

Contenido

1. Abstract	3
2. Introducción	4
3. Metodología y análisis de los datos	6
3.1. Primer período: mayo – junio 2022	6
3.2. Segundo período: julio, agosto 2022	8
4. Caudal del río	12
5. Volúmenes infiltrados	13
6. Comentarios de la infraestructura.	13
6.1. Visita 30 de agosto	13
6.2. Visita de 9 de septiembre.....	14
6.3. Visita 14 de septiembre.....	18
7. Evolución de los niveles	18
8. Conclusiones.....	19
Anexo 1. Planos de las balsas	21

1. Abstract

The Llobregat Delta Water Users Association, CUADLL is the promoter of the project entitled: “Environmental adaptation of a section of the Llobregat river in Molins de Rei. Implementation of a recharge system in the aquifer”. The purpose of this project is to encourage recharge induced by the entry of river water into a diversion channel and infiltrating the aquifer through ponds close to the river. In this way, what is intended is to improve, on the one hand, the quantitative and chemical state of the aquifer and, on the other hand, to improve the guarantee of water supply for different uses, especially in episodes of drought. This project is circumscribed within the framework of the European project AQUIFER INTERREG SUDOE. As for the ponds, these have been previously authorized by the competent hydraulic administration: the Catalan Water Agency under file UDPH2014000349 and for the municipality of Molins de Rei.

The recharge ponds were built during the year 2021 and allow water to be captured from the river under certain conditions and infiltrated into the aquifer. The exploitation is started in 2022.

Keywords:

Aquifer, recharge, innovation tools,

2. Introducción

La Comunidad de Usuarios de Aguas del Delta del Llobregat es el promotor del proyecto que se titula: “Adecuación ambiental de un tramo del río Llobregat en Molins de Rei. Implementación de un sistema de recarga en el acuífero”. La finalidad de este proyecto es incentivar la recarga inducida con la entrada de agua del río a un canal de derivación y que se infiltre en el acuífero a través de unas balsas. De esta forma lo que se pretende es mejorar por un lado el estado cuantitativo y químico del acuífero y, por otro, mejorar la garantía de suministro de agua para diferentes usos, sobre todo en episodios de sequía. Este proyecto queda circunscrito en el marco del proyecto europeo AQUIFER INTERREG SUDOE. En cuanto a las balsas, éstas han sido previamente autorizadas por la administración hidráulica competente: la Agencia Catalana del Agua bajo el expediente UDPH2014000349 y el ayuntamiento de Molins de Rei.

Las balsas de recarga fueron construidas durante el año 2021 y permiten captar agua del río bajo unas determinadas condiciones e infiltrarla hacia el acuífero. En el anejo 1 se presentan los planos de proyecto.



Figura 1. Foto aérea de las balsas de recarga de Molins de Rei en el acuífero del Llobregat ya construidas y previo a su puesta en marcha.

En un ensayo de infiltración en noviembre de 2021, a partir de un episodio de lluvia y crecida del río se llegó a la conclusión de que la captación de agua del río hacia la balsa, sólo se producía cuando el caudal del río superaba los 16-17 m³/s (ver Figura 2). Esto hacía que trabajara muy pocos días al año y, por ese motivo, se decidió rebajar la cota de captación 30 cm. En ese ensayo no estaba instalado el aforador ya que estaba pendiente de suministro.

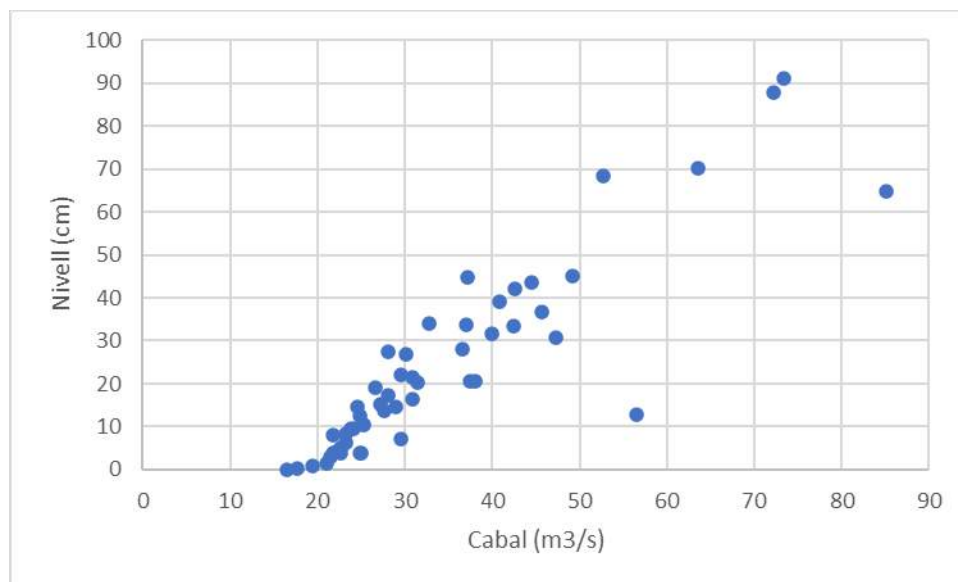


Figura 2. Relación entre la columna del agua a la entrada de la captación (nivel, cm) y el caudal del río (m³/s) en el episodio de lluvias del 23 al 25 de noviembre de 2021

De cara al diseño de la captación se tuvo en cuenta el caudal de mantenimiento del río Llobregat a su paso por la estación de aforo de Sant Vicenç dels Horts (E.A. A19607) (Tabla 1). El caudal de mantenimiento es el caudal mínimo que debe tener cualquier río con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento de los ecosistemas y por debajo de este caudal el propósito es no derivar agua. De hecho, la autorización de la Agencia Catalana del Agua así lo recoge.

Caudal de mantenimiento (m ³ /s)	
Meses	Llobregat A E.A. A19607 (ST. VICENÇ)
Octubre	4,2
Noviembre	4,2
Diciembre	4,2
Enero	4,2
Febrero	4,2
Marzo	4,2
Abril	5,46
Mayo	5,46
Junio	4,2
Julio	3,36
Agosto	3,36
Septiembre	3,36

Taula 1. Caudales de mantenimiento del río Llobregat a su paso por la estación de aforo de Sant Vicenç dels Horts.

Asimismo, el caudal máximo que puede derivarse de agua de acuerdo con la autorización de la Agencia Catalana del Agua es de hasta 0.2 m³/s. El cambio de cota de captación se ha realizado entre marzo y mayo de 2022, una vez se dispuso de la correspondiente autorización.

Con posterioridad se ha dejado la compuerta abierta a partir del 9 de mayo para ver cuándo se podía derivar agua, sin embargo, dado que nos encontramos en pre-alerta de sequía el caudal fluyente del río se encontraba entre 2 y 4 m³/s, muy por debajo del caudal de mantenimiento. Se ha esperado un episodio de lluvia y crecida del río asociada para ver la relación entre el caudal del río y el caudal derivable.

Posteriormente, ha tenido lugar un segundo episodio de lluvias en junio y finalmente se ha construido la mota de captación, acción que se había dejado al final para ver el efecto de esta mota sobre el caudal de captación, cosa que ha permitido disponer de un nuevo episodio de recarga (en este caso sin lluvia).

La mota ha sido deconstruida por una de las crecidas del río de este agosto, tal y como era de prever.

3. Metodología y análisis de los datos

3.1. Primer período: mayo – junio 2022

A continuación, se presentan los resultados de los episodios de caudal analizados. La válvula del canal de derivación de las balsas ha estado siempre abierta, por lo que en episodios de lluvia se han

obtenido los datos de caudal del agua que está entrando en las balsas mediante un aforador modelo Teledyne ISCO 2100. La realización de estos ensayos de recarga a través de los episodios de lluvia se ha realizado con anterioridad a la conformación final de la mota de tierras en captación.

Los episodios son:

Episodios	Caudal río máximo	Lluvia en Castellbisbal
23-27 de mayo	35 m ³ /s	35.9 mm
21-22 de junio	14 m ³ /s	8.3 mm

Los datos se han contrastado con los del caudal registrado en la estación de aforo de Sant Vicenç dels Horts (descargados mediante el portal de la Agencia Catalana del Agua), para determinar cuál es el caudal a partir del cual no empieza a entrar agua en las balsas de Molins de Rei. La estación de aforo de Sant Vicenç dels Horts se encuentra a 1 km aguas abajo respecto al canal de derivación y, por tanto, su comparación es fiable en cuanto a proximidad se refiere.

Posteriormente se conformó la mota de gravas de acuerdo con el proyecto para valorar su efecto y comprobar la hidráulica de las balsas. Esto generó un llenado de la balsa temporal que queda recogido como episodio de julio.

Se han realizado gráficas (Figura 3 y 4) relacionando el caudal de entrada en las balsas de Molins de Rei y el caudal del río Llobregat registrado en la estación de aforo a lo largo del tiempo donde se observa lógicamente una correlación entre ambos caudales.

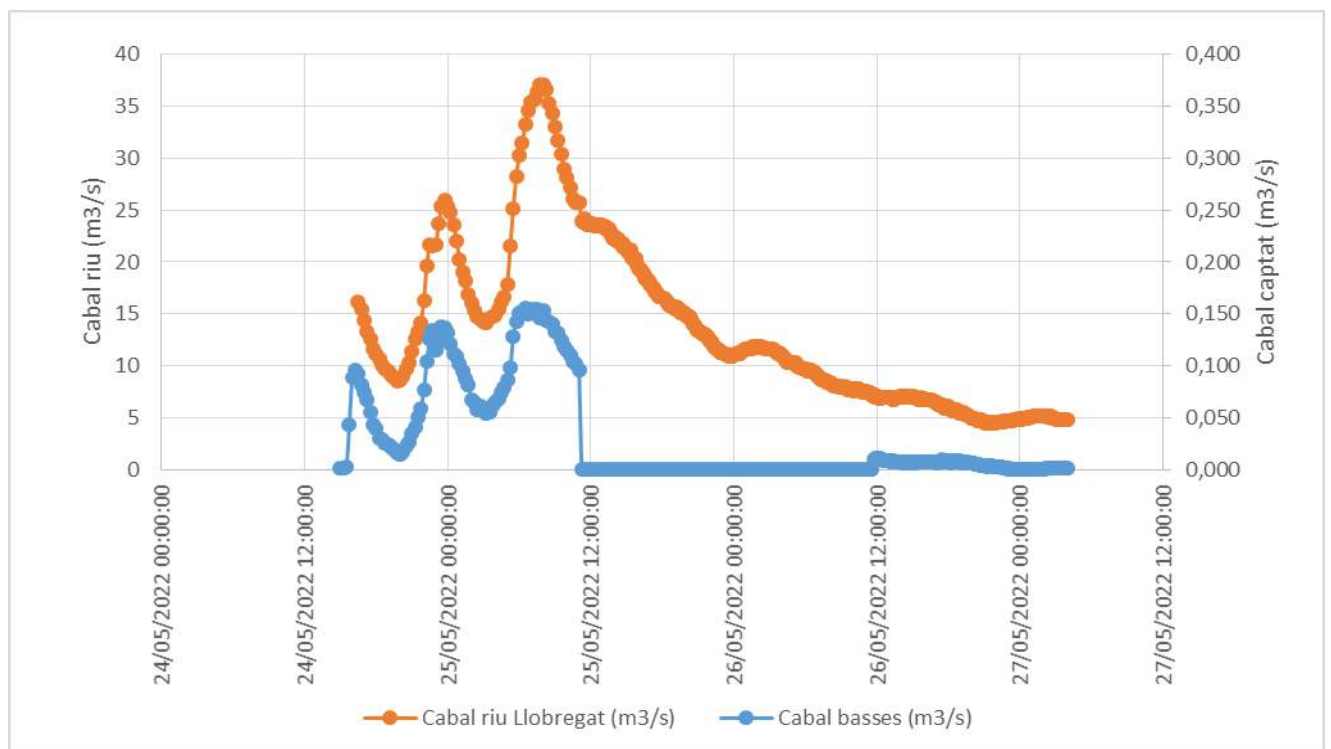


Figura 3. Evolución del caudal del río Llobregat en Sant Vicenç dels Horts comparado con el caudal captado e infiltrado en las balsas en el episodio de mayo. La válvula de las balsas se cerró 24 horas por exceso de turbidez en el río.

