

DICTAMEN HIDROGEOLÓGICO SOBRE LA PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO DE BARCELONA- EL PRAT 2021



CUADLL

Comunitat d'Usuaris
d'Aigües del Delta
del Llobregat

Autores:

Enric Queralt Creus
Vinyet Solà de Roa
Jordi Massana Molera
Oscar Bosch Ríos

Septiembre 2021

Contenido

1. Introducción	3
2. Objeto.....	3
3. Antecedentes	3
4. Situación geológica e hidrogeológica: presentación de los acuíferos superficiales y subterráneos e interacción con las aguas superficiales, canales, río, lagunas y mar.	5
4.1.-Situación geológica	5
4.2.-Situación hidrogeológica.....	6
4.3.-Evolución piezométrica de la Ricarda y su relación con el acuífero superficial.....	8
4.4.-Balance hídrico de la Ricarda	12
5. Propuesta técnica de ampliación del aeropuerto a evaluar	15
5.1. Documentación de partida.....	15
5.2. Propuesta de ampliación a analizar	15
6. Caracterización de los impactos. Definición tipología y alcance focalizando la evaluación con criterios cualitativos	16
6.1. Introducción	16
6.2. Impactos vigentes de la ampliación del Aeropuerto (2002- 2009).....	16
6.2.1 Impactos sobre los niveles piezométricos.....	16
6.2.2. Impacto sobre el balance hídrico de los acuíferos.....	17
6.2.3 Impactos sobre la calidad del acuífero y la laguna de la Ricarda.....	17
6.2.4 Impacto sobre el Balance hídrico de la Laguna.....	20
6.3. Nuevos impactos previstos por la nueva ampliación del Aeropuerto	21
6.3.1 Introducción	21
6.3.2 Impacto de la propuesta de Ampliación del Aeropuerto y evaluación de éstos	21
7. Consideraciones finales.....	25
8. Referencias bibliográficas	27
Anexo 1: Tipos de impactos	28
Anexo 2: Plano del ámbito general de estudio	29

1. Introducción

La Comunitat d'Usuaris d'Aigües de la Vall Baixa i Delta del Llobregat (CUADLL, en adelante) es una corporación de derecho público adscrita a la Agencia Catalana del Agua. Son miembros de la CUADLL y formarán parte de la misma, todos los usuarios con derecho al aprovechamiento de aguas subterráneas cuyas captaciones se encuentren ubicadas dentro de su área territorial de competencia, establecida en el Anexo I.2 del Decreto 328/1988, d'11 de octubre, por el que se establecen las normas de protección y adicionales en materia de procedimiento en relación a diversos acuíferos de Cataluña. Estando representados, principalmente, los usos de abastecimiento, industrial, agrícola, recreativo y ambiental. La CUADLL tiene por objeto, entre otros aspectos, la protección y preservación de los acuíferos de su ámbito territorial de competencia.

En el ámbito del Delta del Llobregat, la CUADLL ha realizado el seguimiento de los impactos sobre el sistema hidrogeológico de las obras de construcción de la Línea 9 del Metro, el AVE, la ampliación del Puerto de Barcelona (desde 2008 a la actualidad) y las obras de ampliación del Aeropuerto de Barcelona (2006-2012). En el marco de dichas obras, la CUADLL tuvo instalada una sonda multiparamétrica que permitía el seguimiento de la Ricarda en cuanto a nivel limnimétrico, conductividad, oxígeno disuelto, Eh y pH.

En 2009, la CUADLL llevó a cabo un estudio sobre la interacción Ricarda- acuífero a partir de una nueva red de control piezométrica, unos perfiles transversales estacionales de la laguna y un análisis del balance hídrico.

Asimismo, y por encargo del ayuntamiento del Prat, ha llevado a cabo el seguimiento de las aportaciones de la finca de la Ricarda y un modelo numérico del acuífero en este ámbito que permite establecer un balance hídrico entre la laguna, el acuífero, el mar y los canales perimetrales del aeropuerto. Este modelo fue realizado en 2017 (*CUADLL (2017) Estudi del funcionament hidràulic de la Llacuna de la Ricarda i propostes de gestió. TM El Prat de Llobregat*).

2. Objeto

El presente informe tiene por objeto hacer una evaluación cualitativa sobre la posibilidad de ampliación del Aeropuerto del Prat – Barcelona y el impacto que puede generar sobre los acuíferos. Este dictamen se redacta a petición del ayuntamiento del Prat de Llobregat.

3. Antecedentes

Impacto de la ampliación del Aeropuerto 2002-2009

En el BOE Núm. 16, de 18 de enero de 2002, se publica la “RESOLUCIÓN de 9 de enero de 2002, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se formula declaración de impacto

ambiental del proyecto de ampliación del aeropuerto de Barcelona". En ella se establece, entre otros aspectos, los impactos hidrogeológicos que tendrá la prolongación de la primera pista, la construcción de la nueva terminal y la construcción de la tercera pista. Todo ello conlleva la ampliación de los canales perimetrales y, por tanto, la afectación a las aguas subterráneas y a su flujo. Estos canales perimetrales cumplen básicamente con dos funciones: una es evacuar la precipitación del campo de vuelo en caso de lluvias suaves o intensas de manera rápida y la otra es limitar el aumento del nivel freático respecto la cota de la pista para evitar problemas geomecánicos del suelo por saturación excesiva de éste.

Las medidas de protección de la hidrología superficial y subterránea que se presentan son:

Reposición de los canales afectados, garantizando el mantenimiento de la capacidad hidráulica, con especial incidencia en las lagunas del Remolar y la Ricarda.

Garantizar la aportación artificial de agua a la laguna de la Ricarda y la implementación de un sistema de monitorización de la calidad de las aguas.

Creación de un espacio de laminación de aguas naturalizado para evitar el desguace al mar a través de la ZEPA.

En el caso de la laguna de la Ricarda, la ampliación del Aeropuerto provocó una alteración muy significativa en su funcionamiento hidrológico, a causa de la ocupación de su cuenca agrícola de drenaje, de unas 200 ha aproximadamente.

De acuerdo con dicha Declaración de Impacto Ambiental, antes de las obras, la laguna recibía una aportación de aguas superficiales de los excedentes de riego y pluviales de la zona agrícola de la marina del Prat. El caudal de aportación superficial estimado era de 1000 m³/día (40% de las entradas de la laguna). Esta aportación quedó interrumpida totalmente con el crecimiento de las instalaciones aeroportuarias (ampliación primera pista). Se estimó también que el 60% restante de las aportaciones a la laguna (unos 1500 m³/día) provenían del acuífero superficial, las cuales se reducirían en un 17% como consecuencia también de las obras.

La compensación de este déficit de agua se ha llevado a cabo mediante la aportación artificial de agua de diferentes orígenes: agua de la EDAR del Prat, agua del canal perimetral aeroportuario, agua de un pozo del acuífero profundo y agua del Canal de la Dreta. La calidad de estas aguas ha sido muy variable, y ha propiciado una deficiencia cualitativa que incumple las directrices de la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas). Además, si bien el nivel de la Ricarda ha aumentado ligeramente a lo largo de estos años, el aporte externo ha sido también insuficiente para las necesidades de la laguna. Todo esto ha provocado que, actualmente, la masa de agua superficial de la laguna de la Ricarda esté catalogada en mal estado por parte de la Agencia Catalana del Agua, organismo de cuenca con competencias exclusivas en materia de aguas en la cuenca del Llobregat.

Durante el periodo 2006-2012 la CUADLL tuvo instalada una sonda multiparamétrica que permitía el seguimiento de la Ricarda en cuanto a nivel, conductividad, Oxígeno disuelto, Eh y pH.

En 2009, la CUADLL llevó a cabo un estudio de actualización hidrogeológica de la laguna de la Ricarda. En él se analizaba la interacción entre dicha laguna y el acuífero superficial a partir de una nueva red de control piezométrica, unos perfiles transversales estacionales de la laguna y un análisis del balance hídrico.

En 2017 la CUADLL realizó un nuevo estudio para las necesidades hídricas de la laguna y se cuantificó, a través de la modelación numérica, el volumen necesario de aporte externo para mantener un buen balance hídrico. Para la realización de dicho estudio se hizo una recopilación exhaustiva de los datos hidrogeológicos y meteorológicos que los diferentes operadores obtienen en la zona, y su correspondiente análisis. De este análisis cabe comentar la inexactitud, y por tanto la poca fiabilidad, de los datos de los sensores en continuo de los piezómetros de los que dispone AENA para el control de los niveles piezométricos en relación con los canales perimetrales.

4. Situación geológica e hidrogeológica: presentación de los acuíferos superficiales y subterráneos e interacción con las aguas superficiales, canales, río, lagunas y mar.

4.1.-Situación geológica

Geológicamente el Aeropuerto de Barcelona - El Prat y la laguna de la Ricarda se encuentran situados en la estructura general de un delta, concretamente el Delta del Llobregat.

El Delta del Llobregat se forma al pie de la vertiente mediterránea de la Cordillera Litoral Catalana que, junto con la depresión prelitoral y la Cordillera Litoral, forman el sistema geológico de los Catalánides.

