



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**ESTUDIO DE SOLUCIONES DEL SANEAMIENTO Y
DEPURACIÓN EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS DE LA
CHINA, BUTARQUE Y SUR. TT.MM MADRID Y GETAFE
(MADRID)**

Nº EXPEDIENTE: 03.328-0793/0311

**PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL
TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR**



CYGSA
CONTROL Y GEOLOGÍA, S.A.

SEPTIEMBRE 2020



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

1. ANTECEDENTES
2. FICHA-RESUMEN
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
4. TOPOGRAFÍA
5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
6. INUNDABILIDAD E HIDROLOGÍA
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE VERTIDO
8. ESTUDIO DE POBLACIÓN, CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES
9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN
11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS
13. SERVICIOS AFECTADOS Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS
14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO Nº2 PLANOS

DOCUMENTO Nº 3 PRESUPUESTO

1. MEDICIONES
 2. CUADRO DE PRECIOS Nº1
 3. PRESUPUESTOS PARCIALES Y GENERAL
-

DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA



MEMORIA

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO	3
1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	4
1.2.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO.....	4
2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO	6
2.1.- ÁMBITO GENERAL DEL ESTUDIO.....	6
2.2.- EDAR SUR	7
3.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA	9
4.- ACTUACIONES PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS.....	10
4.1.- EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS	10
4.2.- EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA.....	10
4.3.- EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS.....	11
4.3.1.- Sobre los fangos producidos en China	11
4.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque	12
4.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.	12
4.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR.....	13
5.- SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR	14
6.- POBLACIÓN Y CAUDALES	15
6.1.- POBLACIÓN SERVIDA POR LAS TRES EDAR	15
6.2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.....	16
6.3.- CAUDALES.....	17
7.- PARÁMETROS DE VERTIDO	18
8.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES.....	19
8.1.- LÍNEA DE AGUA.....	20
8.1.1.- Pretratamiento	20
8.1.2.- Decantación lamelar.	21
8.1.3.- Balsa reguladora.....	22
8.1.4.- Reactor biológico	22
8.1.5.- Tratamiento terciario.....	23
8.1.6.- Línea de fangos	25
8.1.7.- Deshidratación:.....	29
8.1.8.- Tratamiento de retornos.....	29



8.2.- DESODORIZACIÓN.....	30
8.3.- MICROTURBINAS	30
8.4.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	31
8.4.1.- Potencia	31
8.4.2.- Acometida eléctrica	36
8.5.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	36
9.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	40
10.- OTROS ASPECTOS DEL ESTUDIO	42
10.1.- ACOMETIDAS DE SERVICIOS	42
10.2.- SEGURIDAD Y SALUD.....	42
10.3.- RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN.....	42
10.4.- MEDIDAS CORRECTORAS	42
10.5.- SERVICIOS AFECTADOS	42
10.6.- TERRENOS AFECTADOS.....	43
10.7.- INUNDABILIDAD	43
11.- VALORACIÓN ESTIMADA	44
12.- CONTENIDO DEL ESTUDIO.....	45
13.- CONCLUSIONES	46



1.- ANTECEDENTES Y OBJETO

El Ministerio de Medio Ambiente (ahora Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en colaboración con las Comunidades Autónomas, redactó el “Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015”, para dar respuesta a las nuevas necesidades planteadas por la Directiva Marco del Agua y establecer un conjunto de actuaciones derivadas de las declaraciones de zonas sensibles que exigen la ejecución de una serie de ampliaciones y reformas para implantar un tratamiento más riguroso en muchas de las estaciones de depuración de agua residuales (EDAR en adelante) situadas en esas zonas.

Con fecha 21 de septiembre de 2009 se firmó el “Protocolo General de Colaboración en Ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015” entre el entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ayuntamiento de Madrid. En dicho Protocolo se estableció que la Administración General del Estado ejecutaría y financiaría las siguientes actuaciones, **declaradas posteriormente de Interés General del Estado por Ley 26/2009 de Presupuestos Generales:**

- **Aglomeración de La China-Butarque**
- **Aglomeración Sur**

La finalidad de esta actuación es proporcionar la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales que son conducidas a las EDAR de La China, Butarque y Sur hasta alcanzar la calidad requerida para cumplir con el buen estado de las aguas del río Manzanares, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia, así como también para adecuar las instalaciones existentes ya obsoletas para su integración ambiental en el entorno.

La normativa básica que rige el tratamiento de aguas residuales urbanas es:

- La **Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua)** por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas entró en vigor el 22 de diciembre del 2000. La trasposición de esta Directiva se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del **texto refundido de la Ley de Aguas** por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- El **Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental**, tiene por objeto establecer criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas; definir los criterios, condiciones de referencia y los límites de cambio de clase para clasificar el estado ecológico de las masas de agua; establecer las NCA de las sustancias prioritarias y preferentes para clasificar el estado de las aguas, así como definir el procedimiento para el cálculo de estas

normas para los contaminantes específicos; y por último, recoger las obligaciones de intercambio de información y definir el sistema de información sobre el estado de las aguas en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

- La **Directiva 91/271/CE, de 21 de mayo**, la cual establece cuáles son los requerimientos mínimos para realizar la recogida, el tratamiento y los vertidos de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por **RD 817/2015**, el **R.D. Ley 11/1995**, el **R.D. 509/1996**, que lo desarrolla, y el **R.D. 2116/1998** que modifica el anterior
- **Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre**, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas

El largo periodo de tiempo transcurrido desde la construcción de dichas EDAR y la necesidad de adaptarlas a las nuevas exigencias requiere un análisis en profundidad del estado de las instalaciones existentes y como consecuencia la determinación de las actuaciones a llevar a cabo.

1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, en su artículo 7 describe los proyectos que deben ser objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria o simplificada. La Ley hace referencia a los proyectos contenidos en sus anexos I (para evaluaciones ordinarias) y II (para las simplificadas).

La Ley contempla en su anexo I las plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes-equivalentes.

El estudio de soluciones de las aglomeraciones urbanas de La China, Butarque y Sur busca, entre otros aspectos, el tratamiento de aguas residuales de tres plantas que juntas suman una capacidad de más de 5.800.000 habitantes equivalentes y que independientemente tienen una capacidad aproximada de 1.300.000 habitantes-equivalentes La China, 1.600.000 habitantes-equivalentes Butarque y 2.900.000 habitantes-equivalentes Sur.

Por tanto el estudio de soluciones se encuentra dentro de las actividades consideradas en el anexo I y debiendo ser sometido a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario.

Dicho Estudio de Impacto Ambiental debe ir acompañado de un proyecto o documento técnico en el cuál se definan las actuaciones sometidas a evaluación ambiental

1.2.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO

Durante el análisis de la situación actual del sistema de saneamiento de las aglomeraciones China-Butarque-Sur se pudo observar que la actual Estación Depuradora Sur (EDAR Sur) que su diseño no permitía la eliminación biológica de nutrientes hasta los niveles exigibles. Además, como consecuencia de los muchos años pasados desde su construcción buena parte de su equipamiento necesita una renovación profunda.



El objetivo final del estudio sobre estas aglomeraciones no es otro que alcanzar un buen estado del cauce del Manzanares a su paso y aguas abajo de la ciudad de Madrid, por ello ha sido necesario definir e incluir en el Estudio de Impacto Ambiental, las actuaciones necesarias para adecuar la EDAR Sur al cumplimiento de la normativa actual y que además, realice su función con una afección mínima al entorno natural dónde se ubica.

En este PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR se realiza una definición, a nivel de estudio informativo, de estas actuaciones con el fin de dotar de un documento técnico de apoyo al Estudio de Impacto Ambiental al cuál acompaña.

2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO

2.1.- ÁMBITO GENERAL DEL ESTUDIO

El ámbito general del estudio lo componen todos los elementos del sistema de saneamiento de la ciudad de Madrid que vierte sus aguas al tramo urbano del río Manzanares (sistema Manzanares).

El esquema de saneamiento del sistema Manzanares está formado por los siguientes elementos:

- Una serie de cuencas o áreas de vertido. Se denomina cuenca a la parte de la ciudad cuyos vertidos confluyen a través de la red de alcantarillado hacia un punto concreto en la margen del río (en los que generalmente se han situado las EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las cuencas de: Viveros, China, Butarque, Gavia, Sur y Suroriental.
- Colectores de saneamiento. Concentran las aguas residuales y pluviales recogidas por la red de alcantarillado y las dirigen aguas abajo hacia las EDAR para su tratamiento. Su funcionamiento en el sistema Manzanares es por gravedad. La red de colectores también permite enviar el agua de una cuenca hacia otras infraestructuras situadas aguas abajo. La mayor parte de la red de colectores de Madrid es unitaria.
- Aliviaderos. Se trata de instalaciones situadas en puntos donde se produce la confluencia de diversos colectores y se pueden realizar alivios al cauce en el caso de que los caudales de entrada sean superiores a la capacidad aguas abajo. El principal aliviadero del ámbito de estudio es el denominado: Aliviadero General de la Margen Izquierda (AGMI). Se trata de un gran aliviadero (más 120 m de longitud de labio) en el que se unifican los principales colectores de la margen izquierda del Manzanares y desde el cual se reconduce el agua residual a las EDAR de China y Sur.
- Tanques de tormentas: Existen de dos tipos:
 - Tanques de tormenta de regulación (TT). Son de gran volumen y están asociados generalmente a una EDAR. Su función es almacenar las primeras aguas de un episodio de lluvia y evitar el vertido al río antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
 - Tanques de alivio (TA). Son de pequeño volumen y actúan en las conexiones entre los colectores transversales y los grandes colectores de transporte para que no se produzcan alivios directos antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las siguientes: Viveros de la Villa, La China, La Gavia, Butarque, Sur y Suroriental.
- Estaciones regeneradoras de aguas residuales (ERAR). Tratan el agua depurada para convertirla en agua regenerada utilizable para riego de parques y jardines. Están situadas y asociadas a algunas de las EDAR. En el sistema Manzanares se encuentran la ERAR Viveros, la ERAR La China y la ERAR La Gavia.

2.2.- EDAR SUR

La EDAR Sur se encuentra en la carretera de San Martín de la Vega km 6,6, (término municipal de Getafe) y en la margen izquierda del río Manzanares.

El colector de entrada a la planta (colector Sur) recoge: todos los excedentes de agua residual no tratados en las plantas situadas aguas arriba en ambos márgenes del río Manzanares (plantas de Viveros, China y Butarque), los caudales que le llegan desde el bypass de Abroñigales y el agua del vaciado del tanque de tormenta de Abroñigales después de cada episodio de lluvias.

Además, la EDAR de La Gavia también puede derivar sus influentes al colector Sur pero esta situación no se da en estos momentos pues la capacidad de tratamiento de La Gavia es muy superior a los caudales que le llegan de su cuenca

De la información facilitada por el Ayuntamiento de Madrid y de las visitas realizadas a la planta se obtienen los siguientes datos de básicos de funcionamiento de la EDAR.

EDAR Sur		
Habitantes equivalentes de diseño	2.937.600 h-eq	
Caudal medio de diseño	6,00 m ³ /s	518.400 m ³ /d
Caudal punta de diseño (tratamiento Biológico)	6,00 m ³ /s	518.400 m ³ /d
Caudal máximo de diseño (pretratamiento, canal a primario y primario)	12,50 m ³ /s	1.080.000 m ³ /d
Caudales medios tratados enero/16–mayo/17 (*) (Datos de producción)	2,56 m ³ /s	220.876 m ³ /d
Caudales medios tratados mayo/17-diciembre/18 (*) (Datos de producción)	2,82 m ³ /s	243.651 m ³ /d
(*)Se han distinguido los caudales en dos periodos porque a partir de mayo de 2016 la EDAR de La China modificó sus parámetros de funcionamiento, disminuyendo el caudal tratado, para poder eliminar nitrógeno. El caudal no tratado se deriva a Sur por lo que aumentó su caudal medio influente		

Tabla 1. Datos básicos de funcionamiento de la EDAR Sur.

Aunque actualmente la planta esté tratando caudales inferiores a los de diseño, no podría tratar en ningún caso el caudal de diseño con las limitaciones de funcionamiento actuales debidas a su antigüedad.

En la misma parcela de la EDAR existe una PLANTA DE SECADO TÉRMICO DE LODOS. Esta instalación no forma parte del sistema de saneamiento, pertenece al Ayuntamiento de Madrid y realiza tanto el secado de los lodos deshidratados generados en la EDAR Sur como del resto de lodos generados en el resto de las EDAR de Madrid.

La planta de secado recibe los lodos de la EDAR Sur por cinta mecánica y del resto de las EDAR por camión. El agua necesaria para su proceso la recibe de la EDAR y a su vez la EDAR recibe el agua sobrante del proceso de secado.

Así pues, los lodos de las otras dos plantas del estudio (China y Butarque) se transportan por carretera a la EDAR Sur para su secado.

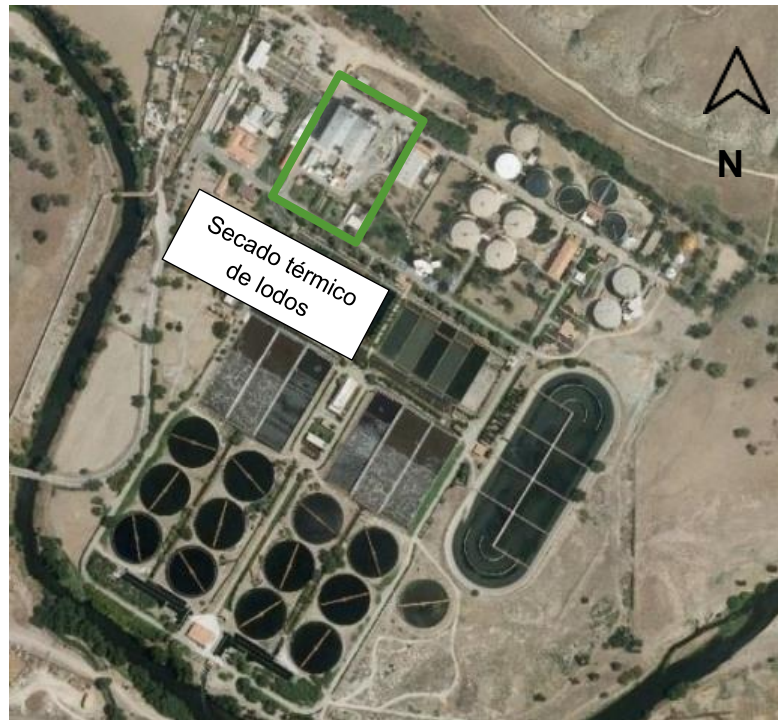


Ilustración 1. EDAR Sur.

La EDAR está conectada a dos colectores: El colector Sur que proviene de Madrid y que ya hemos mencionado y el colector Culebro. Este colector recogía las aguas de las ciudades de Getafe, Pinto, Leganés, Humanes y Parla para su depuración en Sur

La puesta en marcha de las dos EDAR del Arroyo Culebro hizo que dejase de llegar los vertidos de estas ciudades a Sur.



3.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

En el Anejo 3. Análisis de la situación actual se realiza un análisis del estado actual de los diferentes elementos de la EDAR.

La conclusión final de dicho análisis se resume en los siguientes puntos.

- La EDAR Sur está situada en el término municipal de Getafe, aunque no se encuentra próxima a ningún núcleo urbano. La parcela tiene 36,5 ha. El espacio libre suficiente para implantar ampliaciones resulta escaso. Existen parcelas limítrofes con espacio suficiente, donde si resultase necesario, podría implantarse equipamiento.
- Está situada dentro del espacio protegido del Parque Regional del Sureste.
- El proceso actual de la planta no se diseñó para eliminar nutrientes por lo que no tiene capacidad para su eliminación. En estas condiciones no puede cumplir los parámetros de vertido que se establecerán a partir del año 2022.
- Los equipos de la EDAR Sur han superado, en su mayoría, su vida útil.

4.- ACTUACIONES PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS

Se indican a continuación las alternativas planteadas para la EDAR Sur. Hay que tener en cuenta que el estudio de alternativas se ha realizado para el sistema formado por las EDAR de La China, Butarque y Sur por lo que los aspectos aquí desarrollados son comunes a las tres plantas.

En el Anejo 9. Alternativas de desarrolla ampliamente el estudio de todas las alternativas.

4.1.- EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS

Respecto al número de plantas en los que realizar la depuración de las aguas residuales en principio se podrían considerar todas las combinaciones de una a tres plantas pero, realmente, la disposición de las plantas actuales y los condicionantes técnicos, sociales y ambientales existentes indican que no todas las combinaciones tienen sentido debido a:

- Imposibilidad física
- Complicación excesiva de las conexiones necesarias para concentrar los vertidos en una u otra disposición con todo lo que esto representa de incremento de coste de inversión y plazos de construcción sin mejoras de la calidad del servicio.

Así pues, se plantean tres opciones:

- **P1.** Mantener las tres parcelas actuales: La China, Butarque y Sur,
- **P2.** Concentrar los vertidos en dos instalaciones eliminando La China como planta de depuración de aguas residuales: el sistema se compondría de dos EDAR: Butarque en la margen derecha y Sur en la margen izquierda.
- **P3.** Concentrar todos los vertidos en una única instalación (Sur). Esta solución implica que hay que implantar otro trasvase para poder transportar la totalidad del caudal de aguas residuales de la margen derecha a la izquierda.

Cada una de estas alternativas tiene implicaciones en los tipos de tratamiento aplicables, tamaño de las parcelas necesarias y diseño del sistema de saneamiento (Tanques de tormenta y colectores).

4.2.- EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA

El tipo de proceso de depuración es el principal factor que condiciona la superficie y afección de una planta depuradora. Como criterio de selección previo se considera que todas las plantas deben tener procesos de tratamiento que sean seguros y suficientemente probados en plantas de gran tamaño equivalentes a las EDAR actuales de Sur, Butarque y China (tres de las plantas más grandes de España).

Además de lo señalado se tienen en cuenta estas premisas básicas:

- Se tiene que garantizar la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de acuerdo a los parámetros de las autorizaciones de vertido que serán exigidos a medio y largo plazo.

- Deben ser sistemas sólidos y seguros que puedan adaptarse a los cambios de caudales horarios del influente y pasar del estado en tiempo seco a tiempo de lluvias sin perder rendimiento de depuración.
- Tanto el proceso de forma global como cada equipo individualmente debe tener la máxima eficiencia energética posible
- Deben ser sistemas con costes de inversión y operación dentro de unos límites puesto que la escala de los caudales a tratar puede dar lugar a soluciones inviables.

Para el estudio de alternativas no se considera estudiar procesos concretos sino agrupados en dos familias que denominamos a efectos de clasificación como:

- Tratamientos abiertos, cuyos reactores biológicos se encuentran al aire libre
- Tratamientos cerrados, cuyos reactores se encuentran en espacios cerrados

En el caso de las EDAR de China y Butarque se estudiarán las dos alternativas, tratamientos abiertos y cerrados.

En el caso de la EDAR Sur no se considera un tratamiento cerrado puesto que la principal ventaja de éste, la eliminación de afecciones los residentes próximos, carece de sentido al estar situada la planta muy alejada de núcleos de población.

4.3.- EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS

Como las plantas están cerca unas de otras, se plantea la posibilidad de transportar los fangos desde una de ellas a otra. Esta actuación tiene como aspectos positivos:

- Liberar espacio en las plantas.
- Disminuir los problemas de olores en las plantas donde se elimine la línea de fangos.
- Reducción de costes de la motogeneración al aumentar el tamaño de los equipos motogeneradores.
- Reducir el transporte por carretera de fangos deshidratados.

4.3.1.- Sobre los fangos producidos en China

En el caso de que se mantenga la EDAR de La China (P1) se considera la implantación de una conducción de fangos a la EDAR Sur.

Consiste en la instalación de una impulsión de los fangos generados en la EDAR La China hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionaría para tratar los fangos propios y los provenientes de China.

Así pues, no se considera la instalación de una línea de fangos propia para de esta forma reducir el tamaño de la EDAR y facilitar la eliminación de olores.



4.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque

Esta opción tiene sentido si se mantiene el emplazamiento de la EDAR Butarque (P1 y P2). En este caso se contemplan dos alternativas:

- **Implantar una línea de fangos en la EDAR Butarque.**
Esta alternativa implica implantar una instalación completa de tratamiento de fangos.
- **Conducción de fangos a la EDAR Sur.**
Consiste en instalar una impulsión de fangos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de Butarque.

Independientemente de la opción que sea la finalmente adoptada, en el caso de que se mantenga la EDAR de la China, el bombeo de fangos desde esta planta a la EDAR Sur pasará necesariamente por la EDAR de Butarque donde se realizará una estación intermedia entre los dos tramos del bombeo China-Butarque y Butarque-Sur. Tanto la estación intermedia como el segundo tramo del bombeo se dimensionarán en cualquier caso con capacidad para el bombeo de la totalidad de fangos generados en China y en Butarque.

De esta forma, aunque se planificase una línea de fangos propia en Butarque, se deja abierta la posibilidad (con un coste añadido asumible) que en un futuro esta planta también envíe los fangos sin tratar a Sur, además del aumento de eficiencia que da este bombeo en situaciones especiales como averías, mantenimientos o durante la fase de obras.

4.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.

En este caso tan solo se contempla implantar una línea de fangos completa en la EDAR Sur.

De acuerdo a las alternativas descritas existen cinco variantes en función de las alternativas seleccionables referidas al número de plantas y el punto de tratamiento de fangos en China y Butarque:

1. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China.
2. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China y en Butarque.
3. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China).
4. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China) y los generados en Butarque.
5. Se eliminan La China y Butarque y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China y en Butarque).

4.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR

Las alternativas seleccionadas están agrupadas por los aspectos fundamentales que definen todo el abanico de soluciones al problema planteado.

Alternativas según el número de EDAR:

Se considera que hay que estudiar:

- La renovación de las tres plantas,
- La eliminación la EDAR de La China y concentrar todo la depuración en las otras dos.
- Conservar solo la EDAR Sur y concentrar en ella las aguas residuales a depurar

Alternativas según la tecnología de depuración:

Existen varios tipos de procesos de depuración que pueden ser adecuados en este caso. Para su estudio están clasificados como:

- Tratamientos abiertos con reactores al aire libre.
- Tratamientos cerrados con toda la planta en espacios confinados.

Alternativas según el emplazamiento de la línea de fangos:

De acuerdo a los puntos de implantación de las líneas de fangos tenemos:

- 1 línea de fangos en Butarque y otra en Sur (que trata los fangos de Sur y La China)
- 1 línea de fangos en Sur (que trata los fangos de La China, Butarque y Sur)

Listado de alternativas de depuración

En la tabla siguiente figuran las alternativas que surgen de combinar los criterios enunciados.

ALTERNATIVAS		EDAR		
		LA CHINA	BUTARQUE	SUR
NÚMERO DE PLANTAS	3	SE RENUEVA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	2	SE ELIMINA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	1	SE ELIMINA	SE ELIMINA	SE RENUEVA
TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN		SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS
		SISTEMAS CERRADOS	SISTEMAS CERRADOS	
DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS DE FANGOS (LF)		SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	CON LF	CON LF
			SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	

Tabla 2. Tabla de alternativas en función del número de plantas, de la tipología y del tratamiento de la línea de fangos



5.- SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR

En el Estudio de Impacto Ambiental que acompaña a este documento se realiza una valoración conjunta de todas las alternativas para diferentes EDAR aquí planteadas.

Esta valoración es triple;

- En primer lugar se realiza una valoración previa de las 13 alternativas propuestas que se obtienen combinando las alternativas en los tres bloques indicados para cada una de las 3 plantas, de esta valoración, obtenida mediante diferentes criterios (técnicos, ambientales, sociales y económicos) se obtienen 4 alternativas como mejor valoradas, de las cuales, la que obtiene una mayor puntuación es la Alternativa 4, que consiste en renovar totalmente las 3 plantas en su ubicación actual, con tratamientos cerrados en China y Butarque para eliminar ruidos y olores y concentrando todas las líneas de fangos en la EDAR Sur.
- De estas 4 alternativas se realiza una valoración de los efectos ambientales en detalle, obteniéndose de nuevo que la alternativa mejor valorada en este caso (la que menor impacto tiene sobre el medio) es la Alternativa 4.
- Finalmente, se vuelve a realizar una valoración de estas 4 alternativas incluyendo los resultados de la valoración ambiental en detalle junto con los criterios técnicos, sociales y económicos de la primera valoración. De nuevo en este caso se obtiene que la alternativa mejor valorada es la Alternativa 4.

Por ello queda justificada que la alternativa finalmente seleccionada y desarrollada en los diferentes proyectos informativos es aquella en la que se realiza una renovación completa de las plantas de China, Butarque y Sur, manteniendo sus ubicaciones actuales (en el caso de Sur es necesario ampliar levemente su ocupación), mediante tratamientos cerrados en las EDAR de La China y Butarque y abiertos en Sur, y concentrando las líneas de fangos de La China y Butarque en la EDAR Sur.

6.- POBLACIÓN Y CAUDALES

En el Anejo 8 se desarrolla el estudio de la población y caudales de manera detallada. Se incluyen a continuación los aspectos más relevantes.

6.1.- POBLACIÓN SERVIDA POR LAS TRES EDAR

La estimación de la población se fija para el año horizonte 2050, puesto que se consideran 25 años de vida útil de las EDAR, una vez se finalice su construcción, que podría fijarse sobre 2025.

La prognosis está basada en la realizada por el Ayuntamiento de Madrid para el período 2017-2023. Para ello, se ha obtenido el crecimiento interanual empleado en el análisis del ayuntamiento, y se aplica linealmente a la población actual para obtener la del año 2050. Tanto para obtener la tasa de crecimiento del análisis existente, como para la obtención de la población en el año horizonte, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_h = P_o(1 + i)^n$$

Donde P_h es la población al final de n años; P_o es la población inicial; i es la tasa de crecimiento anual en tanto por uno; y n es el número de años para los que se hace la previsión.

Puesto que para el municipio de Pozuelo de Alarcón no existe este tipo de prognosis para el año 2023, se ha tomado como tasa de crecimiento anual la media de los últimos 5 años, 0,40%, ya que tiene una dinámica de crecimiento estable que podría representar el de los próximos años.

A esta previsión, se le incorporan las viviendas de los nuevos desarrollos urbanísticos previstos. Consideramos que se alcanzará el 100% de las viviendas planeadas durante la vida útil de las plantas por lo que se estará del lado de la seguridad en el caso de no alcanzar ese número de viviendas. Los habitantes que se van a considerar por cada nueva vivienda construida se toman de las estadísticas del año 2017: 2,5 habitantes por vivienda

El número de habitantes para el año horizonte se muestran en la siguiente tabla.

Distrito/Municipio	Pob. 2017	Pob. 2023	Crecimiento anual	Desarrollos urbanísticos	Pob. 2050
Total población	3.065.248	3.073.157	0,04%		3.439.276
Arganzuela	151.965	158.458	0,70%	-	191.288
Carabanchel	243.998	247.968	0,27%	-	266.646
Centro	131.928	137.832	0,73%	-	167.848
Chamartín	143.424	142.979	-0,05%	2.510	143.503
Chamberí	137.401	133.448	-0,49%	-	117.023
Ciudad Lineal	212.529	207.757	-0,38%	-	187.573
Fuencarral El Pardo	238.756	240.631	0,13%	8.607	257.858
Hortaleza	180.462	184.808	0,40%	-	205.699
Latina	233.808	226.737	-0,51%	26.857	224.330
Moncloa-Aravaca	116.903	114.105	-0,40%	-	102.318

Distrito/Municipio	Pob.	Pob.	Crecimiento	Desarrollos	Pob.
Moratalaz	94.197	89.927	-0,77%	-	72.982
Pozuelo de Alarcón	85.605	-	0,40%	13.805	97.659
Puente de Vallecas	227.595	220.902	-0,50%	-	193.137
Retiro	118.516	113.022	-0,79%	-	91.287
Salamanca	143.800	139.096	-0,55%	-	119.759
San Blas-Canillejas	154.357	155.188	0,09%	-	158.985
Tetuán	153.789	156.038	0,24%	-	166.572
Usera	134.791	139.465	0,57%	-	162.587
Villa de Vallecas	104.421	122.067	2,64%	120.480	366.939
Villaverde	142.608	142.729	0,01%	2.008	145.284

Tabla 3. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

6.2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.

El análisis poblacional se desarrolla en base a la distribución de la población en los diferentes distritos a los que afecta la remodelación de las EDAR, teniendo cada uno de ellos un crecimiento asociado, según las estadísticas de los últimos años. Dichos distritos, en su totalidad o parcialmente, conforman las cuencas vertientes de cada una de las EDAR objeto del estudio, quedando éstas delimitadas por el trazado de los colectores presentes en la red de saneamiento.

Se determina qué distritos pertenecen a cada cuenca y la proporción de población asociada para obtener la población que le corresponde a cada una de ellas

Distrito/ Municipio	Población 2050	Sur	
Total población	3.439.276	3,9%	132.505
Arganzuela	191.288	0,0%	
Carabanchel	266.646	0,0%	
Centro	167.848	0,0%	
Chamartín	143.503	0,0%	
Chamberí	117.023	0,0%	
Ciudad Lineal	187.573	0,0%	
Fuencarral-El Pardo	257.858	0,0%	
Hortaleza	205.699	0,0%	
Latina	224.330	0,0%	
Moncloa-Aravaca	102.318	0,0%	
Moratalaz	72.982	0,0%	
Pozuelo de Alarcón	97.659	0,0%	
Puente de Vallecas	193.137	0,0%	
Retiro	91.287	0,0%	
Salamanca	119.759	0,0%	
San Blas-Canillejas	158.985	0,0%	
Tetuán	166.572	0,0%	
Usera	162.587	0,0%	
Villa de Vallecas	366.939	36,1%	132.505
Villaverde	145.284	0,0%	

Tabla 4. Proporción de distritos.

6.3.- CAUDALES

Para la determinación del vertido unitario por habitante y día en tiempo seco se recurre a la información facilitada por el Canal de Isabel II, en la que aparece el volumen de agua facturada por distritos entre los años 2012 y 2017. Adicionalmente, se aplica un coeficiente que incrementa las dotaciones facturadas para obtener las dotaciones de suministro y finalmente las dotaciones de caudales vertidos a la red.

La EDAR Sur se debe de tratar, tanto el caudal de su cuenca, 26.689 m³/d, como el excedente procedente de Viveros y La China, 215.291 m³/d, además de los caudales sin tratar que vierten las plantas de aguas arriba por averías, sobrecargas o cualquier tipo de incidencia. Por ello, el caudal quedaría fijado en un mínimo estricto de 2,80 m³/s (241.980 m³/d).

Los caudales nominales a tratar asignados a cada EDAR pretenden seguir con la magnitud de los caudales registrados actualmente, pero distribuidos de acuerdo al planteamiento de las alternativas realizado con anterioridad.

Los coeficientes de punta que se adoptan para cada EDAR son los correspondientes al criterio del vaciado de los tanques de tormentas. En este caso se han considerado los tanques de tormentas de Abroñigales y el nuevo tanque de tormentas Sur. Los caudales obtenidos del cálculo son los siguientes:

	SUR
Caudal t ^o seco (m ³ /s)	2,80
Caudal punta (t ^o húmedo) (m ³ /s)	4,20
Caudal t ^o seco(m ³ /d)	241.980
Caudal punta (t ^o húmedo) (m ³ /d)	363.120
Coeficiente de punta, C _p	1,5

Tabla 5. Caudales en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo estimados en el año horizonte.