El período de tiempo entre el 25 de mayo a las 12:00h y el 26 de mayo a las 12:00h el caudal captado es cero porque se cerró la captación por motivos de turbidez y por presencia de agua de la riera de Rubí (con una calidad deficiente) derramada en el Llobregat. A excepción de ese lapso de tiempo, en este episodio, se han captado un total de 6.551 m³.

El episodio de junio es consecuencia de una lluvia mucho menor (8 mm en Castellbisbal) y por eso es más corto y el caudal máximo más bajo. En este caso se observa un retraso entre un pico y otro.

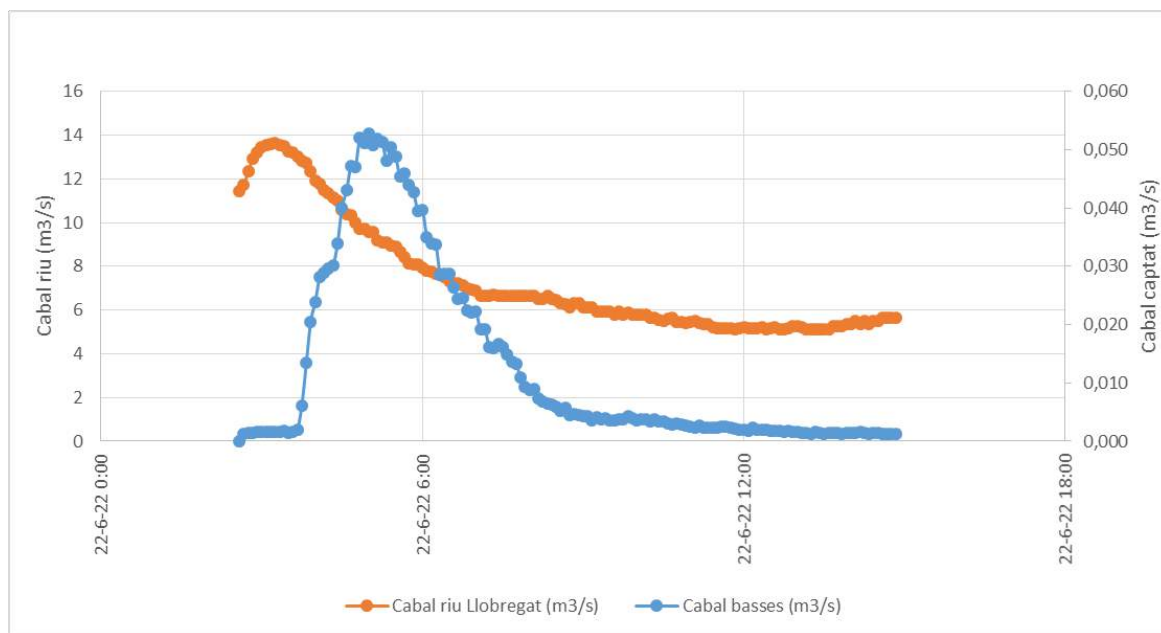


Figura 4. Evolución del caudal del río Llobregat comparado con el caudal captado e infiltrado en las balsas en el episodio de junio

3.2. Segundo período: julio, agosto 2022

El día 4 de julio se procedió a conformar la mota en el cauce del río Llobregat con el fin de mejorar la captación y poder captar más agua para caudales bajos.



Figura 5. Mota conformada en el río en fecha 4 de julio

En la siguiente figura se observa como entra el agua en las balsas día a día una vez construida la mota. Esta mota es premeditadamente débil para que si el río crece ocupe su cauce natural.

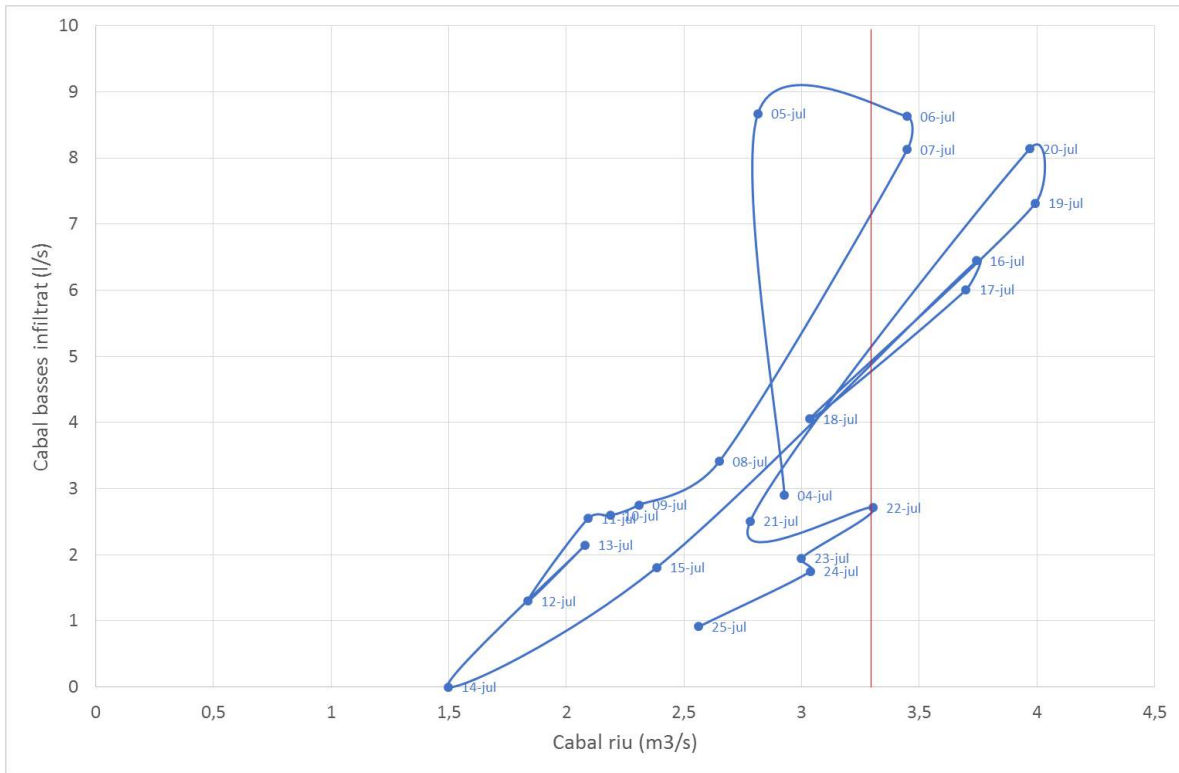


Figura 6. Relación entre el caudal del río diario y el caudal derivado a las balsas durante el mes de julio.

En la siguiente Figura se compara la relación caudal río y caudal infiltrado por los episodios de mayo - junio y julio. El caudal máximo derivado punta ha sido de 160 L/s correlacionable con un caudal del río de 35 m3/s. Por caudales más habituales y cercanos al caudal de mantenimiento, entre 3.36 y 8 m3/s, el caudal que se derivaba era del orden de 20-40 L/s, valores todavía poco altos por el objetivo que se tenía.

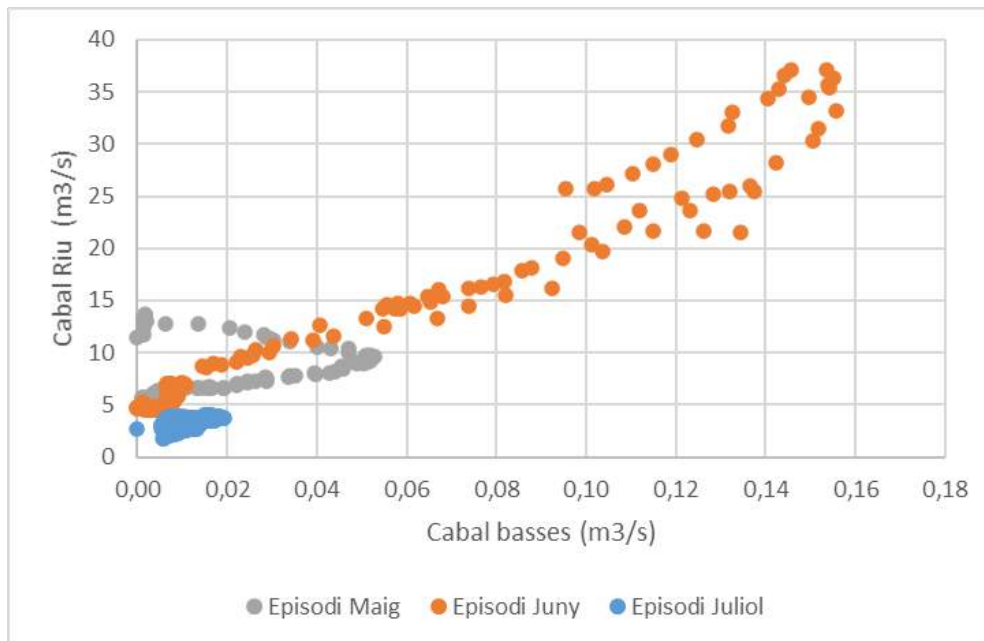


Figura 7. Caudal del río Llobregat comparado con el caudal captado e infiltrado en las balsas en los tres episodios de recarga.

Durante el mes de julio y agosto se suceden distintos episodios de lluvia con caudales puntas que permiten el aumento de caudal derivable. Por lo que respecta a estas lluvias generan un reflujó sobre el aforador que tiene una explicación:

El nivel del río sube cuando el caudal aumenta hasta que comienza a bajar el caudal y, por tanto, el nivel. En sincronía la balsa se va llenando siempre nivelándose con el río y cuando el nivel del río está bajando la balsa devuelve agua al río. Este episodio en realidad es del orden de 3-4 horas pues, en alguno de los episodios se llegó a un caudal máximo de 90 m³/s.

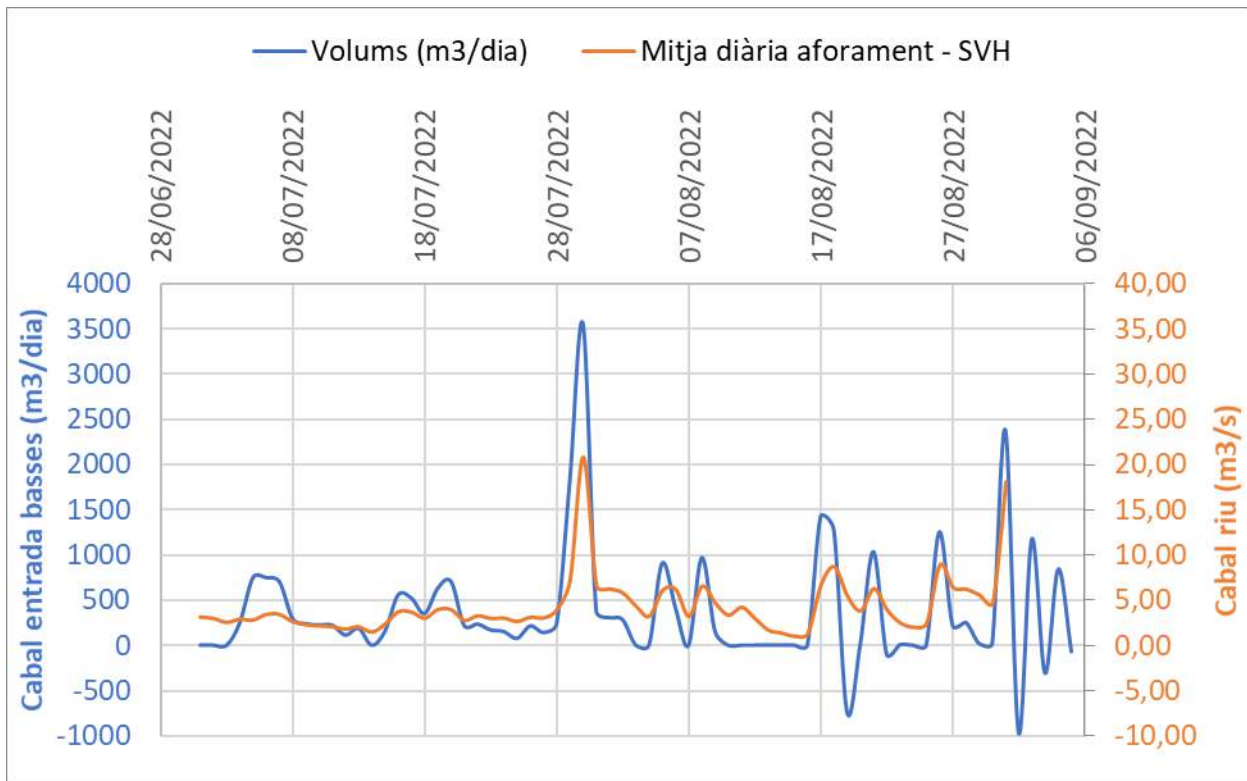


Figura 8. Comparativa entre caudal del riu y caudal derivado.