El Delta del Llobregat, como todos los del Mediterráneo, es una formación geológica muy reciente, puesto que se formó después de la última glaciación (10.000 años). Por eso, los sedimentos que conforman el delta del Llobregat son sedimentos Cuaternarios del periodo del Holoceno.

Como resultado de este ascenso del nivel del mar, el río empezó a depositar sedimentos en la desembocadura, que fue progradando hacia el mar. La potencia de estos depósitos, instalados sobre el paleorrelieve no es homogénea, y aumenta en dirección hacia el mar. En particular, en el ápice del delta, los sedimentos cuaternarios alcanzan los 40 m. En la línea de costa actual, este

grosor consigue los 70 m. Estos grosores corresponden en la base de las gravas del acuífero profundo, que no siempre coincide con el techo del sustrato pre-Cuaternario.

Para entender la geología del Delta del Llobregat hay que comprender su evolución temporal. El complejo deltaico está formado por materiales de edad Pleistocena a Holocena que se sitúan discordantemente sobre materiales que varían desde el Paleozoico al Plioceno. Internamente existen muchas discontinuidades intra-Cuaternarias. Para simplificar, Marqués (1984) ha dividido el Cuaternario de la zona emergida en 2 complejos:

→El Complejo Detrítico Superior (CDS) o delta moderno, de edad holocena

→El Complejo Detrítico Inferior (CDI) de edad pleistocena.

Posteriormente, Maldonado et al. (1986 y 1989) describieron cuatro unidades deltaicas en la plataforma marina del delta del Llobregat (nombrados Q1 a Q4), de edad Pleistocena a Holocena. De ellos, las tres más antiguas (Q1 a Q3) se corresponden con el CDI y la unidad Q4 se corresponde al delta moderno (CDS).

La finca de la Ricarda y su laguna están situadas en la unidad Q4, en la parte más distal del Delta del Llobregat, en una zona de arenas y gravas de edad holocena de una potencia comprendida entre 6 y 20 m, a pesar de que el valor medio es de 15 m. Habitualmente, en la parte más superficial, se encuentra una capa de limos o arcillas de menos de 6 m de espesor. Según Manzano (1986), son depósitos de frente deltaico y llanura deltaica actual, formados por cordones litorales, canales distributarios, rellenados de lagunas y dunas costeras. Localmente existen algunos niveles turbosos de origen lacustre. La formación de las lagunas costeras se debe a la progradación deltaica.

Algunos documentos corroboran el hecho que la laguna de la Ricarda y la Magarola son formas residuales del cauce del río Llobregat en los siglos XIV y XV (ICGC i CUADLL 2004), (Planas, R. 1984).

4.2.-Situación hidrogeológica

Hidrogeológicamente, el Valle Bajo y Delta del Llobregat está formado por tres acuíferos: un acuífero superficial deltaico, un acuífero profundo deltaico y el acuífero del Valle Bajo. Estos dos últimos acuíferos también se los denomina conjuntamente acuífero principal (Figura 1).

Acuífero Superficial

El delta del Llobregat, en su parte superficial, está formado por materiales cuaternarios de origen fluvial y litoral, que presenta una cobertura de limos y canales con arenas y gravas de llanura deltaica con una potencia de hasta 6m y presenta una permeabilidad media. Por debajo y hacia la costa aparecen arenas eólicas con arcillas y arenas finas de playa muy clasificadas de

unos 9-15 m de potencia. En su base aparece la cuña de limos que diferencia el acuífero superficial del profundo. Por eso, todo el conjunto del acuífero superficial libre o semiconfinado se considera que tiene una potencia de entre 20 y 25 m. Hidráulicamente se puede distinguir entre el acuífero superior (formado por arenas medianas y finas) y una parte inferior (de limos y arenas finas). A partir de 25 m de profundidad se encuentran limos y arcillas de muy baja permeabilidad.

Acuitardo

El acuitardo formado por arcillas y limos, presenta una potencia de unos 25-30 m formando un medio de muy baja permeabilidad, sobre todo en el centro del delta. Este nivel de limos separa hidráulicamente los dos acuíferos (superficial y profundo) y hace la función de separación hidráulica entre las aguas del acuífero superficial y las del acuífero profundo.

A causa de la morfología lenticular del delta del Llobregat, los valores de potencia disminuyen de manera radial, teniendo mayor potencia hacia la costa y menor en su ápice donde acaba desapareciendo.

Acuífero profundo

El acuífero profundo cautivo está formado básicamente por gravas y arenas, aunque la medida de grano disminuye hacia el mar, coincidiendo con un aumento de la proporción de arenas. Este acuífero tiene una potencia de hasta 10 m. Estas gravas descansan sobre arcillas y/o areniscas, conglomerados y arenas.

Con grosores de entre 6 a 10 m, se encuentran a una profundidad media de 40 m en El Prat y 50-60 m en la línea de costa y son depósitos detríticos gruesos, muy permeables, pero que presentan intercalaciones en forma de cuña de formaciones detríticas más finas (arenas, gravillas y limos). Por debajo de estos niveles se sitúa una alternancia de gravas y arenas que, a veces, constituyen pequeñas unidades permeables, menos explotadas y conocidas y a las que se denomina acuíferos inferiores. Dado que su fuente de recarga es el propio acuífero profundo se trata de un acuífero que no está en explotación.

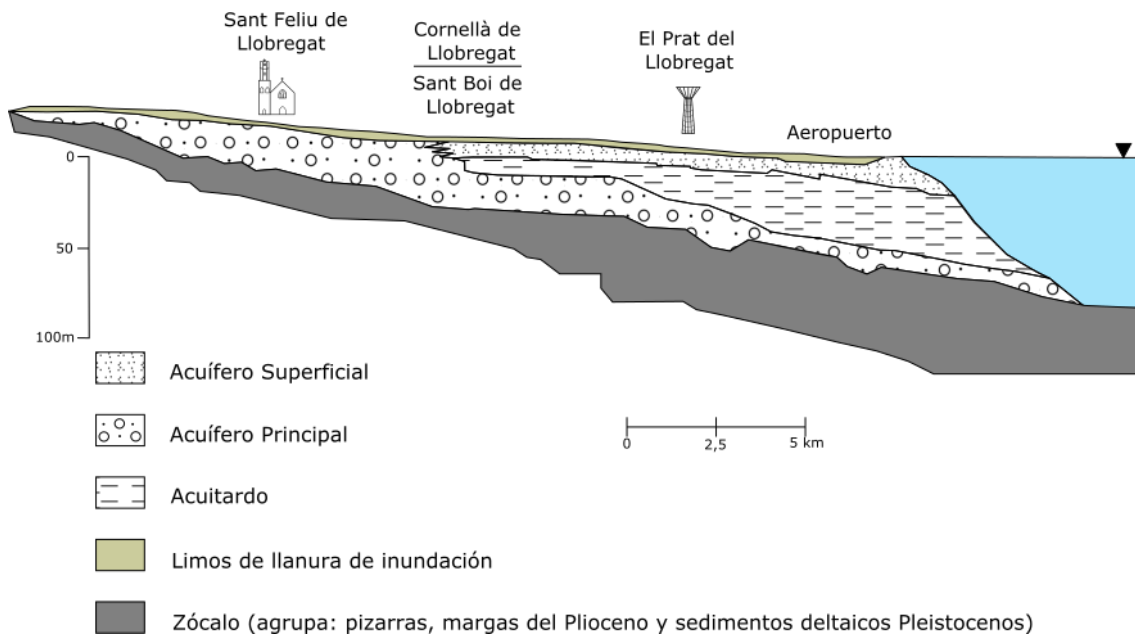


Figura 1) Corte esquemático donde se aprecian las distintas formaciones hidrogeológicas del Delta de Llobregat. (Modificado de Bayó., 1985 y Simó, J.A, 2005)

La zona Aeroportuaria y sus canales perimetrales y la finca de la Ricarda y su laguna se sitúan interaccionando con el acuífero superficial, en la zona costera central del Delta del Llobregat.

4.3.-Evolución piezométrica de la Ricarda y su relación con el acuífero superficial

La laguna de la Ricarda tiene una evolución piezométrica con carácter estacional debido sobre todo a la evolución piezométrica del acuífero y en menor medida a la estacionalidad del nivel del mar. Asimismo, también se observa cierto progresivo aumento de ésta desde el 2003 hasta la actualidad. No obstante, históricamente se sabe por comunicación oral que la laguna se abría hasta seis veces al año mientras que ahora este proceso se realiza una vez cada dos o tres años, como se puede ver en la Figura 2.