A partir de los caudales anteriores se definen los caudales de diseño:

	SUR
Caudal t ^o seco (m ³ /s)	3,00
Caudal punta (t ^o húmedo) (m ³ /s)	5,00
Caudal t ^o seco(m ³ /d)	259.200
Caudal punta (t ^o húmedo) (m ³ /d)	432.000
Coeficiente de punta, C _p	1,67

Tabla 6: Caudales DE CÁLCULO para tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo en el año horizonte

7.- PARÁMETROS DE VERTIDO

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en el *Apéndice 9 Modelo de calidad*.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el nivel de nitrógeno (en forma de amonio) en las aguas.
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzaría el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Los tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionando las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Así pues, los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/l)	
SS	4,0
DBO ₅	4,0
DQO	25,0
NH ₄	0,58
N-NH ₄	0,45
NO ₃	27,9
N-NO ₃	6,30
N _t	7,95
P _t	0,24
PO ₄	0,25
P-PO ₄	0,08

Tabla 7. Parámetros de vertido

Además de esos parámetros el agua tratada en el terciario debe cumplir estos parámetros

Turbidez:	NTU	< 2
E Coli:	NMP/100ml	< 2,2
Nematodos intestinales:	huevo/100ml	< 1
Reducción contaminación orgánica persistente media >95%		

Tabla 8: Parámetros microbiológicos

8.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

A continuación se describe el proceso de la nueva EDAR a situar en Sur. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en:

- El nuevo tanque de tormentas que en este Estudio de Soluciones se ha diseñado para situar aguas arriba de Sur
- El tanque de Abroñigales

De forma que el tratamiento del agua almacenada en ellos después de un episodio de lluvias alcance el mismo grado de calidad que las aguas tratadas en tiempo seco y todo ello sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector Sur.

De acuerdo al criterio anterior los caudales de diseño se han denominado Normal y de Vaciado:

NORMAL , equivalente al caudal medio en tiempo seco:	3,00 m³/s
VACIADO : Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en los tanques en un plazo máximo de 5 días sin dejar de atender los caudales diarios influentes en la EDAR.	5,00 m³/s

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal VACIADO que resulta superior al caudal punta utilizado en los cálculos habituales de plantas depuradoras.

La EDAR Sur forma parte de un conjunto formado por tres EDAR: La China, Butarque y Sur. En las tablas se adjuntan los caudales de diseño y las cargas de entrada de las tres plantas resultantes del estudio de caudales y cargas contaminantes

EDAR		LA CHINA	BUTARQUE (*)	SUR
TIPO DE PROCESO DE DEPURACIÓN		Biofiltración	Biorreactores de membranas (MBR)	Fangos activos
CAUDALES DE LLEGADA				
Caudal medio diario:	<i>m³/s</i>	1,5	2,0	3,0
	<i>m³/h</i>	5.400	7.200	10.800
	<i>m³/día</i>	129.600	172.800	259.200
Caudal de vaciado (**)	<i>m³/s</i>	2,0	3,5	5,0
	<i>m³/h</i>	7.200	12.600	18.000
	<i>m³/día</i>	172.800	302.400	432.000
Caudal máximo a pretratamiento:	<i>m³/s</i>	2,0	10,5	30,0
	<i>m³/h</i>	7.200	37.800	108.000
Caudal máximo a tratamiento primario:	<i>m³/s</i>	2,0	7,5	14,0
	<i>m³/h</i>	7.200	27.000	50.400

Notas:

() Se mantiene el pretratamiento y tratamiento primario de Butarque con sus caudales de diseño*

*(**) Se denomina caudal de vaciado: Es la suma del caudal punta y el que permite vaciar los tanques de tormenta asociados en los tiempos especificados*

EDAR		LA CHINA	BUTARQUE (*)	SUR	
TIPO DE PROCESO DE DEPURACIÓN		Biofiltración	Biorreactores de membranas (MBR)	Fangos activos	
CONCENTRACIONES Y CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA					
	DBO ₅	mg/l	450,0	390,0	450,0
	DQO	mg/l	780,0	950,0	780,0
	SS	mg/l	384,0	425,0	384,0
	Nt	mg/l	76,6	75,0	76,6
	Pt	mg/l	9,5	8,5	9,5

Todas las láminas de agua excepto los reactores biológicos y decantadores secundarios, se encontraran cubiertas con superficies de PRFV o similar que a su vez se encuentran dentro de edificios cerrados. Este esquema permite optimizar la desodorización al actuar de forma diferenciada en los espacios confinados y en los generales del edificio.

A continuación figura la descripción de los procesos:

8.1.- LÍNEA DE AGUA

8.1.1.- Pretratamiento

CANAL DE DESVIO. Conduce el agua desde el colector Sur en un punto inmediatamente antes del punto de embocadura actual hasta el edificio de pretratamiento. De hormigón armado, de 2,5 m de ancho y 3,15 de calado, cubierto y desodorizado.

BYPASS GENERAL. Se mantiene el Bypass general de la planta actual. En estos momentos hay un proyecto de ampliación del mismo para dotarle de canales de desbaste para cumplir la obligación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico sobre que los alivios de una EDAR deben tener sistemas de recogida de gruesos y flotantes. Esta actuación no interfiere con la nueva planta y es necesaria por lo que se mantendrá en el futuro

8.1.1.1.- EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO

Este edificio contiene los pozos de gruesos, canales de desbaste, desarenadores-desengrasadores, recogida y compactación de residuos, arena y grasa, elevación a primarios, contenedores y espacios para instalar el CCM correspondiente.

Se encuentra totalmente desodorizado y forma un conjunto con el edificio de primarios. En su interior se implanta:

POZOS DE GRUESOS: Se proyectan dos pozos de gruesos de 11,0x5,50 m y 3,60 m de altura recta total del agua. Cada uno de ellos dispone de compuertas en entrada y salida de forma que se puede aislar para mantenimiento y limpieza. Están dotados de retirada de residuos mediante cuchara bivalva y contenedores.

CANALES DE DESBASTE: Parten del canal de reparto de las salidas de los pozos de gruesos. En ellos se implantan las rejas de gruesos y los tamices. Se proyectan cuatro canales de 1,54 m de ancho y 16,8 m de largo dotado cada uno de ellos dispone de:

- 1 reja automática de 30 mm, ancho útil de 1,37 cm y descarga en tornillo transportador
- 1 tamiz de escalera de 3 mm. ancho útil de 1,42 cm y descarga en tornillo transportador
- 2 Tornillos transportadores cerrados (uno por rejillas y otro por tamices)
- 2 prensas de residuos (una por rejillas y otra por tamices)

Cada canal y cada equipo se pueden aislar mediante compuertas automáticas

Los residuos se extraen mediante tornillos de transporte perpendiculares a los canales que llevan los residuos a sendas prensas desde donde se cargan los contenedores.

DESARENADO-DESENGRASADO: 5 Equipos de desarenado/desengrasado de 40,0 m de largo 5,70 de ancho y 4,75 m de calado útil. Se conectan mediante compuertas al canal de reparto situado entre los canales de desbaste y los desarenadores.

La extracción de arenas se realiza por 10 bombas situadas en los puentes que se dirigen por canales laterales a 1 concentrador de arenas de 25 l/s.

La aireación para desemulsión de grasas y concentración de arenas se efectúa por sendas parrillas de difusores alimentados por 4 soplantes de 2.400 Nm³/h.

Se aíslan mediante compuertas motorizadas. Las arenas se extraen mediante una bomba de extracción de arena situada en sendos puentes móviles. Las grasas se extraen en cuatro canales de recogida empujadas por el puente.

Ambos residuos se concentran en sendos equipos y se cargan en contenedores.

ELEVACIÓN A LA DECANTACIÓN LAMELAR: El caudal de salida del desarenado/desengrasado se concentra en el canal de salida y mediante un bombeo formado por (3+3) bombas centrifugas sumergidas de 5.400 l/s se eleva al canal de reparto de la decantación primaria.

8.1.2.- Decantación lamelar.

Se encuentra en un edificio unido al de pretratamiento con el que comparte el sistema de desodorización. La decantación primaria se realiza en 8 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes para su utilización si fuese necesario aunque están dimensionados para no tener que utilizar reactivos

El caudal punta conjunto es de 18.882 m³/h y el medio de 11.682 m³/h

Cada decantador está formado por un conjunto de:

- 1 Cámara de coagulación de 10,0x10,0 m² de base y 5,80 m de altura útil con 1 agitador vertical de 5,5 kW. Se dosifica cloruro férrico
- 1 Cámara de floculación de 4,90x 5,50 m² de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 1,5 kW. Se dosifica Polielectrolito aniónico

- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 120,0x20,0 m y 5,65 m de altura útil. El tiempo de retención resulta de 1,55 h a caudal medio y 0,94 a caudal punta

El cloruro férrico como coagulante se almacena en 4 depósitos de 60.000 l. El Polielectrolito aniónico que se almacena en palés en el edificio para su preparación y dosificación.

El agua tratada en los primarios se puede dirigir a tres puntos de la planta mediante tres salidas:

- Mediante un colector Ø2000 de 58,6 m para alimentar la balsa de regulación.
- Mediante un colector Ø2000 de 58,6 m para alimentar el canal de reparto a los reactores biológicos.
- Al aliviadero a cauce del primario situado a continuación de la arqueta de entronque con el canal de reparto de biológicos.

8.1.3.- Balsa reguladora

El agua ya sometida al tratamiento primario se puede almacenar en una balsa reguladora dispuesta para amortiguar la diferencia entre los caudales punta de entrada y los mínimos nocturnos.

Para ello se instala una balsa reguladora de tipo carrusel de 63.000 m³. Dispone de 22 agitadores sumergibles de 11 kW de potencia unitaria y ocho aireadores sumergibles, también de 11 kW para evitar la decantación de sólidos en su interior.

Mediante un bombeo la salida de la balsa se conecta al canal de reparto de entrada a los reactores biológicos para continuar su tratamiento

8.1.4.- Reactor biológico

El tratamiento previsto es de Fangos Activos. Se ha elegido la configuración denominada Bardenpho que es una de las que permiten la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo y que se adapta bien a las características del agua a tratar y al espacio donde hay que integrar los reactores.

Se adoptan 14 reactores agrupados en tres bloques de 4, 4 y 6 reactores respectivamente. La entrada de todos los reactores se realiza mediante un único canal de reparto en cabecera.

REACTORES

Las características de cada reactor son:

- Volumen unitario: 21.866 m³
- Longitud total útil: 100,05 m
- Ancho útil: 32,0 m
- Calado útil: 4,58 m.

Cada reactor está dividido en 5 zonas separadas por muros permeables mediante ventanas. Las longitudes útiles de cada zona son:

- Zona anaerobia de 9,20 m



- Zona anóxica de 27,0 m
- Zona aeróbica de 32,0 m.
- Zona Post-anóxica de 27,0 m
- Zona de reaireación de 5,0 m

La zona aeróbica de cada reactor está dotada de 9.708 difusores y la de reaireación de 360.

La aireación necesaria la proporcionan 22 soplantes de levitación neumática o magnética de 12.900 Nm³/h y 240 kW. Se ha seleccionado este número que a priori parece tan elevado para poder ajustar mejor la aireación a la carga diaria de entrada al tratarse de una planta con un elevado número de reactores y una fuerte variación diaria por lo que la curva de suministro de aire debe poder adaptarse a esta situación.

Las cámaras anaerobias, anóxicas y post-anóxicas están dotadas de 2 agitadores por cámara para evitar la decantación de los fangos en suspensión.

La salida de los reactores está dispuesta de forma que cada reactor está asociado a un decantador secundario pero de forma que a través de las conexiones que habrá entre las salidas de cada reactor será posible derivar los caudales de salida de un reactor al sistema de alimentación conjunto de los decantadores. Así se aumenta la flexibilidad de la planta para adaptarse a los cambios en las características de las aguas, a los planes de mantenimiento y a las emergencias

Se dispone de recirculación interna y externa en los reactores.

- La recirculación externa se realiza con 7 bombas centrifugas de 5.400 m³/h
- La recirculación interna se realizan mediante 2 bombeos por reactor. (28 bombas de pared de 4.200 m³/h) que recirculan licor mezcla entre el reactor aerobio y el primer reactor anóxico

DECANTADORES SECUNDARIOS:

Se implantan 14 decantadores circulares de succión de 54 m de diámetro y 4,50 m de calado útil.

Los fangos extraídos de cada decantador se recogen en 4 cámaras desde donde se envían los fangos a recirculación o a espesado mediante un sistema de bombas

ESTUDIO DE OLORES

En general, se trata de una instalación limpia, sin malos olores debido a que los espacios que generan más olores están confinados y desodorizados y las únicas láminas de agua al aire libre son los reactores y los decantadores secundarios.

8.1.5.- Tratamiento terciario

Esta fase del proceso tiene dos cometidos:

- Eliminar el fósforo del efluente hasta el límite especificado
- Filtrar y desinfectar el agua tratada hasta alcanzar el nivel de agua regenerada para riego de parques que se ha determinado (Calidad 1.2 del RD 1620/2007)



Está formado por dos edificios paralelos. Cada uno de ellos se ha dimensionado para tratar la mitad del caudal de diseño. Se encuentran situados a ambos lados del emisario de salida. Se puede tratar en el terciario el 100% del caudal. Cada uno de los edificios consta del siguiente equipamiento:

BOMBEO DE ELEVACIÓN. Desde la arqueta de entrada situada en el emisario hasta el canal de reparto de los decantadores lamelares mediante 4+1 bombas de 3.100 m³/h.

TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO. Se realiza en 5 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes situados en paralelo alimentados por un canal al que vierte el bombeo de elevación desde la arqueta de entrada.

Se ha incluido en los decantadores la posibilidad de utilizar microsílice como material de lastrado y reforzar su capacidad si fuese necesario. La utilización de esta microsílice se considera como un elemento auxiliar de seguridad, el equipo está dimensionado para trabajar sin requerir de su aportación.

Cada equipo está formado por:

- 1 Cámara de coagulación de 4,0x4,0 m de base y 4,0 m de altura útil con 1 agitador de 5,5 kW con dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC).
- 1 Cámara de floculación de 6,75x6,75 m² de base y 5,0 m de altura útil con 1 agitador de 1,5 kW con dosificación de Polielectrolito aniónico.
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 9,50x9,50 m y 5,40 m de altura útil.
- 1 equipo de separación de microarena de las purgas mediante hidrociclones para su reutilización

El PAC se almacena en 6 depósitos de 26.500 l y el Polielectrolito aniónico y la microsílice se almacenan en palés en el interior del edificio para su preparación y dosificación.

La salida de la línea de decantación está conectada a la línea de filtración mediante un canal de reparto para su paso a la siguiente fase.

FILTRACIÓN. Se realiza en 6 equipos de filtración textil por discos rotativos. Cada filtro está contenido en un tanque que se puede aislar mediante compuertas para los trabajos de mantenimiento y limpiezas periódicas.

Cada filtro tiene una capacidad de 1.440 m³/h. Está formado por 32 discos de 2,075 m de diámetro y un área de filtrado efectiva por filtro de 150 m². El grado de filtración es de 10 micras

Las purgas de los filtros textiles se unen a las de los decantadores lamelares en una arqueta para su impulsión al depósito de regulación de fangos primarios.

DESINFECCIÓN AVANZADA. Consta de dos fases.

1. **DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO.** Se adiciona en la salida de la filtración textil mediante 6 bombas dosificadoras de membrana de 15 l/h. El reactivo se almacena en un depósito de 26.500 l. Se prevé un consumo de peróxido diario de 1.108 l/día.

2. DESINFECCIÓN MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA. El sistema UV se instalará en 2 canales abiertos de 9.3 m de largo, 1,7 de ancho y 2,4 de profundidad.

Estarán situados a continuación de la filtración textil con capacidad para tratar un caudal punta 9.000 m³/h y mínimo de 2 500 m³/h. La cantidad máxima admisible de sólidos totales en suspensión para su funcionamiento resulta 5 mg/l.

Cada canal está dotado de 4 bancadas de 22 lámparas.

8.1.6.- Línea de fangos

Como se ha indicado anteriormente en la EDAR Sur se tratan los fangos generados en la propia planta pero también los generados en las EDAR de LA China y de Butarque que se transportan mediante una impulsión doble para fangos primarios y para fangos secundarios. La línea de proceso es:

- Espesado mecánico de todos los fangos primarios.
- Espesado mecánico de todos los fangos secundarios.
- Tratamiento mediante un sistema de HIDROLISIS TERMICA de los fangos secundarios.
- Mezcla de los fangos hidrolizados y los primarios en una cámara de mezcla.
- Digestión anaerobia de los fangos.
- Deshidratación de fangos en centrifugas.
- Transporte de los fangos deshidratados mediante cinta cubierta a la planta de secado térmico de lodos municipal existente en la parcela o a las tolvas de regulación necesarias para almacenar fango durante las paradas de la planta de secado térmico.
- Almacenamiento del biogás producido en gasómetro de membrana.
- Producción de energía eléctrica mediante motogeneradores

8.1.6.1.- *Espesado de fangos.*

El espesado de fangos primarios y de fangos en exceso se realiza en el edificio de espesado. Este edificio tiene dos niveles: en el inferior está la galería de reparto, los depósitos de fangos, salas de bombeos y depósitos de fangos espesados. En la zona superior esta la nave de espesamiento en la que están emplazados las baterías de espesadores mecánicos y equipos auxiliares. Todo el edificio está dividido en espacios confinados y desodorizados.

Al edificio de espesado llegan las siguientes conducciones:

- Impulsión de Butarque con los fangos de La China y Butarque. Está formada por una conducción de fangos primarios, otra de fangos secundarios y la tercera de reserva
- Conducción de fangos primarios desde el edificio de decantadores lamelares.
- Conducción de fangos de las purgas y limpiezas realizadas en los tratamientos terciarios.
- Conducción con los fangos en exceso del reactor biológico.

Los fangos se almacenan en dos depósitos subterráneos contiguos, rectangulares y de hormigón armado.

- 1 depósito de fangos primarios de 32,20x19,52x10 m y un volumen de 6.285 m³
- 1 depósito de fangos secundarios de 31,10x19,52x10 m y un volumen de 6.070 m³

La alimentación se realiza mediante conducciones situadas en una galería auxiliar situada por el lado exterior. Por el lado interior de los depósitos hay una sala donde se sitúan las bombas de tornillo.

Fangos primarios

Los fangos primarios se someterán a un tamizado antes de conducirlos al depósito mediante 2 tamices de 3 mm de malla de 286 m³/h.

Los fangos se extraen del depósito de regulación mediante 10 bombas de tornillo excéntrico de un caudal de 90 m³/h que están conectadas a los espesadores de tornillo.

Los espesadores mecánicos estos fangos primarios los componen 10 equipos situados en el piso superior del edificio, cada uno de ellos situado encima de su bomba de alimentación. Tienen un caudal nominal de 90 m³/h.

Los fangos espesados caen por gravedad a un depósito de fangos espesados situado debajo de la sala de espesadores de 32,20x8x10 m y un volumen de 2.568 m³ de hormigón armado contiguo a la galería de bombeos a espesado.

Los fangos espesados se impulsan posteriormente a la cámara de mezcla de fangos mediante una impulsión compuesta por 4 bombas de tornillo excéntrico de 150 m³/h situada en una galería contigua al depósito de fangos espesados.

Fangos secundarios

El proceso de espesado de los fangos secundario es idéntico al de los primarios y está situado en paralelo en el mismo edificio compartiendo las galerías de bombas y la nave de espesadores.

Los fangos se extraen del depósito de regulación mediante 10 bombas de tornillo excéntrico de un caudal de 100 m³/h que están conectadas a los espesadores de tornillo.

Se trata de 10 equipos situados en el piso superior del edificio, cada uno de ellos situado encima de su bomba de alimentación con un caudal nominal de 100 m³/h

Los fangos espesados caen por gravedad a un depósito situado debajo de la sala de espesadores de 31,10x8x10 m y un volumen de 2.488 m³ de hormigón armado contiguo a la galería de bombeos a espesado.

Los fangos espesados se impulsan posteriormente a la hidrolisis térmica mediante una impulsión compuesta por 6 bombas de tornillo excéntrico de 200 m³/h situada en una galería contigua al depósito de fangos espesados.

Los retornos de los todos los espesadores se recogen en un colector común para los 20 espesadores y se envían a la planta de tratamiento de retornos para eliminar el exceso de nitrógeno antes de reenviarse a cabecera de planta.



8.1.6.2.- Hidrolisis térmica

Los fangos secundarios espesados se tratan en una línea de hidrolisis térmica (THP) posteriormente se mezclan con los primarios en la cámara de mezcla y se envían a la digestión anaerobia.

El equipo está formado por un edificio que contiene la Predeshidratación y una estructura que contiene los reactores y equipos auxiliares de la THP.

8.1.6.2.1.- Descripción del proceso de hidrolisis térmica

La hidrólisis térmica (THP) es un pretratamiento de fangos que consiste en aplicar a los fangos alta presión y temperatura durante un cierto periodo de tiempo. Una vez conseguido la hidrolización de dichos lodos el proceso continúa con la digestión anaerobia mesofílica de los mismos.

El rango de temperaturas de estos procesos oscila entre 140-200 °C y la presión entre 6-20 bar, durante unos 30 minutos aproximadamente.

La THP ocasiona que las células se rompan (lisis) y desintegren, siendo más fácilmente degradables por los microorganismos anaerobios. Algunos sólidos en suspensión se solubilizan y los compuestos orgánicos de cadena larga se descomponen debido a reacciones de hidrólisis. El lodo procedente de la hidrólisis térmica presenta una baja viscosidad y una alta concentración de DQO soluble. De forma general, las ventajas de la hidrólisis térmica se pueden enumerar como:

- Reducción de la viscosidad del fango y no generación de espumas. Esto permite doblar la carga orgánica en el digestor (8-12% MS), reduciendo el volumen del digestor respecto a uno convencional.
- Obtención de fangos exentos de patógenos y estabilizados
- Reducción del volumen de lodos digeridos, al mejorar la digestión anaerobia de los fangos, así como la capacidad de deshidratación después de ésta.
- Mejora la deshidratación de los lodos en un 50-100% (se pueden alcanzar sequedades de un 40% MS), lo que hace que disminuya el volumen de lodos producidos.
- Alta eficiencia energética, ya que se puede emplear el calor residual de la cogeneración del biogás para la producción del vapor necesaria para la hidrólisis.
- Aumento de la biodegradabilidad y la producción de biogás en aproximadamente 30- 50%

Este sistema opera en discontinuo y está formado por unos tanques/reactores (pulper, reactor de hidrólisis térmica y flash) conectados en serie.

El lodo procedente de la depuración de las aguas residuales es previamente deshidratado en una batería de 6 centrifugas hasta conseguir un 17-19% de materia seca (MS). Una vez predeshidratado alimenta el pulper. En el pulper el lodo aumenta la temperatura hasta alcanzar 100 °C durante 1,5 horas. La energía utilizada para calentar el pulper procede del vapor recuperado en los reactores de hidrólisis y del depósito de expansión de las siguientes fases del proceso.



Una vez conseguidos los 100 °C, el lodo pasa al reactor donde tendrá lugar la hidrólisis térmica a 165 °C, aproximadamente, y 6-9 bar durante 20-30 minutos. Este lodo hidrolizado se introduce en un depósito de expansión lo que ocasiona la destrucción celular por caída de presión (explosión de vapor). El proceso de descompresión (Flash) reduce la temperatura del lodo hasta 100-105 °C durante 1,5 horas.

El lodo pretratado se enfría hasta la temperatura requerida para la digestión anaerobia mesófila (35 °C). Esto se realiza con el agua de dilución, intercambiadores de calor o mezclándolo con materias frías.

Este proceso optimiza el volumen de digestión necesario para digerir los fangos y mejora la producción de energía. Otra de sus ventajas es la producción de lodos higienizados. En nuestro caso, la obtención de lodos higienizados no es un objetivo a priori porque el destino final de los mismos es una planta de secado térmico pero es una posibilidad implícita en el sistema que pudiera resultar interesante en un futuro

8.1.6.2.2.- *Predeshidratación*

Para alcanzar la concentración de sólidos se deshidratan los fangos secundarios hasta alcanzar una sequedad mínima del 18%. Para ello se instalan 6+1 Centrifugas de 55 m³/h.

8.1.6.2.3.- *Hidrolisis térmica:*

Está formada por dos líneas de proceso líneas de 50 tMS/d cada una.

Se alimenta por una conducción de vapor de agua generado en una caldera situada en el edificio de deshidratación calentada mediante biogás.

8.1.6.3.- *Cámara de mezcla*

Depósito de hormigón armado rectangular de 560 m³ en dos cámaras con agitadores sumergidos donde se unen los fangos primarios y secundarios para alimentar la digestión anaerobia.

8.1.6.4.- *Digestión anaerobia*

Está formado por un conjunto de 10 digestores anaerobios, cilíndricos, de hormigón armado, aislados y con agitación mecánica tipo Scaba. Sus dimensiones unitarias son: 24 m de diámetro y 12 m de altura.

El tiempo de retención es de 16 días en tiempo seco y 10 en tiempo de lluvia.

Los equipos auxiliares de los digestores se agrupan en tres edificios que dan servicio a 4, 4 y 2 digestores respectivamente donde se implantan los equipos auxiliares de digestores

Equipamiento auxiliar de los digestores

- 1 intercambiador por digestor de 840.00 kcal/h
- 1 bomba de agua caliente por intercambiador de 115 m³/h
- 1 bomba de fango a calentar por intercambiador de 163 m³/h
- 5 calderas de biogás de 3.700.000 kcal/h con un sistema de alimentación centrífugo



- 5+1 dosificadoras de NaOH para regulación del pH en la digestión y un depósito de almacenamiento de 15.000 litros
- 10 bombas de tornillo de 10 m³/h para siembra y vaciado de digestores
- 5+1 bombas de dosificación de cloruro férrico para eliminación de sulfhídrico en el biogás de 120 l/h y 2 depósitos de almacenamiento de 20.000 litros

Los fangos digeridos se envían al edificio de deshidratación donde se encuentra el depósito de regulación y la sala de centrifugas.

8.1.7.- Deshidratación:

El edificio de deshidratación está compuesto por dos niveles, en el nivel inferior se sitúa el depósito de fangos digeridos de 29,71x8,90x9,60 m y un volumen de 2.538 m³ dotado de agitadores y una galería para las bombas de tornillo de alimentación de 65 m³/h que impulsan el fango a las centrifugas.

En el nivel superior se encuentra la sala de deshidratación que contiene:

- 10 Centrifugas de 65 m³/h.
- 10 bombas de transporte de fango deshidratado de 10 m³/h.
- 5 equipos de preparación de polielectrolito.

Los fangos deshidratados se transportan a la planta de secado de lodos municipal situada al lado del edificio.

En el caso de paradas de esta planta de secado se disponen 5 silos de 200 m³ desodorizados para almacenamiento de fangos y carga de camiones.

Los retornos de las centrifugas se envían a las plantas de eliminación de nitrógeno y fósforo para su reducción antes de enviarse a cabecera de planta

8.1.8.- Tratamiento de retornos

Eliminación de nitrógeno

Los retornos de la deshidratación y del espesado se tratan en una planta para la reducción de nitrógeno antes de su envío a cabecera de planta. Se estima un caudal de 4.006 m³/día (6.472 m³/d en tiempo de lluvia) y una concentración de NTK de 1.067 mg/l

Para su tratamiento se instala una planta de eliminación de nitrógeno tipo ANAMMOX formada por 3 reactores de 1.230 m³ para un caudal de 6500 m³/d.

Eliminación de fosforo

Se mantiene la planta existente de eliminación de fosforo mediante la producción de estruvita con una capacidad de 2000 kg/d de estruvita. La estruvita es un mineral de alto poder fertilizante. Se genera en un reactor a partir de los retornos muy cargados de fosfatos,

8.1.8.1.- Línea de gas

El gas producido en los 10 digestores se concentra en los tres edificios auxiliares de digestión donde se alimentan las calderas y se envían a los 8 gasómetros de membrana

de 4.000 m³ dispuestos para el almacenamiento y regulación del mismo. Además se incluyen 4 antorchas de seguridad de capacidad unitaria 3.000 m³/h de gas.

El biogás almacenado en los gasómetros se envía al edificio de motogeneración donde están situados 8 motogeneradores de 1.355 kWe para la producción de energía eléctrica.

8.2.- DESODORIZACIÓN

Para el diseño de la desodorización se ha proyectado el confinamiento de las distintas unidades de proceso que se encuentran dentro de los edificios de pretratamiento, primario, terciario y edificios de la línea de fangos mediante cubiertas localizadas.

Todos los edificios disponen de extracción y tratamiento del volumen total de aire alojado para evitar la dispersión de posibles fugas.

Con este planteamiento se logra optimizar el caudal de aire a tratar y se consigue la máxima eficiencia de todas las unidades de desodorización. Como ventajas adicionales de este diseño se tiene la gran reducción de las emisiones de olor en los distintos ambientes de trabajo dentro de los edificios, mejorando sustancialmente las condiciones de trabajo del personal de explotación en cuanto a seguridad, salubridad y confort.

El sistema de desodorización está formado por una serie de equipos de desodorización por vía biológica o BIOTRICKLING de 100.000 m³/h y 150.000 m³/h formados por:

- Dos (2) torres de contacto.
- Un (1) ventilador centrífugo s
- Dos (2) bombas de recirculación s
- Almacenamiento en dos depósitos de 1.000 litros de nutrientes, con sus correspondientes bombas de dosificación

La distribución de equipos resulta como sigue:

Nº DE EQUIPOS DE BIOTRICKLING			
EDAR	EDIFICIO	CAPACIDAD EQUIPO m ³ /h	Nº EQUIPOS
SUR	PRETRATAMIENTO DECANTADORES LAMELARES	150.000,00	3
	TERCIARIOS	100.000,00	2
	ESPESADO	100.000,00	1
	PREDESHIDRATACIÓN	100.000,00	1
	EDIFICIOS DIGESTION	100.000,00	1
	DESHIDRATACIÓN	100.000,00	1
	MOTOGENERACIÓN	100.000,00	1

8.3.- MICROTURBINAS

Se mantienen las 2 turbinas Semi - Kaplan montadas en paralelo existentes en la salida del efluente a cauce para aprovechar el salto hidráulico neto de 3,20 m con una potencia de 85,15 kW.

8.4.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se ha comprobado que la acometida y centros de transformación actuales que suministran a la EDAR Sur disponen de margen suficiente de potencia para la nueva planta. Tan sólo se realizarán las renovaciones de los equipos que se considere en el momento de redactar el proyecto constructivo.

Teniendo en cuenta que la EDAR produce energía eléctrica con su motogeneración y con las Miniturbinas de la salida, es posible que sea excedentaria de energía eléctrica y sea necesario incluir una línea de salida.