4. Caudal del riu

Actualmente estamos en situación de prealerta de sequía y los caudales del riu circulante son inferiores a los caudales de mantenimiento durante los meses de mayo y junio. Por este motivo, no podemos derivar agua de acuerdo con nuestra autorización. Durante los meses de julio y agosto el caudal ha sido alterado por las crecidas puntuales, las cuales nos han permitido recargar cierto volumen de agua, pero sólo en aquellos momentos. El resto de los días el caudal del riu estaba por debajo del caudal de mantenimiento y son las crecidas puntuales que alcanzan una media del mes por encima del caudal de mantenimiento.

Mes	Caudal de mantenimiento	Caudal medio
mayo	5.46	4.44
Junio	4.2	3.47
julio	3.36	3.758
agosto	3.36	4.98

Taula 2. Caudales de mantenimiento y caudales aforados a la estación de aforo de la Agencia Catalana del Agua en Sant Vicenç dels Horts (datos en m³/s).

5. Volúmenes infiltrados

A partir de estos episodios y atendiendo a que se está en fase de sequía, se concluye que se han podido infiltrar hasta la fecha 31.116 m³. En este volumen ya se han restado los 6524 m³ que entraron en la balsa por crecida del río pero que devolvieron al mismo.

Mes	Volumen infiltrado (m3)
Mayo	6553
Junio	560
Julio	13816
Agosto	10070

Taula 3. Volúmenes derivados / infiltrados en las balsas de Molins de Rei para cada episodio de recarga

6. Comentarios de la infraestructura

6.1. Visita 30 de agosto

En visita a 30 de agosto se ha comprobado que la mota de captación ya no estaba dado que las crecidas del río se la han llevado. Éste es un hecho que ya preveíamos y forma parte de la explotación de las balsas. Por otra parte, el hecho de no tener mota hace que el caudal del río por el que empieza a derivar agua es superior a los 5 m³/s.



Figura 9. Vista de la mota en fecha 30 de agosto donde se ha marcado en azul como era el 4 de julio.

6.2. Visita de 9 de septiembre

En fecha 9 de septiembre se ha procedido a visitar las balsas de Molins de Rei en un momento donde el caudal del río era de $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ valor que implica no derivación de agua por estar muy por debajo del caudal de mantenimiento y por debajo la cota de captación.

En la visita se observa que cómo no hay flujo de agua en el canal de captación (el río está demasiado bajo) y si hay un ligero flujo entre la balsa de decantación y la balsa de infiltración.

Los tubos en la salida de la captación y de la interconexión están parcialmente inundados y no hacen de tapón para la transmisión de caudal de una balsa a otra.

Se observa también que la balsa de infiltración 1 no está totalmente inundada, lo que se ha comprobado en otras visitas de campo. Esto se atribuye a que la balsa no está del todo plana.

También el hecho de recargar con la única agua disponible que era la de las crecidas por lluvias ha provocado una cierta sedimentación en todas las balsas y que por lo general presenta un espesor relativamente homogéneo inferior a 1 cm de sedimento.



Figura 10. Detalles de la balsa de decantación



Figura 11. Detalles balsa de infiltración

6.3. Visita 14 de septiembre

En ese momento por un episodio de lluvia repentino el caudal del río ha ascendido y se encontraba a los 7 m³/s. Esto hacía que entrase agua a la captación y se empezara a llenar, pero no con un caudal relevante. Se ha procedido a la limpieza de unos 10 cm de barro localizado en la solera de la captación, lo que ha permitido aumentar el caudal derivable sin mota de captación.

En los próximos días se deberá proceder a sanear el canal de captación.

7. Evolución de los niveles

Las balsas de Molins de Rei cuentan con 4 piezómetros de control en su entorno tal y como se observa en la siguiente figura:

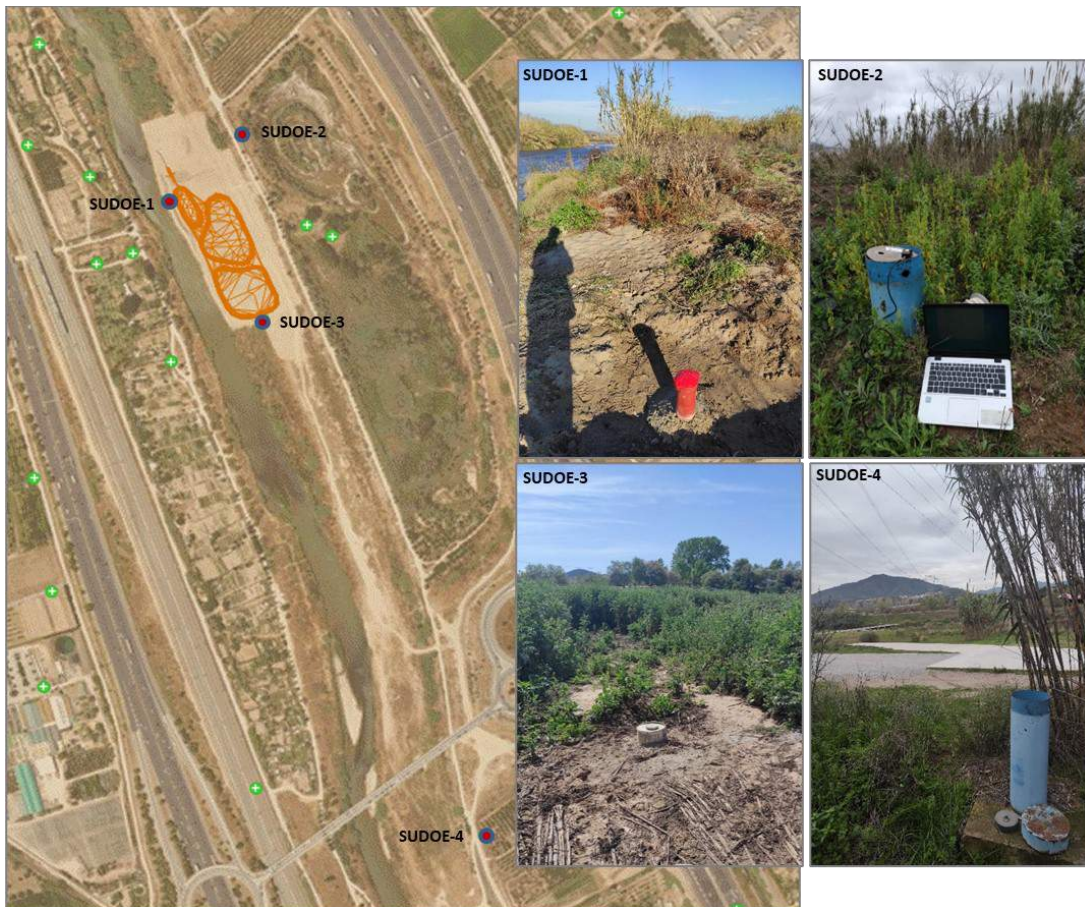


Figura 12. Localización de los 4 piezómetros de control en el entorno de las balsas.

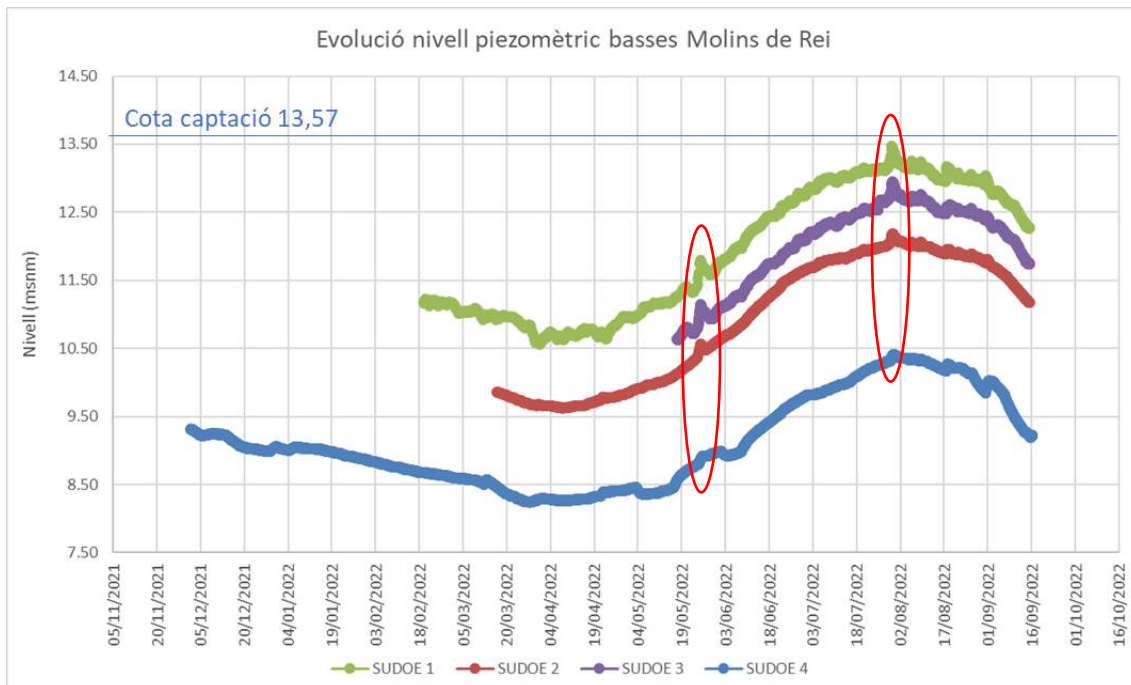


Figura 13. Evolució de los niveles piezométricos en el entorno de las balsas. En rojo episodios de crecida del río donde las balsas se inundan y generan infiltración extraordinaria al acuífero.

Se observa por ejemplo un pico relevante hacia el 20 de mayo y otro hacia el 30 de julio, días en que las balsas pudieron recargar agua de forma significativa gracias a la crecida del río. Se observa cuanto más cerca de las balsas más significativo es el aumento de nivel. Por tanto, se concluye que la recarga viene de las balsas y no del río.