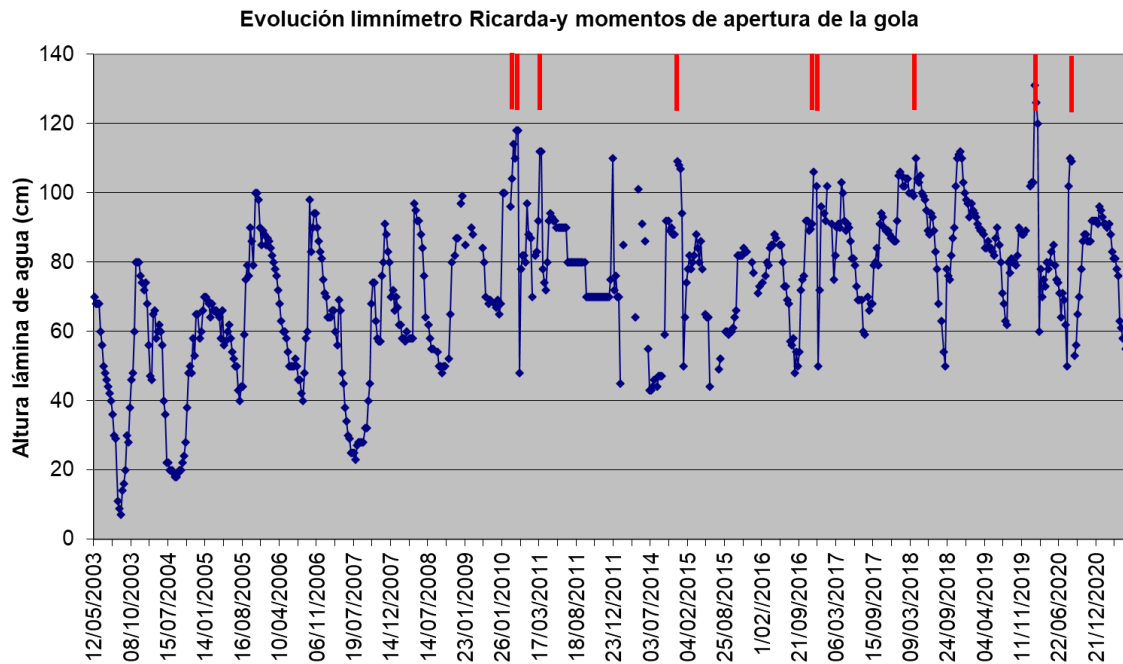


Figura 2) Evolución del nivel de la Ricarda (datos de 2003 a 2021) con las aperturas de dicha laguna al mar marcadas en rojo (datos de 2008 a 2021).

La laguna de la Ricarda y el acuífero superficial envolvente presenta una evolución de la piezometría estacional muy marcada, como se puede observar en el gráfico de la Figura 3. Hay una clara diferencia en los niveles piezométricos de los meses más cálidos y secos y de los meses más fríos y húmedos.

En verano los niveles piezométricos son más bajos que durante el invierno (aproximadamente 30 o 40 centímetros). Durante el verano el nivel de agua de la laguna de la Ricarda es más elevado que el de los piezómetros de su alrededor, lo que nos indica que durante esta estación la Ricarda es la que aporta agua al acuífero, es decir, tiene un carácter influente.

En las otras estaciones del año se puede observar cómo el nivel piezométrico de todos los piezómetros estudiados y el nivel de la laguna es mayor debido al aumento de las precipitaciones, a la menor evapotranspiración que se dan en la zona y al aumento estacional del nivel del mar. En algunos puntos y en ciertos períodos, el nivel de los piezómetros próximos a la laguna es superior al de la Ricarda, lo que nos indica que en las zonas donde se encuentran estos piezómetros con mayor nivel piezométrico, el piezómetro 10 y el B, la laguna de la Ricarda recibe agua del acuífero superficial, es decir, tiene un carácter efluente. Aun así, en general la laguna presenta un carácter mayoritariamente influente (la laguna infiltra agua hacia el acuífero) en gran parte de las zonas y periodos.

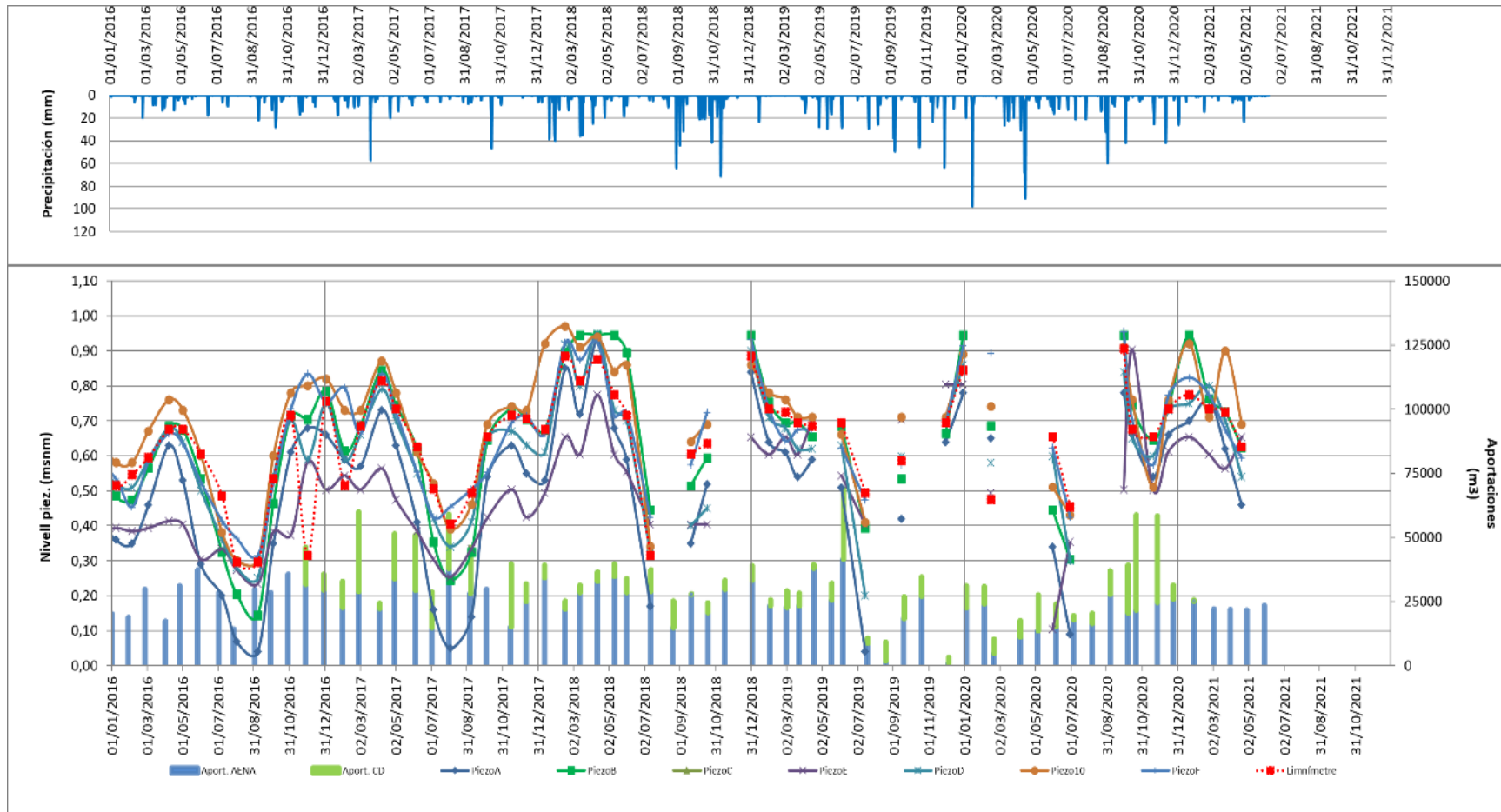


Figura 3) Evolución de pluviometría, de los niveles de los piezómetros cercanos a la laguna de la Ricarda junto con la aportación externa del aeropuerto (2016-2021) y del canal de la Dreta (monitorizado desde octubre 2016 a diciembre 2020)



Figura 4) Mapa de ubicación de los piezómetros envolventes de la laguna perforados por CUADLL y por el Consorci del Delta del Llobregat en 2009 y 2015. Los trabajos de nivelación fueron llevados a cabo por AENA

El análisis de piezómetros realizado en el estudio del 2017, y la relación entre ellos, nos permiten realizar unos mapas piezométricos en dos épocas diferentes que ilustran la dirección de los flujos de agua entre acuífero y laguna (Figura 5).