Se dispondrá de una línea principal desde el CT que conecte los CCM en donde se conectaran los cuadros de todo el equipamiento, el suministro de los edificios y la red de alumbrado

CT	ACTUAL
CCM1	PRETRATAMIENTO Y PRIMARIO
CCM2	REACTOR BIOLÓGICO
CCM3	TERCIARIOS
CCM4	ESPEADO DE FANGOS
CCM5	DESHIDRATACIÓN DE FANGOS
CCM6	MOTOGENERACIÓN

8.4.1.- Potencia

La potencia de la planta que resulta según el diseño resulta:

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
2. PRETRATAMIENTO				
Diseño nuevos pozos de gruesos				
compuertas	6	6	0,40 kW	2,40 kW
2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS				
compuerta	12	12	0,40 kW	4,80 kW
Número de rejillas instaladas:	4	4	3,00 kW	12,00 kW
Sistema de evacuación de residuos:				
			<i>Tornillo transportador</i>	
	1	1	3,00 kW	3,00 kW
			<i>A prensa de residuos</i>	
	1	1	5,50 kW	5,50 kW
Descarga de sólidos:				
2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS				
Nº de tamices instalados:	4	4	3,00 kW	12,00 kW
Sistema de evacuación de residuos:				
			<i>Tornillo transportador</i>	
	1	1	3,00 kW	3,00 kW
			<i>Prensa de residuos</i>	
	1	1	5,50 kW	5,50 kW
Sistema de prensado de residuos:				
2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO				
Nuevo diseño desarenado-desengrasado				
Nº de desarenadores instalados:	5	5	0,25 kW	1,25 kW
Aislamiento:				
			<i>Compuertas</i>	
	10	10	0,33 kW	3,30 kW

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS <i>motorizadas.</i>				
Nº bombas instaladas <i>bombeo de arenas</i>	10	5	2,20 kW	11,00 kW
<i>nº de instalaciones de lavado</i>	1	1	1,75 kW	1,75 kW
2.2.7. DESEMULSIÓN DE GRASAS				
Nº de soplantes instaladas:	4	3	100,0	300,00 kW
Nº de concentradores:	2	2	1,20 kW	2,40 kW
3. TRATAMIENTO PRIMARIO				
3.1. ELEVACIÓN DE AGUA DECANTADA A PRIMARIOS				
Nº de bombas instaladas:	6	5	105	525,00 kW
Sistema de elevación de bombas: <i>Puente grúa.</i>	1	1	7,00 kW	7,00 kW
3.2. NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO				
3.2.1. CÁMARAS DE MEZCLA				
Nº de agitadores	8	8	4,00 kW	32,00 kW
3.2.2 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN				
Nº de agitadores	8	8	4,00 kW	32,00 kW
3.2.3 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS				
Cloruro férrico				
Nº bombas dosificadoras instaladas	16	14	0,20 kW	2,80 kW
ALMACENAMIENTO DE CLORURO FÉRRICO				
Nº de depósitos de almacenamiento:	4	4	1,00 kW	4,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº bombas dosificadoras instaladas	16	14	0,20 kW	2,80 kW
3.2.4 DECANTACIÓN PRIMARIA LAMELAR				
Nº de decantadores instalados:	8	8	12,50 kW	100,00 kW
Compuertas	25	25	0,33 kW	8,25 kW
3.2.6. PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS				
purga de fangos primarios:	8	7	13,25 kW	92,75 kW
3.2.7. CAUDALES A TRATAMIENTO BIOLÓGICO				
3.2.8. Balsa de Regulación				
Agitadores	18	18	10,00 kW	180,00 kW
Bombeo vaciado	5	4	25,25 kW	101,00 kW
4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO				
4.1. REACTOR BIOLÓGICO				
Compuertas	35	35	0,50 kW	17,50 kW
Eliminación de fósforo en biológico				
Nº bombas dosificadoras instaladas	14	14	0,20 kW	2,80 kW
4.4. DOSIFICACIÓN DE METANOL				
Nº de depósitos de almacenamiento:	6	6	0,50 kW	3,00 kW
Nº bombas dosificadoras instaladas	14	7	0,20 kW	1,40 kW

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
suministro de aire a reactores Nº unidades instaladas:	22	19	320,00 kW	6.080,00 kW
4.7. AGITACIÓN Zona anaerobia Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
Zona anóxica Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
Zona post-anóxica Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
4.8. RECIRCULACIONES Recirculación externa de fangos Nº ud instaladas:	7	7	38,00 kW	266,00 kW
Recirculación interna a zona anóxica Nº ud instaladas:	28	14	4,20 kW	58,80 kW
4.10. DECANTACION SECUNDARIA Nº de decantadores en servicio:	14	14	0,60 kW	8,40 kW
4.11. EXTRACCIÓN DE FLOTANTES Nº de bombas previstas:	6	5	1,50 kW	7,50 kW
5. TRATAMIENTO TERCIARIO				
5.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO				
compuertas	4	4	0,20 kW	0,80 kW
Nº de bombas instaladas:	10	8	25,00 kW	200,00 kW
Sistema de elevación de bombas: Puente grúa.	8	8	6,00 kW	48,00 kW
5.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO				
5.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA				
Nº de agitadores por línea:	10	10	5,50 kW	55,00 kW
5.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN				
Nº de agitadores por línea:	10	10	1,50 kW	15,00 kW
3.2.4 DECANTACIÓN PRIMARIA LAMELAR				
Nº de decantadores instalados:	10	10	12,50 kW	125,00 kW
Compuertas	25	25	0,20 kW	5,00 kW
5.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS				
PAC (17% Al₂O₃)				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
Nº depósitos de almacenamiento:	5	5	0,40 kW	2,00 kW
POLIELECTROLITO ANIÓNICO				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
preparador de polielectrolito	2	2	1,50 kW	3,00 kW
5.4 FILTRACIÓN				
Nº de filtros a instalar:	14	14	1,00 kW	14,00 kW
5.5 OXIDACIÓN AVANZADA				
5.5.1. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO				

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
Nº de bombas dosificadoras:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
Nº de depósitos:	2	2	0,30 kW	0,60 kW
5.5.2. DESINFECCIÓN UV				
Nº de canales:	4	4	22,00 kW	88,00 kW
2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS				
6.1 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS SUR A ESPESADO				
Nº de bombas de purga instaladas:	4	3	1,80 kW	5,40 kW
6.2 TAMIZADO DE FANGOS PRIMARIOS				
Nº de tamices instalados:	2	2	3,00 kW	6,00 kW
6.3 ESPESADORES DE FANGOS PRIMARIOS				
Bomba de tornillo excéntrico				
Nº de unidades instaladas:	10	9	2,70 kW	24,30 kW
Espesadores de tornillo				
Nº de unidades instaladas:	10	9	3,00 kW	27,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº de equipos poli	2	2	0,20 kW	0,40 kW
6.4 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS ESPESADOS A DIGESTION				
Nº de unidades instaladas:	4	3	4,50 kW	13,50 kW
6.5 BOMBEO DE FANGOS EN EXCESO				
Nº unidades instaladas	6	5	8,90 kW	44,50 kW
6.6 ESPESADO DE FANGOS SECUNDARIOS				
Bombeo de fangos secundarios de Sur a flotación				
Nº de unidades instaladas:	10	9	1,80 kW	16,20 kW
Espesadores de tornillo				
Nº de unidades instaladas:	10	9	3,00 kW	27,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº de equipos poli instalados	3	2	0,20 kW	0,40 kW
Bombas dosificadoras de polielectrolito a flotación				
Nº unidades instaladas:	5	4	0,05 kW	0,20 kW
Acondicionamiento de fangos				
Nº de equipos poli:	2	2	0,20 kW	0,40 kW
Electroagitadores depósitos de fangos				
Nº unidades	12	12	2,00 kW	24,00 kW
6.8 BOMBEO A HIDROLISIS TERMICA				
Impulsión de fangos espesados homogeneizados a HT				
Nº de bombas instaladas	6	5	1,50 kW	7,50 kW
6.9 HIDRÓLISIS TERMICA				
6.9.1 PREDESHIDRATACIÓN				
6.9.2. EQUIPOS DE PREDESHIDRATACIÓN				
Centrífugas	7	6	15,00 kW	90,00 kW
6.9.3. HIDROLISIS TERMICA				

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
líneas de trabajo	2	2	5,00 kW	10,00 kW
6.9 CÁMARA DE MEZCLA FANGOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS				
Sistema de homogeneización: Agitadores sumergidos	4	4	1,50 kW	6,00 kW
6.10. DIGESTIÓN DE FANGOS				
6.10.1 DIGESTORES				
Digestores				
Nº de digestores total dispuestos:	10	10	0,10 kW	1,00 kW
CALEFACCIÓN DE FANGOS				
Nº de intercambiadores:	10	10	0,00 kW	0,00 kW
Nuevo diseño bombas agua caliente a intercambiadores				
Nº de bombas de agua	10	10	5,00 kW	50,00 kW
bombas de fango a calentar				
Nº de bombas de fango en servicio:	10	10	3,25 kW	32,50 kW
diseño calderas				
Nº de calderas instaladas:	5	5	0,20 kW	1,00 kW
circuito de seguridad y retorno (anticondensación calderas)				
Nº de bombas en servicio:	10	10	1,20 kW	12,00 kW
6.10.3 SISTEMA DE REGULACIÓN DE pH EN DIGESTIÓN				
Nº de bombas dosificadoras instaladas:	6	6	0,10 kW	0,60 kW
6.10.4 AGITACIÓN DE DIGESTORES				
Agitador mecánico tipo Scaba.	10	10	2,10 kW	21,00 kW
6.10.5 BOMBEO DE SIEMBRA Y VACIADO				
Número de bombas instaladas:	10	10	0,20 kW	2,00 kW
6.10.6 DOSIFICACIÓN DE CLORURO FÉRRICO PARA FIJACIÓN DEL SH2				
Nº de bombas instaladas:	6	5	0,25 kW	1,25 kW
6.15 LÍNEA DE GAS				
Nº de gasómetros:	8	8	0,30 kW	2,40 kW
6.16 ALMACENAMIENTO DE FANGOS DIGERIDOS				
Nº de agitadores instaladas:	4	4	2,50 kW	10,00 kW
6.17 DESHIDRATACIÓN DE FANGOS				
6.17.3.1 BOMBEO DE FANGOS A DESHIDRATACIÓN				
Nº de unidades:	10	9	3,50 kW	31,50 kW
6.17.3.2 INSTALACIONES DE DESHIDRATACIÓN				
Nº de unidades instaladas:	10	9	15,00 kW	135,00 kW
6.17.4 FANGOS DESHIDRATADOS				
Nº de bombas adoptado:	10	9	1,50 kW	13,50 kW
Nº de silos:	5	5	0,10 kW	0,50 kW
6.17.5 ACONDICIONAMIENTO DE FANGOS A CENTRÍFUGAS				
Nº de equipos preparación de poli:	5	4	1,80 kW	7,20 kW
Nº bombas instaladas:	10	9	0,15 kW	1,35 kW



EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
6.18 TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES DE DESHIDRATACIÓN				
6.18.2 BOMBEO A TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES				
Nº de bombas instaladas:	5	4	1,25 kW	5,00 kW
6.18.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE SOBRENADANTES				
Nº de líneas adoptadas:	3	3	10,00 kW	30,00 kW
2.7 COGENERACIÓN				
Nº de motores en servicio:	6	6	1,00 kW	6,00 kW
Alimentación de biogás a motogeneradores				
Nº de supresores instalados:	9	9	0,10 kW	0,90 kW
Desulfuración de gas				
Nº de equipos de desulfuración instalados:	8	8	0,20 kW	1,60 kW
Iluminación y servicios	1	1	500,00 kW	500,00 kW
Desodorización				
PRETRATAMIENTO+LAMELARES	3	3	25,00 kW	75,00 kW
TERCIARIOS	2	2	15,00 kW	30,00 kW
ESPEADO	1	1	15,00 kW	15,00 kW
PREDESHIDRATACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
EDIFICIOS DIGESTION	1	1	15,00 kW	15,00 kW
DESHIDRATACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
MOTOGENERACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
				9.977,40 kW
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD	0,85			8.480,79 kW

La potencia absorbida que resulta es de 8.481 kW

8.4.2.- Acometida eléctrica

La empresa distribuidora es UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN. La acometida es aérea y es de titularidad de UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN hasta los polos del seccionador general de la subestación de la EDAR Sur.

En estos momentos hay abierto un expediente en UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN para la instalación de dos interruptores telemandados en las derivaciones a la EDAR Sur y Arroyo Culebro Cuenca Baja.

Los derechos de acometida reconocidos por la distribuidora son de 5.100 kW. La subestación de la EDAR Sur tiene una potencia de 11.000 kVA.

Así pues, la acometida actual soporta la nueva instalación.

8.5.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La instalación de control será un Sistema de Control Distribuido (DCS), basado en controladores lógicos. Por ello, toda la señalización eléctrica concurrirá en cuadros donde se puedan centralizar todas las señales necesarias para arrancar dicho sistema.

Existirá una red de fibra óptica que unirá todos los autómatas en un anillo redundante.



La instalación de control tendrá esta estructura:

NIVEL DE SUPERVISIÓN - OPERACIÓN

- Una estación de operación para supervisión y operación de toda la planta. Contará con impresora de inyección para informes, y matricial para alarmas.
- Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para emergencias en caso de caída de la tensión.
- El bus de comunicaciones entre estos puestos será del tipo Ethernet Ofimática.
- Un sistema videowall para visualización de la planta a gran escala situado en la sala de control.

NIVEL DEL PROCESO

- Un controlador lógico (PLC), asociado a cada Centro de Control de Motores, para gestión de los equipos asociados a él.

PLC 00	ACTUAL
PLC 01	PRETRATAMIENTO Y PRIMARIO
PLC 02	REACTOR BIOLÓGICO
PLC 03	TERCIARIOS
PLC 04	ESPEADO DE FANGOS
PLC 05	DESHIDRATACIÓN DE FANGOS
PLC 06	MOTOGENERACIÓN

- El bus de comunicación entre los procesadores y el nivel de supervisión será de tipo Ethernet Industrial y se ejecutará en fibra óptica.
- Los controladores lógicos estarán sobredimensionados para que sigan siendo válidos en ampliaciones o cambios de equipamiento futuros

NIVEL DE CAMPO

Cada PLC tendrá asociadas tantas estaciones remotas como sean necesarias. Cada estación remota se encargará de la adquisición de las señales de entrada y salida correspondientes.

El bus de comunicación entre los PLC y las estaciones remotas será de tipo Profibus, sobre fibra óptica, y totalmente redundante. Todas las estaciones remotas estarán sobredimensionadas con un 25 % más de las señales necesarias y con los bastidores de capacidad suficiente para asimilar las tarjetas a instalar en un futuro.

En la definición de las señales digitales y analógicas de los equipos, se seguirán los criterios siguientes:

- Motores con un solo sentido de giro.
 - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).

- Una salida digital para orden de marcha.
- Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores con doble sentido de giro para válvulas o compuertas: dos entradas digitales para indicación de abierta o cerrada.
 - Dos entradas digitales para confirmación de abriendo o cerrando.
 - Una entrada digital para aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
 - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
 - Dos salidas digitales para órdenes de abrir y cerrar.
 - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores regulados por variadores de frecuencia.
 - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
 - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
 - Una salida digital para orden de marcha.
 - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
 - Una salida analógica para orden desde el variador de frecuencia.
- Electroválvulas.
 - Una salida digital para orden de activación.
 - Una entrada digital para indicación de estado.
- Instrumentación.
 - Una entrada digital para indicación de estado.
 - Una entrada analógica para recepción del valor medido.
- Equipos compactos con cuadro propio.
 - Tantas entradas digitales como procedan en cada caso; pero, como mínimo, una para confirmación de funcionamiento, más una de aviso de anomalía.

El sistema de control, así como la gestión general de las instalaciones, se realizará mediante esquemas realizados en una programación gráfica y orientada a objetos.

INSTRUMENTACIÓN.

Asociado a la red de control se implantará un conjunto de elementos de medida que cubran todos los parámetros necesarios para controlar la EDAR.

- Estaciones automática de entrada y salida con medida en línea de DBO5, DQO, SS, N y P
- Caudalímetros electromagnéticos.
- Caudalímetros por correlación ultrasónica para canales abiertos o tuberías semillenas:
- Caudalímetros ultrasónicos sobre vertedero



- Medidores de caudal de tipo másico en conducciones de aire y gas
- Medidores de presión
- Medidores de pH
- Medidores de temperatura
- Medidores de oxígeno disuelto
- Medidores de potencial Redox
- Medidores de nitrógeno, nitratos y amonio
- Medidores de fósforo y fosfatos
- Medidores másicos de fangos
- Medidores de nivel tipo radar en depósitos de reactivos, arquetas y canales

9.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el Anejo 5 se realiza un estudio detallado de la geología de la zona de las actuaciones así como de los aspectos geotécnicos más relevantes.

Como resumen del estudio destacamos que el terreno de cimentación que se presenta en todos los elementos del sistema es, a nivel superficial, QAL (aluvial del río), quedando por debajo el sustrato FY de yesos, sobre todo en algunas zonas en una franja próxima al río

En general, las cimentaciones se desarrollarán sobre el horizonte QAL cuando se determine cimentar superficialmente, mediante zapatas aisladas o corridas y losas; y se definirán sobre el horizonte, más o menos profundo, FY, cuando el primer horizonte no presente las condiciones adecuadas. En este caso se recomendará la cimentación profunda mediante pilotes que trabajarán fundamentalmente por punta.

Así pues incluimos en el Estudio de la EDAR SUR el pilotaje de las estructuras más próximas al cauce, los decantadores secundarios y los tratamientos terciarios, esto es aproximadamente 45.540 m² de superficie pilotada, con una distribución de 1 pilote cada 9 m² se obtienen 5.060 pilotes excavados de hormigón, de longitud de 8 m y diámetro 500 mm, lo que supone 40.480 m totales de pilotado.

El objetivo es, a partir de la información recopilada de la zona, en conjunción con los nuevos datos obtenidos y recopilados, obtener un conocimiento preciso de los materiales afectados y de sus características y propiedades geotécnicas básicas, que ayuden a la toma de decisiones inicial, en cuanto a las cimentaciones especiales que se deberían adoptar, y al diseño de las infraestructuras que para la construcción del sistema se necesite ejecutar.

Geológicamente, la zona de ubicación de la EDAR Sur se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo, y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid.

Los materiales presentes se depositaron durante el Mioceno, pudiendo ser incluidos en la Unidad Inferior del Mioceno. En esta unidad, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca. A lo largo del trazado se atraviesan materiales de las facies intermedias y centrales (formación peñuelas y formación yesífera), aunque todos estos materiales están recubiertos por depósitos de origen aluvial o antrópico.

Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares. El sistema morfogenético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N -S, el que marca la morfología general de la zona. La escorrentía superficial produce acarreamiento en los taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos. El paisaje resulta una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas en las que se han constituido dos niveles de erosión distintos.



Hidrogeológicamente la zona de estudio pertenece a la Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid – Talavera, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid, el cual es un acuífero multicapas, constituido por una serie de niveles arenosos, más permeables, englobados en una masa arcillosa ó arenoarcillosa que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.

En lo referente a la sismicidad de la zona, según se indica en el mapa recogido en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se ubica en un sector con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g. En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque se tendrá en cuenta el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras proyectadas, no es obligado normativamente.



10.- OTROS ASPECTOS DEL ESTUDIO

10.1.- ACOMETIDAS DE SERVICIOS

Las nuevas infraestructuras definidas en este estudio no necesitarán de ninguna acometida nueva de servicios. Se han revisado las acometidas actuales y sus características son válidas para la nueva planta diseñada.

10.2.- SEGURIDAD Y SALUD

Las obras aquí definidas necesitan de un Estudio de Seguridad y Salud según lo dispuesto en Real Decreto 1627/1997, de 24 octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, y en concreto de lo establecido en el Artículo 4: Obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud::

El presupuesto de ejecución por contrata del proyecto es superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).

La duración estimada de las obras es superior a 30 días laborales empleándose en algún momento más de 20 trabajadores simultáneamente.

El volumen de mano de obra estimado es superior a 500 días de trabajo.

Sin embargo, no se incluye el Estudio de Seguridad y Salud por no ser necesario para un Estudio Informativo pero sí que se incluye en el presupuesto una valoración aproximada del coste de los elementos para la Seguridad y Salud durante la construcción de las obras.

10.3.- RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

En el anejo 14 Residuos de construcción y demolición se incluye el estudio y la estimación de los residuos de construcción generados durante las obras.

La mayor cantidad de residuos se corresponde con las demoliciones, en este caso se obtienen 312.281,39 m³ de residuos de demolición.

Estos materiales serán transportados a vertedero autorizado. En el Estudio de Impacto Ambiental se detallan los vertederos existentes en la zona.

10.4.- MEDIDAS CORRECTORAS

En el anejo 11 Medidas correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental se muestra el listado y la valoración de las medidas correctoras de acuerdo con el Estudio de impacto Ambiental que acompaña a este Estudio Informativo.

10.5.- SERVICIOS AFECTADOS

Todas las obras incluidas en este estudio informativo se realizan dentro de la propia parcela de la actual EDAR Sur y en una pequeña parte de la parcela colindante aguas abajo donde no se ha detectado la existencia de servicios.

Por ello no se espera la afección a ningún servicio propietario de un tercero.



10.6.- TERRENOS AFECTADOS

En el anejo 12 Parcelario y terrenos afectados se indican los terrenos que se van a ver afectados por la ejecución de las obras descrita en este estudio. Tan solo se afecta a la parcela situada aguas abajo de la parcela de la EDAR actual. Esta afección se fija en 0,72 ha.

10.7.- INUNDABILIDAD

En el Anejo 6 Inundabilidad e hidrología se analiza la afección a las zonas inundables, Zona de Flujo Preferente y zona de DPH de las nuevas infraestructuras. La nueva planta propuesta no aumenta la afección a estas zonas respecto a la situación actual.

- La práctica totalidad de la planta se encuentra en zona inundable
- No existe afección a la Zona de Flujo Preferente
- Parte de las nuevas actuaciones se sitúan en la Zona de Policía
- No existe afección a la Zona de Servidumbre ni a la zona de Dominio Público Hidráulico.



11.- VALORACIÓN ESTIMADA

El coste total de las obras definidas en el Estudio informativos se indica en las siguientes tablas.

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO		
1	Colectores	15.787.200,00 €
1.1	Obra civil	15.787.200,00 €
2	EDAR	207.500.303,83 €
2.1	Obra civil	53.183.828,88 €
2.2	Urbanización	12.063.832,14 €
2.3	Equipos	83.295.000,65 €
2.4	Edificación	30.394.857,00 €
2.5	Electricidad e instrumentación	28.562.785,16 €
3	Gestión de residuos	2.874.262,06 €
4	Otros	9.798.853,88 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		235.960.619,77 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y CINCO MILLONES NOVECIENTOS SESENTA MIL SEISCIENTOS DIECINUEVE EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS (235.960.619,77 €)

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		235.960.619,77 €
Gastos generales	13,00%	30.674.880,57 €
Beneficio industrial	6,00%	14.157.637,19 €
Suma		280.793.137,53 €
IVA	21,00%	58.966.558,88 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		339.759.696,41 €

Aplicando los porcentajes de Gastos Generales (13%), del Beneficio Industrial (6%) y el IVA (21 %) asciende el presupuesto base de licitación a la cantidad de TRESCIENTOS TREINTA Y NUEVE MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS (339.759.696,41 €)



12.- CONTENIDO DEL ESTUDIO

El Estudio informativo consta de los siguientes documentos:

DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

1. ANTECEDENTES
2. FICHA-RESUMEN
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
4. TOPOGRAFÍA
5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
6. INUNDABILIDAD E HIDROLOGÍA
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE VERTIDO
8. ESTUDIO DE POBLACIÓN, CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES
9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN
11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS
13. SERVICIOS AFECTADOS Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS
14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO II. PLANOS

DOCUMENTO III. PRESUPUESTO

1. MEDICIONES
2. CUADRO DE PRECIOS Nº1
3. PRESUPUESTOS PARCIALES Y GENERAL



13.- CONCLUSIONES

Se considera que el Proyecto Informativo cumple con la normativa vigente y que está correctamente redactado.

Madrid, Septiembre de 2020

Por CYGSA

Dirección General del Agua

El autor del Proyecto Informativo
Joaquín Briones Martínez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El Director del Contrato
Ángel Cajigas Delgado
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ANEJOS



ANEJO N°1. ANTECEDENTES

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES.....	2
2.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	4
3.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO	5



1.- ANTECEDENTES

El Ministerio de Medio Ambiente (ahora Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en colaboración con las Comunidades Autónomas, redactó el “Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015”, para dar respuesta a las nuevas necesidades planteadas por la Directiva Marco del Agua y establecer un conjunto de actuaciones derivadas de las declaraciones de zonas sensibles que exigen la ejecución de una serie de ampliaciones y reformas para implantar un tratamiento más riguroso en muchas de las estaciones de depuración de agua residuales (EDAR en adelante) situadas en esas zonas.

Con fecha 21 de septiembre de 2009 se firmó el “Protocolo General de Colaboración en Ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015” entre el entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ayuntamiento de Madrid. En dicho Protocolo se estableció que la Administración General del Estado ejecutaría y financiaría las siguientes actuaciones, **declaradas posteriormente de Interés General del Estado por Ley 26/2009 de Presupuestos Generales:**

- **Aglomeración de La China-Butarque**
- **Aglomeración Sur**

La finalidad de esta actuación es proporcionar la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales que son conducidas a las EDAR de La China, Butarque y Sur hasta alcanzar la calidad requerida para cumplir con el buen estado de las aguas del río Manzanares, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia, así como también para adecuar las instalaciones existentes ya obsoletas para su integración ambiental en el entorno.

La normativa básica que rige el tratamiento de aguas residuales urbanas es:

- La **Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua)** por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas entró en vigor el 22 de diciembre del 2000. La trasposición de esta Directiva se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del **texto refundido de la Ley de Aguas** por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- El **Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental**, tiene por objeto establecer criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas; definir los criterios, condiciones de referencia y los límites de cambio de clase para clasificar el estado ecológico de las masas de agua; establecer las NCA de las sustancias prioritarias y preferentes para clasificar el estado de las aguas, así como definir el procedimiento para el cálculo de estas



normas para los contaminantes específicos; y por último, recoger las obligaciones de intercambio de información y definir el sistema de información sobre el estado de las aguas en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

- La **Directiva 91/271/CE, de 21 de mayo**, la cual establece cuáles son los requerimientos mínimos para realizar la recogida, el tratamiento y los vertidos de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por **RD 817/2015**, el **R.D. Ley 11/1995**, el **R.D. 509/1996**, que lo desarrolla, y el **R.D. 2116/1998** que modifica el anterior
- **Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre**, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas

El largo periodo de tiempo transcurrido desde la construcción de dichas EDAR y la necesidad de adaptarlas a las nuevas exigencias requiere un análisis en profundidad del estado de las instalaciones existentes y como consecuencia la determinación de las actuaciones a llevar a cabo.



2.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, en su artículo 7 describe los proyectos que deben ser objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria o simplificada. La Ley hace referencia a los proyectos contenidos en sus anexos I (para evaluaciones ordinarias) y II (para las simplificadas).

La Ley contempla en su anexo I las plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes-equivalentes.

El estudio de soluciones de las aglomeraciones urbanas de La china, Butarque y Sur busca, entre otros aspectos, el tratamiento de aguas residuales de tres plantas que juntas suman una capacidad de más de 5.800.000 habitantes equivalentes y que independientemente tienen una capacidad aproximada de 1.300.000 habitantes-equivalentes La China, 1.600.000 habitantes-equivalentes Butarque y 2.900.000 habitantes-equivalentes Sur.

Por tanto el estudio de soluciones se encuentra dentro de las actividades consideradas en el anexo I y debiendo ser sometido a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario.

Dicho Estudio de Impacto Ambiental debe ir acompañado de un proyecto o documento técnico en el cuál se definan las actuaciones sometidas a evaluación ambiental.



3.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO

Durante el análisis de la situación actual del sistema de saneamiento de las aglomeraciones China-Butarque-Sur se pudo observar que la actual Estación Depuradora Sur (EDAR Sur) había quedado obsoleta, excepto por su tratamiento primario de construcción más actual, y que su diseño no permitía la eliminación biológica de nutrientes en condiciones óptimas.

El objetivo final del estudio sobre estas aglomeraciones no es otro que alcanzar un buen estado del cauce del Manzanares a su paso y aguas abajo de la ciudad de Madrid, por ello, ha sido necesario definir e incluir en el Estudio de Impacto Ambiental, las actuaciones necesarias para adecuar la EDAR Sur al cumplimiento de la normativa actual y que además, realice su función con una afección mínima al entorno natural dónde se ubica.

En este PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR. se realiza una definición, a nivel de estudio informativo, de estas actuaciones con el fin de dotar de un documento técnico de apoyo al Estudio de Impacto Ambiental al cuál acompaña.



ANEJO Nº2. FICHA RESUMEN

ÍNDICE

1.- FICHA RESUMEN	2
-------------------------	---



1.- FICHA RESUMEN

A continuación se presenta la ficha RESUMEN del proyecto.

DATOS GENÉRICOS

Nombre de la EDAR:	SUR
Nombre de la aglomeración	CHINA-BUTARQUE-SUR
Municipios a los que da servicio:	MADRID

VERTIDO

Cauce inmediato	MANZANARES
Cauce principal	JARAMA

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

PROYECTADA:

Ocupación (ha)	43,5
Superficie liberada (ha)	-0,70

COSTE DE IMPLANTACIÓN

Presupuesto estimado (con IVA):	339.759.696,41 €
---------------------------------	------------------

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DATOS DE PARTIDA

Habitantes equivalentes (e-h)	2.937.600
Q nominal(m ³ /s)	3
Q tiempo de lluvia (m ³ /s)	5

LÍNEA DE AGUA

PRETRATAMIENTO

Pozo de gruesos	SI
Desbaste de gruesos	SI
Desbaste de finos	SI
Bombeo AB	SI
Desarenado/desengrasado	SI

TRATAMIENTO PRIMARIO

Tipología	
Decantación lamelar con recirculación de fangos	LAMELAR
Balsa de regulación para agua pretratada	SI

TRATAMIENTO SECUNDARIO

REACTOR

Tipología de la tecnología existente:	FANGOS ACTIVOS
Tipología de la tecnología proyectada:	FANGOS ACTIVOS CON ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE N Y P

DECANTADOR SECUNDARIO

Unidades	14
Recirculación de fangos	SI

TRATAMIENTO TERCIARIO

Tratamiento	
Filtración textil de 10 micras	SI
Desinfección ultravioleta:	SI
Desinfección H ₂ O ₂	SI



	SI
LÍNEA DE FANGOS	
Destino	SUR
Espesamiento	SI
Deshidratación	SI
Hidrolisis térmica	SI
Digestión anaerobia	SI
Deshidratación centrífuga	SI
Motogeneración	SI



ANEJO Nº3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

ÍNDICE

1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA	2
1.1.- CUENCAS	3
1.1.1.- Cuenca de la EDAR de Viveros	4
1.1.2.- Cuenca de la EDAR de La China.....	5
1.1.3.- Cuenca de la EDAR de La Gavia.....	6
1.1.4.- Cuenca de la EDAR Butarque	7
1.1.5.- Cuenca de la EDAR Sur	8
1.1.6.- Cuenca de la EDAR Suroriental.....	10
1.2.- EDAR SUR	10
1.3.- ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DEL MANZANARES.....	11
2.- DIAGNOSIS DE LA PLANTA.....	13
2.1.- LÍNEA DE AGUA. PRETRATAMIENTO	13
2.2.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO PRIMARIO	17
2.3.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	19
2.4.- LÍNEA DE AGUA. DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	22
2.5.- LÍNEA DE AGUA. PRODUCCIÓN DE AGUA INDUSTRIAL.....	24
2.6.- LÍNEA DE FANGOS.....	26
2.7.- LÍNEA DE GAS	29
2.8.- OTROS	31
2.9.- CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	32



1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA

El ámbito del estudio lo componen todos los elementos del sistema de saneamiento de la ciudad de Madrid que vierte sus aguas al tramo urbano del río Manzanares (sistema Manzanares).