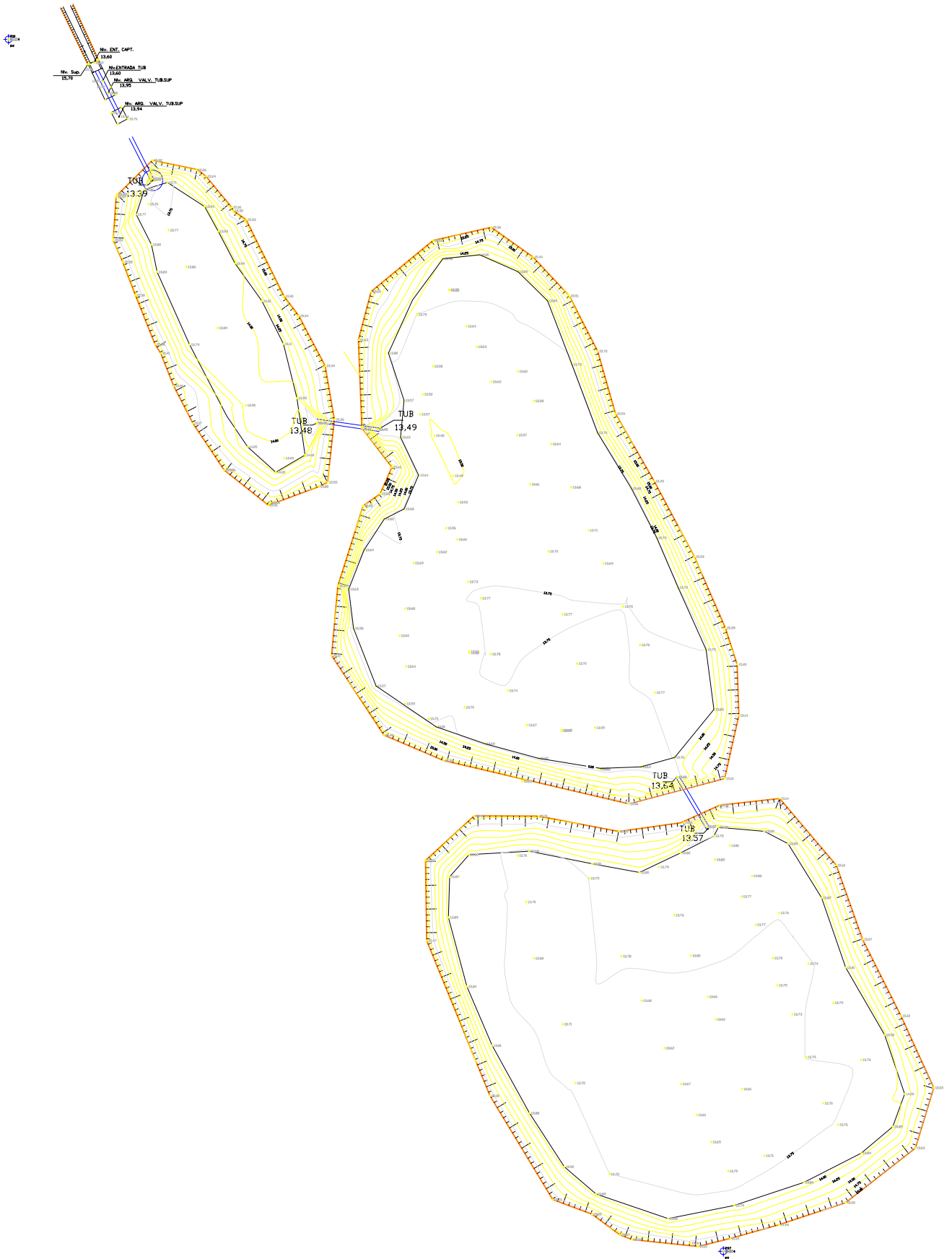
8. Conclusiones

1. Las balsas de recarga de Molins de Rei están enmarcadas en un proyecto europeo Interreg-Sudoe que nos permite estudiar prácticas innovadoras para la gestión de los acuíferos. La CUADLL lleva la actividad 2.3 titulada Implementación de la recarga artificial con aguas superficiales y/o regeneradas en el acuífero del Llobregat.
2. Las balsas han sido testeadas a partir de la disponibilidad de agua en época de prealerta de sequía cuando los recursos superficiales están totalmente ajustados al caudal de mantenimiento del río.

3. Se han aprovechado crecidas puntuales del río por episodios de lluvias que han generado un incremento del caudal circulante por el río Llobregat y se ha puesto de manifiesto lo siguiente:
4. El proyecto de modificación de la cota de captación ha permitido derivar agua a partir de los 5 m³/s, y con mota hecha todavía reducimos más el caudal mínimo hasta los 3.36 m³/s.
5. Se considera que el rebaje de la cota de captación ha sido una actuación positiva para la recarga, pero no suficiente. Anteriormente el caudal mínimo derivable sin mota se podía realizar a partir de los 17 m³/s. Por tanto, se ha mejorado la frecuencia de días de trabajo y se ha ajustado el valor mínimo por el que no puede derivarse agua al caudal de mantenimiento. Rebajar más la cota de captación no tiene sentido, ya que entonces derivaríamos agua por debajo del caudal de mantenimiento.
6. El hecho de estar en prealerta y dado los caudales circulantes, no nos permite realizar una recarga en continuo que facilite la evaluación de la capacidad de recarga de las balsas con continuidad, pero sí nos permite aumentar el recurso al infiltrar agua de lluvia que de otro modo iría al mar.
7. En cuanto a la conformación de mota permite aumentar el caudal derivable, aunque no de forma suficiente. Se esperaban caudales más altos. El caudal que se deriva en las balsas cuando el caudal circulante por el río está entre el caudal de mantenimiento y los 15 m³/s debería ser mayor de acuerdo con la autorización vigente. Para aumentar el caudal derivable en este rango de caudal de río, debería aumentarse el gradiente de paso del agua por la captación.
8. Para aumentar el caudal de paso se valora limpiar las balsas 2 y 3 y rebajarlas de 15 a 20 cm para aumentar el gradiente interno de la balsa. De esta manera se podrá recarga más agua.

Anexo 1. Planos de las balsas

N.M.