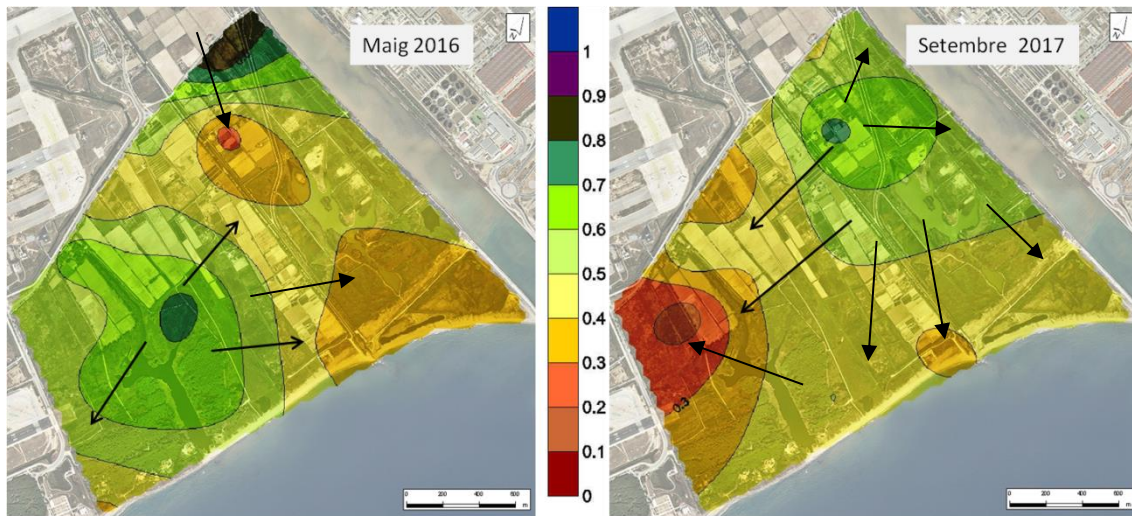


Figura 5) Mapa piezométrico para el acuífero superficial del delta del Llobregat en mayo de 2016 y en septiembre de 2017

4.4.-Balance hídrico de la Ricarda

El sistema de la Ricarda se define con las variables de la precipitación y los aportes de canales y riegos, como principales entradas del balance. Y como principales salidas la evapotranspiración, y el vaciado puntual por la apertura de la barra de arena en la desembocadura.

Los flujos subterráneos acuífero-laguna pueden ser de salida o de entrada al sistema ya que dependen de la relación entre el nivel piezométrico del acuífero y la lámina de agua de la laguna en cada zona de la laguna y en cada período.

Por lo tanto, podremos definir:

ENTRADAS (+)

→Precipitación: ésta es la precipitación que cae directamente en la laguna de la Ricarda.

→Aportaciones canal y retornos de riego: es el agua que entra en la laguna mediante los canales que hay en la zona, y los excedentes de riego de los campos de cultivo cercano. AENA está aportando agua una media de 280.000 m³/a (770 m³/d) en los últimos 6 años como medida compensatoria a la ampliación del Aeropuerto al tratarse de un impacto permanente. Esta agua proviene de media en un 70% del canal perimetral y un 30% de un pozo del acuífero profundo. El agua que se ha monitorizado durante el periodo 2016-2020 y que entra a través de la PC66, pluvial del canal de la Dreta, es de 113.000 m³/a (300 m³/d).

→ Flujos subterráneos acuífero- laguna: se dan cuando el nivel piezométrico de alrededor de la laguna es mayor que el de la laguna, lo que hace que entre agua del acuífero a la laguna.

SALIDAS (-)

→ Evaporación: es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa.

→ Vaciado de la laguna: en épocas donde la laguna está muy llena, se rompe la barra de arenas entre la laguna y el mar provocando una bajada de nivel hasta que se equilibra con el nivel del mar.

→ Flujos subterráneos laguna - acuífero: se da cuando el nivel piezométrico de alrededor de la laguna es menor que el de ésta, lo que hace que mayormente salga agua de la laguna hacia el acuífero.

El estudio sobre el funcionamiento hídrico de La Ricarda realizado en 2017 cuantificó, por medio de la realización de un modelo numérico, los valores de este balance durante los años 2015-2017. Este balance posteriormente ha incorporado las aportaciones de la PC66 con lo que se puede considerar actualizado hasta la fecha (Figura 6).

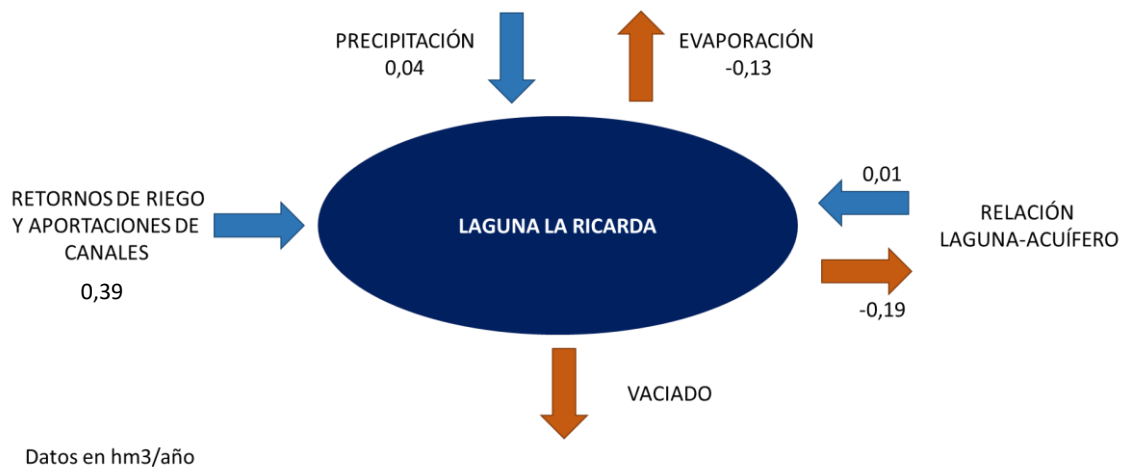


Figura 6) Modelo conceptual de las entradas y las salidas de la laguna de la Ricarda y cuantificación de éstas mediante modelo numérico.

De este balance es interesante destacar algunos resultados:

- La evaporación es mayor que la lluvia, por lo que la presencia de agua en la laguna sólo se sustenta por la relación que tiene con el acuífero y los aportes externos, los cuales, en la actualidad, son forzados como medida correctora.

- En su conjunto la laguna es influente, es decir, que da agua al acuífero. De promedio la laguna recibe agua del acuífero por su contorno este, y pierde por su contorno oeste. Esto es debido a unos niveles piezométricos menores al oeste de la laguna debidos a la regulación forzada del nivel piezométrico a través de los canales perimetrales que rodean el recinto del aeropuerto. También el bombeo del canal perimetral al norte de la Ricarda supone una recirculación de agua al verter dicho bombeo a la Ricarda y reinfiltrarse otra vez al acuífero.
- El término de balance más importante es el del aporte externo.

El modelo numérico, una vez correctamente calibrado, describe el funcionamiento hidrogeológico de la laguna y su entorno, por lo que se puede, y se debe usar para la realización de propuestas de gestión para el buen funcionamiento hídrico de la laguna. La condición que se usó para ello fue que la laguna aumentara de nivel alrededor de 30 cm año, para que no fuera inferior a 70 cm en las estaciones de nivel mínimo, y en las estaciones de nivel máximo fuera de 1.15 metros para que ésta pudiera sobrepasar algunas veces a lo largo del año la barra de arenas para romperla y así desaguar al mar y renovar el agua lacustre. Esto, además, permite la circulación de especies acuáticas y la entrada de agua de mar a la laguna, manteniendo así un ambiente con un gradiente salino óptimo para las especies acuáticas que allí habitan.

Dos tipos de escenarios se realizaron en este sentido. El primero tenía en cuenta sólo aportación de agua. El segundo imponía aumentos de nivel del acuífero, a través del canal de la Bunyola (canal localizado entre la Ricarda y Cal Tet), para que así el caudal a aportar fuera menor.

Finalmente, el modelo concluía que se debían aportar entre 2.300 y 3.000 m³/día en su conjunto para el primer escenario.

Así pues, como conclusión del estudio se debería aportar un caudal entre 3 y 4 veces mayor que el actual para mejorar la gestión de la laguna de la Ricarda. De este volumen sólo el 4% serviría para que la laguna aumente su nivel. El resto retornaría al acuífero, y una parte muy importante, a través del acuífero, iría a los canales perimetrales, y otra al mar.

5. Propuesta técnica de ampliación del aeropuerto a evaluar

5.1. Documentación de partida

El ayuntamiento del Prat ha facilitado los siguientes documentos que han sido presentados en la primera reunión de la Mesa Técnica del Aeropuerto del Prat promovida por la Generalitat de Catalunya celebrada el 8 de julio de 2021.

- AENA - Medidas compensatorias nuevos desarrollos del Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona – El Prat. Propuesta inicial.
- Barcelona Regional - Encaix ambiental de l'Aeroport de Barcelona- El Prat Josep Tarradellas, juny 2021.

También se parte del conjunto de datos que históricamente la CUADLL ha ido recopilando sobre el estado cuantitativo y químico del acuífero, así como de la laguna de la Ricarda. Finalmente, a nivel de obras también se tendrá en cuenta en el presente análisis la terminal satélite y la conexión subterránea con la nueva terminal, aunque en los informes facilitados no se habla de dichas infraestructuras.

5.2. Propuesta de ampliación a analizar

La ampliación de la tercera pista en 500 metros hacia el lado este y su área de servitud (en realidad son 800 metros) provoca la desaparición casi total de la laguna de la Ricarda. Únicamente se conserva la parte sur de dicha laguna junto a su desembocadura. Como medida compensatoria, se propone la reposición de la superficie afectada de la laguna en dos posibles ubicaciones o alternativas: una en la zona adjunta al Remolar - Filipines, y otra en los terrenos agrícolas entre la actual laguna de la Ricarda y el canal de la Bunyola.

Alternativa 1. Reposición de la laguna en la zona del Remolar - Filipines: Esta alternativa contempla que la nueva laguna construida se alimentará del agua de dos canales que desembocan hoy en la riera de Sant Climent.

