigo ante cualquier posibilidad de fuga de las balsas, Esto se realizará por medio de pozos y arqueta en las zonas de menos nivel, alrededor de la balsa, que nos indicaría cualquier fuga procedente de las mismas.

7.- CONCLUSIONES:

7.1.- Introducción:

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la posible afección del uso de las balsas de evaporación de la S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen existentes en las parcelas 63, 64, 68 y 608 del polígono 16 del Término Municipal de Santa Marta (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 granitos y granodioritas subyacentes en la zona de las balsas.
- b.- No se han detectado acuíferos bajo las balsas a los que pudiera afectar lixiviados de los efluentes vertidos en las balsas.
- c.- El diseño de la construcción e impermeabilización de las balsas limitan cualquier posibilidad de filtración de lixiviados al suelo.

7.2.- Conclusiones al Estudio Hidrogeológico:

Como conclusiones al estudio hidrogeológico podemos citar las siguientes:

- a.- Las características constructivas y la impermeabilización de las balsas limitan cualquier posibilidad de filtración, y el diseño de las características morfológicas de las balsas dificulta cualquier posibilidad de colmatación.
- b.- Una vez realizado el estudio hidrológico de la red hidrográfica local se ha comprobado que no existe la posibilidad de afección en base a tres hechos claramente contrastados:
 - b.1.- La ubicación de las balsas se encuentra a más de 300 metros de distancia del cauce fluvial más cercano.
 - b.2.- La ubicación de las balsas se encuentra fuera de la zona inundable de cualquier cauce fluvial, por lo que se encuentra fuera de la zona de inundaciones recurrentes.
 - b.3.- La ubicación de las balsas se encuentra fuera de zona de policía del cauce fluvial más cercano.

c.- La vulnerabilidad de los materiales subyacentes en la parcela afectada es baja debido a las características hidrogeológicas impermeables de los granitos y granodioritas, además la carga contaminante está limitada debido a la impermeabilización de las que están dotadas las balsas.

Firma el presente estudio hidrogeológico

En Santa Marta a 7 de Enero de 2016

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

PLANOS DE LAS INSTALACIONES Y
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 50 metros ni manantiales ni pozos. Tanto las construcciones, como las balsas y los puntos de vertidos vienen detallados en los planos de instalaciones.