El esquema de saneamiento del sistema Manzanares cuenta con los siguientes elementos:

- Una serie de cuencas o áreas de vertido, denominando cuenca a la parte de la ciudad cuyos vertidos, a través de la red de alcantarillado, confluyen hacia un punto concreto (en el que generalmente se han situado las EDAR).
De aguas arriba a aguas abajo tenemos las cuencas de: Viveros, China, Butarque, Gavia, Sur y Suroriental.
- Colectores de saneamiento. Concentran las aguas residuales y pluviales recogidas por la red de alcantarillado y las dirigen aguas abajo hacia las EDAR para su tratamiento. Su funcionamiento en el sistema Manzanares es por gravedad excepto casos puntuales. La red de colectores también permite enviar el agua de una cuenca hacia otras infraestructuras situadas aguas abajo.
- Aliviaderos, puntos donde se producen confluencia de diversos colectores y se pueden realizar alivijs al cauce en el caso de que la los caudales de entrada sean superiores a la capacidad aguas abajo.
El principal aliviadero del ámbito de estudio es el Aliviadero General de la Margen Izquierda (AGMI). Se trata de un gran aliviadero (120 m de longitud aproximadamente) en el que se unifican los principales colectores de la margen izquierda del Manzanares y desde donde se reconduce el agua a las EDAR de China y Sur
- Tanques de tormentas: Existen de dos tipos:
 - Tanques de tormenta de regulación (TT). Son de gran volumen y están asociados generalmente a una EDAR. Su función es almacenar las primeras aguas de un episodio de lluvia y evitar el vertido al río antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
 - Tanques de alivio (TA). Son de pequeño volumen y actúan en las conexiones entre los colectores transversales y los grandes colectores de transporte para que no se produzcan alivijs directos antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las siguientes: Viveros de la Villa, La China, La Gavia, Butarque, Sur y Suroriental.
- Estaciones regeneradoras de aguas residuales (ERAR). Tratan el agua depurada para convertirla en agua regenerada utilizable para riego de parques y jardines. Están situadas y asociadas a algunas de las EDAR. En el sistema Manzanares se encuentran la ERAR Viveros, la ERAR La China y la ERAR La Gavia.

Se debe destacar que por falta de capacidad de algunas EDAR para asumir las aguas residuales y las pluviales generadas en sus cuencas y debido a las conexiones existentes entre cuencas a través de colectores y trasvases, en la práctica no existe esta separación estricta de las cuencas, pudiendo las diferentes EDAR tratar aguas residuales y pluviales de su propia cuenca, de otras situadas aguas arriba o derivarlas hacia otras situadas aguas abajo.

Seguidamente se detallan las características más relevantes de cada una de las cuencas vertientes del estudio.

1.1.1.- Cuenca de la EDAR de Viveros

La cuenca de Viveros viene configurada por la red de colectores que vierten en la EDAR de Viveros de la Villa, y cuenta con una superficie aproximada de 77 km². Recibe las aguas de la zona norte de Madrid, de la mayor parte de Pozuelo de Alarcón y parte de Majadahonda.

Es la única cuenca del sistema que recoge aguas de ambos márgenes del río. En la margen derecha los colectores de Valdemarín y Pozuelo se unen en una cámara desde la cual, a través de un trasvase, se envía el vertido a la margen izquierda donde está situada la EDAR de Viveros.

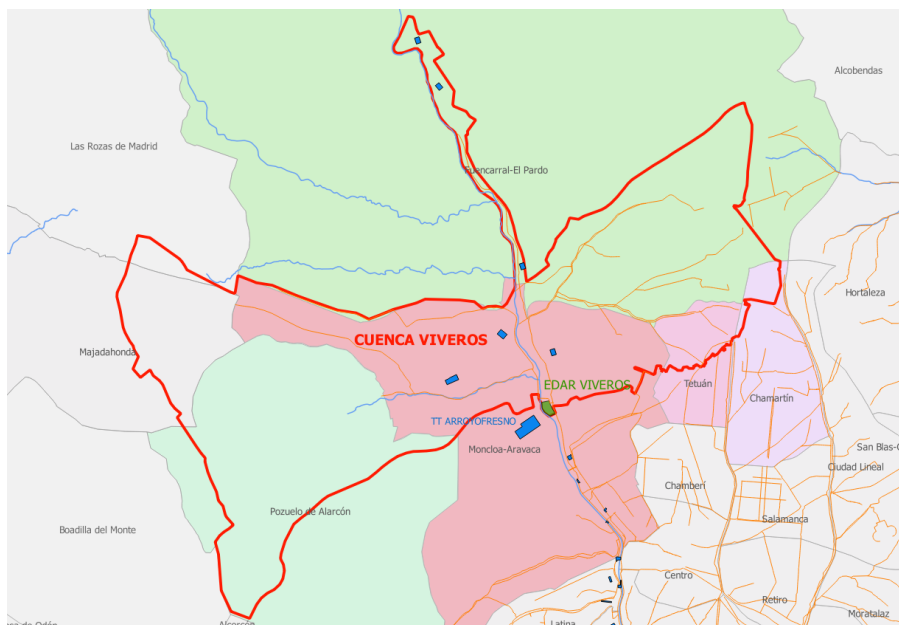


Ilustración 2: Cuenca de Viveros

Su población y los caudales vertidos en tiempo seco son:

CUENCA VIVEROS DE LA VILLA			
Año de referencia		2017	2050
Población	nº hab	419.166	438.447
Caudales medios	m ³ /d	112.327	116.505
	m ³ /s	1,30	1,35

Tabla 1: Población y caudales. Cuenca viveros

La cuenca dispone de un tanque de tormentas de 400.000 m³ denominado Arroyofresno que está asociado de la EDAR de Viveros. Por problemas de espacio, el tanque está situado en la margen derecha, prácticamente enfrente de la planta, aunque da servicio a la zona de la cuenca situada en margen izquierda (la más urbana). Este tanque se alimenta del colector de Arroyofresno (situado en la margen izquierda) y del primer tramo del colector margen derecha. Su vaciado se realiza a través de unos bombeos que pueden enviar el agua hacia la propia EDAR, hacia los colectores de margen izquierda o hacia los colectores de margen derecha.

1.1.2.- Cuenca de la EDAR de La China

La cuenca de La China comprende la mayor parte de la margen izquierda del Manzanares y cuenta con una superficie aproximada de 72 km². Toda su superficie es absolutamente urbana. Recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

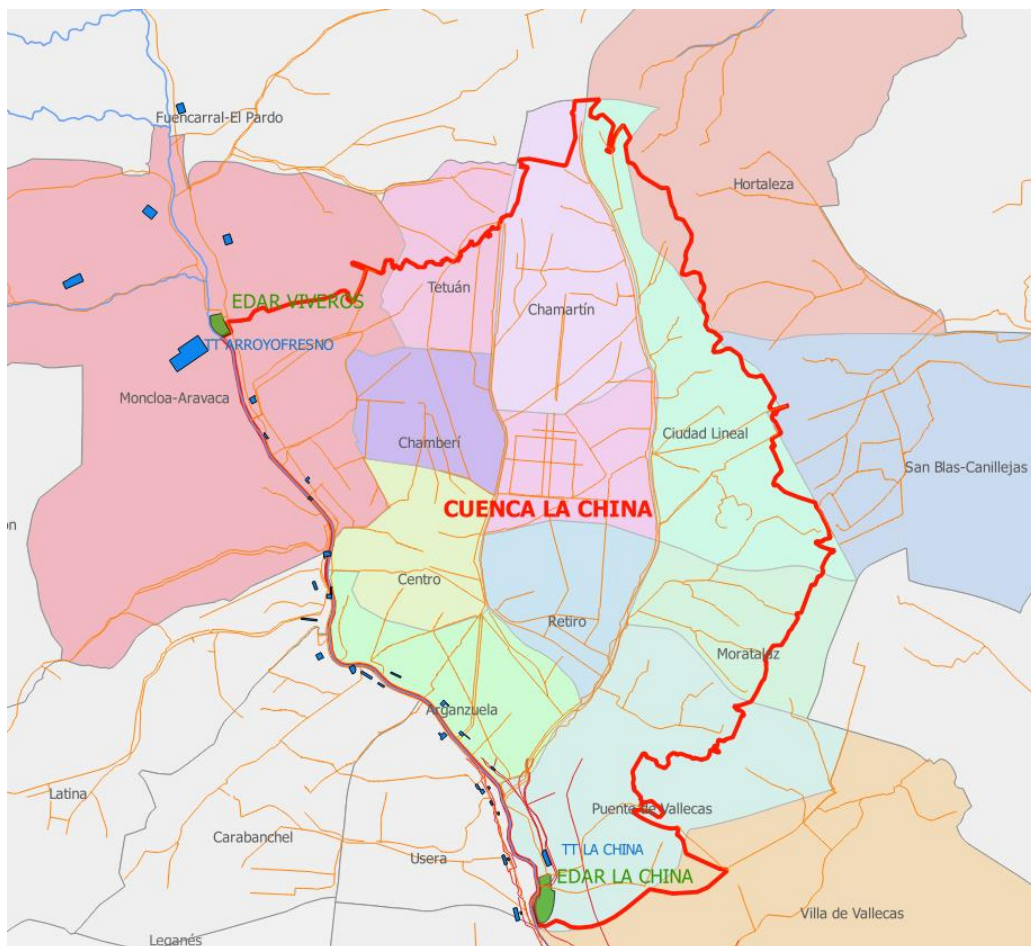


Ilustración 3: Cuenca de La China

La red de alcantarillado está subdividida en tres áreas cuyos vertidos se concentran y transportan en tres familias de colectores que confluyen en el Aliviadero General de la Margen Izquierda. (A.G.M.I.):

- Colector Margen Izquierda, que recoge las aguas de la franja próxima al cauce.
- Colectores Axiles, que discurren bajo el eje de La Castellana.
- Colectores Abroñigales que recogen las aguas de la subcuenca del antiguo arroyo de Abroñigales que hoy es la M-30 y se unen a los colectores axiles en el partidor de Abroñigales.

Los caudales que llegan a este partidor, se pueden enviar hacia el AGMI o hacia el by-pass de Abroñigales, que conecta con el TT Abroñigales y el Colector Sur.

La EDAR de La China está situada aguas abajo del AGMI y tiene asociado el tanque de tormentas de La China de 136.000 m³. Sus influentes llegan desde un colector que parte del AGMI.

Desde el propio AGMI también arranca el colector Sur el cual transporta los caudales que no puede tratar la EDAR La China hacia la EDAR Sur situada aguas abajo.

Su población y caudales vertidos en tiempo seco son:

CUENCA LA CHINA			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	<i>nº hab</i>	1.344.018	1.292.790
Caudales medios	<i>m³/d</i>	297.463	289.787
	<i>m³/s</i>	3,44	3,35

Tabla 2: Población y caudales. Cuenca China

1.1.3.- Cuenca de la EDAR de La Gavia

La cuenca de la La Gavia, con una superficie de 33 km², anteriormente formaba parte de la cuenca Sur y fue segregada al construir la EDAR de La Gavia.

Las aguas que se generan en la cuenca son tratadas en la EDAR de La Gavia, donde, además, se pueden incorporar caudales de las cuencas de aguas arriba por medio de un bombeo que alimenta la EDAR desde el colector Sur.

Esta cuenca contiene la mayor parte de los denominados “Desarrollos urbanísticos del Sureste” A efectos del presente estudio se considera que en el horizonte del estudio se alcanzará el máximo de población al alcanzarse la urbanización completa de la zona.

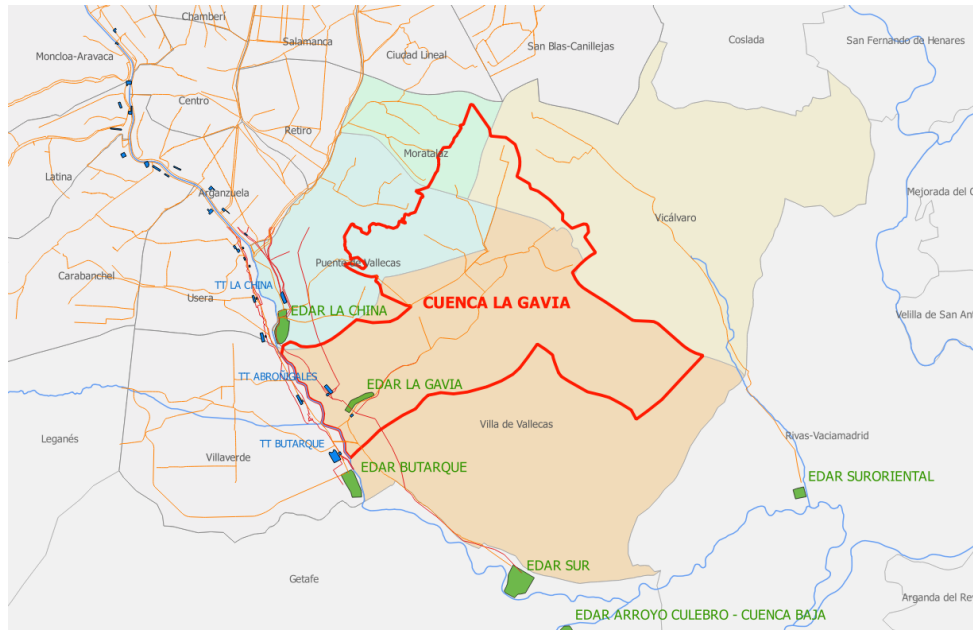


Ilustración 4: Cuenca de La Gavia

Su población y caudales en tiempo seco son:

CUENCA LA GAVIA			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	nº hab	163.591	315.817
Caudales medios	m ³ /d	29.226	60.436
	m ³ /s	0,34	0,70

Tabla 3: Población y caudales. Cuenca La Gavia

Esta cuenca dispone además de un tanque de 55.000 m³.

1.1.4.- Cuenca de la EDAR Butarque

La cuenca de Butarque viene delimitada por los colectores que envían caudales a la EDAR Butarque. Estos vertidos provienen de la parte del municipio de Madrid situada en la margen derecha del río Manzanares. La parte de la cuenca drenada mediante colectores tiene una superficie de unos 71 km².

En la cuenca de Butarque se dispone de un tanque de tormentas asociado a su EDAR de 359.000 m³.

En esta cuenca existen, además, dos trasvases que conectan el colector margen derecha con el colector Sur y que permiten trasvasar 1,5 y 2 m³/s respectivamente desde margen derecha a margen izquierda del sistema.

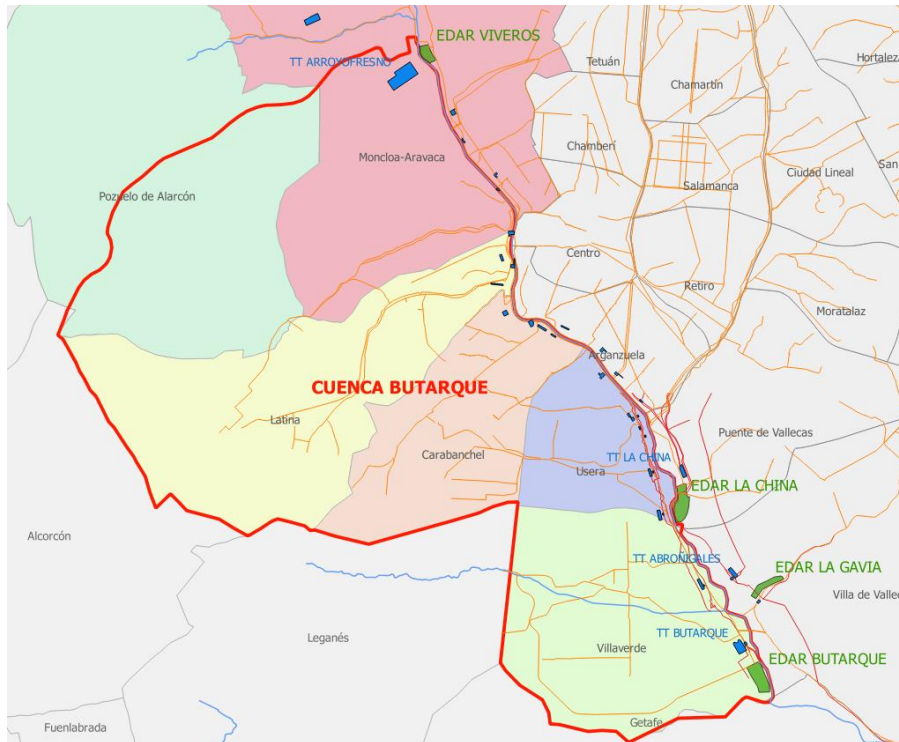


Ilustración 5: Cuenca de Butarque

Su población y caudales en tiempo seco son:

CUENCA BUTARQUE			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	<i>nº hab</i>	777.585	822.982
Caudales medios	<i>m³/d</i>	138.349	146.050
	<i>m³/s</i>	1,60	1,69

Tabla 4: Población y caudales. Cuenca Butarque

1.1.5.- Cuenca de la EDAR Sur

La cuenca de Sur es reducida y no hay sistema de colectores que recojan los vertidos de la mínima población situada en ella. Actualmente, los caudales de aguas residuales que se tratan en la EDAR Sur provienen de los excedentes de las cuencas de Viveros, Butarque y La China.

A efectos del estudio se considera que se conectarán a corto o medio plazo los vertidos de la zona de la Cañada Real y a largo plazo la parte de los desarrollos urbanísticos del sureste que se incluyen en esta cuenca.

En cierta forma se puede establecer que la cuenca asociada a la EDAR Sur es toda la cuenca del Manzanares pues a través del sistema de colectores todas las aguas vertidas aguas arriba de la EDAR Sur pueden llegar hasta ella. Esta situación se observa perfectamente tanto en los caudales que llegan, su evolución y en las cargas contaminantes. El efecto es especialmente significativo en tiempo de lluvias.

En la cuenca de Sur, propiamente dicha, no hay ningún tanque de tormentas, sin embargo, existe el tanque de tormentas de Abroñigales (206.000 m³) al que llegan las aguas residuales y pluviales derivadas de parte de la cuenca de La China en el denominado: “Partidor de Abroñigales” y que se vacía sobre el colector Sur, por lo que éste se puede asociar a la cuenca de Sur.

El colector que parte del partidor y que desvía parte de los caudales de la Cuenca China hacia este TT de Abroñigales se denomina “by-pass de Abroñigales”. Su función básica es desviar las aguas pluviales, pero por diseño permite derivar una parte de las residuales que llegan al partidor de Abroñigales.

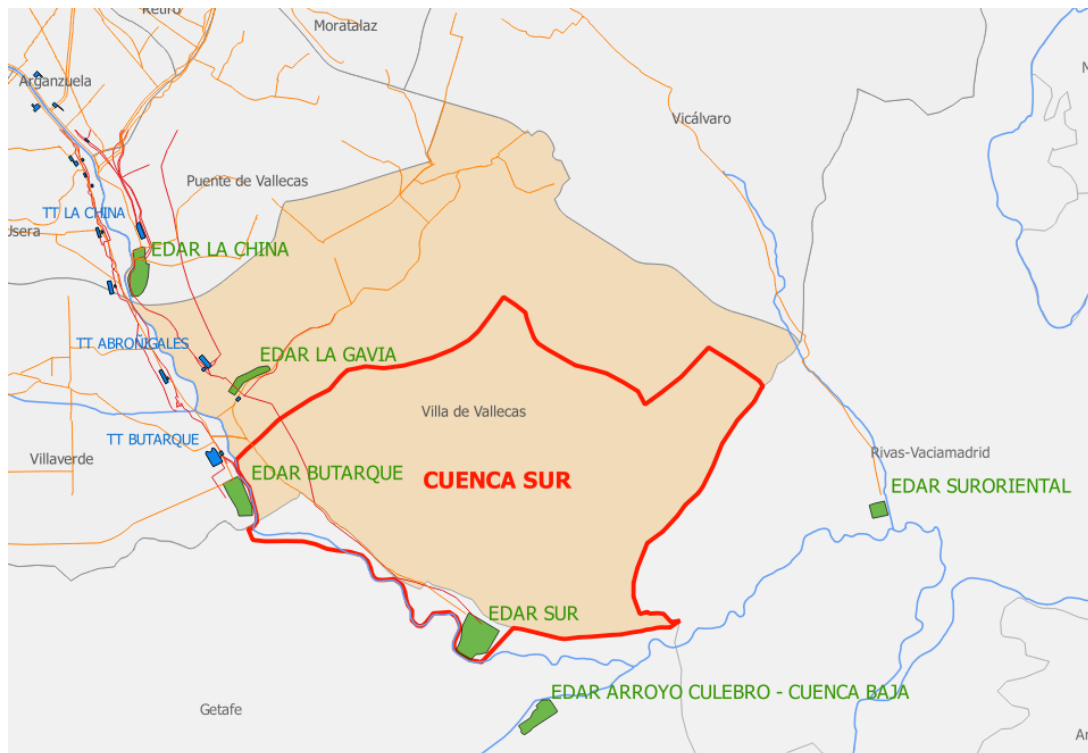


Ilustración 6: Cuenca Sur

Los datos de población y caudales vertidos en tiempo seco en la cuenca Sur son:

CUENCA SUR			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	nº hab	37.707	132.505
	m ³ /d	7.595	26.689
Caudales medios	m ³ /s	0,09	0,31

Tabla 5: Población y Caudales. Cuenca Sur

Originalmente, la cuenca de Sur recibía, a través del colector del Culebro, los caudales de aproximadamente un millón de habitantes del sur del área metropolitana de Madrid (Leganés, Getafe, Parla, Fuenlabrada). La construcción de las dos EDAR del Arroyo Culebro eliminó esta aportación.

Sin embargo, el colector de Culebro sigue operativo. En momentos de fuertes lluvias puede derivar aguas pluviales de la cuenca Culebro a la EDAR SUR (En marzo de 2018 se produjo un episodio). Además, la población de Perales del Río (8.800 habitantes) realiza sus vertidos mediante una EBAR que envía las aguas residuales al Colector de Culebro en un punto situado a unos 500 m de la EDAR Sur.

En el momento de redactar este estudio el bombeo no funciona, pero está en tramitación por el ayuntamiento de Getafe el proyecto de renovación del mismo por lo que este vertido se deberá considerar a corto plazo.

1.1.6.- Cuenca de la EDAR Suroriental

Esta cuenca comprende el distrito de Vicálvaro, parte de San Blas y la localidad de Rivas-Vaciamadrid. Sus vertidos se tratan en la EDAR Suroriental situada aguas arriba de la confluencia del Manzanares con el Jarama.

Esta cuenca no está conectada con el resto del sistema de saneamiento del Manzanares y no está incluida en el estudio de soluciones de La China, Butarque y Sur. Recientemente la EDAR Suroriental fue renovada y tienen capacidad para tratar sus influentes y alcanzar los parámetros de vertido de la autorización de vertido en todos los parámetros.

1.2.- EDAR SUR

La EDAR Sur se encuentra en la carretera de San Martín de la Vega km 6,6, (término municipal de Getafe), en la margen izquierda del río Manzanares

El colector de entrada a la planta (colector Sur) recoge todos los excedentes de caudal no tratados en las plantas situadas aguas arriba en ambas márgenes del río Manzanares (plantas de Viveros, China, Butarque) y el vaciado del tanque de tormenta de Abroñigales. La EDAR de La Gavia también puede derivar sus influentes al colector sur pero esta situación no se da en estos momentos pues la capacidad de tratamiento de La Gavia es muy superior a los caudales que le llegan de su cuenca

De la información facilitada por el Ayuntamiento de Madrid y de las visitas realizadas a la planta se obtienen los siguientes datos de básicos de funcionamiento de la EDAR.

EDAR Sur		
Habitantes equivalentes de diseño	2.937.600 h-eq	
Caudal medio de diseño	6,00 m ³ /s	518.400 m ³ /d
Caudal punta de diseño (tratamiento Biológico)	6,00 m ³ /s	518.400 m ³ /d
Caudal máximo de diseño (pretratamiento, canal a primario y primario)	12,50 m ³ /s	1.080.000 m ³ /d
Caudales medios tratados enero/16–mayo/17 (*) (Datos de producción)	2,56 m ³ /s	220.876 m ³ /d
Caudales medios tratados mayo/17-diciembre/18 (*) (Datos de producción)	2,82 m ³ /s	243.651 m ³ /d
(*)Se han distinguido los caudales en dos periodos porque a partir de mayo de 2016 la EDAR de La China modificó sus parámetros de funcionamiento, disminuyendo el caudal tratado, para poder eliminar nitrógeno. El caudal no tratado se deriva a Sur por lo que aumentó su caudal medio influente		

Tabla 6. Datos básicos de funcionamiento de la EDAR Sur.

Aunque actualmente la planta esté tratando caudales inferiores a los de diseño, la planta no podría tratar en ningún caso el caudal de diseño con las cargas y las limitaciones de vertido actuales.

En la misma parcela que la EDAR existe una PLANTA DE SECADO TÉRMICO DE LODOS. Esta instalación no forma parte del sistema de saneamiento, pertenece al Ayuntamiento de Madrid y realiza el secado tanto de los lodos de Sur como del resto de lodos generado en el resto de EDAR de Madrid.

El agua necesaria para su proceso la recibe de la EDAR y a su vez la EDAR recibe el agua sobrante del proceso de secado.

Es importante tener en cuenta este hecho puesto que los lodos de las otras dos plantas (China y Butarque) deben transportarse a Sur para su secado.

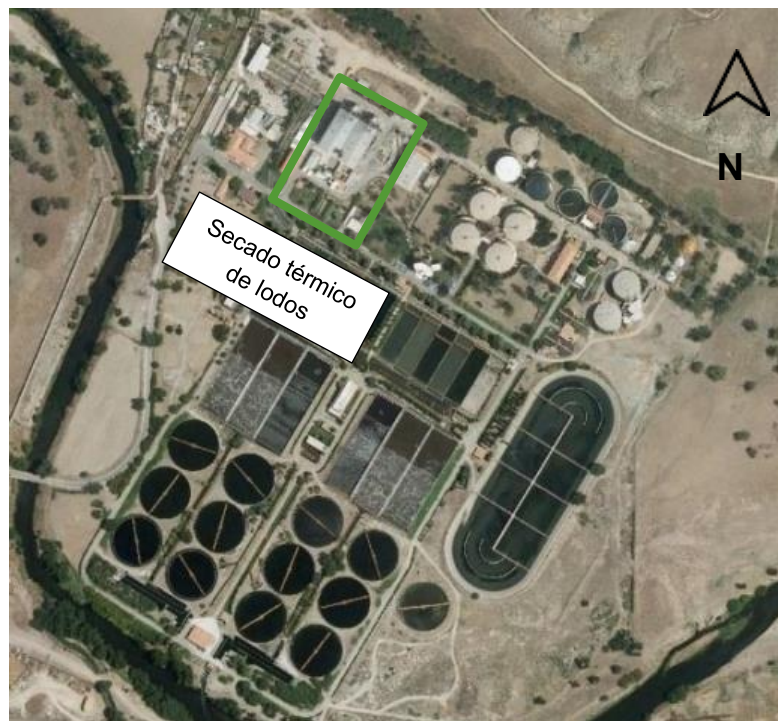


Ilustración 7. EDAR Sur.

La EDAR está conectada a dos colectores: El Sur que proviene de Madrid y el Culebro que recogía las aguas de Getafe, Pinto, Leganés, Humanes y Parla. La puesta en marcha de las dos EDAR del Arroyo Culebro hizo que dejase de llegar los vertidos de estas ciudades a Sur excepto en los casos antes señalados.

1.3.- ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DEL MANZANARES

En el esquema que figura seguidamente se observa la estructura del sistema. En él aparecen las conexiones entre los elementos del sistema indicados en este apartado, tanto colectores como los tanques de tormentas importantes y las propias EDAR.

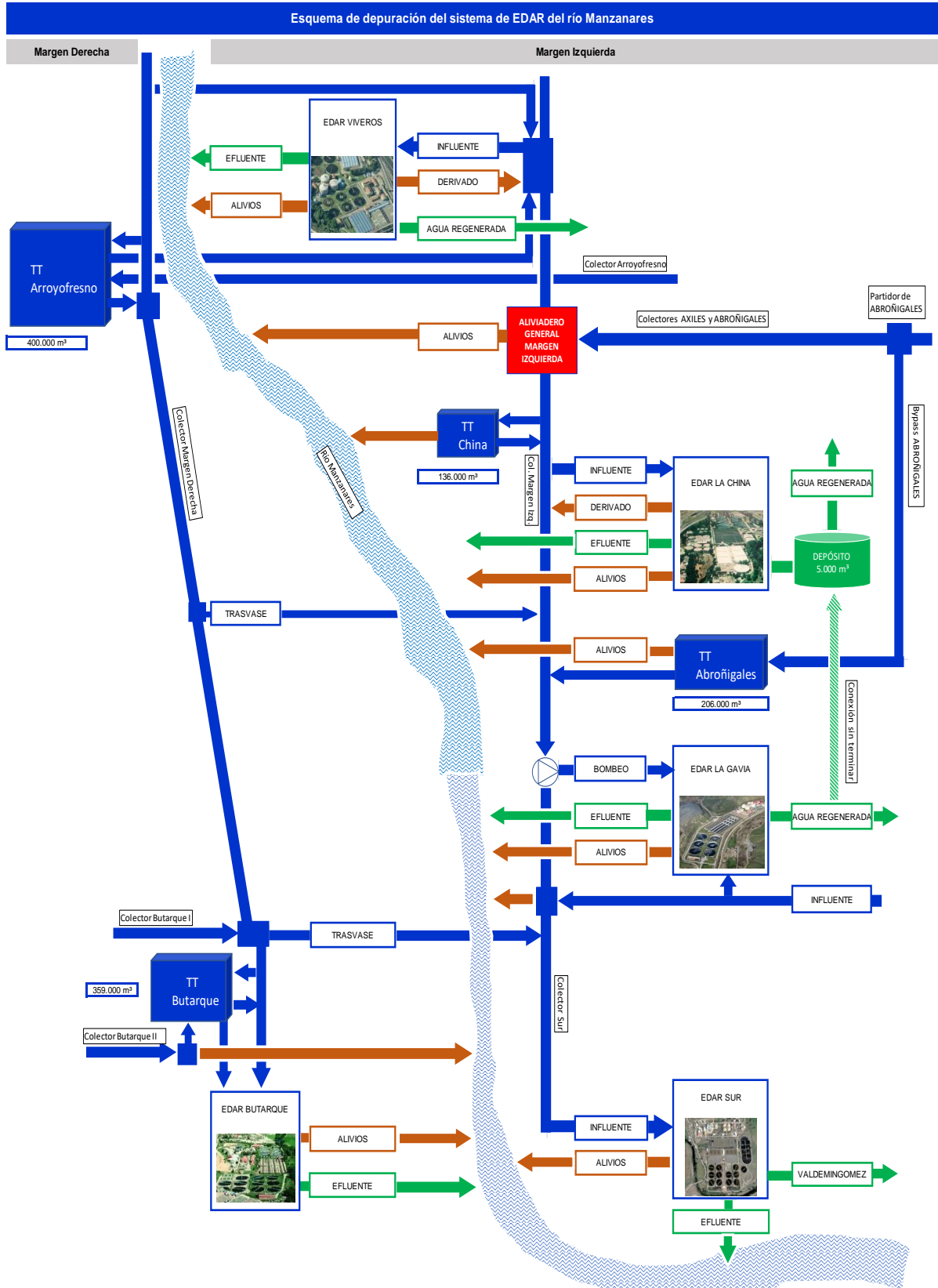


Ilustración 8. Esquema funcional de conexiones del sistema estudiado actual

2.- DIAGNOSIS DE LA PLANTA

2.1.- LÍNEA DE AGUA. PRETRATAMIENTO



Consta de los siguientes elementos

- 2 pozos de gruesos (80+25 m³).
- 2 Rejas predesbaste con limpieza automática de 250 mm de luz.
- Una cuchara bivalva sobre grúa pórtico monorraíl.
- 4 líneas de separación de gruesos con rejas de 45 mm de luz.
- 8 líneas de separación de finos con rejas de 20 mm de luz.
- 4 tanques de desarenado con 80 airlifts.
- 8 tamices situados en la salida de desarenadores de 5 mm de luz.
- Instalaciones de lavado de arenas y separación de grasas.
- Dos motosoplantes de 55,2 kW cada una para inyección de aire a los airlifts .
- Dos motosoplantes de 132,5 kW cada una para desemulsión de grasas en canales de desarenado.