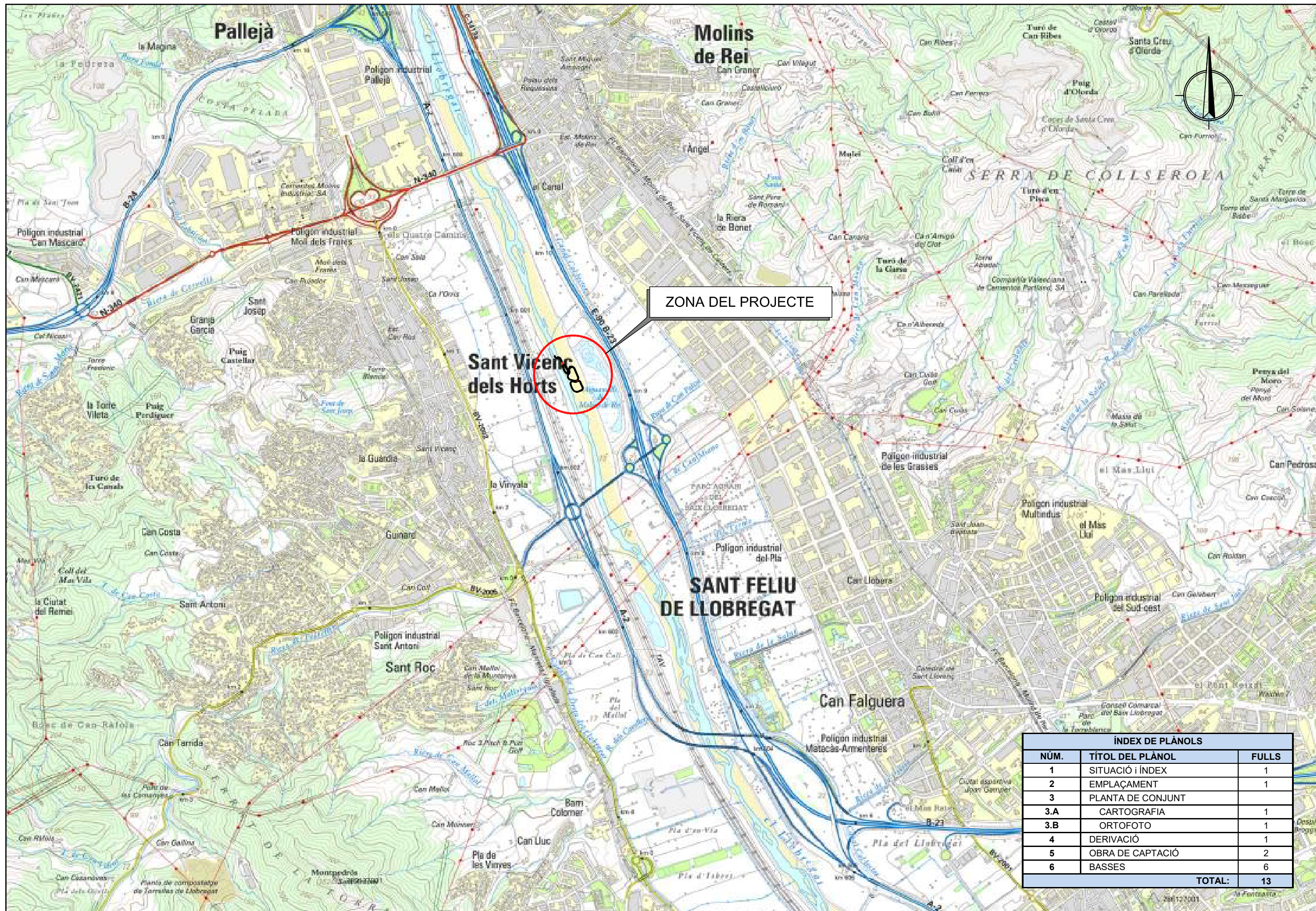


BASSES CAPTACIÓ MOLINS DE REI
OCTUBRE DEL 2022



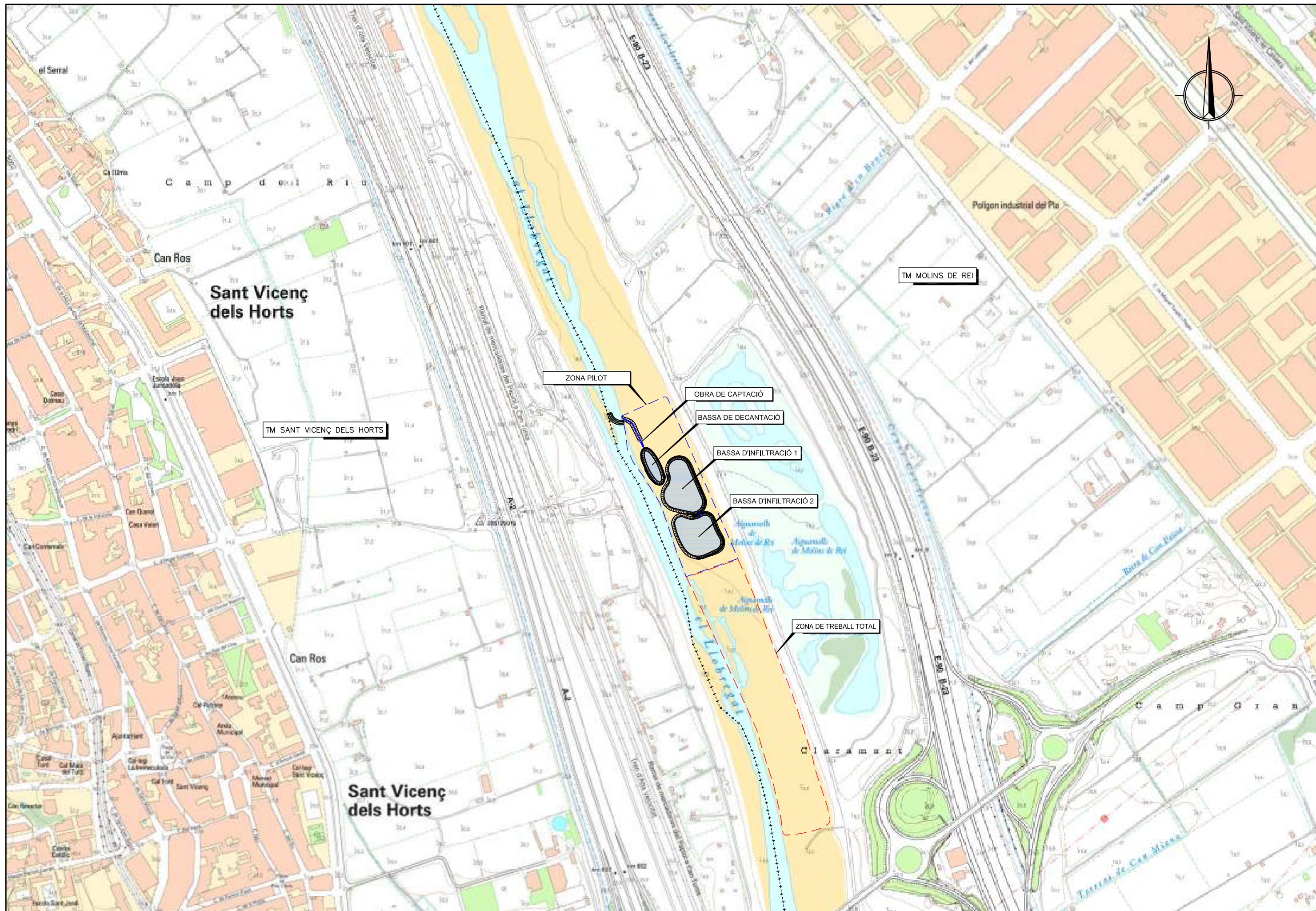
DOCUMENT NÚM. 2

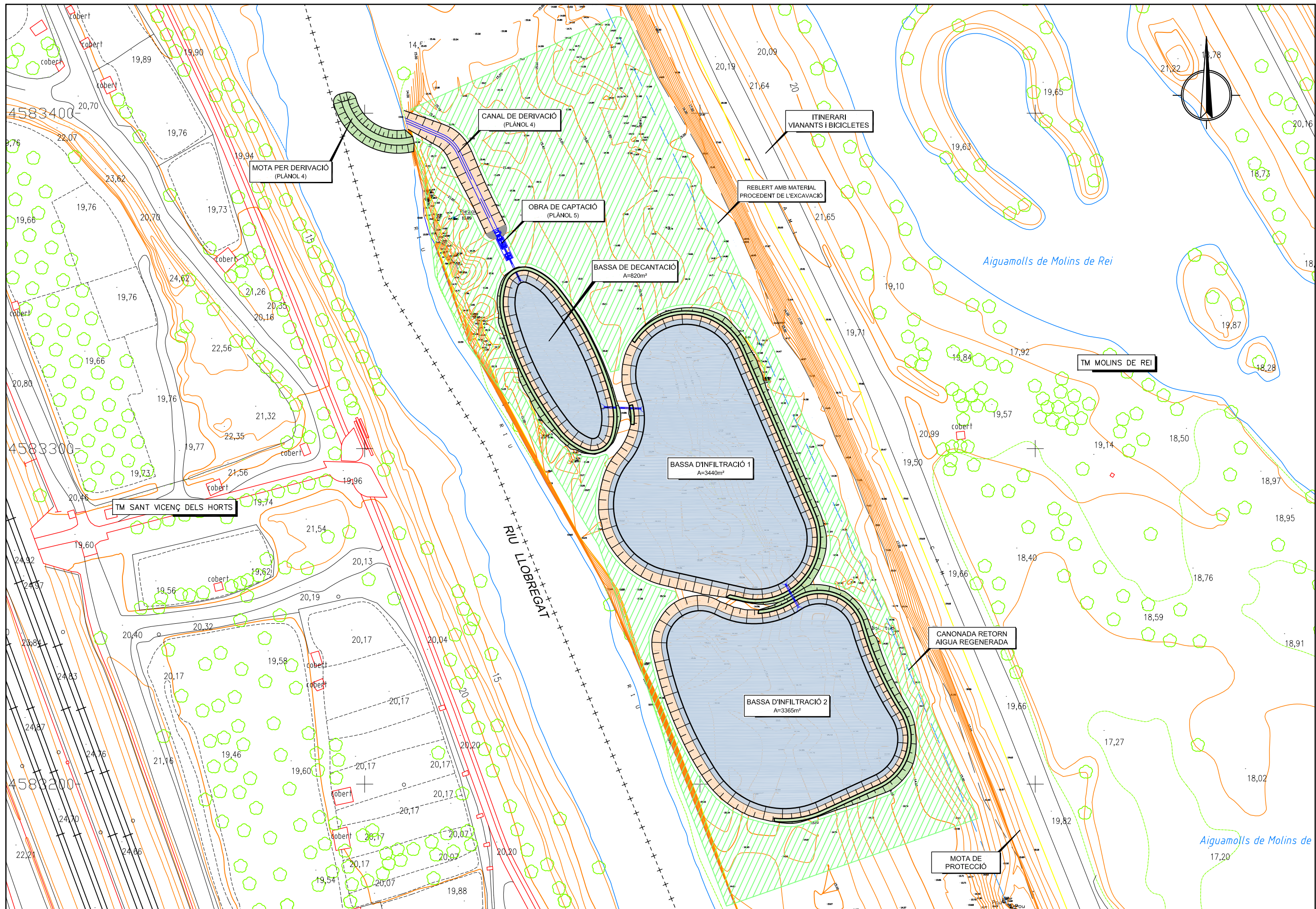
PLÀNOLS



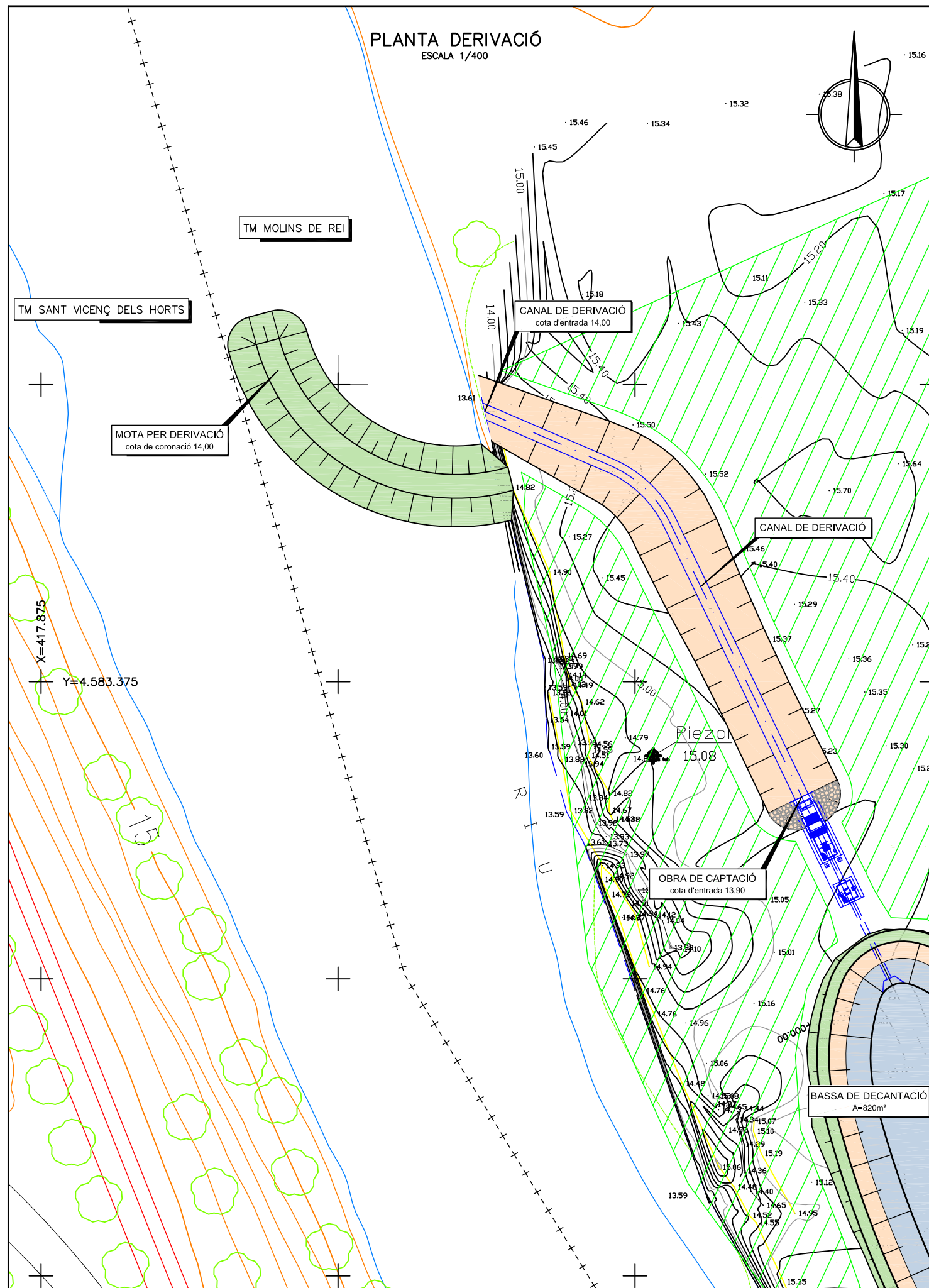
ZONA DEL PROJECTE

ÍNDEX DE PLÀNOLS		
NÚM.	TÍTOL DEL PLÀNOL	FULLS
1	SITUACIÓ I ÍNDEX	1
2	EMPLAÇAMENT	1
3	PLANTA DE CONJUNT	
3.A	CARTOGRAFIA	1
3.B	ORTOFOTO	1
4	DERIVACIÓ	1
5	OBRA DE CAPTACIÓ	2
6	BASSES	6
TOTAL:		13