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

ANEXO II

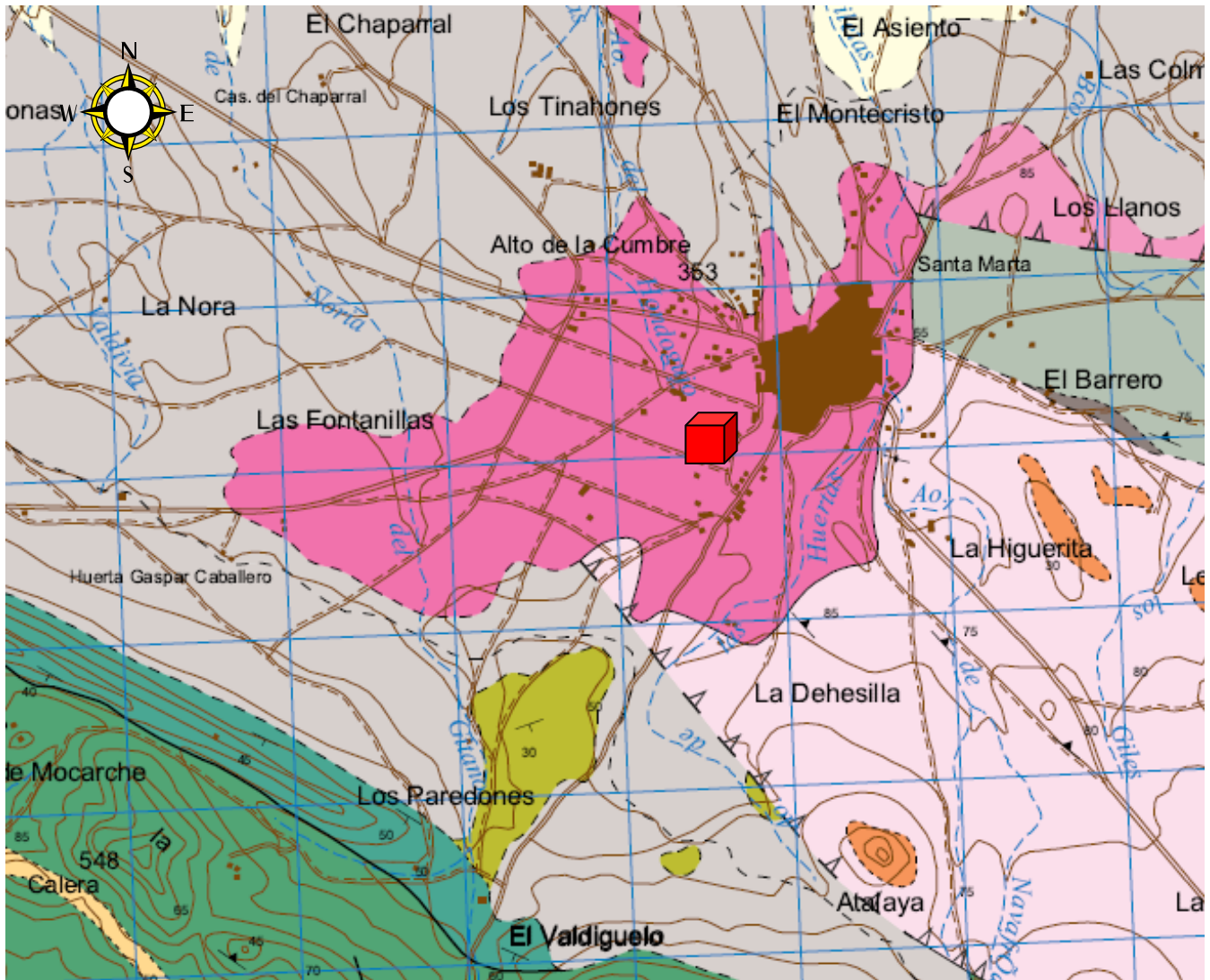
DATOS GEOFÍSICOS

ANEXO III

DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACION PROFESIONAL COMO TÉCNICO COMPETENTE

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)”

MAPA GEOLÓGICO DE LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ, EXTREMADURA)