- Dos motosoplantes de preaireación en el canal a decantación de 2.040 Nm³/ a 2,7 mca. y 70 kW.

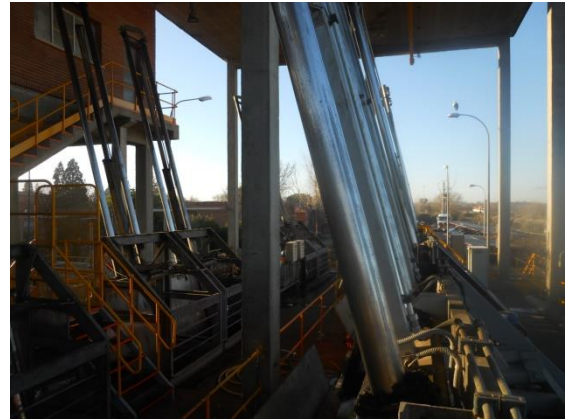


➤ Conservación

- Obra civil, En buen estado en general, en algunas zonas el hormigón se ha degradado dejando vista parte de la armadura.



- Rejas, en buen estado de mantenimiento en general. Se han ido sustituyendo por otras más nuevas en muchos casos hechas a medida para adaptaras a la obra civil. Todas cuentan con sistema de limpieza automático.



- Equipos, en buen estado de mantenimiento, aunque muchos de ellos (airlifts) son antiguos.

➤ **Operación**

El pretratamiento tiene una operatividad adecuada, no se encuentra cubierto y todas las rejas cuentan con sistema de limpieza automático. No obstante, los equipos se encuentran muy aglutinados por lo que los movimientos entre ellos del personal de mantenimiento son difíciles.

➤ **Funcionalidad**

Se hacen los siguientes comentarios respecto a la funcionalidad.

- En teoría, los caudales superiores a $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ son aliviados a cauce (para evitar que desborde el canal de entrada), incumpliendo así la normativa vigente. No obstante, atendiendo a los datos que se disponen de producción, se tiene que la EDAR vierte con caudales muy inferiores.

Actualmente existe un proyecto para aumentar la capacidad de este pretratamiento pero a fecha de redacción de este informe no se ha recibido la documentación relativa a dicho proyecto, por lo que se desconoce su alcance.



- Los equipos funcionan correctamente y su mantenimiento es adecuado, aunque se trata en algunos casos de equipos antiguos.

- Los desarenadores y los concentradores de grasas tiene poca capacidad y sus equipos, aunque bien conservados, son antiguos.



➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado en tiempo seco.
- Según se nos indica en la visita a la planta, en tiempo de lluvia, con caudales superiores a 12,5 m³/s se producen alivios al cauce sin ningún tipo de tratamiento. Sin embargo, según los datos de producción se producen vertidos con caudales mucho menores. Es necesario aumentar esta capacidad para que los caudales en tiempo húmedo pasen al menos por un pretratamiento antes de su vertido.
- Todo el pretratamiento tiene que cubrirse y dotarse de sistema de desodorización.
- El canal de alimentación al primario tiene poca pendiente y una capacidad máxima de 12,5 m³/s. Se trata de un funcionamiento inadecuado, por lo que es necesario aumentar la capacidad de este canal y cubrirlo para evitar olores.
- Los desarenadores deben renovarse por completo, obra civil e instalaciones.
- Es necesaria una campaña de reparaciones de la obra civil, sobre todo en los cajeros donde ha quedado vista la armadura. En los casos en que no sea posible adaptar la obra civil existente a los nuevos tratamientos habrá que demolerla.
- Aunque los equipos se encuentran en buen estado de mantenimiento es necesaria una renovación de los mismos por equipos más modernos que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento. Deberán renovarse también todas las conducciones.
- Los equipos a instalar deberán ser los estándares del mercado para facilitar la explotación, adaptando la obra civil si es necesario para ello.

2.2.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO PRIMARIO



Está formado por los siguientes elementos

- 12 decantadores primarios rectangulares de 68,1 x 20 x 3,475 m cada uno, con puentes con rasquetas de fondo y superficie. Actualmente se utilizan 11.
- Purga de fangos primarios por 3 bombas centrífugas
- Balsa reguladora tipo carrusel de 63.000 m³, con 22 agitadores sumergibles de 11 kW de potencia unitaria y ocho aireadores sumergibles, también de 11 kW.
- 5+5 bombas sumergibles para elevación de agua decantada en bombeo intermedio de 45 kW., 2.700 m³/h de caudal unitario a 4,5 mca. y otras cinco de 20 kW., 900 m³/h, también a 4,5 mca.

➤ **Conservación**

- Obra civil, en buen estado de conservación en general, en algunas zonas el hormigón se ha degradado dejando vista parte de la armadura.



- Equipos, en buen estado de mantenimiento, no obstante se trata de equipos obsoletos y sería necesario renovarlos por completo.
- **Operación**

La operatividad es adecuada, los decantadores y la balsa no se encuentra cubiertos y los puentes cuentan con una pasarela adecuada para su operación.



- **Funcionalidad**
 - El funcionamiento de los decantadores es correcto para los caudales tratados, cuentan con compuertas independientes que permiten modular su funcionamiento.
 - La balsa de regulación se utiliza para compensar y homogenizar los caudales diarios (punta y valle) que en esta planta tienen grandes diferencias.
- **Conclusiones**
 - El funcionamiento es adecuado para los caudales actuales.
 - En el caso de que se aumente la capacidad del pretratamiento sería necesario diseñar un nuevo aliviadero de la planta antes del primario ya que actualmente tan solo se cuenta con un alivio antes del biológico.
 - Es necesaria una campaña de reparaciones de la obra civil.

- Aunque los equipos se encuentran en buen estado de mantenimiento es necesaria una renovación de los mismos por equipos más modernos que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento. Los puentes tiene que cambiarse por equipos actuales.
- Todas las conducciones deberán renovarse por completo.

2.3.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO BIOLÓGICO



Está formado por:

- 5 tornillos de Arquímedes, de elevación de agua decantada a tratamiento biológico, de 2 m³/s de caudal unitario y 2,97 mca (160 kW potencia unitaria).
- 6 balsas de aeración con un volumen total de 95.000 m³.
- 7 turbocompresores de 900 kW cada uno y 40.000 Nm³/h de capacidad unitaria.
- Seis válvulas servomotorizadas para regulación del caudal de aire a cada línea, de 700 mm de diámetro.

- 42.372 difusores distribuidos en zonas óxicas de balsas y 15.876 distribuidos en las zonas facultativas, todos de 230 mm de diámetro nominal.
- 24 agitadores sumergibles para mezcla y suspensión en zonas anóxica y facultativa de 2,3 kW y 2.000 mm de diámetro de hélice.
- Instalación de dosificación para la reducción del fósforo con 4 bombas de 0,75 kW. y caudal variable de 166 a 666 l/h cada una y 3 depósitos de almacenamiento de cloruro férrico de 80 m³ cada uno.



➤ **Conservación**

- Obra civil, en buen estado de conservación en general, en algunas zonas el hormigón se ha degradado dejando vista parte de la armadura.
- Equipos, en buen estado de mantenimiento en general.

➤ **Operación**

La operatividad es adecuada, la sala de turbocompresores está dotada de extractores de aire para evitar elevadas temperaturas en verano. Los reactores no se encuentran cubiertos.

Los turbocompresores, aunque bien mantenidos, son antiguos y tienen un alto nivel sonoro de funcionamiento. Existen en la actualidad turbocompresores más eficientes y silenciosos.

➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento de los reactores es correcto con los caudales actuales de tratamiento y teniendo en cuenta que no han sido dimensionados para la eliminación de nutrientes.
- Aproximadamente 1/3 de del volumen está funcionando como zona anóxica con el fin de eliminar nitrógeno.
- Se elimina algo de fósforo por vía biológica aunque la mayor parte se elimina por adición de cloruro férrico.

- Los colectores enterrados de salida de los turbocompresores tienen fugas.
- **Conclusiones**
 - El funcionamiento es adecuado para su diseño (no fue diseñado para eliminar nutrientes)
 - Es necesaria una renovación del reactor para permitir su zonificación y eliminar nitrógeno y fósforo por vía biológica (aunque manteniendo la dosificación de cloruro férrico para ajustar la salida de P).
 - Las soplantes están bien mantenidas, sin embargo están al final de su vida útil, hay que sustituirlas por otros equipos más compactos y más operativos.



- Hay que sustituir los difusores por completo, pensando además en una nueva distribución para la zonificación del reactor.
- Los tornillos de elevación al reactor se deben sustituir por equipos de bombeo estándares.



- Aunque el resto de los equipos se encuentran en buen estado de mantenimiento es necesaria una renovación de los mismos por equipos más modernos que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.
- Hay que renovar todas las conducciones

2.4.- LÍNEA DE AGUA. DECANTACIÓN SECUNDARIA



Está formada por:

- 13 decantadores biológicos circulares de succión, de 54 m. de diámetro y 3,60 m. de altura, con puente diametral y doble vertedero, de 8.000 m³ cada uno.
- 6 bombas de tornillo de Arquímedes, de 5.400 m³/h a 2,35 mca. y 75 kW. de potencia unitaria, para recirculación de fangos.
- 12 bombas sumergibles para bombeo de fangos en exceso de 168 m³/h (6) y 200 m³/h (6) cada una.

➤ Conservación

- Obra civil, en buen estado de mantenimiento en general
- Equipos, en buen estado de conservación en general. Los puentes son antiguos pero se encuentran bien conservados.



➤ **Operación**

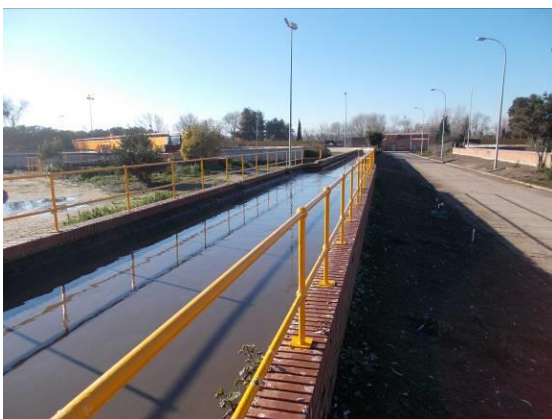
La operatividad es adecuada, los decantadores están descubiertos y los puentes cuentan con pasarela dotada de barandillas.

➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento de los decantadores es correcto para los caudales actuales. El calado (3,60 m.) es adecuado.
- Presentan algunos problemas de funcionamiento cuando llegan puntas de caudal (épocas de lluvia).

➤ **Conclusiones**

- El funcionamiento es adecuado aunque será necesario adaptarlo tras las modificaciones necesarias en el reactor para eliminar nutrientes.
- Los tornillos de recirculación deben sustituirse por equipos de bombeo estándares.
- La purga de fango se realiza sobre el propio canal de recirculación, se tiene que ejecutar una arqueta cubierta para realizar la purga y cubrir también el propio canal para evitar olores.



- Aunque los equipos se encuentran en buen estado de conservación es necesaria una renovación de los mismos por equipos más modernos que reduzcan los

costes de explotación y mantenimiento. Hay que sustituir los puentes por equipos actuales.

- Hay que renovar las conducciones por completo.

2.5.- LÍNEA DE AGUA. PRODUCCIÓN DE AGUA INDUSTRIAL



Desinfección del agua para usos propios mediante dos filtros autolimpiantes de 25 micras de paso y 100 m³/h de capacidad unitaria, y 4 unidades de rayos ultravioleta en tubería capaces cada una para desinfectar un caudal de 100 m³/h con una dosis superior a 25 mJ/cm².

- **Conservación**

- En buen estado.

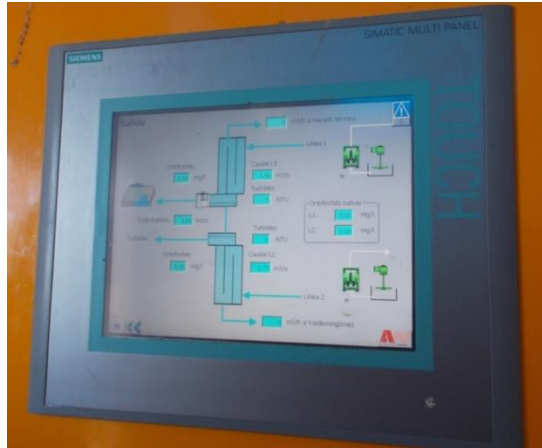
- **Operación**

La operatividad es adecuada, los equipos están a cubierto.

- **Funcionalidad**

- El funcionamiento es adecuado.

- Cuenta con una toma para la planta de secado térmico y otra para la planta de residuos de Valdemingómez.



➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado.
- Gran parte de los equipos se han instalado con posterioridad al año 2014 y se encuentran en buen estado. El resto, aunque también se encuentran en buen estado, es necesaria su renovación por equipos más modernos que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.

2.6.- LÍNEA DE FANGOS



Está compuesta por

- 3 bombas sumergibles para bombeo de fangos primarios a tamices de 400 m³/h a 20 mca.
- 5+3 tamices rotativos de 3 mm de luz de malla y 60 m³/h de capacidad unitaria y cinco de 80 m³/h.
- 3 espesadores por gravedad para fango primario de 28 m de diámetro y 3 m de calado.
- 6 espesadores por flotación para fango biológico, de 14 m de diámetro.
- Tres bombas MONO de 150 m³/h y 45 mca para impulsión de fangos espesados homogeneizados a digestión.
- 6 digestores primarios anaerobios con agitación por gas de 28 m de diámetro y con un volumen total de 55.200 m³.
- 3 digestores secundarios de 27 m de diámetro con un volumen total de 17.000 m³, fuera de uso, actualmente 2 se utilizan como gasómetros de campana.

- 2 calderas auxiliares de calentamiento de fangos de 4.500 kW.
- 4 filtros banda de 3 m de ancho y 20 m³/h cada uno, fuera de uso.
- 2 centrifugas de 60 m³/h de fango al 3 % y 90 kW. cada una.
- 2 centrifuga de 45 m³/h de fango al 3 % y 75 kW.
- 1 centrifuga de 65 m³/h de fango al 3 % y 110 kW.
- 3 centrifugas de 35 m³/h de fango al 3,5 % y 75 kW cada una.
- Tolva de almacenamiento de fango deshidratado de 2x25 m³.

➤ **Conservación**

- Obra civil, en buen estado de conservación en general, aunque algunos de los digestores presentan desperfectos. El depósito de almacenamiento de fango primario se encuentra en malas condiciones, será necesario renovarlo por completo.
- Equipos, en general en buen estado de mantenimiento, aunque las tecnologías están obsoletas en muchos casos.

➤ **Operación**

La operatividad es adecuada en general, será necesario desodorizar el edificio de deshidratación.

➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento es adecuado en general, excepto los tamices del fango primario que se atascan con facilidad.



- Existen numerosos equipos fuera de servicio, así como elementos de obra civil que no se usan o lo hacen para un fin distinto al que tenían en origen.
- Dos de los digestores secundarios que no se utilizan en el proceso de digestión se están utilizando actualmente como depósitos de regulación y almacenamiento de gas y de fangos mediante el uso de campanas.



➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado para los caudales tratados actualmente.
- Es necesaria una retirada de los equipos y demolición de la obra civil fuera de uso.
- El depósito de fangos primarios previo al tamizado debe renovarse por completo.
- En necesario la sustitución de los tamices del fango primario.
- Es necesario rediseñar el sistema de digestores para que cada elemento se destine a un fin concreto.
- Los espesadores hay que renovarlos por completo, ubicándolos juntos, no separados.
- Las centrífugas hay que cambiarlas por completo, y hay que retirar los filtros banda.



- La obra civil se puede mantener siempre que no entorpezca los nuevos diseños. En caso de mantener los digestores es necesario su aislamiento.
- Hay que renovar por completo todas las conducciones.
- Los gasómetros de campana deben sustituirse por gasómetros de membrana.

- Hay que implantar un sistema de tratamiento de los retornos tipo Anamox o similar para disminuir la carga de nutrientes a cabeza de planta.
- Toda la línea de fangos tiene que estar totalmente a cubierto y dotada de sistemas de desodorización.

2.7.- LÍNEA DE GAS



Formada por:

- 5 compresores de gas con una capacidad total de 4.300 Nm³/h. a 3,5 kg/cm² y un compresor de alta presión de 11.000 Nm³/h a 7 kg/cm².
 - 1 compresor de gas con una capacidad total de 4.300 Nm³/h a 3,5 bares.
 - Tres esferas de almacenamiento de gas de 1.400 m³.
 - 8 motogeneradores de 1.355 kWe (1), 650 kWe (6) y 1.140 kWe (1).
- **Conservación**
- Obra civil, en buen estado de conservación en general.
 - Equipos, en general en buen estado de mantenimiento aunque parte de ellos, como los motogeneradores están al final de su vida útil.

➤ **Operación**

La operatividad es adecuada.

➤ **Funcionalidad**

- De las 3 esferas tan sólo se utiliza una, funciona adecuadamente.
- Dos de los digestores secundarios que no se utilizan en el proceso de digestión se están utilizando actualmente como depósitos de regulación y almacenamiento de gas y de fangos.
- Los motogeneradores producen del orden del 90 % de la energía consumida por la planta.



➤ **Conclusiones**

- El funcionamiento es adecuado.
- Hay que eliminar los gasómetros de campana y los de esfera que están fuera de uso y sustituirlos por gasómetros de membrana dotados de compresores para almacenar el gas en alta.
- Es necesario la renovación de los motogeneradores por otros que tengan un mayor rendimiento.



- Es necesario disponer nuevos elementos para almacenar y aprovechar todo el gas producido, en el momento de la visita la antorcha estaba quemando el gas en exceso. Hay que diseñar los gasómetros de membrana y los nuevos motogeneradores para ser capaz de valorizar el 100 % del biogás producido.

2.8.- OTROS

La planta cuenta además con otros elementos a destacar como:

- Dos microturbinas a la salida del agua que producen energía para aprovechamiento interno, están en buen estado.



- Fibra óptica por toda la planta con conexión desde cualquier punto al SCADA. Es de reciente instalación y deberá actualizarse con los nuevos elementos a diseñar.
- La EDAR Sur posee la primera instalación a escala industrial para la recuperación de fósforo en forma de estruvita de las aguas residuales urbanas. Trata los reboses del espesado y de la deshidratación fuertemente cargados de amonio y

fósforo. Esta instalación permite un ahorro en el consumo de cloruro férrico y mejora el resultado económico al producir un producto valorado económicamente.

- Está dimensionada para una capacidad de tratamiento de hasta 260 kg de fósforo al día, esta instalación permite la formación controlada de estruvita en un reactor de lecho fluidificado de flujo ascendente.
- Funciona adecuadamente pero todavía necesita afinar mejor su comportamiento aumentando el porcentaje de eliminación de P.



2.9.- CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La EDAR Sur está situada en el término municipal de Getafe, aunque no se encuentra próxima a ningún núcleo urbano. La parcela tiene 36,5 ha y no dispone de espacio libre suficiente para implantar ampliaciones. Existen parcelas limítrofes donde se podrían incorporar las mejoras propuestas para la planta.

Está situada en zona inundable y dentro del Parque Regional de Manzanares.

El procesos de la planta no se diseñó para eliminar nutrientes por lo que no tiene capacidad para su eliminación. En estas condiciones no puede cumplir las especificaciones que se planteen a corto plazo.

De la misma forma que en las dos plantas anteriores, los equipos de la EDAR Sur han superado, en su mayoría, su vida útil.



ANEJO Nº4. TOPOGRAFÍA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- ENLACE A SISTEMA DE REFERENCIA.....	2
3.- VUELO FOTOGRAMÉTRICO.....	2
4.- APOYO FOTOGRAMÉTRICO.....	4
5.- AEROTRIANGULACIÓN DIGITAL	5
6.- RESTITUCIÓN	6
APENDICE 1. APOYO FOTOGRAMÉTRICO. COORDENADAS.....	7
APENDICE 2. APOYO FOTOGRAMÉTRICO. RESEÑAS	9
APENDICE 3. AEROTRIANGULACIÓN. REPORTE	13
APENDICE 4. RESTITUCIÓN. CÓDIGOS.....	21
APÉNDICE 5. PLANOS.....	28



1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es detallar la metodología utilizada en la realización de los trabajos necesarios para la realización de la cartografía necesaria en el desarrollo del proyecto.

Los trabajos se han realizado de acuerdo a las siguientes fases:

- Vuelo fotogramétrico mediante vehículo aéreo no tripulado (UAV).
- Apoyo fotogramétrico.
- Aerotriangulación.
- Restitución cartográfica.

2.- ENLACE A SISTEMA DE REFERENCIA

En el desarrollo de los trabajos se ha utilizado el Sistema de Referencia Europeo (ETRS89), actualmente el único oficial en España, constituido por:

- Elipsoide GRS80:
 - Longitud del Semieje mayor del elipsoide (a) = 6.378.137 metros
 - Coeficiente de aplanamiento (α) = 1:298,257223563
- Orígenes de coordenadas geodésicas:
 - Latitudes, referidas al Ecuador, positivas al Norte del mismo.
 - Longitudes referidas al Meridiano de Greenwich, consideradas positivas al Este y negativas al Oeste de dicho Meridiano.

Para realizar el enlace al sistema de referencia ETRS89, se ha empleado la red activa del Instituto Geográfico Nacional (IGN), mediante observaciones GPS en tiempo real desde esta red.

El enlace altimétrico se ha realizado mediante la aplicación del modelo calculado EGM2008-Red NAP del Instituto Geográfico Nacional.

3.- VUELO FOTOGRAMÉTRICO

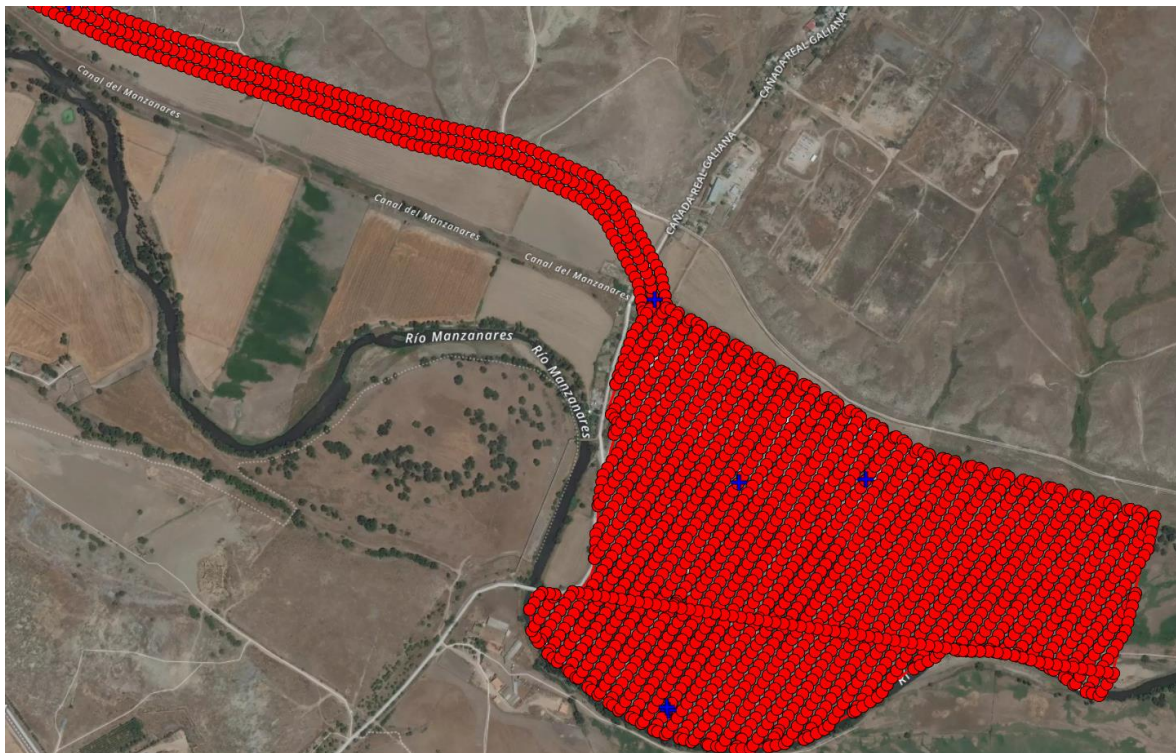
El vuelo se llevó a cabo en mayo de 2020 con un modelo multirrotor de UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado), Phantom 4 RTK. Es un vehículo aéreo no tripulado cuya característica principal es que se ha construido con la última tecnología de aviación, lo que permite tener y aeronaves avanzadas en seguridad y calidad, y cumple todas las características necesarias para volar en el espacio aéreo controlado.

El vuelo se ha establecido previamente en la oficina sobre una ortofoto. Las condiciones técnicas fueron:

- Altura de vuelo sobre el suelo de 85 m.
- Cámara fotogramétrica digital de 20 MPix que permite una GSD inferior a 2.5 cm a esa altura.
- Solape longitudinal del 80% y solape transversal del 80%.
- Los vuelos han sido operados con cielos despejados y vientos suaves para obtener imágenes nítidas.

El sistema UAV es completamente autónomo, y las líneas que se han definido previamente en la oficina se han realizado con un GPS RTK con el que va equipado la aeronave y un sistema de navegación inercial.





Se han realizado un total de 6 vuelos de 30 min de duración.

4.- APOYO FOTOGRAMÉTRICO

A partir del vuelo fotogramétrico digital, GSD 2.5 cm, se han observado un total de siete puntos de apoyo en tierra que cubren toda el área cubierta por el vuelo.

La observación de estos puntos se realizó mediante técnicas de GPS, con el equipo TRIMBLE SPS 985, compuestos de receptores geodésicos de doble frecuencia.

Los puntos de apoyo se han observado utilizando la red activa del Instituto Geográfico Nacional (IGN), mediante observaciones GPS en tiempo real desde esta red.

Se han completado hojas de campo para cada punto de control con los parámetros y comentarios que facilitan la detección e identificación de posibles errores de cálculo.

El cálculo de la altura ortométrica se ha obtenido mediante la aplicación del modelo geoidal EGM2008-Red NAP del Instituto Geográfico Nacional.

En los apéndices al presente anejo se adjunta listado de coordenadas y una ficha individualizada de cada punto de apoyo, con croquis, y coordenadas.



5.- AEROTRIANGULACIÓN DIGITAL

A partir de los datos del vuelo realizado (coordenadas de los fotocentros y ángulos) y los puntos de apoyo obtenidos en el campo, se realizó el cálculo de la aerotriangulación del vuelo realizado.

Se ha utilizado el software Pix4D que permite el cálculo de grandes bloques de imágenes, proporcionando una triangulación aérea automática y una alta precisión.

La triangulación automática combina técnicas de correlación para generar puntos de enlace automáticamente, mientras que la autoorientación interna reduce la interacción del operador y permite la detección de marcas fiduciales.

La medición de puntos de control 3D se ha realizado con una interfaz de monocomparador que permite su realización incluso en áreas de poco detalle.

Una vez que el bloque está listo, y las imágenes digitales y los datos GPS / INS también lo están, el único proceso interactivo es la medición de los puntos de apoyo y el establecimiento de los parámetros de cálculo.

Los procesos seguidos son:

- Creación del proyecto: Hemos definido el proyecto ingresando los datos de la cámara (datos de calibración), importando las imágenes del vuelo, importando los datos GPS / INS e importación los puntos de apoyo.
- Comprobación del bloque: Se ha verificado la posición relativa de todos los elementos y la superposición de las imágenes dentro del bloque sea la correcta.
- Generación de puntos de enlace: A través de algoritmos de correlación se han extraído automáticamente los puntos de enlace. Estos puntos se han generado en áreas de Von Grüber que el software ubica automáticamente considerando el proceso de inicialización anterior. Si es necesario, se realizan mediciones manuales de waypoints, no solo en las áreas de Von Gruber, sino también en las áreas que deben definirse.
- Comprobación de la distribución de los puntos de enlace: Una vez generados los puntos automáticos, hemos verificado la distribución y la cantidad de puntos generados. En caso de que no haya una buena distribución o un pequeño número de ellos, se han medido manualmente más puntos.
- Medición de puntos de apoyo: El software nos permite medir en modo monoscópico, y en todas las imágenes donde aparecen los puntos de control.

Como resultado final de la aerotriangulación, se obtuvo un archivo ASCII compatible con los sistemas fotogramétricos. Este fichero contiene los parámetros de orientación externa de las imágenes, coordenadas de los fotocentros de las imágenes y los giros omega, phi,



kappa. De la misma manera se obtienen imágenes corregidas de las distorsiones radiales y tangenciales inherentes a cualquier imagen fotográfica.

Control de resultados: Para establecer un control de calidad en los procesos de cálculo descritos anteriormente, se miden puntos de apoyo que no son introducidos en los cálculos. Comparando el resultado obtenido en estos puntos con su coordenada real medida en campo obtenemos la magnitud de las precisiones obtenidas.

En su apéndice correspondiente se adjunta reporte con los resultados obtenidos.

6.- RESTITUCIÓN

Los planos se han restituido a escala 1:1.000 con equidistancia entre curvas de nivel de medio (0.5) metro, a partir del vuelo de GSD 2.5 cm y de su correspondiente apoyo de campo.

Las orientaciones relativas y absolutas, obtenidas del proceso de aerotriangulación, se han realizado con la máxima meticulosidad, estando siempre dentro de tolerancias.

Una vez realizadas las orientaciones, se ha procedido a la restitución de la cartografía mediante la toma y almacenamiento de registros tridimensionales en el sistema informático DIGI, utilizando en su levantamiento la codificación definitiva de la estructuración de la cartografía final.