Alternativa 2. Reposición de la laguna a unos 250-300 m de la actual laguna de la Ricarda. En esta alternativa, la construcción de una nueva laguna se haría en terrenos agrícolas y naturales adyacentes a la laguna existente. Las aportaciones de agua se harían a partir de canales cercanos vinculados al canal de la Dreta del Llobregat.

6. Caracterización de los impactos. Definición tipología y alcance focalizando la evaluación con criterios cualitativos

6.1. Introducción

En este capítulo se analizan los impactos de las obras. La calificación de dichos impactos se basará en la descripción detallada en el Anexo 1.

6.2. Impactos vigentes de la ampliación del Aeropuerto (2002- 2009)

Después de más de 10 años de dicha construcción se pueden analizar los siguientes impactos hidrogeológicos generados:

6.2.1 Impactos sobre los niveles piezométricos

- Disminución del nivel piezométrico del acuífero superficial. Como ya se ha comentado anteriormente, los canales perimetrales aeroportuarios regulan el nivel piezométrico del acuífero superficial, siendo éstos una salida del sistema, y provocando en general una disminución de los niveles del acuífero superficial más allá de la zona de campo de vuelo. Se trata de un impacto directo, negativo, diseminado (por su extensión) y permanente.
- En la Figura 7 se marcan las medias aritméticas del piezómetro B-6-a de los periodos anteriores (1.78 m) y posteriores (1.34 m) a la ampliación del aeropuerto de 2002-2009. Como se observa, se puede determinar que el nivel piezométrico del piezómetro B-6-a, muy cercano a la zona de estudio, ha disminuido medio metro. En el caso del piezómetro B-4-a los datos no son continuos y, por eso, no se han realizado medias aritméticas. Lo que sí se puede determinar es que también se observa una bajada de nivel.

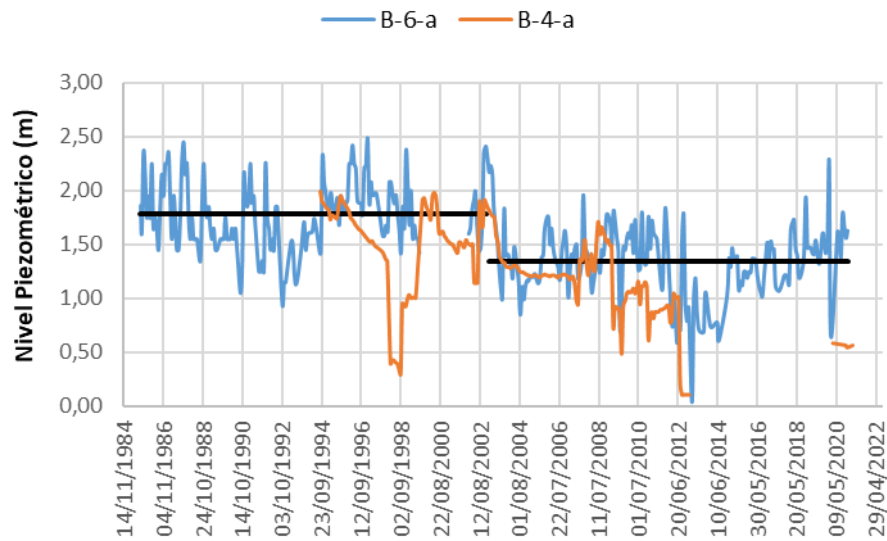


Figura 7) Evolución piezométrica del piezómetro B-6-a ubicado en el cementerio del Prat, lado este, y del B-4-a ubicado en el Remolar lado oeste, ambos fuera del campo de vuelo.

En consecuencia, la construcción de la tercera pista, la ampliación de la pista principal y los canales perimetrales circundantes han generado una bajada de nivel freático en el acuífero superficial.

6.2.2. Impacto sobre el balance hídrico de los acuíferos

El hecho de la disminución de nivel piezométrico y la pérdida de agua a través de los canales perimetrales tiene afectación al balance de masa del sistema de los acuíferos del delta del Llobregat, comprometiendo por lo tanto también el recurso del acuífero profundo, ya que el acuífero superficial es una fuente de recarga del acuífero profundo. Esta disminución es de difícil cuantificación, puesto que la recarga de acuíferos es multifactorial. Sólo con modelos numéricos se podría cuantificar.

6.2.3 Impactos sobre la calidad del acuífero y la laguna de la Ricarda

- La solución constructiva de la Terminal 1 fue la de implantar un conjunto de pantallas no estructurales perimetrales y un lecho de gravas en la base del edificio que permitiera drenarlo para reducir así las subpresiones generadas y mantener el nivel piezométrico interno a cotas bajas. Esta agua fluye a razón de 300.000 m³/año con una salinidad de 40.000-50.000 microS/cm (equivalente a agua de mar) (ver en la Figura 8 la evolución de la conductividad de este efluente). Esta infraestructura ha generado un **impacto**

negativo, directo, irreversible y permanente de salinización y de pérdida de recurso por bombeo que no había sido evaluado previamente en su Declaración de Impacto Ambiental. Este bombeo actualmente va al mar sin dar uso al agua por su alta salinidad. Por lo tanto, la entrada de agua de mar hasta la Terminal 1 (1 km tierra adentro) pone de manifiesto la elevada salinización del acuífero superficial en esta zona.

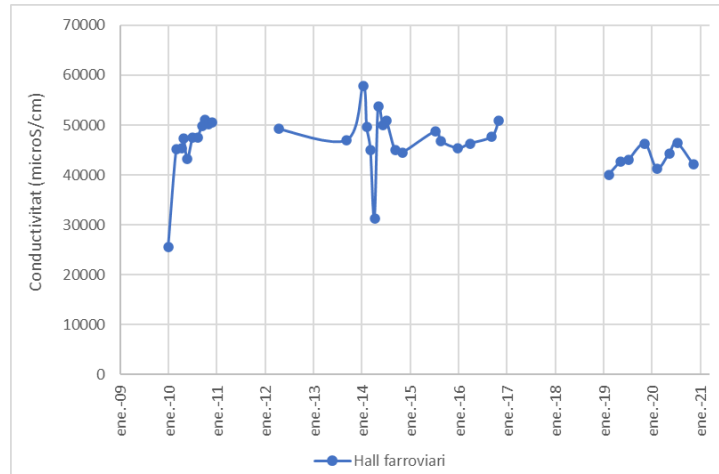


Figura 8) Evolución de la conductividad en el Hall ferroviario de la Terminal 1

- Las obras de ampliación del aeropuerto también ocasionaron un deterioro de la calidad de las aguas del acuífero superficial de una forma más regional, principalmente el aumento de la salinidad, tal y como se observa en la Figura 9. Aunque el control de los piezómetros de control perimetral finaliza el año 2008, se puede observar que la tendencia de la salinidad en la mayoría de los piezómetros es al aumento. Actualmente, se desconoce el estado cualitativo de estos piezómetros, pero el dato de conductividad del hall ferroviario confirma la afección al medio subterráneo. La Declaración de Impacto Ambiental específica (medida 13ª) que la red de control, coordinada por AENA y la Agencia Catalana del Agua, tenía que estar operativa como mínimo 3 años después de la finalización de las obras (la Terminal 1 del Aeropuerto se inauguró en julio de 2009). Según los datos disponibles, el control automático a la laguna de la Ricarda se llevó a cabo parcialmente.

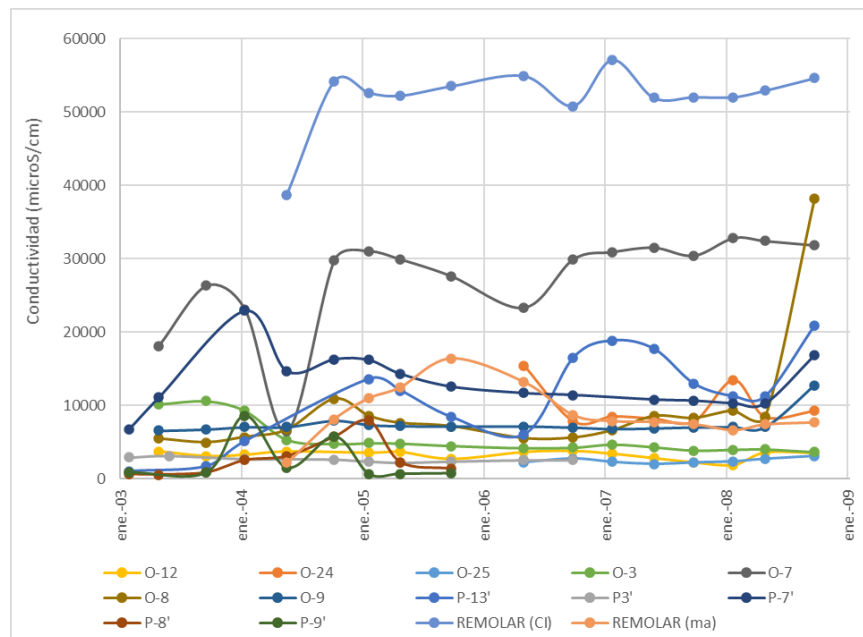


Figura 9) Seguimiento de la conductividad durante las obras de ampliación del Aeropuerto en los piezómetros ubicados en la zona del campo de vuelo.