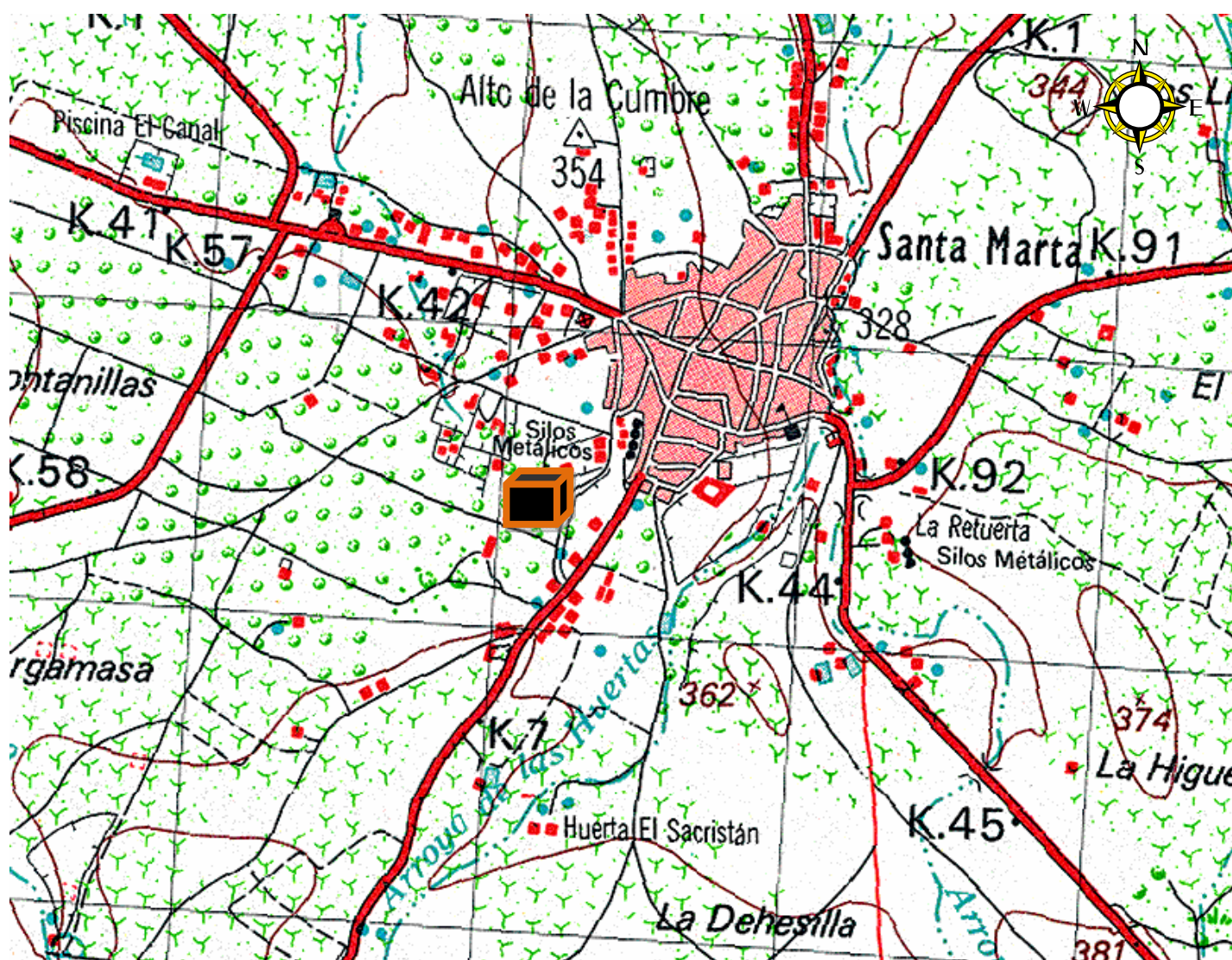


ÁREA DE LOCALIZACIÓN APROXIMADA DE LA INSTALACIÓN

NOMBRE PETICIONARIO: S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen	Autor: Francisco J. Fernández Amo	FECHA: 07-01-2016	Nº DE PLANO: 2	ESCALA: 1 : 40.000
---	---	-----------------------------	--------------------------	------------------------------

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)”

MAPA TOPOGRÁFICO DE LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ, EXTREMADURA)



ÁREA DE LOCALIZACIÓN APROXIMADA DE LA Balsa

NOMBRE PETICIONARIO:

S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen

Autor:

Francisco J. Fernández Amo

FECHA:

07-01-2016

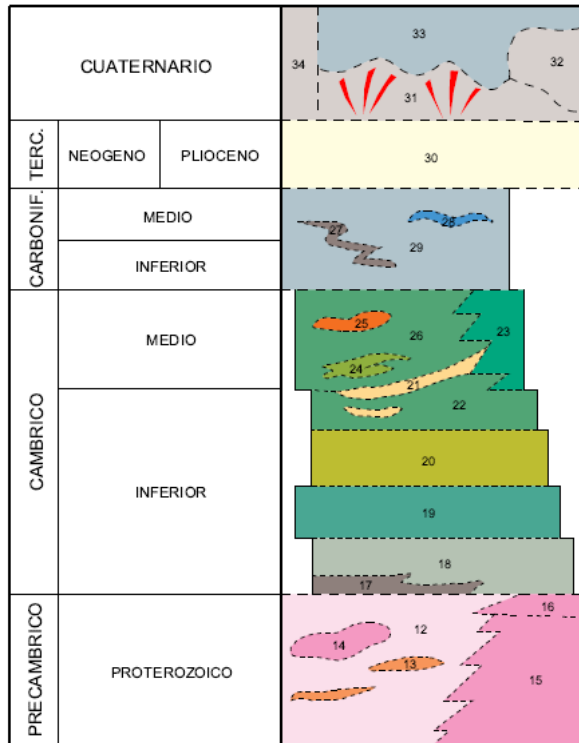
ESCALA:

1 : 50.000

Nº DE PLANO:

1

LEYENDA



- 34 Arcillas rojas con fragmentos de rocas metamórficas
- 33 Gravas, arenas y arcillas
- 32 Derrubios de ladera
- 31 Arcillas, arenas y canchal polimíctico
- 30 Arcillas rojas, costras calcáreas y conglomerados
- 29 Pizarras con nódulos silíceos y grauvacas
- 28 Calizas fosilíferas
- 27 Rocas piroclásticas ácidas interestratificadas
- 26 Formación volcano-sedimentaria con rocas ácidas y básicas
- 25 Cuarzitas marrones y blancas
- 24 Pizarras siltíticas verdes
- 23 Pizarras arcillosas verdes y rojizas
- 22 Pizarras silíceas grises con intercalaciones cuarcítics. Formación detrítica superior
- 21 Cuarzitas grises tabulares y masivas. Formación detrítica superior
- 20 Pizarras versicolores con tramos bandeados de composición carbonatada. Formación detrítica superior
- 19 Calizas, calizas dolomíticas, calcoesquistos, calizas marmorizadas. Formación carbonatada
- 18 Pizarras, areniscas blancas y rojas proto-cuarzitas. Formación detrítica inferior
- 17 Conglomerados de base poligénicos. Formación detrítica inferior
- 16 Serie porfiroide de tránsito Precámbrico-cámbrico
- 15 Esquistos, anfibolitas, gneises
- 14 Calizas bandeadas negras
- 13 Cuarzitas negras
- 12 Pizarras negras y grauvacas
- 11 Sienitas cuarzosas cataclásticas
- 10 Granodioritas
- 9 Gabros anfibólicos
- 8 Granito biotítico
- 7 Leucomicrogranito
- 6 Granito biotítico
- 5 Diques diabásicos
- 4 Leucomicrogranito alcalino
- 3 Sienitas
- 2 Granito gneísico
- 1 Microgranito alcalino con aegirina riebeckita