La restitución planimétrica se ha efectuado punto a punto, posicionándose en las líneas poligonales en cada uno de los puntos de inflexión, registrando sus coordenadas y código numérico correspondiente. Las líneas curvas se han restituido también punto a punto para garantizar su máxima precisión.

Los planos reflejan todos los detalles planimétricos del terreno que son visibles e identificables en el vuelo, representándolos a escala y posición exacta.

Figuran las cotas altimétricas en aquellos puntos que por su situación o condiciones ha convenido definir, además de una densidad de puntos suficiente para el posterior tratamiento de la cartografía por programas de trazado de proyectos lineales.

En las zonas rústicas se representan los arroyos, ríos, canales, lagos, embalses, carreteras, etc. y el parcelario aparente. Además, se representan las líneas eléctricas, telefónicas, conducciones de aguas, etc. Y en general todos los servicios que han podido detectarse a la escala del trabajo.

En su apéndice correspondiente se adjunta el listado de códigos o capas utilizadas para la designación de cada elemento






APENDICE 1. APOYO FOTOGRAMÉTRICO. COORDENADAS




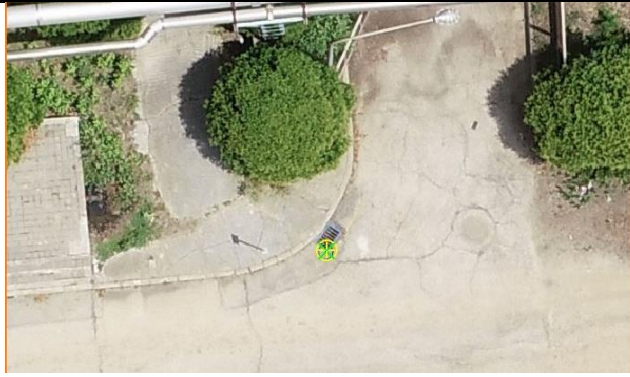

Punto de apoyo	COORDENADAS ETRS89-UTM		
	X	Y	Z Ortm.
PA-01	444852.98	4464957.90	559.28
PA-02	446276.49	4463697.14	553.70
PA-03	446454.64	4463627.04	555.64
PA-04	447589.46	4463044.81	550.97
PA-05	447997.62	4462693.27	545.53
PA-06	447610.84	4462248.88	546.19
PA-07	447750.85	4462689.07	547.06



APENDICE 2. APOYO FOTOGRAMÉTRICO. RESEÑAS

X: 444852.98		Y: 4464957.90	Z: 559.28
			
Punto de apoyo PA-01		Descripción: Centro de mojón. Cota arriba	
X: 446276.49		Y: 4463697.14	Z: 553.70
			
Punto de apoyo PA-02		Descripción: Centro piedra. Cota suelo	
X: 446454.64		Y: 4463627.04	Z: 555.64
			
Punto de apoyo PA-03		Descripción: Centro pintura. Cota suelo	



X: 447589.46 Y: 4463044.81 Z: 550.97		
		
Punto de apoyo PA-04	Descripción:	Centro pintura. Cota suelo
X: 447997.62 Y: 4462693.27 Z: 545.53		
		
Punto de apoyo PA-05	Descripción:	Esquina de sumidero. Cota suelo
X: 447610.84 Y: 4462248.88 Z: 546.19		
		
Punto de apoyo PA-06	Descripción:	Centro sumidero. Cota suelo



X: 447750.85 Y: 4462689.07 Z: 547.06	
	
Punto de apoyo PA-07	Descripción: Esquina de paso de cebra. Cota suelo





APENDICE 3. AEROTRIANGULACIÓN. REPORTE

Quality Report



Generated with Pix4Denterprise version 4.5.6

! Important: Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	Edar Sur
Processed	2020-07-10 14:04:09
Camera Model Name(s)	FC6310R_8.8_5472x3648 Drone RTK calibrada (c1d28bd6d3f4dd56b1b78fb994dee8e4) (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.50 cm / 0.99 in

Quality Check



? Images	median of 58037 keypoints per image	✓
? Dataset	2306 out of 2306 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.22% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 10133.3 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.018 m	✓

Calibration Details



Number of Calibrated Images	2306 out of 2306
Number of Geolocated Images	2306 out of 2306

? Initial Image Positions

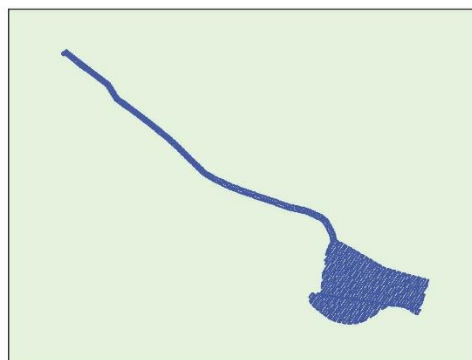


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



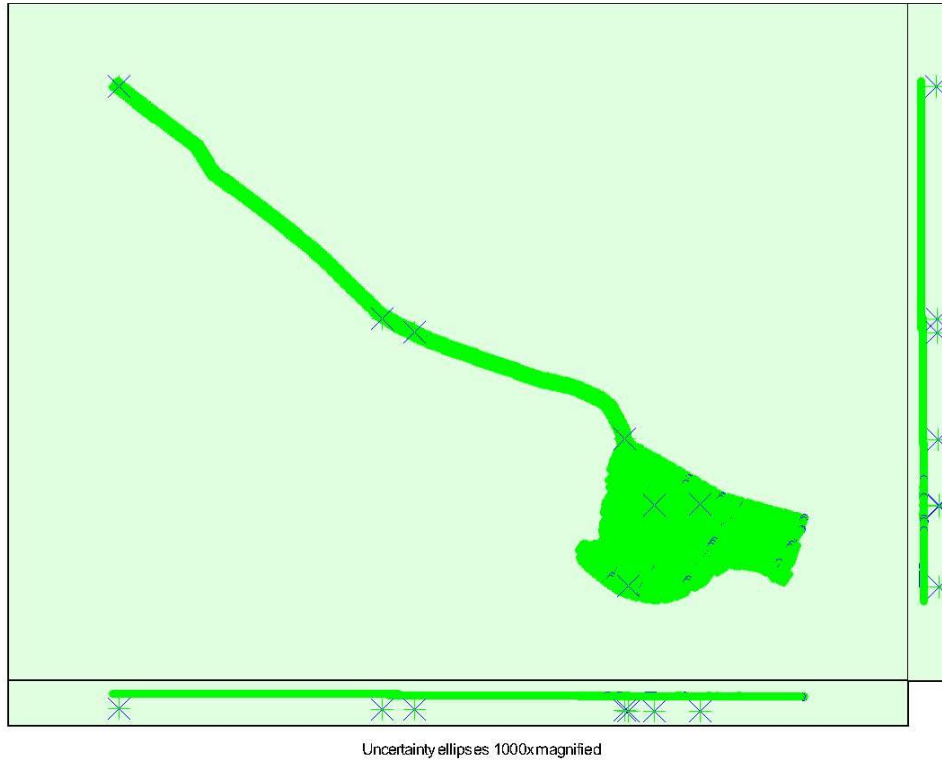


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

2 Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.004	0.004	0.014	0.003	0.003	0.002
Sigma	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	25808901
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	8028024
Mean Reprojection Error [pixels]	0.101

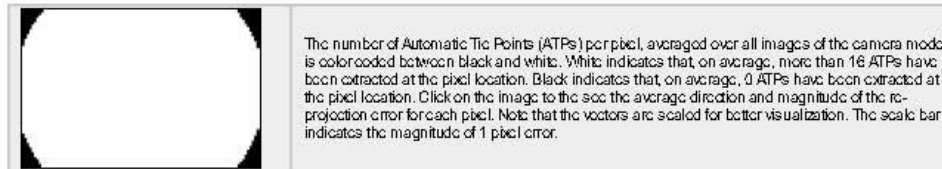
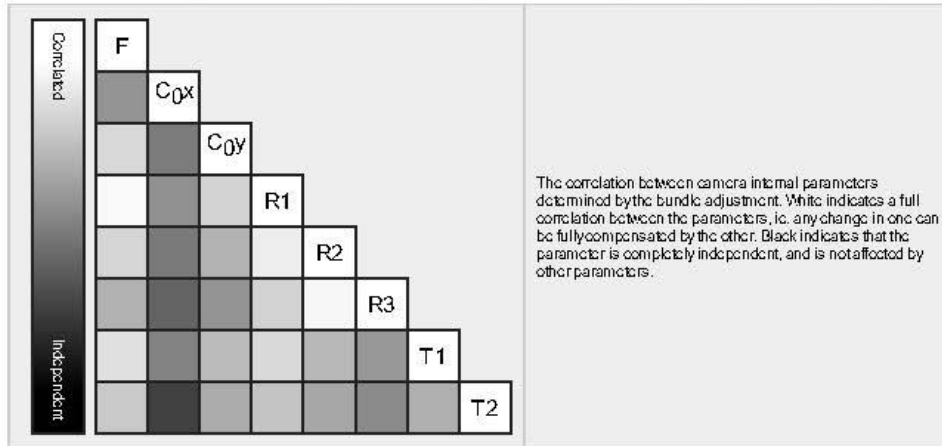
2 Internal Camera Parameters

FC6310R_8.8_5472x3648 Drone RTK calibrada (c1d28bd6d3f4d56b1b78fb994dee8e4) (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310R_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Pointx	Prindpal Pointy	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3652.060 [pixel] 8.565 [mm]	2707.790 [pixel] 6.350 [mm]	1856.960 [pixel] 4.355 [mm]	-0.265	0.109	-0.032	0.001	-0.001

Optimized Values	3643.933 [pixel] 8.546 [mm]	2728.492 [pixel] 6.398 [mm]	1835.452 [pixel] 4.305 [mm]	-0.266	0.110	-0.033	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.581 [pixel] 0.001 [mm]	0.021 [pixel] 0.000 [mm]	0.023 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	59037	10133
Mn	25545	1674
Max	78821	34018
Mean	56532	11192

3D Points from 2D Keypoint Matches

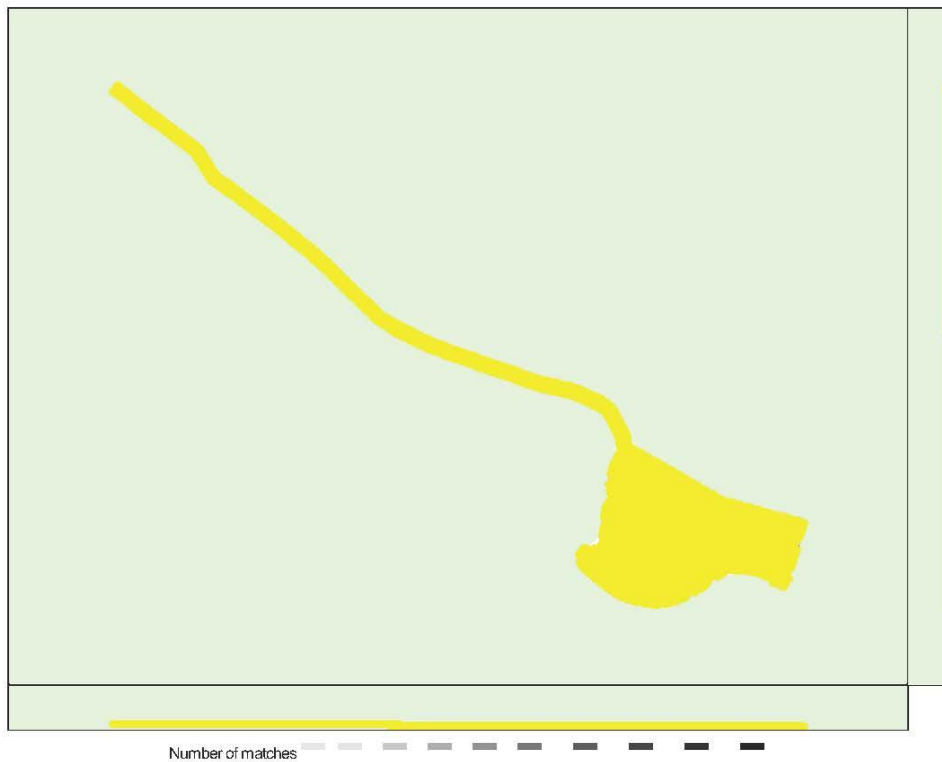
	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	4797839
In 3 Images	1422506
In 4 Images	649705
In 5 Images	358184
In 6 Images	215743
In 7 Images	142748
In 8 Images	101596
In 9 Images	75233
In 10 Images	55784
In 11 Images	41896
In 12 Images	32663
In 13 Images	25877
In 14 Images	20809
In 15 Images	16884
In 16 Images	13217
In 17 Images	10445
In 18 Images	8422
In 19 Images	6608



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

In 20 Images	5394
In 21 Images	4508
In 22 Images	3838
In 23 Images	3301
In 24 Images	2960
In 25 Images	2576
In 26 Images	2176
In 27 Images	1865
In 28 Images	1605
In 29 Images	1305
In 30 Images	1051
In 31 Images	900
In 32 Images	632
In 33 Images	516
In 34 Images	358
In 35 Images	229
In 36 Images	158
In 37 Images	114
In 38 Images	97
In 39 Images	36
In 40 Images	22
In 41 Images	11
In 42 Images	6
In 43 Images	3
In 44 Images	1
In 45 Images	1
In 46 Images	1

2D Keypoint Matches





25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy X/Y/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
Pa-01 (3D)	0.020/ 0.020	0.012	-0.029	-0.028	0.430	16 / 16
Pa-02 (3D)	0.020/ 0.020	0.007	-0.001	0.013	0.326	20 / 20
Pa-03 (3D)	0.020/ 0.020	0.019	-0.008	0.016	0.353	15 / 15
Pa-04 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	0.019	0.011	0.380	26 / 26
Pa-05 (3D)	0.020/ 0.020	-0.027	-0.031	0.014	0.462	32 / 32
Pa-06 (3D)	0.020/ 0.020	-0.012	0.005	-0.017	0.603	19 / 19
Pa-07 (3D)	0.020/ 0.020	0.009	0.018	-0.039	0.613	29 / 29
Mean [m]		0.001756	-0.003887	-0.004233		
Sigma [m]		0.014575	0.018605	0.021222		
RMS Error [m]		0.014681	0.019007	0.021640		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified v.s. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-10.82	0.00	0.00	0.00
-10.82	-8.66	0.00	0.00	0.00
-8.66	-6.49	0.00	0.00	0.00
-6.49	-4.33	0.00	0.00	0.00
-4.33	-2.16	0.00	0.00	0.22
-2.16	0.00	48.31	48.27	51.04
0.00	2.16	51.69	51.73	48.61
2.16	4.33	0.00	0.00	0.13
4.33	6.49	0.00	0.00	0.00
6.49	8.66	0.00	0.00	0.00
8.66	10.82	0.00	0.00	0.00
10.82	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.027199	0.058871	-0.393117
Sigma [m]		0.150539	0.285325	0.254473
RMS Error [m]		0.152977	0.291335	0.468292

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.008495	0.000771	-0.373467

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	99.74	97.75	90.11
[-2.00, 2.00]	99.96	99.91	99.13
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	99.74
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.076637	0.076637	0.181546
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.306723	0.306723	0.723703

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	1.037
Phi	0.652
Kappa	2.818

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7700K CPU @4.20GHz RAM: 32GB GPU: Intel(R) HD Graphics 630 (Driver: 26.20.100.7262), NVIDIA GeForce GTX 1050 (Driver: 26.21.14.3200)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	ETRS89 / UTM zone 30N (EGM2008 Geoid)
Output Coordinate System	ETRS89 / UTM zone 30N (EGM2008 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, no

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
LOD	Generated: no
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes



Results



Number of Generated Tiles	8
Number of 3D Densified Points	246054486
Average Density (per m ³)	169.78

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	3 [cm/pixel]
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Medium



APENDICE 4. RESTITUCIÓN. CÓDIGOS



Código	Elemento	Tipo	Símbolo
101	curva directora	Nivel	-
102	curva normal	Nivel	-
103	curva depresión directora	Nivel	-
104	curva depresión normal	Nivel	-
105	cota curva	Texto	-
106	punto acotado	Punto	-
107	cota izquierda	Texto	-
108	cabeza talud	Planim	-
109	pie talud	Planim	-
110	escarpado	Planim	-
111	afloramiento rocas	Planim	-
112	escombrera	Planim	-
113	zanja	Planim	-
114	cueva	Planim	-
201	carretera	Planim	-
202	carretera abandonada	Planim	-
203	autovía/autopista	Planim	-
204	borde de asfalto	Planim	-
205	camino	Planim	-
206	acera	Planim	-
207	bordillo	Planim	-
208	guardarrail metálico	Planim	-
209	guardarrail obra	Planim	-
210	señalización horizontal	Planim	-
211	señalización vertical	Símbolo	2211
212	viales en construcción	Planim	-
213	carril bici	Planim	-
250	ffcc	Planim	-
251	ffcc abandonado	Planim	-
252	andén	Planim	-
253	poste catenaria	Símbolo	2253
254	cabeza balasto	Planim	-
255	pie balasto	Planim	-
256	railes	Planim	-
257	armario	Planim	-
258	señalización horizontal	Planim	-
301	edificación	Planim	-
302	divisiones casa	Planim	-



Código	Elemento	Tipo	Símbolo
303	<i>edificio singular</i>	<i>Planim</i>	-
304	<i>caseta</i>	<i>Planim</i>	-
305	<i>nave</i>	<i>Planim</i>	-
306	<i>patio</i>	<i>Planim</i>	-
307	<i>porche/marquesina</i>	<i>Planim</i>	-
308	<i>ruinas</i>	<i>Planim</i>	-
309	<i>aparcamiento cubierto</i>	<i>Planim</i>	-
310	<i>cementerio</i>	<i>Planim</i>	-
311	<i>chimenea</i>	<i>Planim</i>	-
312	<i>depósito elevado, silo</i>	<i>Planim</i>	-
313	<i>depósito nivel</i>	<i>Planim</i>	-
314	<i>edificio en construcción</i>	<i>Planim</i>	-
315	<i>elemento sin identificar</i>	<i>Planim</i>	-
316	<i>escalera</i>	<i>Planim</i>	-
317	<i>estructura en general</i>	<i>Planim</i>	-
318	<i>monumento</i>	<i>Planim</i>	-
319	<i>invernadero</i>	<i>Planim</i>	-
320	<i>transformador</i>	<i>Planim</i>	-
321	<i>instalaciones</i>	<i>Planim</i>	-
341	<i>alambrada o cerca metálica</i>	<i>Planim</i>	-
342	<i>muro, pared, tapia</i>	<i>Planim</i>	-
343	<i>muro de contención</i>	<i>Planim</i>	-
344	<i>muralla</i>	<i>Planim</i>	-
345	<i>Voladizo</i>	<i>Planim</i>	
346	<i>Vertedero/Obras</i>	<i>Planim</i>	
351	<i>obra de fábrica</i>	<i>Planim</i>	-
352	<i>puente de hormigón</i>	<i>Planim</i>	-
353	<i>puente metálico</i>	<i>Planim</i>	-
354	<i>paso a nivel</i>	<i>Planim</i>	-
355	<i>plataforma</i>	<i>Planim</i>	-
356	<i>boca de túnel</i>	<i>Planim</i>	-
357	<i>boca de metro</i>	<i>Planim</i>	-
358	<i>azud</i>	<i>Planim</i>	-
359	<i>dique</i>	<i>Planim</i>	-
360	<i>pasarela</i>	<i>Planim</i>	-
361	<i>presa</i>	<i>Planim</i>	-
362	<i>gradas</i>	<i>Planim</i>	-
363	<i>líneas catastrales</i>	<i>Planim</i>	-



Código	Elemento	Tipo	Símbolo
401	aerogenerador	Símbolo	2401
402	antena	Símbolo	2402
403	conducción subterránea	Planim	-
404	conducción superficie	Planim	-
405	farola	Símbolo	2405
406	tubería en general	Planim	-
407	línea eléctrica	Planim	-
408	mojón	Símbolo	2408
409	poste	Símbolo	2409
410	poste teleférico/funicular	Planim	-
411	punto kilométrico	Símbolo	2411
412	punto kilométrico	Texto	-
413	registro	Planim	-
414	registro circular	Símbolo	2414
415	registro cuadrado	Símbolo	2415
416	semáforo	Símbolo	2416
417	subestación eléctrica	Planim	-
418	sumidero	Planim	-
419	sumidero	Símbolo	2419
420	teleférico/funicular	Planim	-
421	torre metálica	Planim	-
422	torre metálica	Símbolo	2422
423	baliza	Planim	-
424	baliza	Símbolo	2424
425	barandilla	Planim	-
426	báscula	Planim	-
427	campo deportes	Planim	-
428	cartel informativo/publicitario	Planim	2428
429	mobiliario urbano	Planim	-
430	paso con barrera	Planim	2430
431	pórticos y banderolas	Planim	2431
432	kiosko	Planim	-
433	banco	Planim	-
434	instalación fotovoltaica	Planim	-
435	Poste Gas	Símbolo	2435
436	Poste eléctrico	Símbolo	2436
437	Poste cámara	Símbolo	2437
438	Puerta	Planim	



Código	Elemento	Tipo	Símbolo
439	Construcción general	Planim	
440	Badén	Planim	
441	Respiradero	Planim	
442	punto hectométrico	Símbolo	2441
500	Varios /Elem Sin Identificar	Planim	
501	parcela	Planim	-
502	división cultivo	Planim	-
503	masa árboles	Planim	-
504	árbol	Símbolo	2504
505	alcorque	Planim	-
506	palmera	Símbolo	2506
507	jardín	Planim	-
508	seto	Planim	-
509	cortafuegos	Planim	-
510	Er	Texto	-
511	Fr	Texto	-
512	H	Texto	-
513	J	Texto	-
514	Ma	Texto	-
515	Mb	Texto	-
516	Na	Texto	-
517	O	Texto	-
518	Pd	Texto	-
519	Rpf	Texto	-
520	Tc	Texto	-
521	V	Texto	-
601	abrevadero	Planim	-
602	acequia de tierra	Planim	-
603	acequia obra	Planim	-
604	acueducto	Planim	-
605	balsa de obra/estanque	Planim	-
606	balsa de tierra/charca	Planim	-
607	canal de obra	Planim	-
608	canal de tierra	Planim	-
609	cuneta de obra	Planim	-
610	cuneta de tierra	Planim	-
611	depuradora	Planim	-
612	desagüe	Planim	-

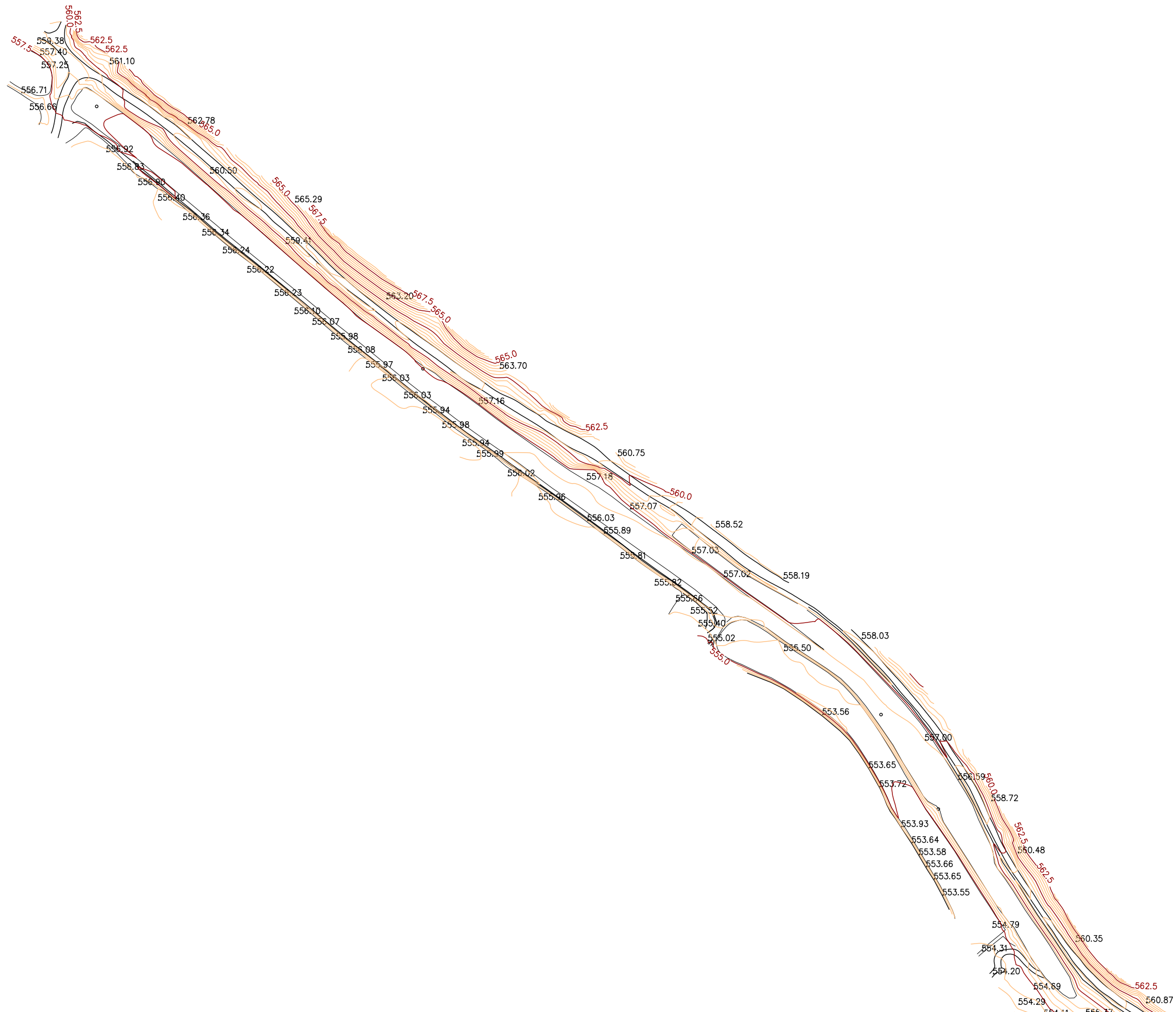


Código	Elemento	Tipo	Símbolo
613	embalse	Planim	-
614	fuelle	Planim	-
615	lago	Planim	-
616	línea de costa	Planim	-
617	muelle-puerto-embarcadero	Planim	-
618	piscina	Planim	-
619	piscina exterior	Planim	-
620	pozo	Planim	-
621	pozo	Símbolo	2621
622	rambla	Planim	-
623	río/arroyo	Planim	-
624	salinas	Planim	-
625	vaguada	Planim	-
701	límite autonómico	Planim	-
702	límite de municipio	Planim	-
703	límite nación	Planim	-
704	límite provincia	Planim	-
705	límite de zona	Planim	-
801	cuadrícula	Símbolo	2801
802	cuadrícula	Texto	-
803	punto de apoyo	Símbolo	2803
804	punto de apoyo	Texto	-
805	vértice geodésico	Símbolo	2805
806	vértice geodésico	Texto	-
807	vértice red básica	Símbolo	2807
808	vértice red básica	Texto	-
901	hidrografía	Texto	-
902	callejero	Texto	-
903	caminos, cañadas	Texto	-
904	carreteras y ffcc	Texto	-
905	casas, cortijos	Texto	-
906	comunidad autónoma	Texto	-
907	parajes	Texto	-
908	provincia	Texto	-
909	término municipal	Texto	-
910	textos informativos	Texto	-
911	textos catastro	Texto	-