- La calidad del agua aportada artificialmente a la Ricarda, en función de su origen, ha sido muy diferente. En consecuencia, la salinidad de la laguna ha ido variando a lo largo de los años y con tendencia a disminuir. Si bien es cierto que en los años 2020 y 2021 los valores de conductividad han sido superiores a los años precedentes, cabe tener en cuenta que la salinidad media ha estado por debajo los 2000 mg/L de cloruros, tal como se ve en la Figura 10. Para la calidad biológica de la laguna de la Ricarda interesa que la barra de arenas en su desembocadura se rompa periódicamente y así haya mezcla con agua de mar. Es decir, el escenario ideal es la variabilidad estacional de la salinidad en la laguna.

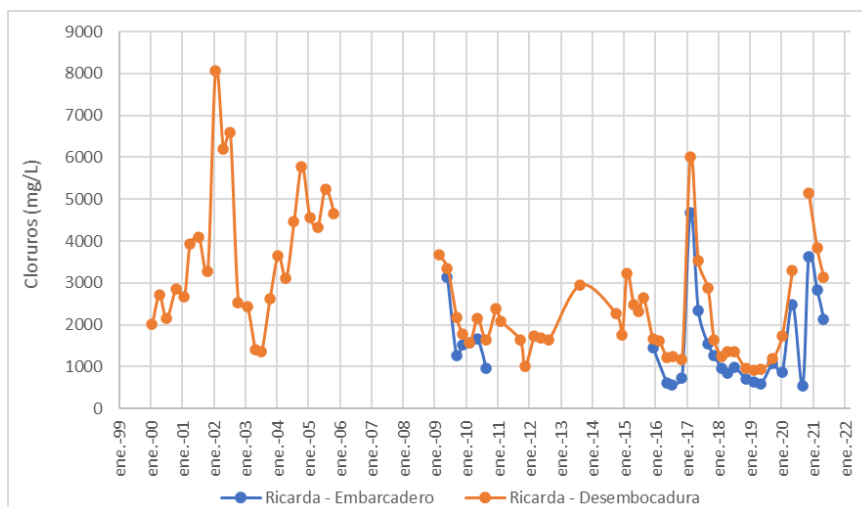


Figura 10) Evolución de los cloruros del agua superficial en los extremos de la Ricarda. Fuente Programa PICMA (Consorci Delta del Llobregat-Aigües del Prat).

6.2.4 Impacto sobre el Balance hídrico de la Laguna

Respecto la laguna de la Ricarda, el Estudio de Impacto Ambiental de la ampliación del aeropuerto de 2002-2009 determinaba que los impactos producidos sobre la laguna serían: la eliminación de las aportaciones de agua superficial hacia la laguna (1.000 m³/día), una disminución del 17% de los aportes del acuífero superficial hacia la misma (que son en total de 1.500 m³/día), y la aparición de intrusión salina. El déficit total de agua no aportada de forma natural a la laguna es de 1.255 m³/día.

La Agencia Catalana de l'Aigua otorgó una concesión a AENA de 300.000 m³/año para que abasteciera a la laguna de la Ricarda. La aportación diaria entre 2015 y la actualidad, ha sido de promedio 282500 m³/año (774 m³/día). De acuerdo con el modelo numérico del estudio de 2017 realizado por la propia CUADLL advertía que el caudal debía ser aún mayor a los 1.250 m³/día. Este déficit hídrico ha provocado que el nivel de la laguna haya sido inferior al necesario para mantener la dinámica del sistema lacustre litoral, tanto para impedir su eutrofización por falta de lámina de agua, como para promover su renovación e intercambio de agua con el mar a partir de la rotura de la barra de arenas. Esta diferencia probablemente es debida a que, al disminuir el nivel piezométrico del acuífero superficial a través de los canales perimetrales aeroportuarios, y al aportar agua a la laguna, ésta pasa a ser un domo piezométrico, por lo que pierde una parte importante de esa agua aportada por sus contornos.

La aportación hídrica diaria ha sido de diferente origen: (1) agua procedente del acuífero profundo a través del pozo de la antigua granja de la Ricarda (ahora dentro del campo de vuelo) y cuya ubicación es próxima a un pozo de la barrera hidráulica contra la intrusión marina, existiendo una clara relación entre ambos y provocando variaciones en su salinidad dependiendo de la operatividad de la barrera, (2) agua de la EDAR del Prat cuya calidad no era aceptable para una laguna litoral (exceso de nitrógeno y fósforo) y sólo se aportó de manera temporal, (3) agua del canal perimetral del aeropuerto la cual puede ser de escorrentía de las pistas o bien del mismo acuífero superficial por su interacción canal-acuífero y, en menor medida, (4) agua del Canal de la Dreta (pluvial PC66).

En el caso del uso de agua de los canales perimetrales aeroportuarios se produce un retorno de esta agua bombeada a la Ricarda ya que de la Ricarda pasa al acuífero y luego vuelve en parte al mismo canal perimetral.

El **impacto** sobre el balance hídrico tiene carácter **permanente**, pero es reversible con el aumento de aportación de agua externa planificada y habría que estudiar si se puede aumentar ligeramente el nivel piezométrico de seguridad de los canales perimetrales para reducir el impacto que provocan sobre la laguna.

6.3. Nuevos impactos previstos por la nueva ampliación del Aeropuerto

6.3.1 Introducción

Una vez revisados los impactos acumulados de la ampliación del aeropuerto 2002-2009, y de acuerdo con toda la información facilitada, se procede a analizar los impactos que generaría la propuesta de nueva ampliación del Aeropuerto.

6.3.2 Impacto de la propuesta de Ampliación del Aeropuerto y evaluación de éstos

6.3.2.1. Ampliación tercera pista

La ampliación de la tercera pista consiste en alargar 500 metros la plataforma de vuelo y abarcar un total de 47 ha, ocupando y tapando la parte alta y central de la laguna de la Ricarda. Analizando dicho impacto se observa que la parte de la laguna que se conservaría, tendría que ser alimentada artificialmente por quedar aún más aislada del acuífero y aún más condicionada por los nuevos canales perimetrales. En el informe de Medidas compensatorias presentado por AENA se apunta que se construirá una tubería enterrada que aportará el agua necesaria. La proximidad del canal perimetral de la pista para mantener el nivel fijo de seguridad de las aguas subterráneas y garantizar la capacidad de desagüe en períodos de lluvia provocará una disminución de las aportaciones subterráneas a la laguna. Además, se eliminan por completo las aportaciones superficiales a la laguna al quedar aislada de la pluvial PC66 que termina actualmente en la Ricarda.

Afectación a las aguas del acuífero superficial: disminución de los niveles piezométricos por impermeabilización del suelo (menor infiltración), y mayor bombeo de agua de los canales perimetrales para mantener el nivel de seguridad. Como consecuencia, se produciría un desequilibrio de balance hídrico del sistema, disminuyendo así las aportaciones subterráneas a la laguna. En cuanto a la calidad de las aguas al quedar más aisladas y estancadas se prevé mayor eutrofización de la laguna y una pérdida de diversidad ecológica. La desembocadura de la Ricarda quedaría permanentemente cerrada y sin conexión al mar.

En este caso para poder cuantificar dicho impacto a través de modelos numéricos se debería calcular el impacto permanente acumulativo de ambas ampliaciones del Aeropuerto, la de 2002 y la propuesta para este decenio.

Como se ha dicho anteriormente, los canales perimetrales tienen una doble función: mantener el nivel freático bajo y garantizar la capacidad de desagüe para lluvias de media y alta intensidad. Esto genera una cierta contradicción ya que cuando viene el agua de lluvia con características fisicoquímicas y microbiológicas muy positivas para el medio ambiente lo que se hace es desguazar esta agua y “se pierde” en el mar.

Los nuevos canales perimetrales adicionales que circundarían el aeropuerto afectarían a mayor superficie de drenaje (47 ha) y debería recalcularse la capacidad de desagüe del estany de l'illa. Este estany dispone actualmente de 6 tornillos de Arquímedes que permiten evacuar el agua según necesidades. Para evitar estas pérdidas de agua de calidad se podría derivar una parte de dicho caudal a la laguna de la Ricarda favoreciendo la mejora del balance de agua y la mejora de la calidad de ésta. Incluso con esta aportación puntual en el tiempo (sólo con lluvias) la desembocadura de la Ricarda se podría abrir más a menudo facilitando una mejor interacción con el mar.

El canal de la Bunyola debería ser la divisoria de aguas entre sector de cal Tet y sector la Ricarda. Este papel lo podría jugar a través de la gestión de su nivel, cosa que actualmente no sucede. Esta infraestructura también está condicionada por su papel en el drenaje agrícola.

El impacto que se genera sobre la laguna es negativo, directo, acumulativo respecto la ampliación de 2002-2009, irreversible y permanente.