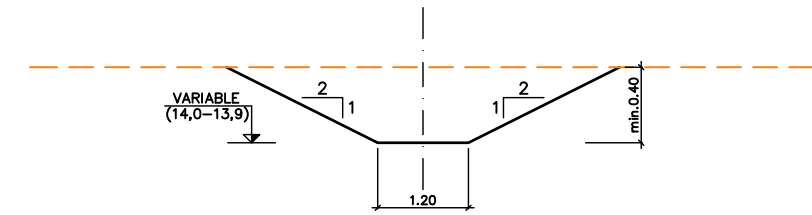






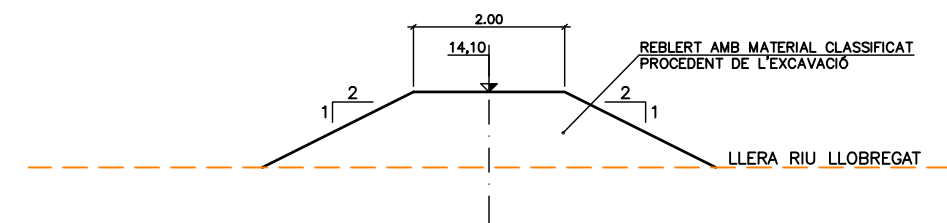
SECCIÓ CANAL DE DERIVACIÓ

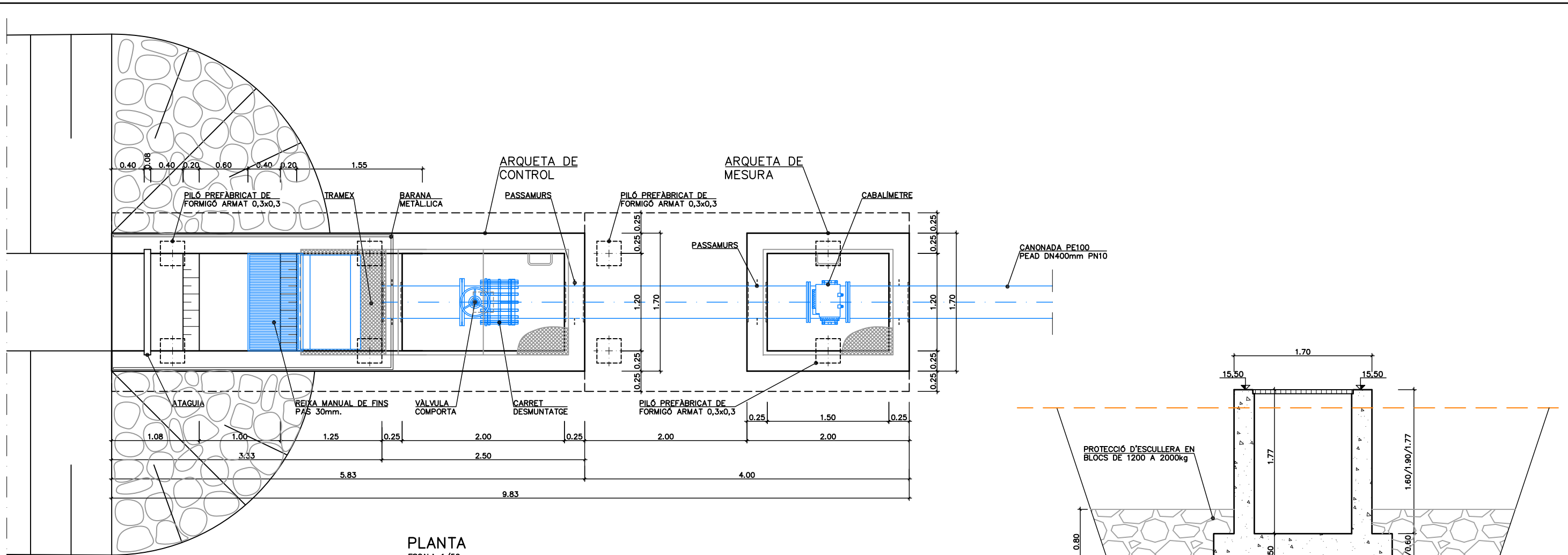
ESCALA 1/100



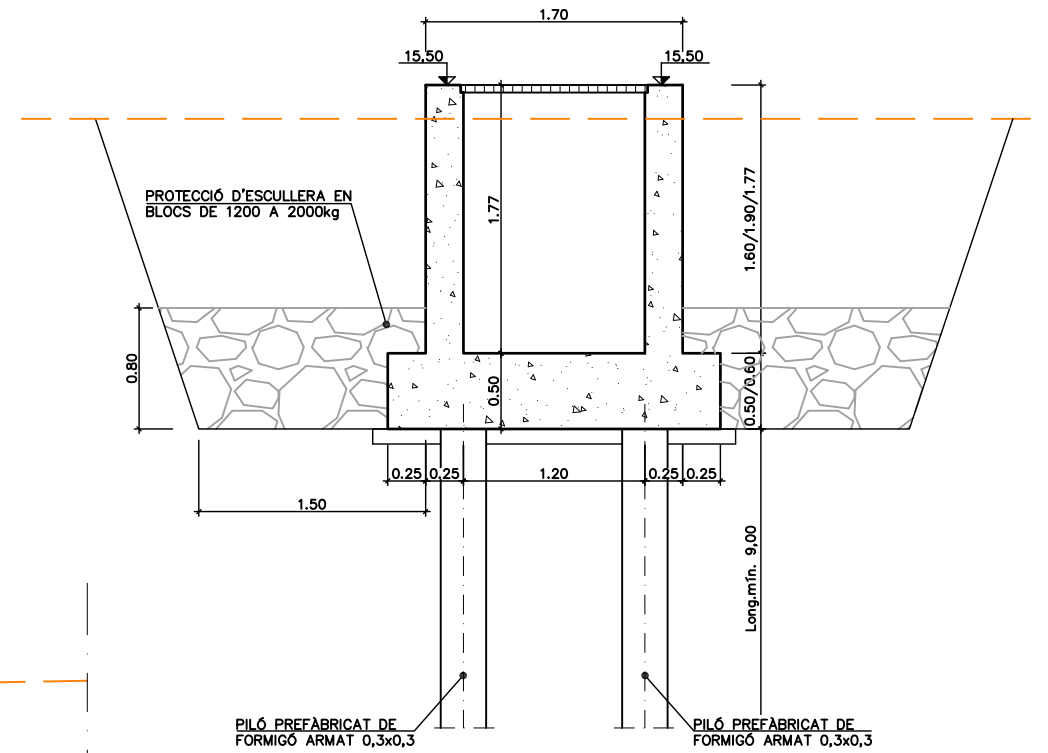
SECCIÓ MOTA PER DERIVACIÓ

ESCALA 1/100

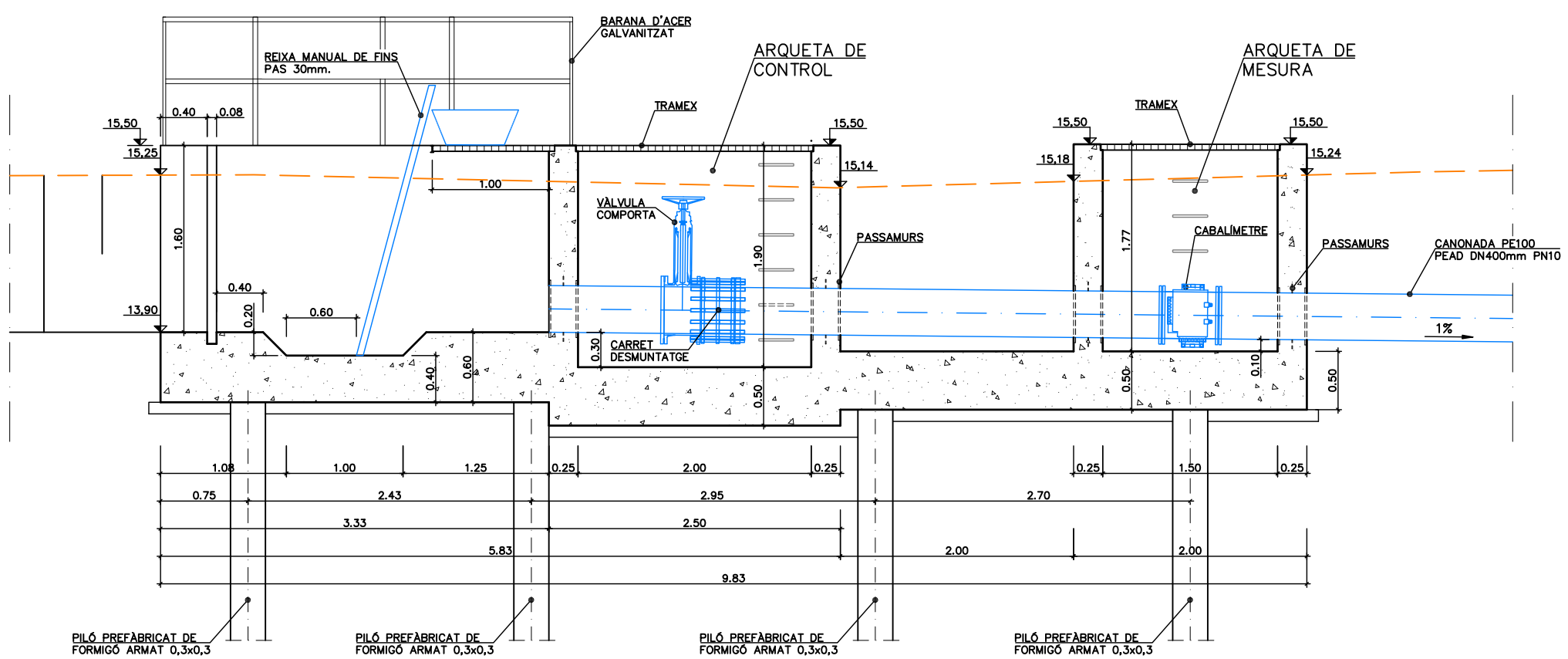




PLANTA
ESCALA 1/50

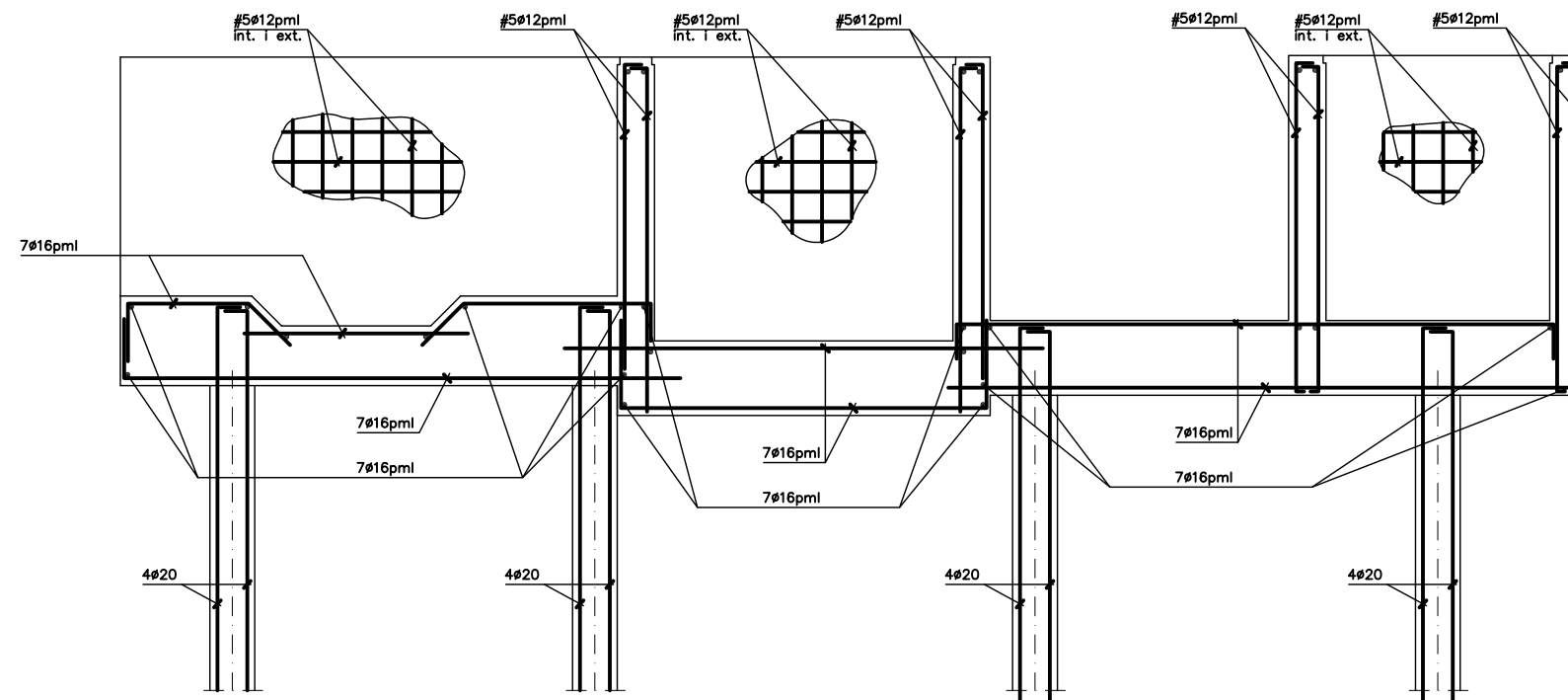


SECCIÓ TRANSVERSAL
ESCALA 1/50

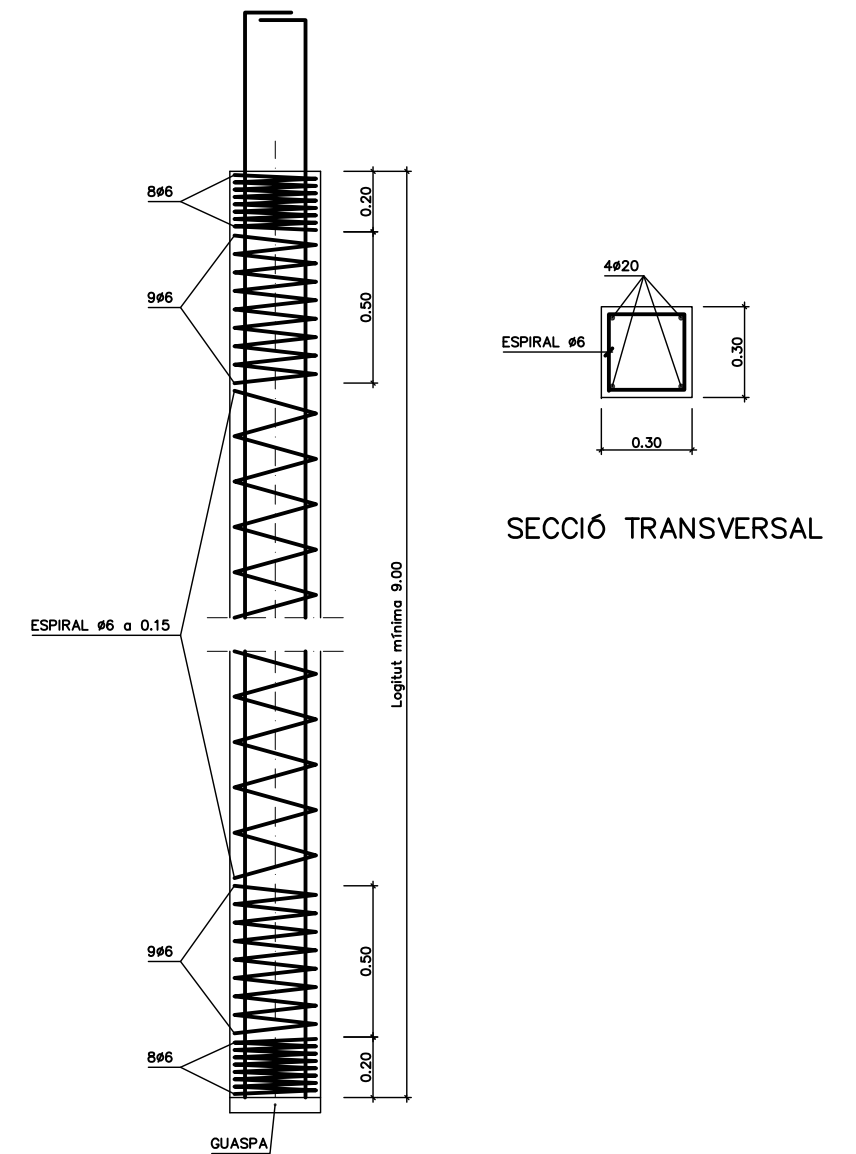


SECCIÓ LONGITUDINAL
ESCALA 1/50

NOTA: EL CABALÍMETRE NO ESTROBA INCLÒS EN EL PROJECTE

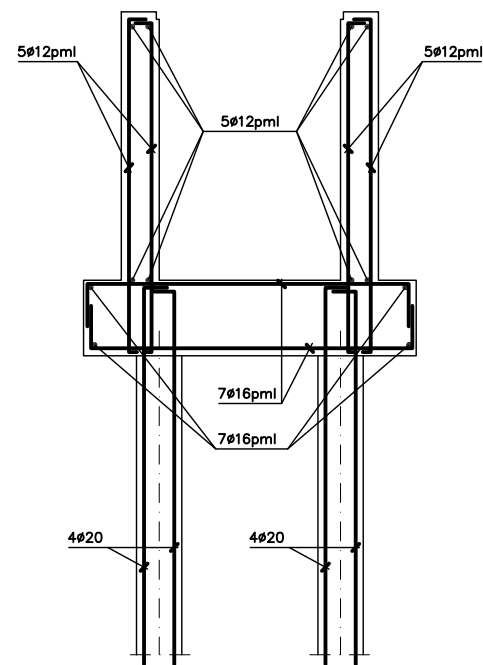


SECCIÓ LONGITUDINAL
ESCALA 1/50



SECCIÓ LONGITUDINAL

PILÓ PREFÀBRICAT
ESCALA 1/25



SECCIÓ TRANSVERSAL