APÉNDICE 5. PLANOS



ESCALA
1:2.000
Numérica

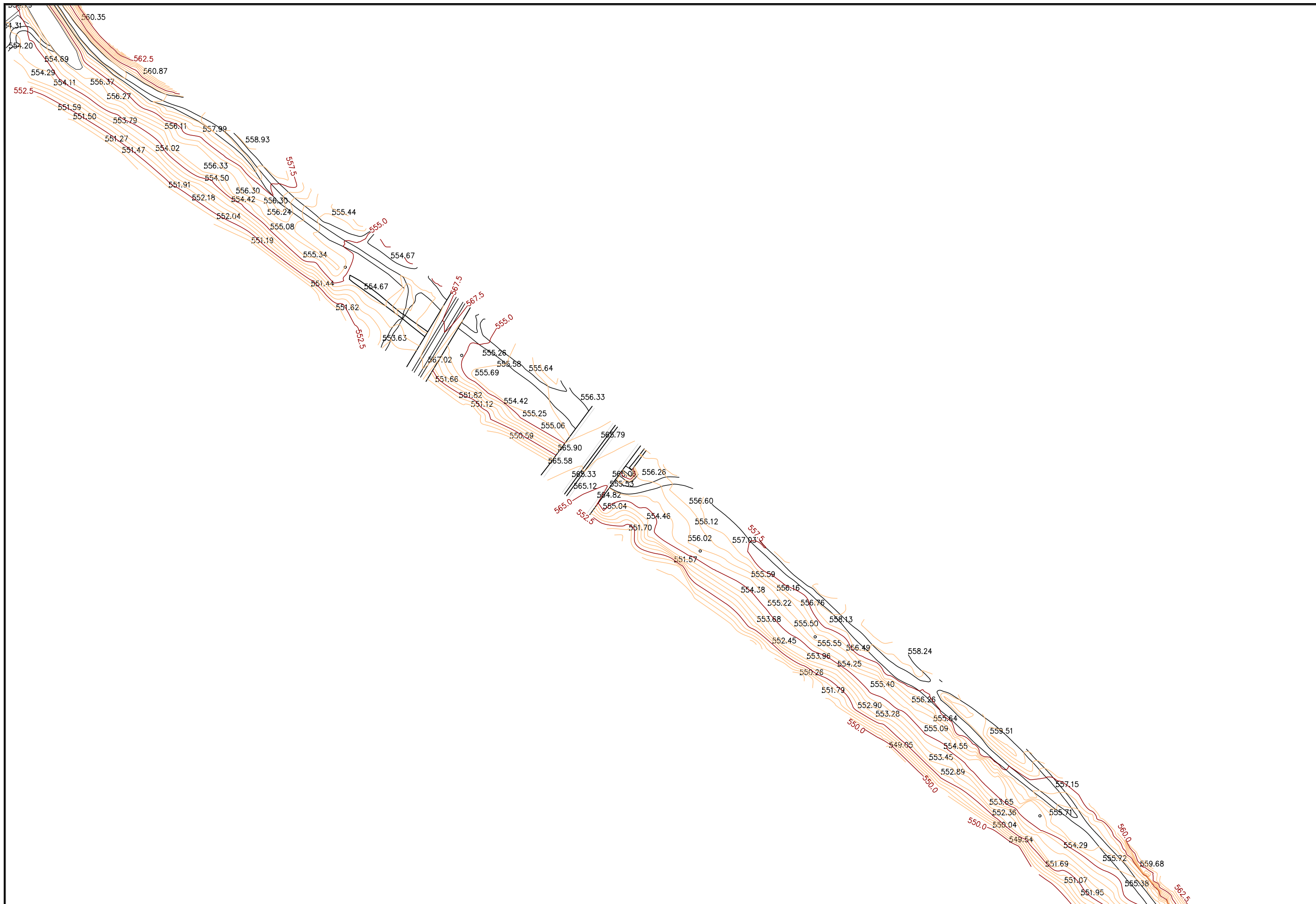
Gráfica



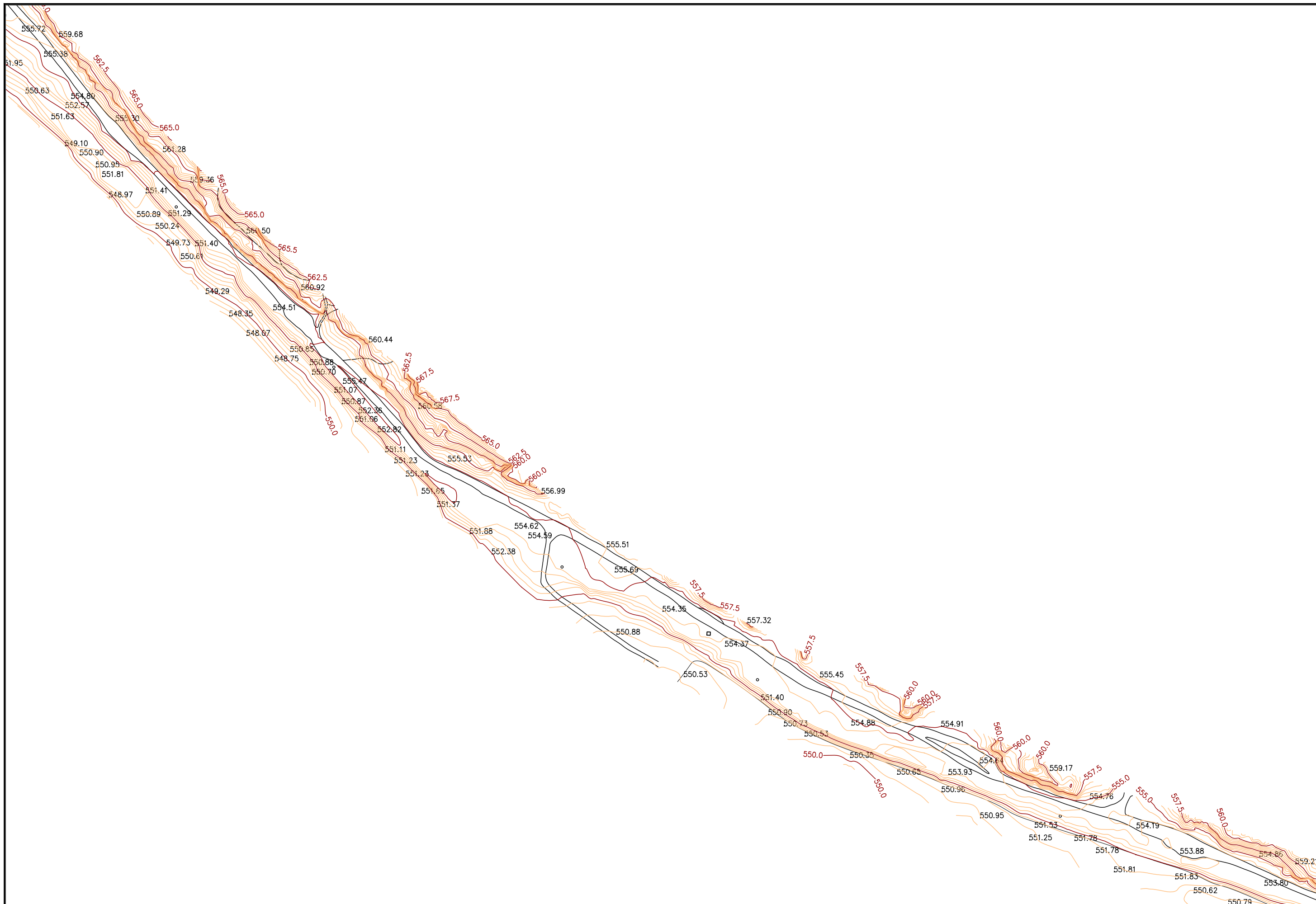
FECHA
JUNIO - 2020

TÍTULO DEL PLANO
TOPOGRAFÍA

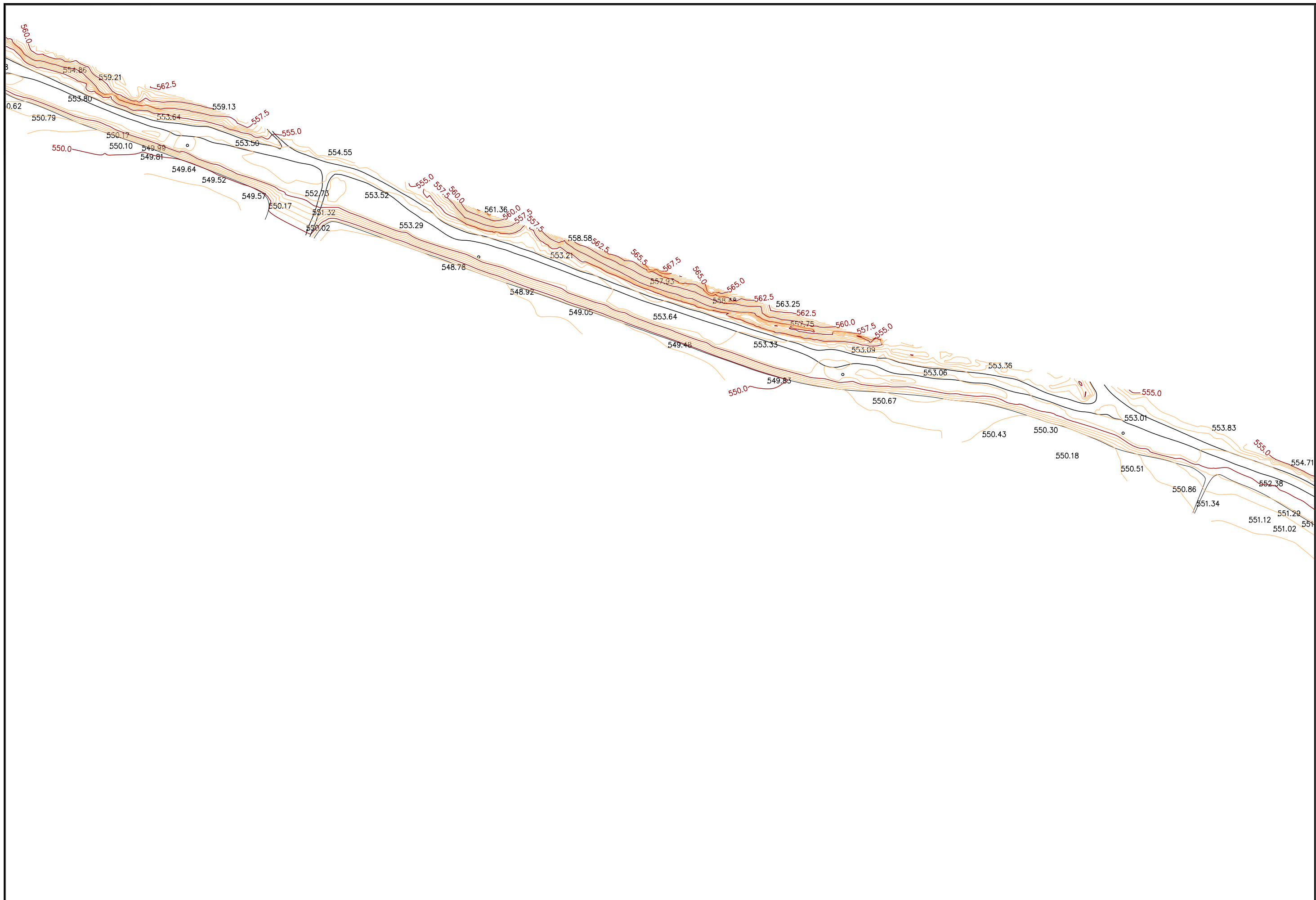
Nº DE PLANO
1
Hoja 1 de 8




ESCALA 1:2.000 Numérica	Gráfica 	FECHA JUNIO - 2020	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA	Nº DE PLANO 1 Hoja 2 de 8
-------------------------------	-------------	-----------------------	--------------------------------	---------------------------------



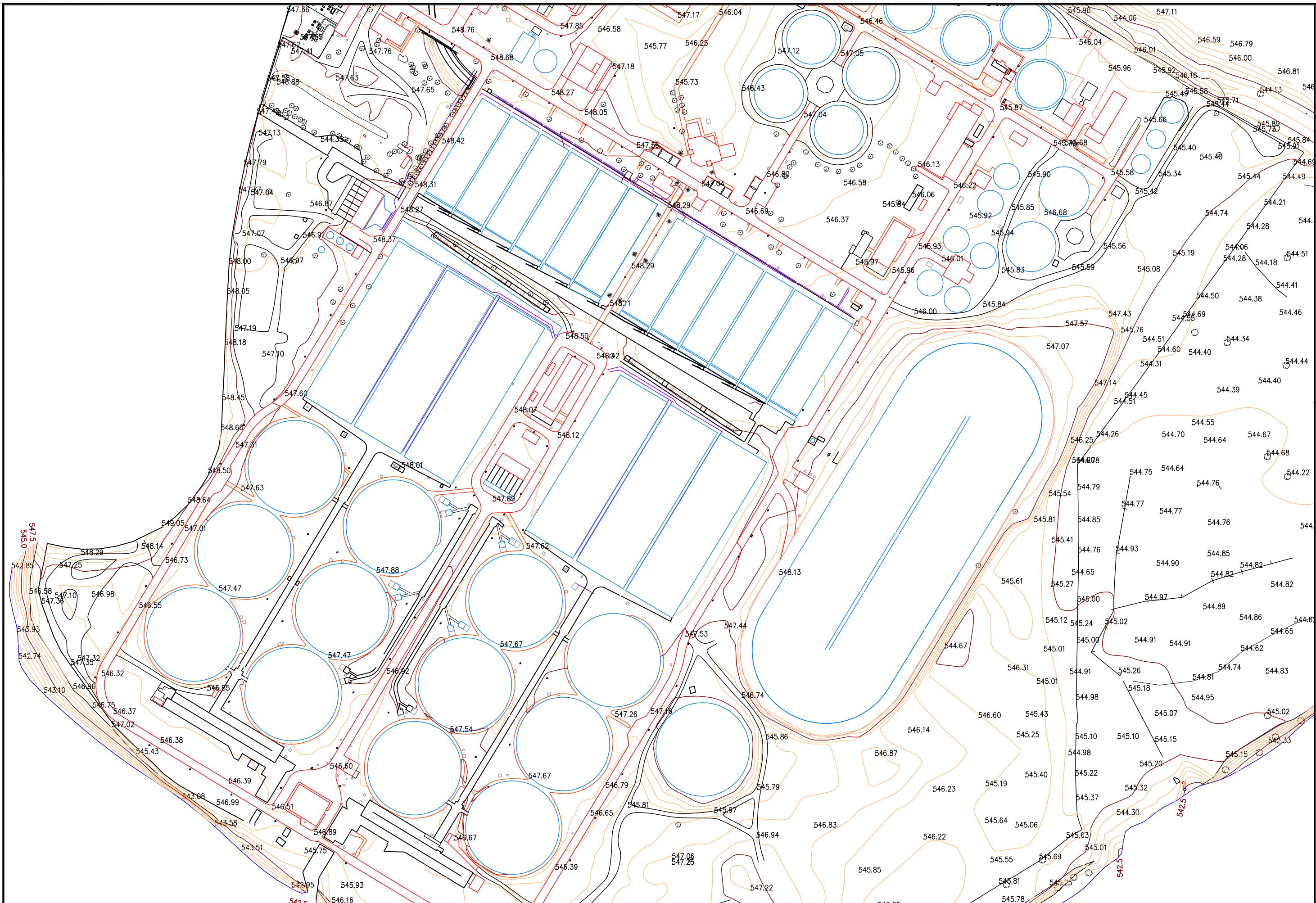
ESCALA 1:2.000		FECHA JUNIO - 2020	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA	Nº DE PLANO 1
Numérica	Gráfica			Hoja 3 de 8



ESCALA 1:2.000 Numérica	Gráfica 	FECHA JUNIO - 2020	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA	Nº DE PLANO 1 Hoja 4 de 8
-------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------	---------------------------------



ESCALA 1:2.000	0 20 40 60 m	FECHA JUNIO - 2020	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA	Nº DE PLANO 1
Numérica	Gráfica			Hoja 5 de 8



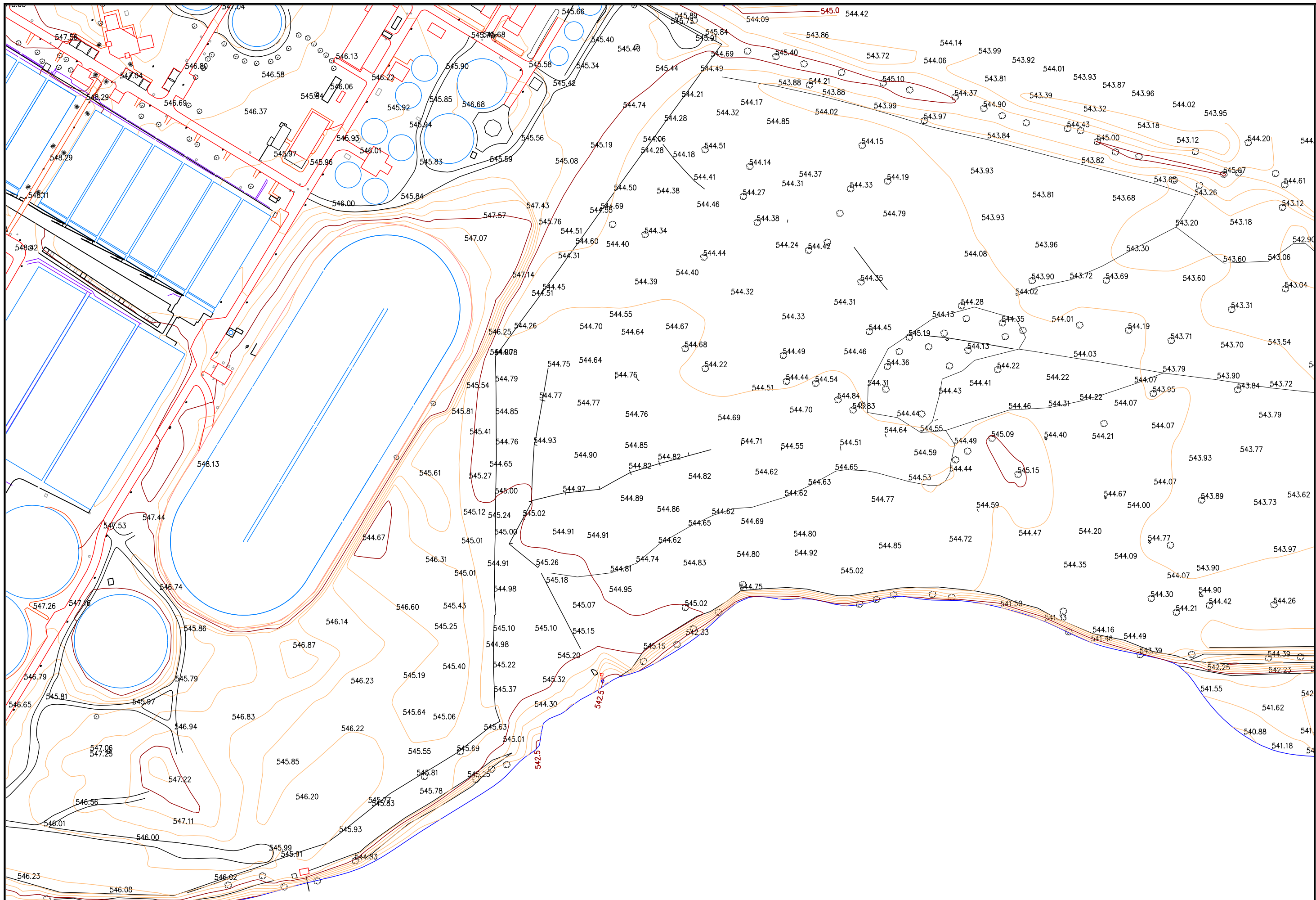
ESCALA
 1:2.000
 Numérica Gráfica



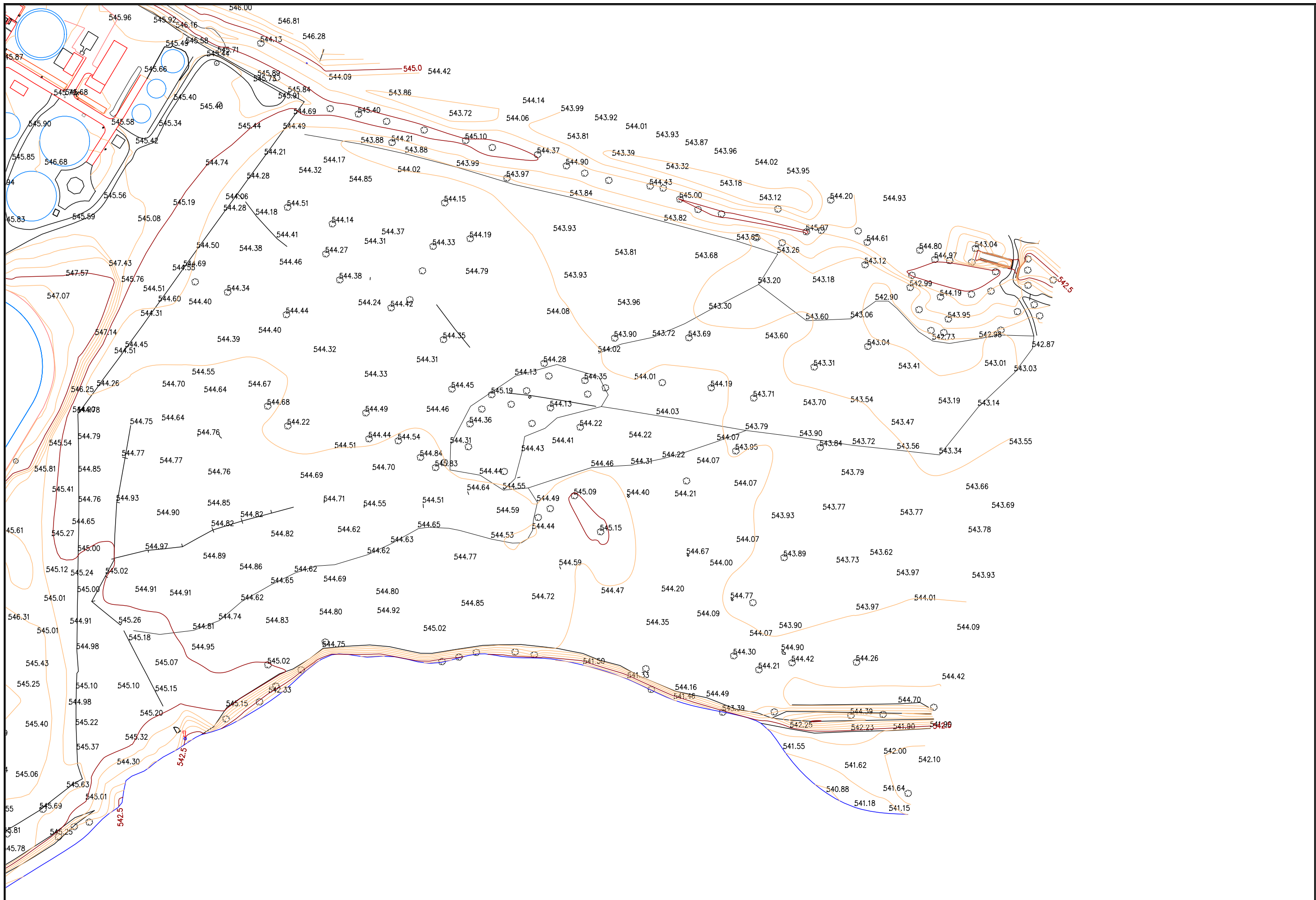
FECHA
 JUNIO - 2020

TÍTULO DEL PLANO
 TOPOGRAFÍA

Nº DE PLANO
 1
 Hoja 6 de 8



ESCALA 1:2.000 Numérica	Gráfica	FECHA JUNIO - 2020	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA	Nº DE PLANO 1 Hoja 7 de 8
-------------------------------	---------	-----------------------	--------------------------------	---------------------------------



<p>ESCALA 1:2.000</p> <p>Numérica Gráfica</p>	<p>0 20 40 60 m</p>	<p>FECHA JUNIO - 2020</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFÍA</p>	<p>Nº DE PLANO 1 Hoja 8 de 8</p>
-----------------------------------------------------	---------------------	-------------------------------	----------------------------------------	------------------------------------------



ANEJO 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA Y ANTECEDENTES	3
2.1.- SITUACIÓN DE LAS E.D.A.R., TANQUE DE TORMENTAS Y CONDUCCIONES	5
3. MARCO GEOLÓGICO	11
3.1. MARCO GEOGRÁFICO	11
3.2. MARCO GEOLÓGICO	13
4. GEOLOGÍA REGIONAL	15
4.1. DATOS GENERALES. LAS CUENCAS CENOZOICAS IBÉRICAS	15
4.2. CUENCA DEL TAJO	16
4.2.1. LA DEPRESIÓN INTERMEDIA	18
4.2.2. LA CUENCA DE MADRID	20
5. GEOLOGÍA LOCAL	28
5.1. ESQUEMA GEOLÓGICO	28
5.2. ESTRATIGRAFÍA	30
5.2.1. TERCIARIO MIOCENO	31
5.2.2. CUATERNARIO	37
5.3. GEOLOGÍA DE DETALLE	39
5.4. GEOMORFOLOGÍA	60
5.5. HIDROGEOLOGÍA	62
5.6. TECTÓNICA	67
5.7. SISMICIDAD	69
5.8. PALEONTOLOGÍA	71
5.8.1. INTRODUCCIÓN. MARCO LEGISLATIVO	71
5.8.2. BIOESTRATIGRAFÍA	71
5.8.3. MIOCENO MEDIO. ARAGONIENSE MEDIO	73
5.8.4. MIOCENO MEDIO. ARAGONIENSE SUPERIOR.	74
5.8.5. CUATERNARIO	75
5.8.6. DISTRIBUCIÓN DE YACIMIENTOS	77
6. GEOTECNIA GENERAL; ESTUDIO DE DETALLE DE ANTECEDENTES	81



6.1. ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS	82
6.1.1. GEOTECNIA DE LA CARRETERA DE CIRCUNVALACIÓN M-45	93
6.1.2. GEOTECNIA DE LA LÍNEA 3 DE METRO DE MADRID.....	94
6.1.3. GEOTECNIA DEL COLECTOR BUTARQUE II.....	96
6.1.4. GEOTECNIA DEL PROYECTO DEL NUEVO PRETRATAMIENTO DE LA ERAR DE BUTARQUE; CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO.....	98
6.1.5. ESTUDIO GEOTÉCNICO ERAR SUR; PROYECTO DE TRATAMIENTO DE CAUDALES ALIVIADOS Y MEJORAS MEDIOAMBIENTALES.	100
6.1.6. BASE DE DATOS GEOTÉCNICA DE MADRID.- GEOMADRID	107
6.1.7. CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL ARROYO BUTARQUE.- COLECTOR BUTARQUE III	115
7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA ZONA DE IMPLANTACIÓN DE LAS ERAR DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR, Y SECTORES ALEDAÑOS.	138
7.1. INTRODUCCIÓN; COLUMNA GENERAL ADOPTADA	138
7.1.1. RA. RELLENO ANTRÓPICO	140
7.1.2. QAL. CUATERNARIO ALUVIAL	141
7.1.3. TA.- TOSCO ARENOSO	145
7.1.4. T.- TOSCO	148
7.1.5. P.- PEÑUELAS	150
7.1.6. PY.- PEÑUELAS YESÍFERAS	160
7.1.7. FY. FORMACIÓN YESÍFERA.....	167
7.2. RESUMEN: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ZONAS DE LAS ERAR....	183
7.3. ESTABILIDAD DE TALUDES.....	185
7.3.1. INTRODUCCIÓN	185
7.3.2. ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS Y MODELIZACIÓN DEL TALUD.....	187
7.3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOBRE LOS TALUDES CONSIDERADOS	191
7.3.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	199
8. RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS.....	201
9.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES....	205
10.- ESTUDIOS INFORMATIVOS	209
11.- CONCLUSIONES	211



1. INTRODUCCIÓN

En el presente Informe Geológico-Geotécnico General.- Fase-II se recoge y expone una descripción geológico-geotécnica de los materiales, unidades y formaciones geológicas presentes en las parcelas de las E.R.A.R. de La China, Butarque y Sur, así como en las zonas de implantación del futuro Tanque de Tormentas, corredores del colector de pluviales y bombeo de fangos, y zonas aledañas susceptibles de ser afectadas por infraestructuras definidas posteriormente en el Estudio de soluciones general.

El objetivo es, a partir de la información recopilada de la zona, en conjunción con los nuevos datos obtenidos y recopilados, obtener un conocimiento preciso de los materiales afectados y de sus características y propiedades geotécnicas básicas, que ayuden a la toma de decisiones inicial, en cuanto a las cimentaciones especiales que se deberían adoptar, y al diseño de las infraestructuras que para la construcción del sistema se necesite ejecutar.

2. METODOLOGÍA Y ANTECEDENTES

Para la realización del presente Estudio Geológico-Geotécnico General (Fase-1), en primera instancia se efectuó una exhaustiva recopilación de antecedentes referentes a la Geología y Geotecnia del sector de estudio entre los que se encuentran ortofotografías de vuelos de distintos años, mapas temáticos de la zona (geológicos, hidrogeológicos, cartas paleontológicas, mapas geotécnicos, etc.), artículos y publicaciones específicas referentes al área de estudio, y Estudios Geotécnicos incluidos en los Proyectos Constructivos y de obras de ampliación o mejora de las propias plantas o de infraestructuras cercanas.

Entre los mapas temáticos analizados se encuentran:

- Hojas Geológicas MAGNA que engloban el área de Proyecto, en concreto la Hoja de Madrid (nº 559) y la de Getafe (Nº 582) a escala 1:50.000. Hay que destacar que las plantas geológicas recogidas en estos mapas aportan una visión, en lo que a afloramientos litológicos se refiere, relativamente anacrónica, ya que, como se



comentará más adelante, la intensa actividad urbana en la zona ha hecho que la geología de superficie sea extremadamente difícil de cartografiar.

- Mapa Hidrogeológico de la zona, del Instituto Geológico y Minero Nº 45 a escala 1:200.000.
- Carta Paleontológica de la Comunidad de Madrid.
- Mapa Geotécnico de la zona del Instituto Geológico y Minero Nº 45 en el que, como en todos los mapas geotécnicos del IGME se recogen además mapas litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos a escala 1:200.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:50.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:25.000.
- Mapas varios incluidos en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid.

En cuanto a la bibliografía utilizada, se han consultado los siguientes títulos:

- Arqueología, Paleontología y Etnografía, Monográfico 6 de “Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid”.
- Síntesis Geotécnica de los suelos de Madrid y su Alfoz, Ventura Escario 1985
- Ingeniería Geológica, González de Vallejo.-2002.-Pearson Ed.
- Geotecnia y Cimientos, José Antonio Jiménez Salas 1980.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Propiedades Geotécnicas de los suelos de Madrid”, José M^a Rodríguez Ortiz, 2000.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del Metro de Madrid”.
- Datos procedentes de la Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID), del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

Adicionalmente, se han recopilado una serie de Estudios Geológico-Geotécnicos incluidos en los Proyectos de Construcción de infraestructuras próximas a cada una de las zonas de las ERAR, entre ellos:

- Estudio Geológico Geotécnico de la carretera de circunvalación de Madrid M-45.



- Estudio Geológico-Geotécnico de la línea 3 de Metro de Madrid a su paso por Villaverde.
- Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera M-301 en las proximidades de Perales del Río.
- Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto y Anteproyecto del Colector Butarque II y III.
- Estudios de ampliación del Pretratamiento de la ERAR de Butarque
- Estudio del Proyecto de construcción del tratamiento de caudales aliviados de la ERAR Sur.
- Etc.

Toda la información disponible se elaboró, ordenó, estudió y cotejó en una etapa preliminar, permitiendo tener un conocimiento profundo de la geología general de la zona. Con posterioridad, tras un análisis en profundidad y recorrido sobre el terreno de toda la zona afectada, dicha información se contrastó con los datos previos disponibles, pudiendo finalmente realizar una caracterización geológico-geotécnica completa de los materiales potencialmente afectados por las tres plantas, el tanque de tormentas y las conducciones de pluviales y de fangos.

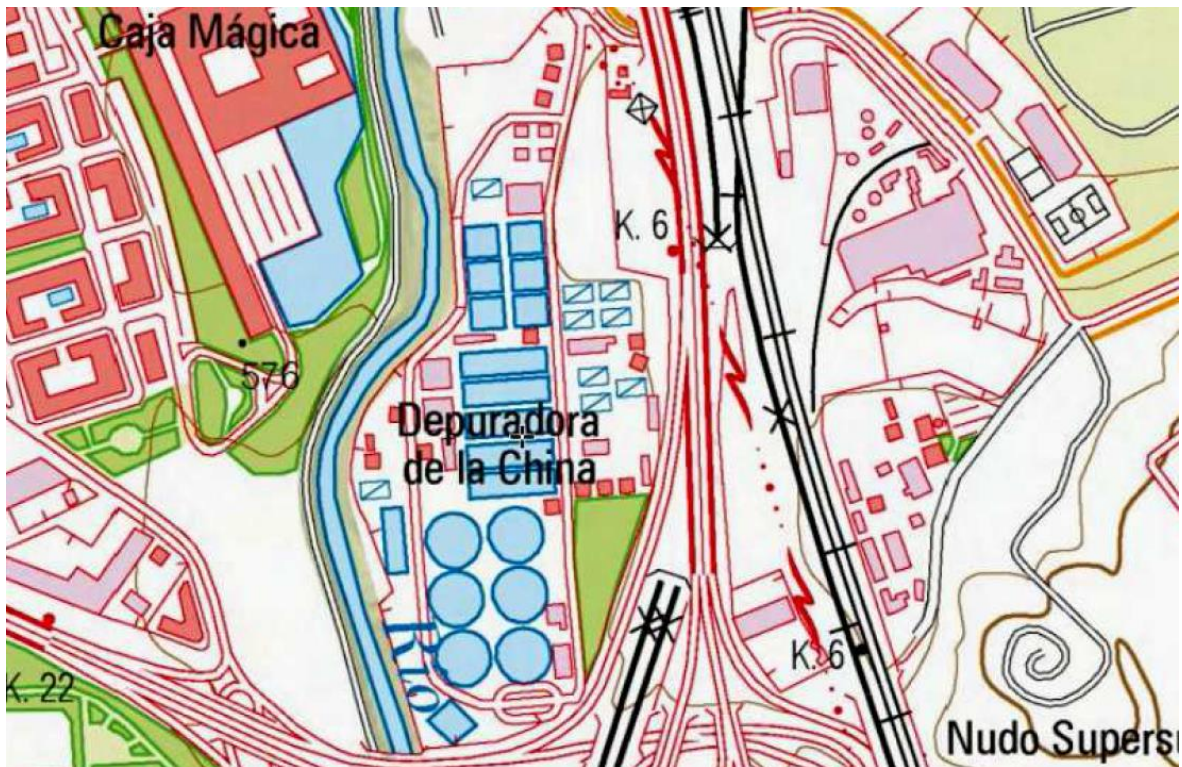
2.1.- SITUACIÓN DE LAS E.D.A.R., TANQUE DE TORMENTAS Y CONDUCCIONES

❖ E.D.A.R. LA CHINA

La EDAR de La China esta emplaza al final de la calle de Embajadores, en el distrito de Puente de Vallecas (barrio de Entrevías), en la margen izquierda del río Manzanares.