Las alternativas propuestas anteriormente en el punto 5.2, también generarían impactos que se describen a continuación:

Alternativa 1: Nueva laguna en la zona Remolar - Filipines

La primera alternativa contempla que la nueva laguna construida en la zona del Remolar - Filipines se alimente del agua de dos canales de riego y drenaje (corredores) cercanos a la zona. Estos canales actualmente vierten a la riera de Sant Climent y en realidad aportan mayoritariamente agua del acuífero superficial. El uso de esta agua de forma constante para alimentar la nueva laguna inducirá a una mayor evaporación y hará disminuir la aportación de agua al tramo final de la riera de Sant Climent, que es un hábitat protegido en sí mismo. También se debe tener en cuenta que el proyecto de mejora de la inundabilidad de las marismas de la reserva natural del Remolar-Filipines (ABM, 2019) contempla el uso del agua del brazo de la Vidala, conectada a través del acuífero superficial a la lámina de agua de la riera de Sant Climent. Las aguas provenientes de estos canales son aguas con un déficit de calidad elevado (AMB, 2019). Además, en épocas secas, no hay aportaciones de agua a la zona lagunar, y por tanto se provoca también un empeoramiento de la calidad de las aguas. Si en verano la riera de Sant Climent se queda sin aportaciones, entonces a la nueva laguna propuesta también le ocurrirá lo mismo y por las cotas que se plantean seguro que acaba secándose. En consecuencia, se deberá realizar un estudio de detalle de las necesidades hídricas del conjunto de los sistemas lagunares y las marismas asociadas (nueva laguna, riera de Sant Climent, la Vidala y marisma de les Filipines) para determinar cuándo se produciría un déficit hídrico y cómo se satisfarían las necesidades de las zonas húmedas protegidas en su conjunto. Además, el uso intensivo de esta agua interaccionando con el acuífero superficial, podrá afectar su calidad, provocando una salinización de las aguas por mayor evaporación y por intrusión salina.

La construcción de una nueva laguna conlleva a nivel de balance hídrico una mayor superficie de evaporación y, por tanto, un aumento del déficit que habrá que cuantificar y compensar mediante las aportaciones externas que se estimen. Si los canales actuales son insuficientes habrá que pensar en aportar aguas regeneradas en este caso, y probablemente agua proveniente de la ERA Gavà- Viladecans, con requerimientos de calidad más estrictos.

Considerando la superficie de 200.000 m² de la nueva laguna propuesta y suponiendo una media anual de evaporación de 1000 mm/año, los efectos de evaporación en lámina libre de agua serán del orden de 200.000 m³/año. La lluvia en años medios es de 600 mm/año por lo que se generaría un déficit hídrico. Éste podría agravarse para años secos (300 mm/año) y reducirse en años muy húmedos (1200 mm/año). Hay que tener en cuenta, además, que el déficit hídrico conlleva una bajada de nivel freático y con ello una entrada de agua de mar a través del acuífero superficial. Por ello, este déficit se debería compensar con una aportación de agua planificada.

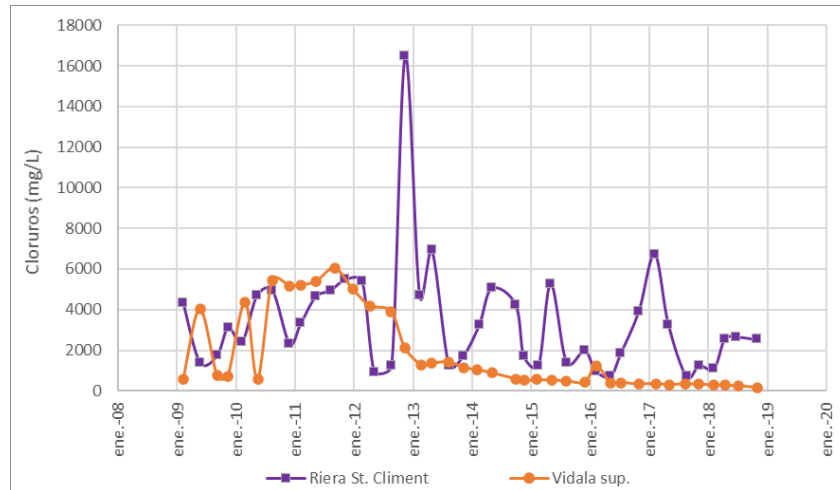


Figura 11. Evolución de la calidad del agua (cloruros) en la riera de Sant Climent y la Vidala.

Esta alternativa de nueva laguna podría ser una oportunidad para laminar las aguas de escorrentía y reducir los actuales problemas de drenaje en la zona agrícola vecina. Asimismo, para favorecer el vaciado de los canales agrícolas hacia la riera de Sant Climent hay dos tornillos de Arquímedes (uno a cada lado). Habrá que calcular cómo se comporta el sistema con esta nueva laguna.

Alternativa 2. Reposición de la laguna a unos 250-300 m de la actual laguna de la Ricarda

La segunda alternativa consta en la reposición de la laguna de la Ricarda unos 250-300 m de la actual laguna. Si la nueva laguna se llegara a construir aquí, las aportaciones de agua que recibiría serían de los canales pluviales cercanos, lo que podría hacer que la calidad del agua no fuera la óptima ya que estas aguas son aguas que se han usado para el regadío y podrían estar cargadas de nutrientes y generar un alto grado de eutrofización en las aguas de la nueva laguna. También puede ser de menor calidad debido a la salinidad elevada que puede tener el agua de la laguna por la cercanía al mar. Habrá que estudiar con detalle el mix de agua recibida y la calidad resultante porque a priori el resultado será el mismo que la actual Ricarda calificada en mal estado cuantitativo.

A nivel cuantitativo el caudal de aportación sería bajo, tal y como ya pasa con la actual Ricarda. Se debería plantear una aportación externa complementaria para satisfacer el balance hídrico de esta nueva laguna. Además, dado que los canales agrícolas se usan intensivamente para el riego de los cultivos, hay una importante fluctuación de los caudales que llegarían, tal como revela la experiencia de la laguna de la Ricarda. Por lo tanto, no se puede tener garantizada una

aportación de agua suficiente sólo con los excedentes agrícolas para mantener en buenas condiciones el nuevo sistema acuático.

Además, una zona de regadío por inundación como se hace en la parte baja del Delta genera unos excedentes de riego por infiltración que van al acuífero. Sustituir una zona de riego por una laguna que genera mayor evaporación por lámina libre de agua afecta negativamente al balance.

Finalmente, en las dos alternativas, si se plantea una reposición de la laguna Ricarda, ésta debería conservar la forma alargada y la conexión con el mar para que su funcionalidad ecológica fuese lo más parecida posible a la original.

6.3.2.2. Terminal satélite

En el caso de la terminal satélite si se construye con la misma metodología constructiva que la Terminal 1, entonces tendremos un nuevo aumento de la extracción y una salinización del acuífero con carácter permanente que afectará a todo el acuífero superficial dentro del ámbito aeroportuario. **Este impacto tiene un carácter negativo, directo, permanente, acumulativo, e irreversible.**

Dado que la nueva terminal y la terminal satélite generarían el mismo impacto entonces pasaríamos de un impacto localizado a un impacto diseminado al tratarse de dos focos de gran magnitud.

Esta terminal queda dentro los límites de los actuales canales perimetrales en una zona donde el suelo está sin impermeabilizar y lo que se produciría sería un aumento de escorrentía superficial y reducción de la infiltración por agua de lluvia en el acuífero.

6.3.2.3. Conexión subterránea nueva terminal – terminal satélite

Si bien este tema no está planteado en el documento de base, parece lógico plantear que debe existir una infraestructura que conecte la terminal satélite (de aquí su nombre, satélite) con la Terminal 1.

Esta conexión sería del orden de 1 km y conectaría subterráneamente la terminal satélite con la nueva terminal. No parece lógico plantear una conexión en superficie ya que o bien eliminaría la pista transversal o bien rodeando las pistas supondría del orden de 5 km de infraestructura.

Para diseñar esta infraestructura habría que decidir cuál de los efectos que genera puede disminuirse más:

- Efecto pantalla a través de la impermeabilización de todo el transecto: esto generaría una interrupción del flujo subterráneo del acuífero superficial generando una acumulación de agua aguas arriba (aumento de nivel) y una pérdida de nivel aguas abajo (bajada de nivel freático).
- Efecto drenaje: Este puede tener carácter temporal si el drenaje se produce sólo durante la fase de obras o bien permanente si se realiza un lecho de gravas que reduzca la

presión interior. Tanto si se trata de un tipo u otro se requiere de control de calidad y caudales, así como seguimiento de niveles dentro y fuera de pantallas.

Cabe decir que experiencias para reducir el efecto pantalla y efecto drenaje con carácter permanente las hay, pero no todas han dado buenos resultados. Sin ir más lejos en la estación ferroviaria intermodal del Prat se construyeron unos drenes horizontales de conexión aguas arriba y aguas abajo que no han funcionado correctamente.

- Sifonamiento: si las pantallas no son totalmente penetrantes por diferencia de presión hidrostática entre el exterior y el interior de las pantallas se puede levantar el lecho provocando afectación del acuífero superficial.
- Comunicación de acuíferos: El diseño de las pantallas, pilotes o incluso si se trabaja con tuneladora es fundamental para que no se produzca en ningún caso una indeseable comunicación de acuíferos.