ESCALA 1/50

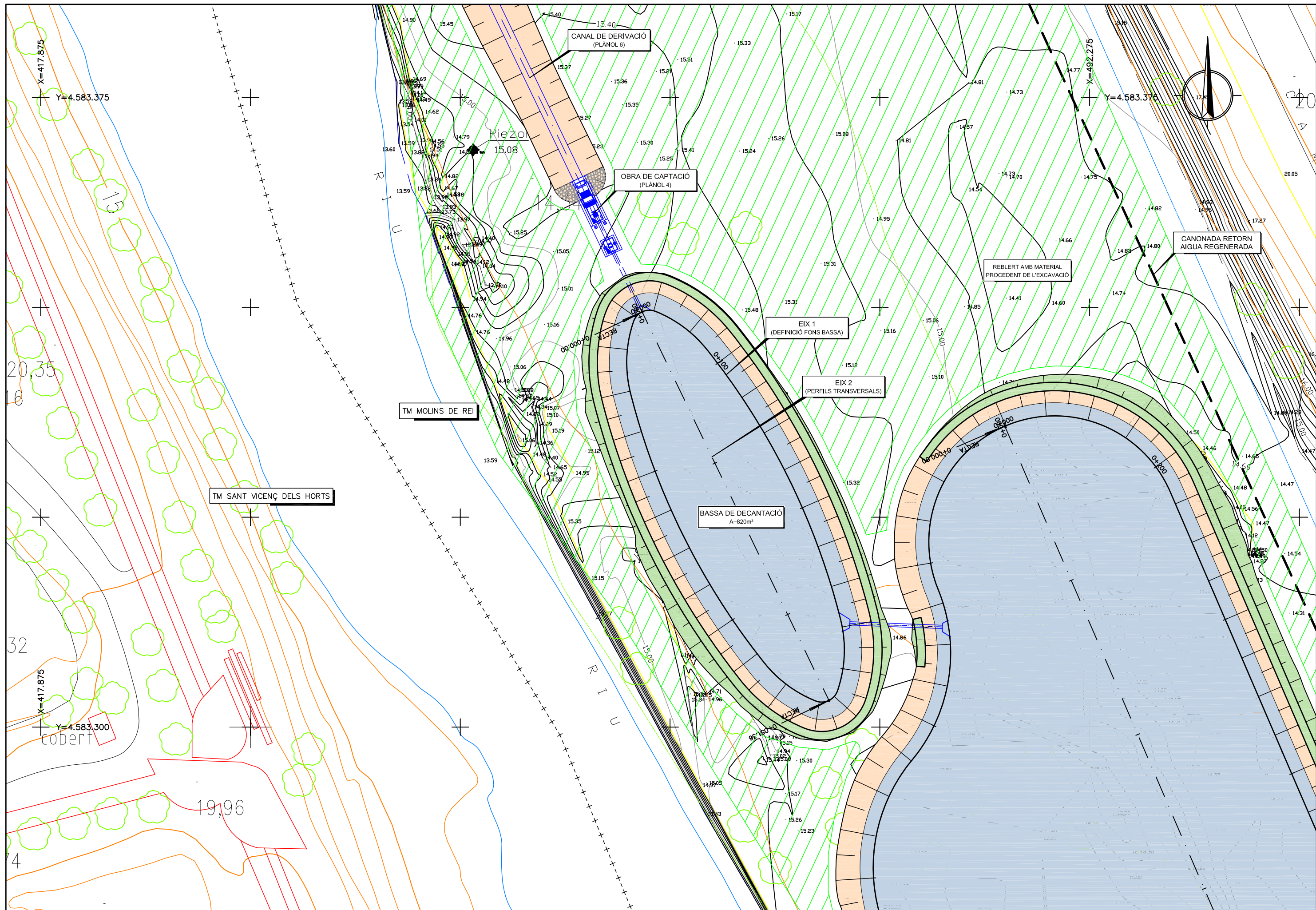
MATERIALS

CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS,
NIVELLS DE CONTROL I COEFICIENTS DE SEGURETAT ADOPTATS

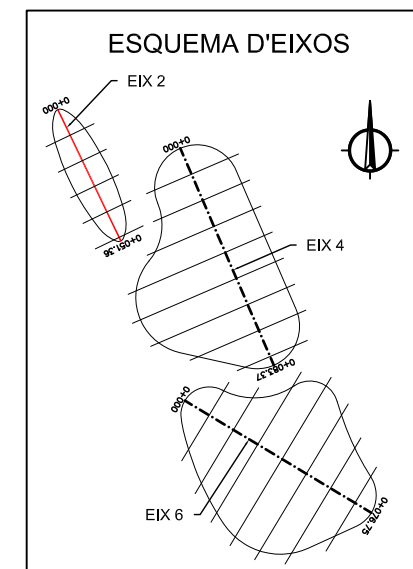
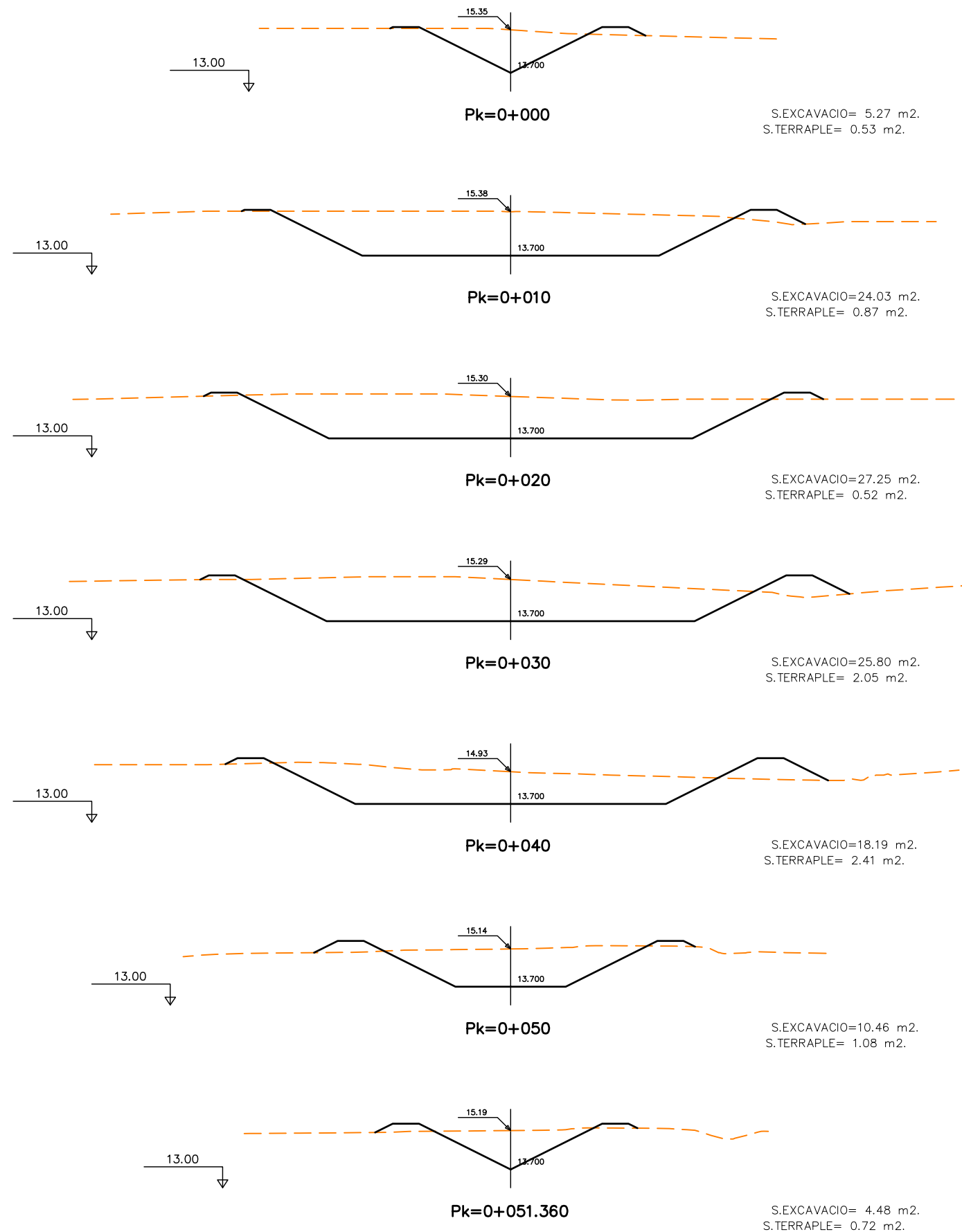
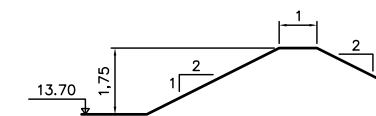
ELEMENT ESTRUCTURAL	FORMIGONS			ARMADURES			
	TIPUS	CONTROL	COEFICIENT DE MINORACIÓ 9C	TIPUS	CONTROL	COEFICIENT DE MINORACIÓ 9S	RECOBRIMENT cm
MURS	HA-30/P/20/IIa+Qb	ESTADÍSTIC	1,50	B 500S	NORMAL	1,15	3.5
SOLERA	HA-30/P/20/IIa+Qb	ESTADÍSTIC	1,50	B 500S	NORMAL	1,15	5.0
PILOTS	HA-50/P/20/IIa+Qb	ESTADÍSTIC	1,50	B 500SD	NORMAL	1,15	
MASSA	HM-25/B/20/I		1,50				
NETEJA	HM-20						