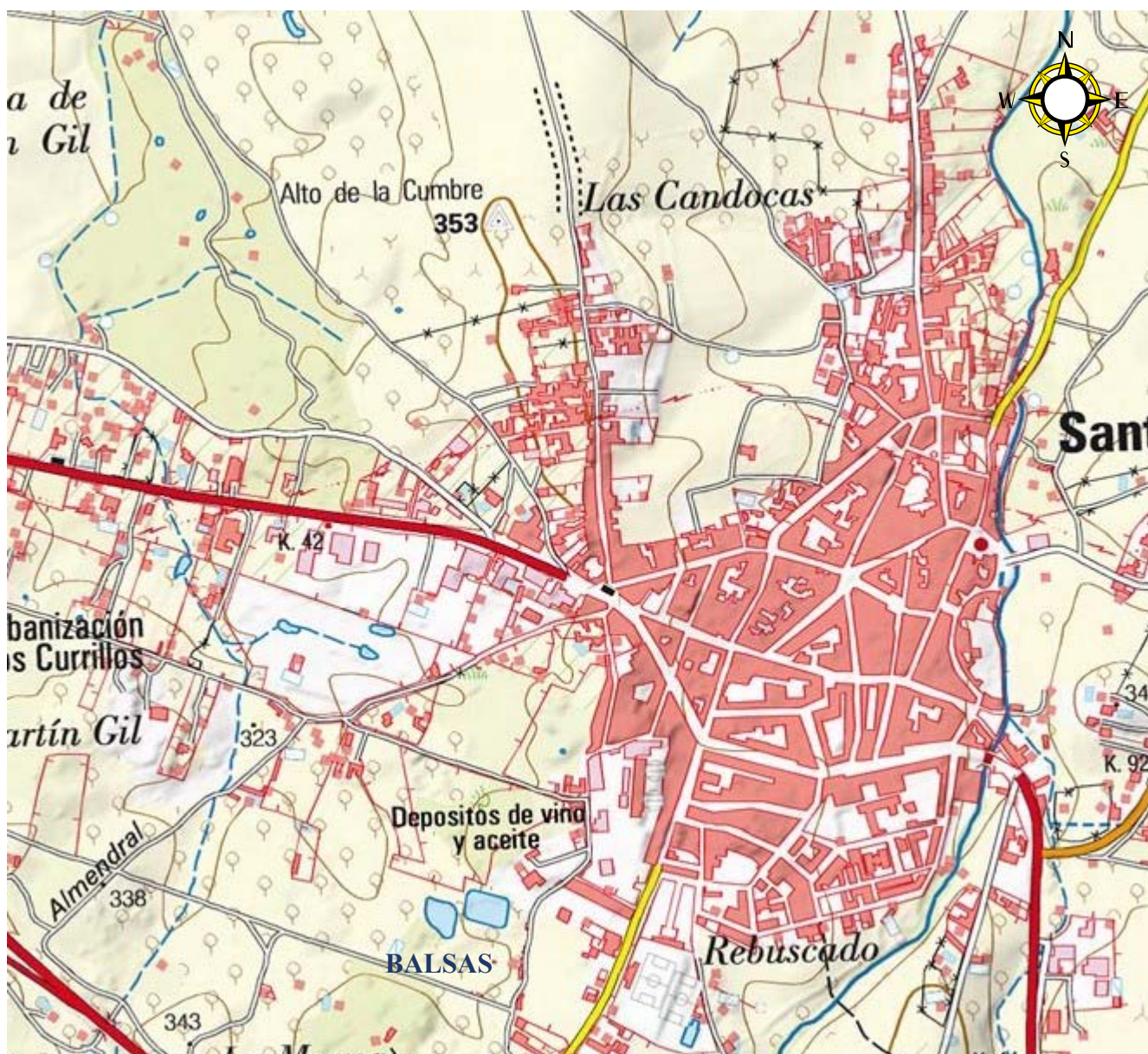


SIMBOLOS CONVENCIONALES

-----	CONTACTO CONCORDANTE	-----	CONTACTO DISCORDANTE
—————	CONTACTO MECANICO	—————	AUREOLA DE METAMORFISMO DE CONTACTO
-----	CONTACTO ENTRE FACIES UNIDAD INTRUSIVA	—————	FALLA CONOCIDA
	FALLA CON INDICACION DE HUNDIMIENTO		FALLA CON INDICACION DE HUNDIMIENTO SUPUESTA
↑↑↑	ANTICLINAL	↑↑↑	ANTICLINAL SUPUESTO
↓↓↓	SINCLINAL	↓↓↓	SINCLINAL SUPUESTO
↑↑↑	ANTICLINORIO	⊕	FOTOGEOLOGIA 60-90
+	ESTRATIFICACION SUBHORIZONTAL	+	ESTRATIFICACION SUBVERTICAL
—	ESTRATIFICACION	=	PIZARROSIDAD VERTICAL
—	PIZARROSIDAD	⊙	FOSILES (INVERTEBRADOS)
⊕	MICROFAUNA	⊗	MINA INACTIVA

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)”

MAPA HIDROLÓGICO DE LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ, EXTREMADURA)



NOMBRE PROPIETARIO:

S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen

Autor:

Francisco J. Fernández Amo

FECHA:

07-01-2016

ESCALA:

1 : 25.000

Nº DE PLANO:

3

INDICE

PÁGINA

1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Antecedentes.	1
1.2.- Metodología del estudio.	6
1.3.- Localización geográfica.	6

2.- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E HIDROLOGÍA:

2.1.- Geomorfología	7
2.2.- Hidrología.	7

3.- GEOLOGÍA:

3.1.- Introducción.	8
3.2.- Marco geológico.	8
3.3.- Geología Local:	
3.3.1.- Estratigrafía.	9
3.3.2.- Petrología.	10
3.3.3.- Tectónica.	15
3.3.4.- Edafología.	21

4.- HIDROGEOLOGÍA.