7. Consideraciones finales

El acuífero superficial y las lagunas de la Ricarda y el Remolar están declarados en mal estado por parte de la Agencia Catalana del Agua de acuerdo con la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE). Esto se debe, en el caso del acuífero superficial a un acuífero muy sometido a las vicisitudes antrópicas y entre otras al efecto de los canales perimetrales del Aeropuerto. En el caso de la Ricarda, a que la aportación de agua externa definida en la Declaración de Impacto Ambiental de 2002 es insuficiente. Los trabajos realizados por la CUADLL en 2009 y 2017 sobre este aspecto así lo corroboran. En el caso del Remolar, la reducción de los niveles piezométricos del entorno ha favorecido una menor disponibilidad de agua y un mayor estrés de dicha laguna en verano.

La propuesta de nueva ampliación del Aeropuerto supone un impacto sobre el acuífero superficial del delta del Llobregat. Esta afectación se vería reflejada en una mayor bajada de los niveles freáticos, una alteración de la calidad de las aguas y un déficit en el balance hídrico, debiéndose aportar aguas de otros orígenes para compensar dicho déficit.

Los condicionantes que afectan el balance hídrico son:

- La impermeabilización del territorio que implica una reducción de la recarga por infiltración de agua de lluvia.
- La ampliación de los canales perimetrales aeroportuarios aumentará la superficie con niveles freáticos más bajos y se producirá un mayor drenaje del acuífero y, por lo tanto, una pérdida de recurso.
- La terminal satélite, si se construye igual que la Terminal 1, generará un nuevo drenaje permanente que salinizará el acuífero.

- La sustitución de la zona agrícola donde el riego por inundación induce una recarga al acuífero por una de no riego también genera un impacto de reducción de entradas al acuífero que debe ser cuantificado.

El presente dictamen tiene carácter cualitativo porque se requiere de modelos numéricos para poder cuantificar los impactos de manera concreta. Además, también se requiere de más información detallada sobre el proyecto planteado que actualmente no está disponible. No obstante, sí que se puede estimar que el orden de magnitud del déficit hídrico provocado por esta propuesta de ampliación aeroportuaria podría ser de 1 hm³/año para el conjunto de sistema campo vuelo, lagunas de la Ricarda y sector del Remolar- Filipines y acuífero superficial. Este déficit se sumaría al actual 1 hm³/año de déficit calculado en la Ricarda más los 0,3 hm³/año drenados por la Terminal 1 más el drenaje provocado en el acuífero por el conjunto de canales perimetrales.

Las medidas correctoras o compensatorias asociadas deberían enfocarse a reequilibrar dicho balance hídrico y no deben basarse más que de forma complementaria en aportación de agua desde el acuífero profundo hacia el acuífero superficial. El acuífero profundo debe reservarse para usos prioritarios y la fuente de suministro principal debería ser el agua regenerada cosa que implicaría adaptar y mejorar los tratamientos de regeneración para este uso.

Construir una nueva laguna es imprescindible como compensación en el caso que se destruya otra. Esta construcción agrava el impacto sobre la disponibilidad del recurso, la disminución de los niveles del acuífero y el deterioro de su calidad dado que se trata de una zona con escasez de recursos ya diagnosticada. Además, el balance hídrico global implicará una mayor necesidad de agua.

Los informes recopilados no abordan los impactos de la terminal satélite y su conexión con la Terminal 1. En este sentido, se manifiesta que la propuesta global de ampliación del Aeropuerto presentada es información genérica, ambigua y poco detallada.

Además, se deberían cuantificar las necesidades hídricas de las alternativas constructivas planteadas y el mantenimiento del tramo final de la laguna existente.

Las obras de ampliación del Aeropuerto en principio no impactan sobre el acuífero profundo, pero la explotación de pozos de este acuífero para satisfacer el déficit hídrico ambiental de las lagunas y garantizar su sostenibilidad deberán ser estudiadas al encontrarse cerca de la línea de la costa y de un impacto de potencial salinización. Por otra parte, la disminución de los niveles piezométricos y de la recarga del acuífero superficial afectan a la recarga del acuífero profundo ya que una de las más importantes fuentes de recarga del acuífero profundo es precisamente el acuífero superficial. En caso que estudios posteriores determinen que hay impacto sobre el acuífero profundo, se deberá estudiar la necesidad de prolongar la barrera hidráulica contra la intrusión salina hacia el suroeste.

8. Referencias bibliográficas

ABM (2019) Projecte de millora de la inundabilitat de la maresma de les Filipenes- Remolar (delta del Llobregat, T. M. Viladecans) Treballs previs

AMB (2019) Estudi sobre la qualitat de l'aigua als canals i corredors de Gavà- Viladecans

BAYÓ, A. (1985): "Les aigües". Recursos i Riscos Geològics. Història Natural dels Països Catalans. Vol. 3. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

CUADLL (2009) Actualització hidrogeològica de la llacuna de la Ricarda, al delta del Llobregat en el municipi del Prat de Llobregat.

CUADLL (2017) Estudi del funcionament hidràulic de la Llacuna de la Ricarda i propostes de gestió. TM El Prat de Llobregat

ICGC i CUADLL (2004) Mapa hidrogeològic del tram Baix del Llobregat i el seu delta (1: 30.000)

Maldonado, A., Alonso, B., Diaz, J.I., Farrán, M., Giró, S., Vazquez, A., Saonz Amor, E., Martínez, A. and Medialdea, T., 1986. Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes. E 1:200000. Tarragona. Memoria. Hojas 41 and 442 Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid.

Manzano, M (1993). Génesis del agua intersticial del acuitardo del Delta del Llobregat: Origen de los solutos i transporte interactivo con el medio sólido. Custodio, E (tut.) Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior de Camins, Canals i Ports.

Marqués, M.A. (1984). Les formacions quaternàries del Delta del Llobregat. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona. 208 p.

Planas, R (1984). Braços de riu, estanys i maresmés del Delta del Llobregat. Barcelona. ISBN: 84-505-0122-9.

Simó, J.A. D. Gamez, J. M. Salvany, E. Vazquez-Suñé, J. Carrera, A. Barnolas, F. J. Alcalá, (2005). Arquitectura de facies de los deltas cuaternarios del río Llobregat, Barcelona, España Pp. 171-174. Geogaceta, 38, 2005.

Anexo 1: Tipos de impactos

1. Impacto ambiental positivo y negativo

1. Los impactos ambientales son negativos, cuando el ambiente se ve dañado por la intervención que se ha hecho sobre él.
2. Los impactos ambientales son positivos cuando la obra o proyecto tiene la finalidad de proteger y/o recuperar el medio.

2. Impacto ambiental directo e indirecto

1. El impacto ambiental directo se hace referencia a aquel impacto que se aprecia inmediatamente o en un corto periodo de tiempo.
2. El impacto ambiental indirecto igualmente se hace notar después de un largo periodo de tiempo.

3. Impacto ambiental acumulativo o sinérgico

1. El impacto acumulativo es aquel que se produce por la suma de impactos de pequeño tamaño a lo largo del tiempo en una misma zona, aunque los impactos son de pequeño tamaño, su acumulación hace que acaben teniendo un efecto mayor.
2. Los impactos sinérgicos se producen cuando se están dando conjuntamente diferentes actividades que provoquen mayor incidencia ambiental.

4. Impacto reversible o irreversible

1. Un impacto es reversible cuando la zona o territorio afectado es recuperable gracias a tratamientos especializados.
2. Un impacto irreversible hace referencia a los espacios que no son posible de recuperar, debido a la gran magnitud del impacto o que no existen tratamientos de recuperación aplicables.

5. Impacto actual o potencial

1. El impacto actual es aquel que está ocurriendo en el momento.
2. El impacto potencial hace referencia al que puede llegar a producirse y se calcula que tiene bastante probabilidades de suceder en un momento futuro, si no se toman medidas para evitarlo.

6. Impacto temporal y permanente

1. Cuando un impacto es clasificado como impacto temporal, quiere decir que este con el tiempo podría desaparecer y la zona afectada recuperarse
2. Un impacto permanente es aquel que con el tiempo no desaparece y la zona afectada no se recupera.

7. Impacto local y diseminado

1. Un impacto local se da cuando afecta solo a una zona o territorio.
2. El impacto diseminado ocurre si se expande afectando espacios lejanos desde donde se produjo el impacto inicial.

Anexo 2: Plano del ámbito general de estudio



	DIRECTOR DEL PROYECTO: ENRIC QUERALT	TECNICO AUTOR DEL PROYECTO: ÓSCAR BOSCH	TITULO DEL PROYECTO: DICTAMEN HIDROGEOLOGÍCO SOBRE LA PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO DE BARCELONA- EL PRAT 2021	ESCALA: 0 500 1.000 m  1:25.000 ESCALA ORIGINAL DINA-3	FECHA: JULIO 2021	TITULO MAPA: MAPA GENERAL DEL AMBITO DE ESTUDIO	
---	---	--	--	---	----------------------	--	---