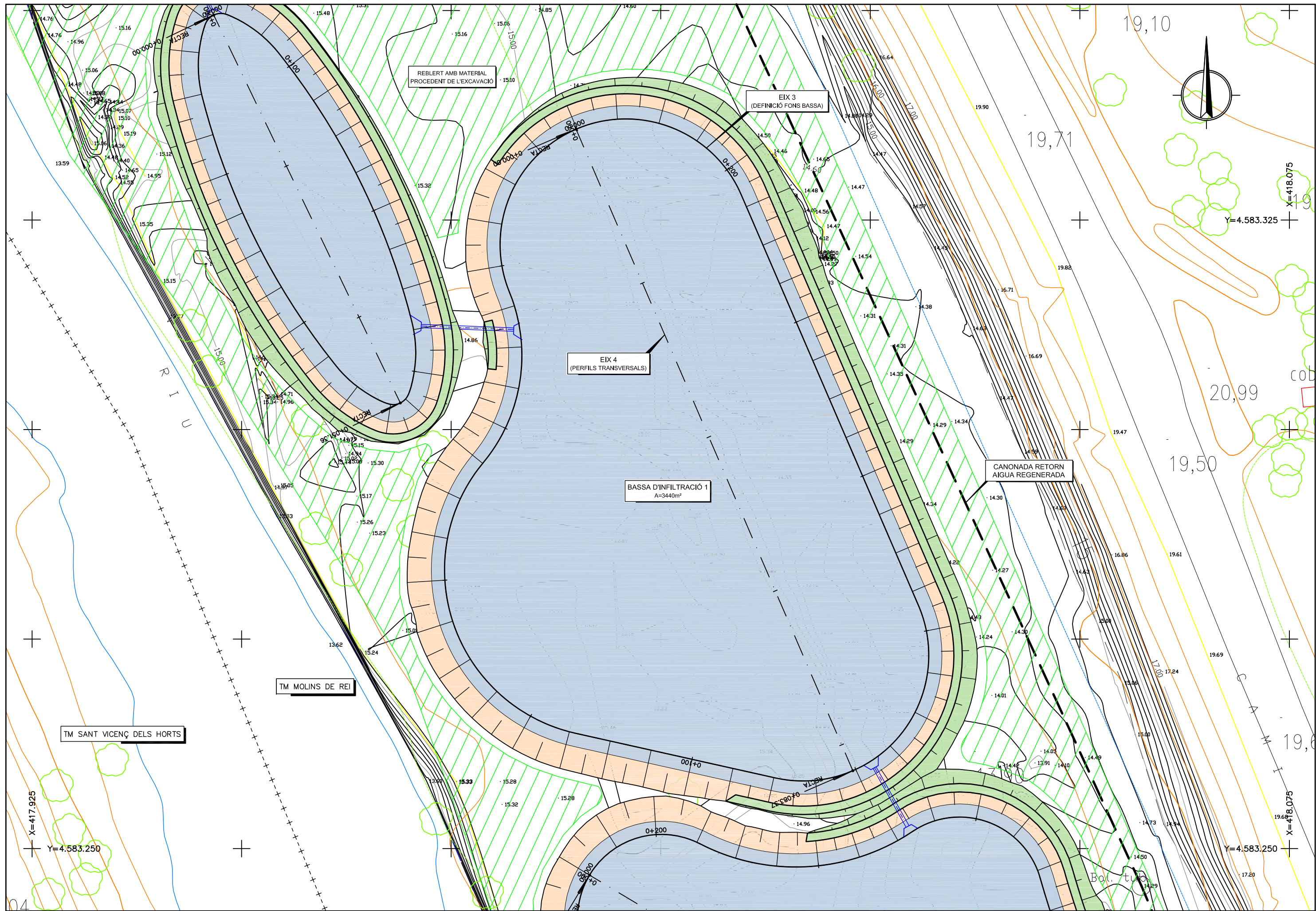
EXECUCIÓ DE L'OBRA

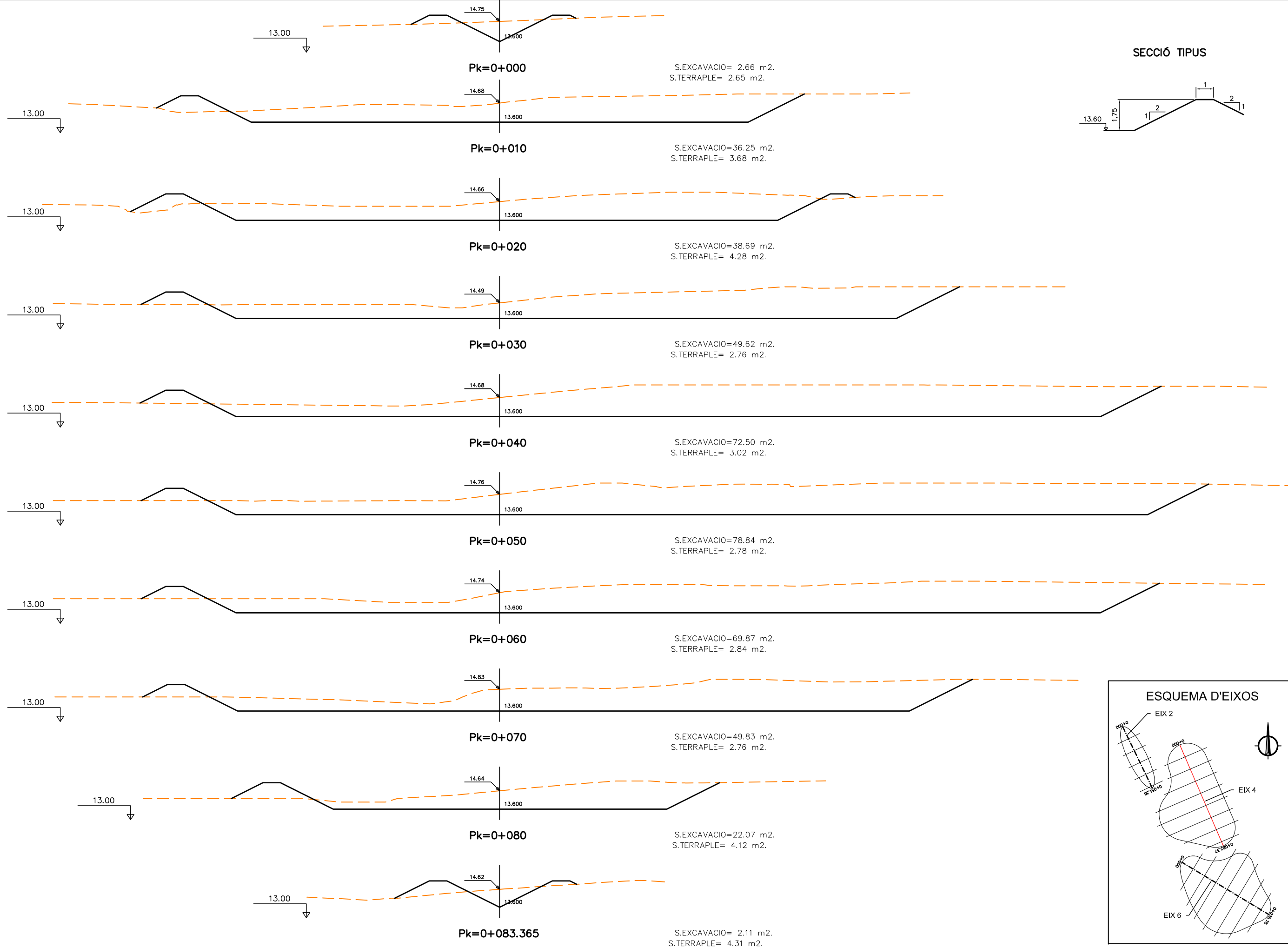
CONTROL INTENS
ELS ANCORATGES I CAVALCaments TINDRAN UNA LONGITUD SEGONS LA NORMA EHE
NO ES CAVALCARÀ MÉS DEL 50 % D'ACER EN UNA MATEIXA SECCIÓ
COEFICIENTS DE MAJORACIÓ D'ACCIONS I MINORACIÓ DE MATERIALS
SEGONS LA TÀULA 12.1a DE LA INSTRUCCIÓ EHE
EL CIMENT HAURÀ DE SER RESISTENT ALS SULFATS (SR)



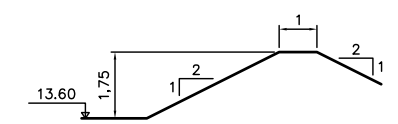
SECCIÓ TIPUS



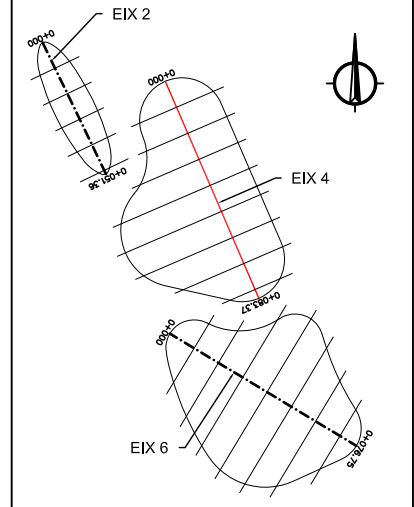




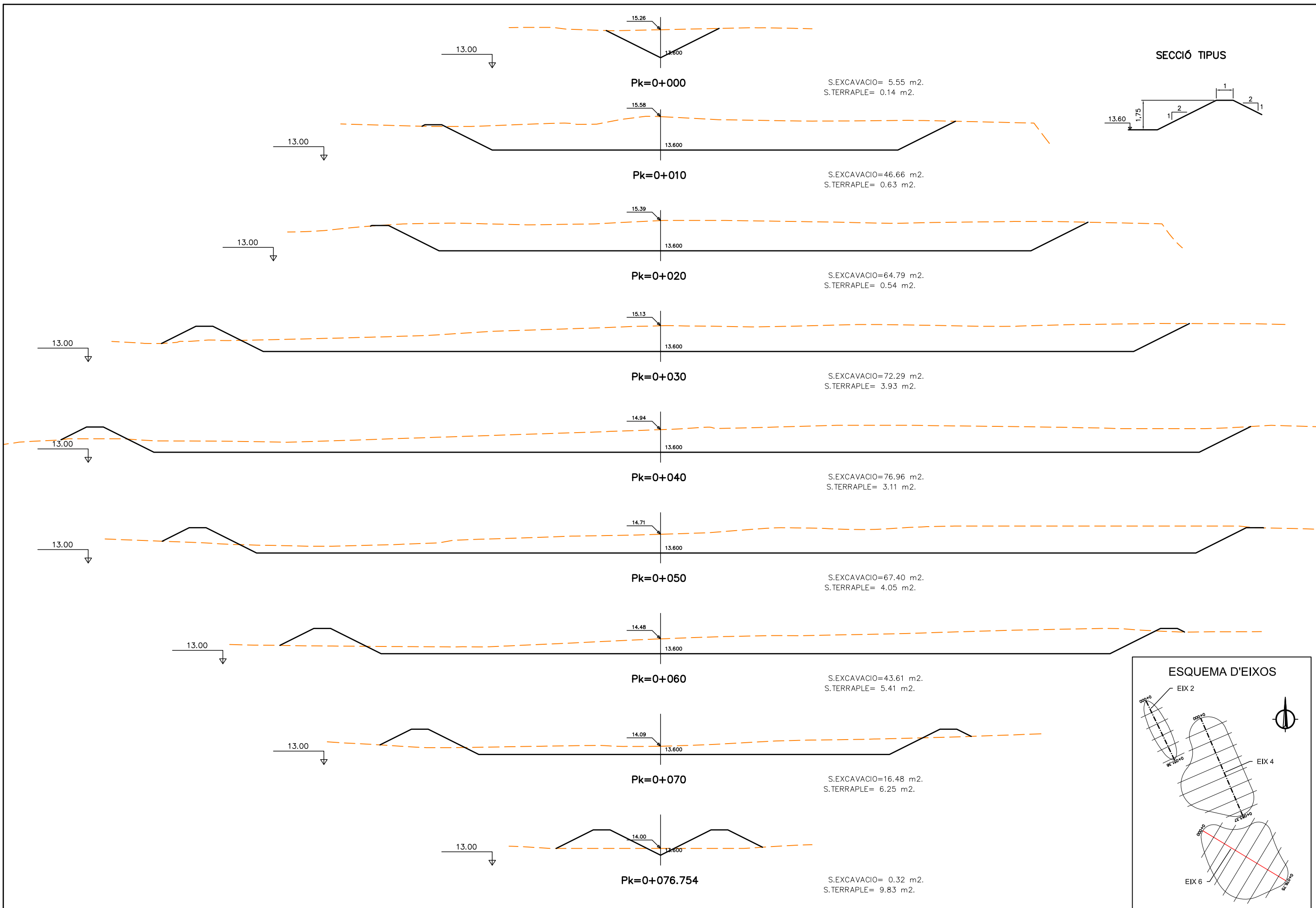
SECCIÓ TIPUS



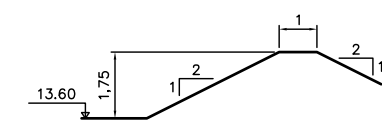
ESQUEMA D'EIXOS







SECCIÓ TIPUS



ESQUEMA D'EIXOS