4.1.- Marco hidrogeológico:	
4.1.1.- Introducción.	24
4.1.2.- Estudio geofísico.	24
4.1.3.- Presencia de acuíferos en el entorno y Características geométricas y litológicas de los mismos.	35
4.1.4.- Tipología de los acuíferos.	38

INDICE

PÁGINA

4.1.5.- Características piezométricas, flujo subterráneo Y funcionamiento hidrogeológico.	38
4.2.- Hidrogeología local:	
4.2.1.- Inventario de pozos, sondeos y manantiales en el Entorno próximo.	40
4.2.2.- Características estructurales y análisis de la Fracturación en este tipo de acuíferos.	41
4.2.3.- Permeabilidad.	41
4.2.4.- Caracterización geológica e hidrogeológica de La zona no saturada.	42
4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local.	43
5.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:	
5.1.- Introducción	44
5.2.- Velocidad de avance del flujo.	46
5.3.- Ubicación de puntos de control.	47
6.- ESTUDIO DE LA INTERCONECTIVIDAD:	
6.1.- Introducción.	48
6.2.- Estudio de la afección de las balsas sobre las aguas superficiales.	48
6.3.- Estudio de la afección de las balsas sobre las aguas subterráneas de la zona:	
6.3.1.- Introducción.	49
6.3.2.- El riesgo de contaminación de las aguas Subterráneas.	49
6.4.- Medidas preventivas para evitar la contaminación de Suelos y agua:	
6.4.1.- Introducción.	53

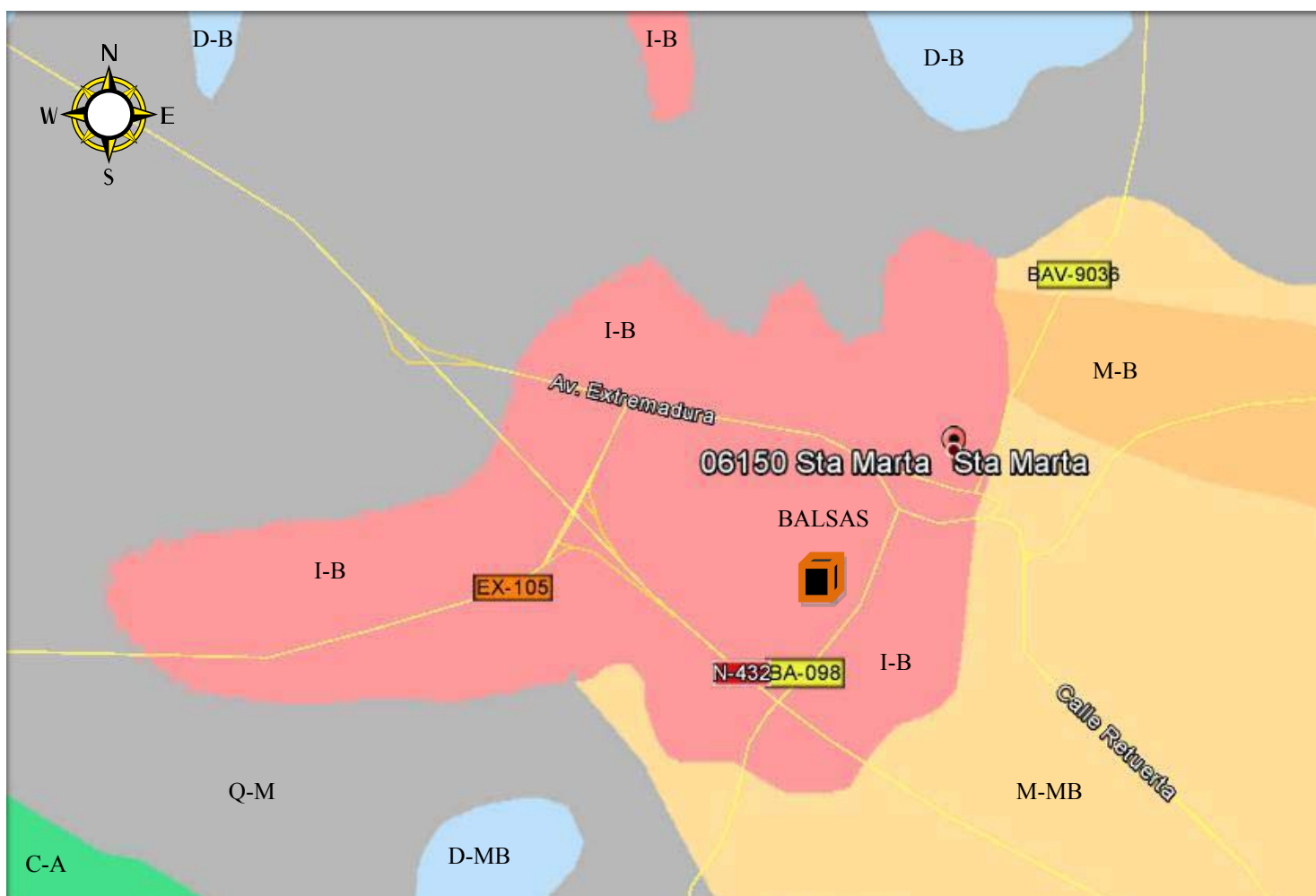
INDICE

PÁGINA

6.4.2.- Características constructivas de las balsas.	53
7.- CONCLUSIONES:	
7.1.- Introducción.	57
7.2.- Conclusiones al estudio hidrogeológico.	57
ANEXO I: MAPAS Y PLANOS	59
ANEXO II: DATOS GEOFÍSICOS	70
ANEXO III: DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACIÓN PROFESIONAL COMO TÉCNICO TITULADO COMPETENTE.	71

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)”

MAPA DE PERMEABILIDADES DE LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ, EXTREMADURA)



NOMBRE PROPIETARIO: S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen	Autor: Francisco J. Fernández Amo	FECHA: 07-01-2016	ESCALA: 1 : 40.000	Nº DE PLANO: 4
--	---	-----------------------------	------------------------------	--------------------------

PERMEABILIDAD

LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD					
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	
CON AGUAS UTILIZABLES	FISURABLES Y SOLUBLES	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
	POROSAS	DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
		DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
	FISURABLES	ÍGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
POROSAS POR METEORIZACIÓN	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB	
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD	SOLUBLES						

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE LA S. COOP. AGRÍCOLA SANTA MARTA VIRGEN. PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ)”

PUNTOS DE CONTROL DE VERTIDO DE LAS BALSAS EN LAS PARCELAS 63, 64, 68 Y 608 DEL POLÍGONO 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SANTA MARTA (BADAJOZ, EXTREMADURA)



PUNTOS DE CONTROL

NOMBRE PROPIETARIO: S. Coop. Agrícola Santa Marta Virgen	Autor: Francisco J. Fernández Amo	FECHA: 07-01-2016	ESCALA: 1 : 1.000	Nº DE PLANO: 5
--	---	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------

LAYERS TABLE – Very Low Frequency N°.- S.Coop. S. Marta Virgen PROFILE 1**Client:** S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN**Date:** 07 – 01 - 2.016**Locality:** Parc. 64 Pol. 16 (Santa Marta, Badajoz)**Coordinates:** 4276157N//706102E**Operator:** Francisco J. Fernández Amo**Direction Profile:** N100°E

LAYER	DEPHT (m.)	THICKNESS (m.)	RESISTIVITY (Ω m)	PROBABLE LITOLGY
1	2,0	2,0	69,2	Rellenos, arenas, arcillas 4ª
2	3,5	1,5	180,6	Arenas de alteración gran. Seco
3	6,5	3,0	1.612,2	Granito poco alterado seco
4	Endless	Endless	4.980,4	Granito de Santa Marta

ABEM WADI VLF

Abem AB, Box 20086, S- 161 02 Bromma, Sweden

VLF
VERY LOW FREQUENCY

LAYERS TABLE – Very Low Frequency N°.- S.Coop. S. Marta Virgen PROFILE 2**Client:** S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN**Locality:** Parc. 608 Pol. 16 (Santa Marta, Badajoz)**Operator:** Francisco J. Fernández Amo**Date:** 07 – 01 - 2.016**Coordinates:** 4276216N//706084E**Direction Profile:** N100°E

LAYER	DEPHT (m.)	THICKNESS (m.)	RESISTIVITY (Ω m)	PROBABLE LITOLGY
1	0,5	0,5	127,3	Arenas y arcillas 4ª
2	1,5	1,0	511,2	Granito alterado seco (Tosca)
3	6,3	4,8	1.521,2	Granito poco alterado seco
4	Endless	Endless	6.421,3	Granito de Santa Marta

ABEM WADI VLF

Abem AB, Box 20086, S- 161 02 Bromma, Sweden

VLF
VERY LOW FREQUENCY

LAYERS TABLE – Very Low Frecuency N°.- S.Coop. S. Marta Virgen PROFILE 3

Client: S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN

Date: 07 – 01 - 2.016

Locality: Parc. 63 y 68 Pol. 16 (Santa Marta, Badajoz)

Coordinates: 4276224N//706001E

Operator: Francisco J. Fernández Amo

Direction Profile: N100°E

LAYER	DEPHT (m.)	THICKNESS (m.)	RESISTIVITY (Ω m)	PROBABLE LITOLGY
1	0,6	0,6	111,9	Arenas y arcillas 4ª
2	1,8	1,2	581,8	Granito alterado seco (Tosca)
3	6,2	4,8	1.783,7	Granito poco alterado seco
4	Endless	Endless	5.345,3	Granito de Santa Marta

ABEM WADI VLF

Abem AB, Box 20086, S- 161 02 Bromma, Sweden

VLF
VERY LOW FREQUENCY

LAYERS TABLE – Very Low Frecuency N°.- S.Coop. S. Marta Virgen PROFILE 4

Client: S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN

Date: 07 – 01 - 2.016

Locality: Parc. 68 y 63 Pol. 16 (Santa Marta, Badajoz)

Coordinates: 4276212N//705857E

Operator: Francisco J. Fernández Amo

Direction Profile: N120°E

LAYER	DEPHT (m.)	THICKNESS (m.)	RESISTIVITY (Ω m)	PROBABLE LITOLGY
1	0,4	0,4	112,5	Arenas y arcillas 4ª
2	1,3	0,9	444,6	Granito alterado seco (Tosca)
3	5,3	4,0	1.267,7	Granito poco alterado seco
4	Endless	Endless	8.521,2	Granito de Santa Marta

ABEM WADI VLF

Abem AB, Box 20086, S- 161 02 Bromma, Sweden

VLF
VERY LOW FREQUENCY

LAYERS TABLE – Very Low Frecuency N°.- S.Coop. S. Marta Virgen PROFILE 5**Client:** S.COOP. SANTA MARTA VIRGEN**Date:** 07 – 01 - 2.016**Locality:** Parc. 64 Pol. 16 (Santa Marta, Badajoz)**Coordinates:** 4276157N//705989E**Operator:** Francisco J. Fernández Amo**Direction Profile:** N100°E

LAYER	DEPHT (m.)	THICKNESS (m.)	RESISTIVITY (Ω m)	PROBABLE LITOLGY
1	1,8	1,8	63,6	Rellenos, arenas, arcillas 4ª
2	3,1	1,3	165,3	Arenas de alteración gran. Seco
3	6,0	2,9	1.324,8	Granito poco alterado seco
4	Endless	Endless	6.156,3	Granito de Santa Marta

ABEM WADI VLF

Abem AB, Box 20086, S- 161 02 Bromma, Sweden

VLF
VERY LOW FRECUENCY