Todo su espacio es absolutamente urbano, recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

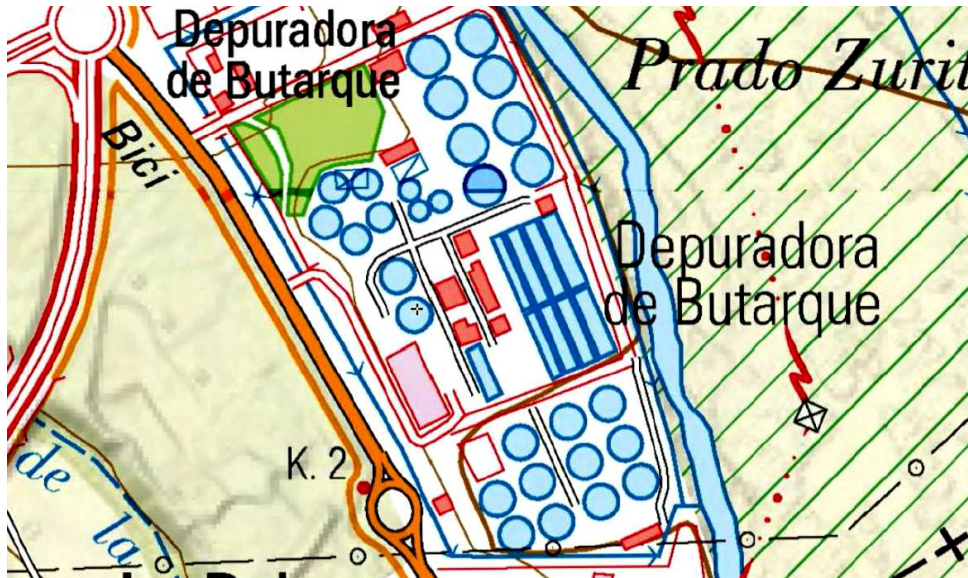
Esta es la primera depuradora que se instaló en Madrid, su construcción se inició en el año 1934, pero, a causa de la guerra civil y las dificultades del periodo posterior, su finalización no se produjo hasta el año 1950.



Mapa y fotografía aérea con la situación y distribución de equipos de la EDAR de La China

❖ **E.D.A.R. BUTARQUE**

La EDAR de Butarque se encuentra en el distrito de Villaverde (barrio de Butarque), en la Avenida de los Rosales 399. Es la única depuradora que está situada en la margen derecha del río Manzanares y da servicio a los distritos de Villaverde, Usera, Latina, Carabanchel, y Moncloa – Aravaca y a una parte de los municipios de Pozuelo de Alarcón, Alcorcón y Leganés.



Plano y foto aérea con la situación y distribución de equipos de la EDAR de Butarque

❖ **E.D.A.R. SUR**

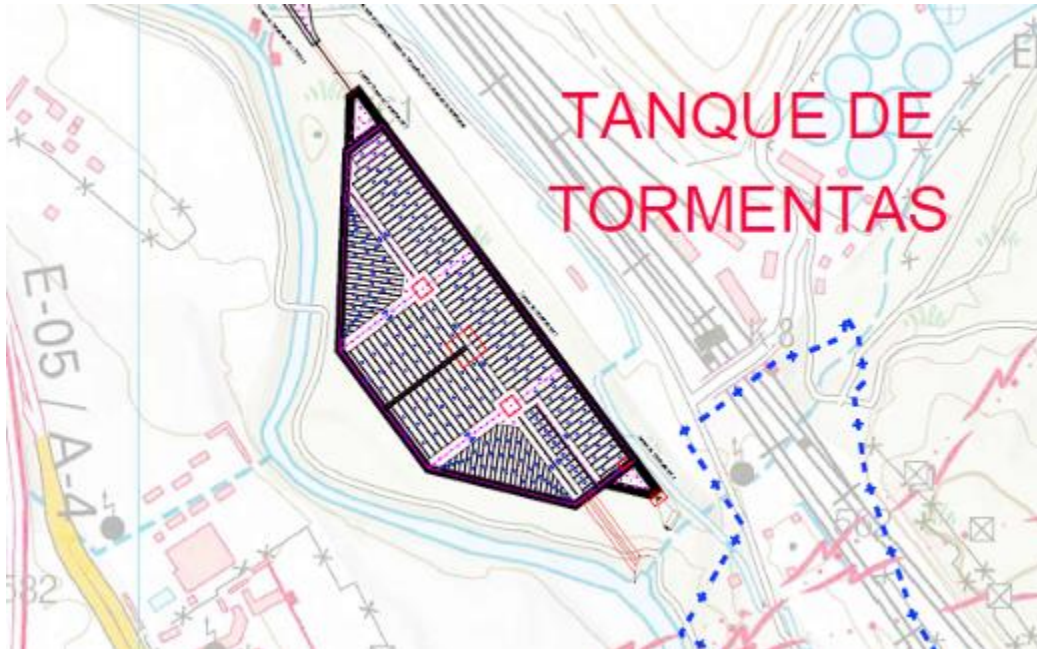
La E.D.A.R. Sur se encuentra la carretera de San Martín de la Vega Km. 6,6, en el municipio de Getafe, está situada en la margen izquierda del río Manzanares y trata las aguas residuales de los distritos de Vicálvaro, Puente de Vallecas y Villa de Vallecas.



Plano y foto aérea de situación y distribución de equipos de la EDAR Sur

❖ **SITUACIÓN DEL TANQUE DE TORMENTAS**

El Tanque de Tormentas se emplaza en la margen izquierda del río aprovechando un meandro. Se sitúa en el término municipal de Madrid, que se indica en la foto del subapartado siguiente.



Plano y foto de situación del nuevo Tanque de Tormentas

❖ CONDUCCIONES

En la siguiente foto aérea se indica el corredor del trazado de las conducciones (se representa el trazado de los colectores de pluviales y bombeo de fangos en trazo continuo en color rojo) y el emplazamiento del futuro Tanque de Tormentas (triángulo de color verde).

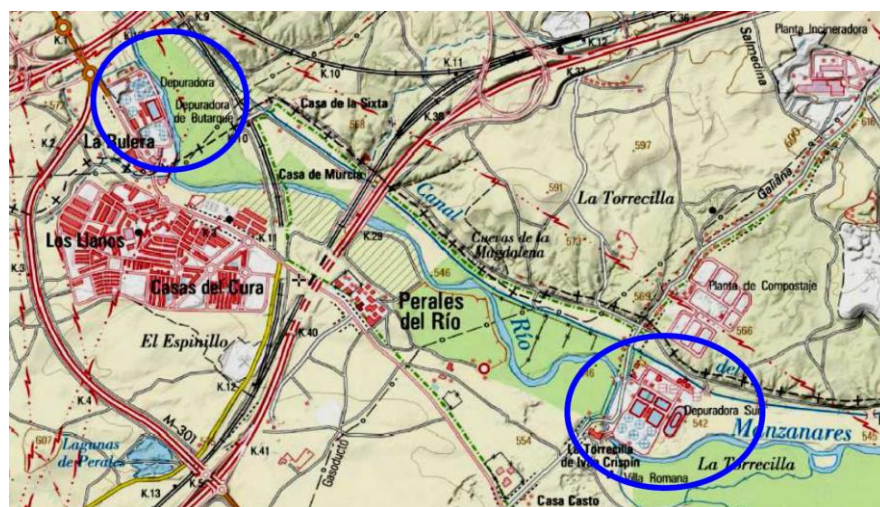
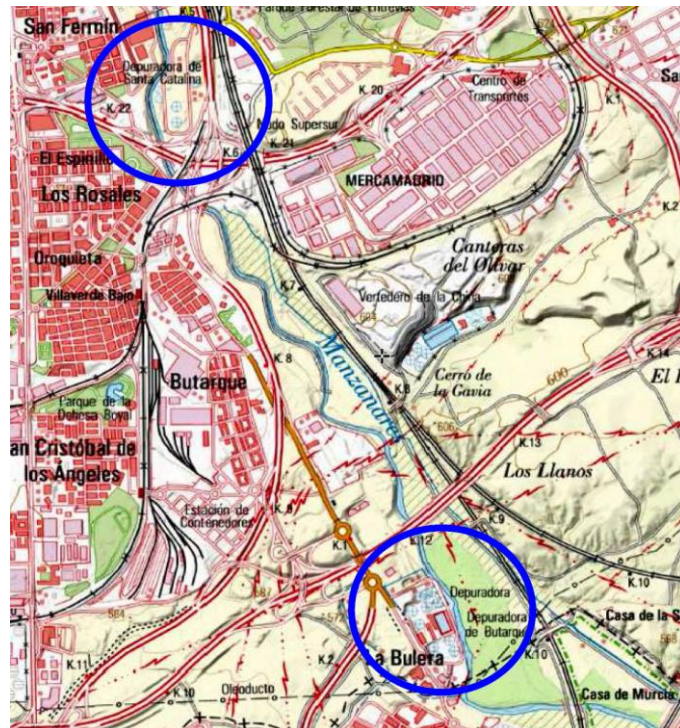


Foto aérea general de situación. Conducciones y Tanque de Tormentas (sin y con geología)

3. MARCO GEOLÓGICO

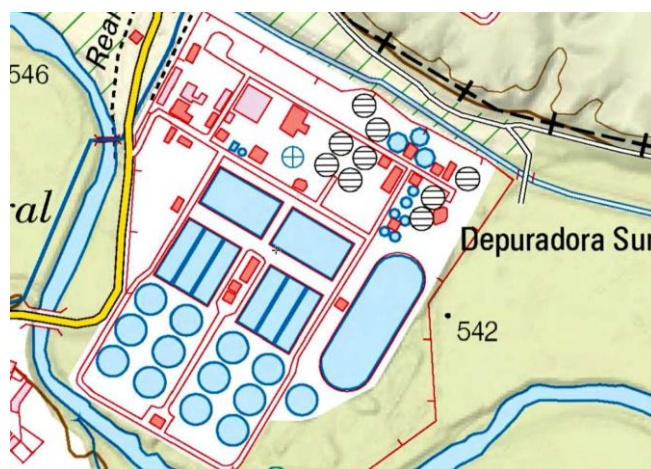
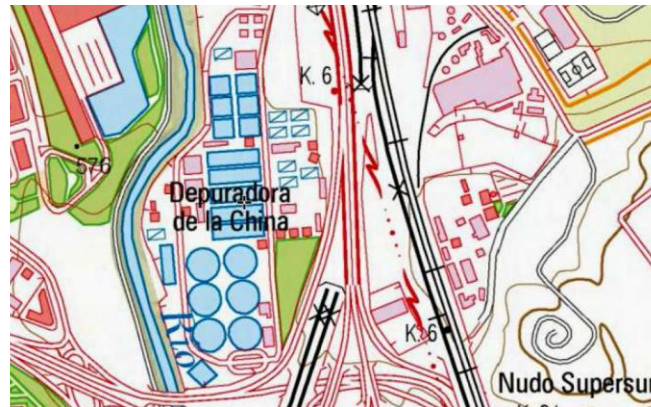
3.1. MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio se localiza geográficamente en los T.T.M.M. de Madrid y Getafe. En la zona S-SE de Madrid. Junto al cauce del río Manzanares y Mercamadrid se ubican las ERAR de La China y la de Butarque; junto al mismo cauce, más aguas abajo, ya en T.M. de Getafe, se ubica la ERAR Sur. En los planos siguientes, se puede observar la situación general de estas infraestructuras.



Plano de situación General de las tres plantas objeto del Estudio

La fuerte expansión de los núcleos urbanos en la zona en los últimos años, así como la extracción de recursos naturales, ha modificado sustancialmente la base física, en particular dentro de las zonas urbanas.

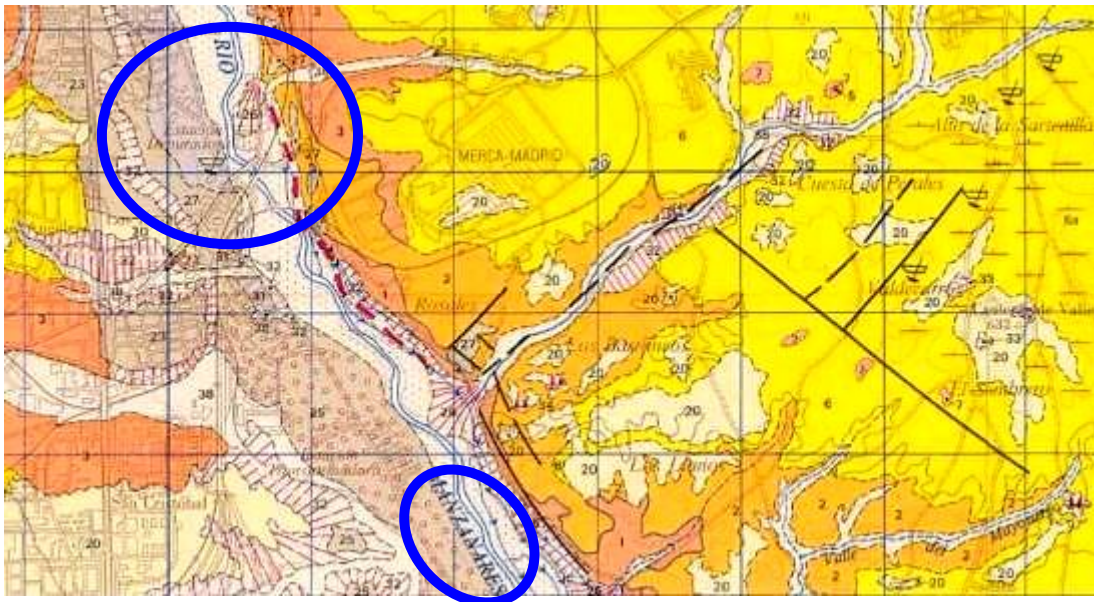


Planos de detalle del IGN de las tres plantas: China, Butarque y Sur.

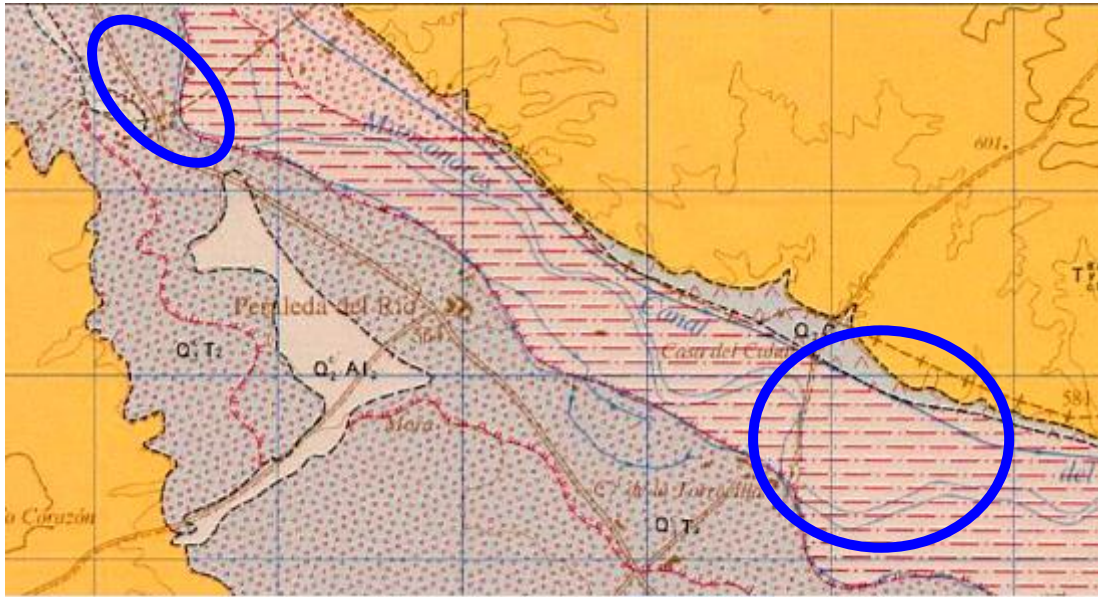
3.2. MARCO GEOLÓGICO

Geológicamente, la zona se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid. Los materiales representados son de origen sedimentario y de edad Terciario, aunque sobre ellos se localizan depósitos cuaternarios bien generados por la dinámica fluvial del río Manzanares o del arroyo Butarque, bien de origen antrópico.

En las siguientes figuras se recoge la localización de las tres plantas en la cartografía geológica de las Hojas Geológicas MAGNA (adjunto adicionalmente en el apartado de planos, plano 2). La intensa urbanización llevada a cabo en la zona dificulta aún más la cartografía geológica mediante las técnicas geológicas usuales de observación directa en superficie, razón por la cual no se ha elaborado una planta geológica, considerando de mayor utilidad la realización de un perfil geológico-geotécnico.



**Planta Geológica ERAR La China y parte de Butarque, al Sur.
Hoja Geológica Magna N- 559 Madrid**



**Planta Geológica ERAR Sur y parte de Butarque, al Norte.
Hoja Geológica Magna Nº-582- Getafe**

En los siguientes epígrafes se recoge la descripción de la geología regional del entorno para comprender los medios sedimentarios en los que se depositaron los materiales presentes en el ámbito general de la zona de estudio, la disposición de los mismos, las distintas arquitecturas estratigráficas que se pueden presentar, y posteriormente sus características litológicas.

De este modo se podrá elaborar una división en unidades litoestratigráficas y posteriormente geotécnicas que se irá describiendo y detallando en el presente estudio Geológico-Geotécnico general previo (FASE-I).

Las conducciones y el Tanque de Tormentas se encuentran en el ámbito geológico descrito, de la margen izquierda del río Manzanares.



4. GEOLOGÍA REGIONAL

4.1. DATOS GENERALES. LAS CUENCAS CENOZOICAS IBÉRICAS

Las cuencas cenozoicas cubren una amplia superficie de la Península Ibérica plasmada en una gran representación cartográfica. Se encuentran en todo el territorio peninsular ocupando posiciones tanto interiores como epicontinentales cerradas o abiertas (al Mediterráneo o al Atlántico) y con unas características estrechamente relacionadas con el proceso de su formación y evolución posterior.

Presentan un tamaño muy variable, desde más de 50.000 km² como la Cuenca del Duero, a unas pocas decenas de km² que presentan algunas pequeñas cuencas situadas sobre el Macizo Ibérico en Galicia o en la región pirenaica.

La morfología es también heterogénea y refleja, en general, las características geodinámicas de los bordes de cuenca.

La composición de los materiales de relleno está condicionada por las áreas fuente de las que fueron erosionados. La mayoría de las cuencas están rellenas de sedimentos continentales lo que dificulta las dataciones paleontológicas. Algunas, como la del Vallés-Penedés contienen sedimentos marinos intercalados entre los continentales, y otras, como la del Guadalquivir están rellenas prácticamente en su totalidad por sedimentos marinos lo que posibilita realizar estudios bioestratigráficos de mucho detalle que favorecen la correlación a escala de la cuenca.

Las de mayor extensión reciben el nombre del río o cuenca fluvial principal que las drena (Tajo, Ebro, Duero, etc.), como un reflejo del basculamiento actual que presentan las cuencas, independiente de su evolución y posición geográfica a lo largo del tiempo. Otros reciben el nombre de las comarcas, localidades o poblaciones más importantes ubicadas en ellas, como Cerdanya, Coria, Catalayud, etc.

La mayoría se asienta sobre un basamento constituido por metasedimentos o granitoides precámbricos o paleozoicos o bien sobre rocas detríticas o carbonatadas del Mesozoico.



La configuración actual de las cuencas cenozoicas es la respuesta final de un conjunto de procesos que actuaron independientemente en el tiempo y espacio pero estrechamente relacionados que les confirieron su geometría, morfología y peculiaridades propias al producirse importantes deformaciones compresivas y extensivas. Estos procesos fueron entre otros: la situación de Iberia, entre las placas euroasiática y africana, el desplazamiento de las mismas, la relación con la apertura del Atlántico y su aproximación por convergencia N-S y la estructuración del Mediterráneo occidental.

Existen tres tipos de cuencas: el primer grupo se desarrolla y están asociadas a los momentos compresionales. En general se localizan en la Cordillera Bética y Cadena Pirenaica. Son cuencas con un grado de deformación bastante elevado a lo largo del Terciario por la tectónica alpina.

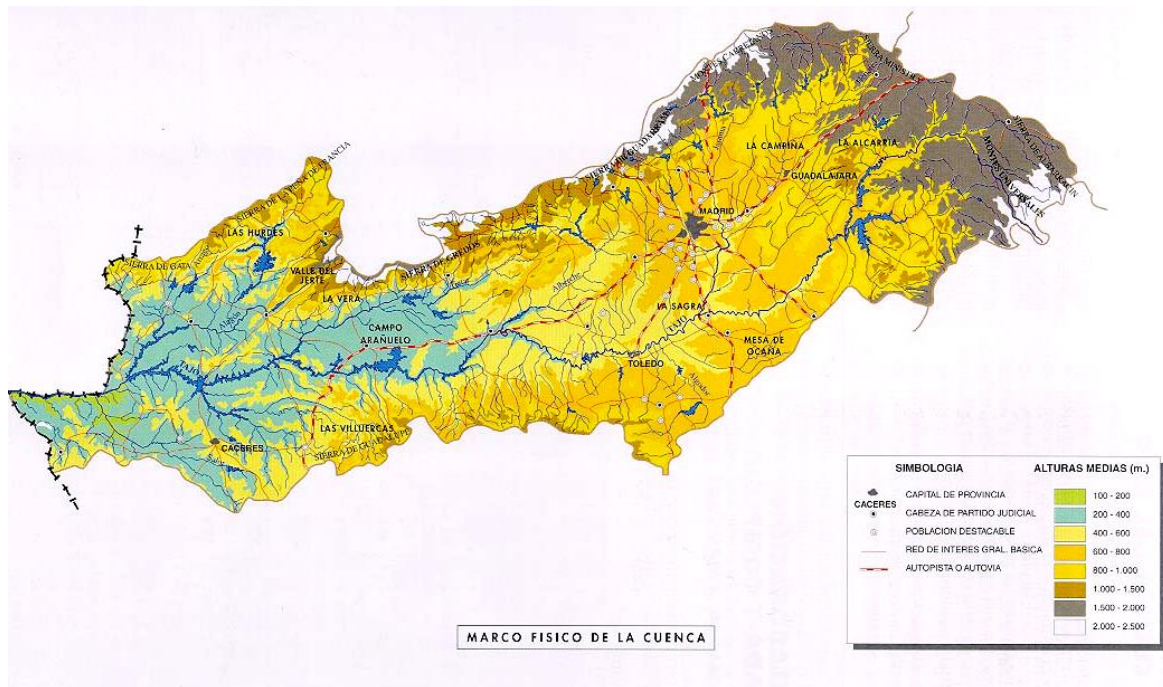
Un segundo grupo, localizado paralelo a la costa mediterránea, está asociado a la etapa extensional oligoceno-neógena y ligado a la creación y estructuración del surco de Valencia. Presentan una geometría típica de horsts y grabens.

El tercer grupo de cuencas presenta una baja o nula deformación tectónica, y está íntimamente relacionado con el Macizo Ibérico. Son las cuencas interiores del Duero y Tajo, separadas por el Sistema Central, la del Guadalquivir, abierta al Atlántico, y la cuenca del Ebro, abierta al Mediterráneo.

La zona de estudio se localiza en la zona centro-oriental de la Cuenca del Tajo, que se extiende, con orientación E-W, por toda la zona central peninsular. Dicha cuenca se describe a continuación.

4.2. CUENCA DEL TAJO

La Cuenca del Tajo, cuya extensión es de unos 20.000 km², está formada por dos cuencas menores: la Cuenca de Madrid y la Depresión Intermedia, también denominada Cuenca de Loranca.



La individualización de las dos cuencas se produjo por el levantamiento de la Sierra de Altamira, un cinturón estrecho de pliegues y cabalgamientos que verge hacia el oeste que tiene una dirección general N-S, y que comenzó a emplazarse al final del Paleógeno.

- La **Depresión Intermedia** es, al menos para las unidades inferiores, una cuenca piggy back, generada durante la Orogenia Alpina según una tectónica de piel fina que se nuclea a favor de una falla en el basamento por un accidente central: el anticlinal de Trillo-Pareja-Huete-Carrascosa.

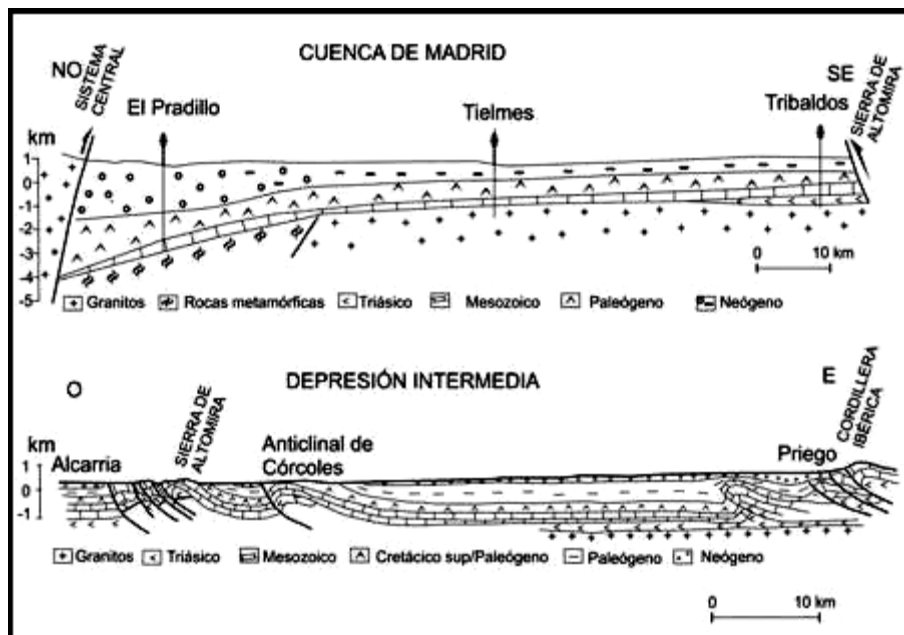
El límite oriental de la Depresión Intermedia está constituido por la Cordillera Ibérica, mientras que su borde occidental lo constituye la Sierra de Altamira. Hacia el sur, la cuenca conecta con La Mancha y hacia el norte con la Cuenca de Madrid.

- La **Cuenca de Madrid** es una cuenca intracratónica en la que la estructura de sus márgenes está condicionada por los esfuerzos que afectaron al margen de la Placa Ibérica durante los movimientos alpinos (Álvaro et al.-1979). El margen norte de la cuenca está constituido por el basamento granítico y las rocas metamórficas del Sistema Central. El contacto con los sedimentos terciarios es mediante un cabalgamiento N60 con un salto de más de 2.000 m que fue activo desde el Paleógeno al Mioceno medio.

El margen sur de la cuenca, los Montes de Toledo, está formado por granitos y rocas metamórficas de alto grado cuyo contacto con los depósitos terciarios es mediante un cabalgamiento E-O que buza unos 45° hacia el sur.

Los márgenes orientales, Cordillera Ibérica y Sierra de Altamira, están formados esencialmente por materiales mesozoicos.

La figura siguiente recoge dos cortes geológicos esquemáticos, tanto de la Cuenca de Madrid, como de la Depresión Intermedia.



Cortes esquemáticos de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.

En los siguientes apartados, se describe más detalladamente las características litoestratigráficas de las cuencas que componen la Cuenca del Tajo: la Cuenca de Madrid y la Depresión Intermedia.

4.2.1. La Depresión Intermedia



El registro estratigráfico de la cuenca ha permitido distinguir tres unidades paleógenas, y una unidad neógena compleja dividida en cuatro ciclos.

1.1.1.1.- Paleógeno

Se distinguen tres unidades, de más antiguo a más moderno:

- Unidad Basal (Díaz Molina, 1978) o Fm. Arcillas margas y yesos de Villalba de la Sierra (Meléndez et al., 1985): está compuesta fundamentalmente por lutitas yesíferas verde-gris y yeso nodular sacaroideo con estructura “chicken wire” (anhidrita en sondeos). Presenta intercalaciones decimétricas de calizas y dolomías micríticas. Hacia techo aparecen intercalaciones de areniscas y lutitas abigarradas con dolomías carniolares. Se emplaza concordante sobre la Fm. Brechas de Cuenca de edad Cretácico. Su potencia supera los 300 m y su edad es Maastrichtiense (Senoniense)-Eoceno medio.
- Unidad Detrítica Inferior (Díaz Molina, 1974): está compuesta por conglomerados y areniscas, lutitas y calizas. Las estructuras sedimentarias permiten interpretar los conglomerados y areniscas como depósitos de canal, las lutitas corresponden a depósitos de llanura de inundación o lacustres y las calizas a depósitos lacustres. Su potencia oscila entre 150 y 300 m y su edad es Rhenaniense- Arveniense inferior (Torres y Zapata, 1986).
- La Unidad Detrítica Superior (Díaz Molina, 1974): esta unidad se depositó sobre una discordancia con paleorrelieve sobre los materiales de unidades más antiguas. En su parte inferior está formada por conglomerados polimícticos y poligénicos y areniscas (subarcosas a litarenitas) grises en sondeo, lutitas marrones, calizas y yesos nodulares a veces con abundante materia orgánica (niveles de gytja o lignito). Al igual que en la unidad anterior las areniscas son depósitos de canal, las lutitas depósitos de llanura de inundación y las calizas y yesos se interpretan como depósitos palustres-lacustres. La potencia es variable superando los 500 m en la parte central de la cuenca. Su edad es Arveniense inferior- Ageniense.

1.1.1.2.- Neógeno

Todo el Neógeno de la Depresión Intermedia se incluye en la Unidad Terminal (García Abad, 1977) que abarca cuatro ciclos (Torres y Zapata, 1986).

- Primer Ciclo Neógeno: se deposita según una discordancia con paleorrelieve sobre materiales más antiguos en zonas plegadas y definiendo una ruptura sedimentaria con la Unidad Detrítica Superior en zonas centrales de la cuenca. Está compuesto por



conglomerados, areniscas grises y negras en sondeo, lutitas, yesos bioturbados y detríticos, calizas y arcillas de neoformación (sepiolitas de Pareja). Se interpretan en su conjunto como depósitos de abanico aluvial gradando a una zona central lacustre con su depocentro entre Huete y Pareja. De acuerdo con datos de sondeo, su potencia máxima es de 350 m. Su edad es Ageniense superior- Aragoniense medio.

- Segundo Ciclo Neógeno: se deposita según una discordancia con paleorrelieve sobre materiales más antiguos en zonas plegadas o definiendo una ruptura sedimentaria con el ciclo anterior en zonas centrales de la cuenca. Sus caracteres litológicos son similares a los del Primer Ciclo Neógeno pero predominan los carbonatos sobre los sulfatos. En Córcoles se desarrolla una zona palustre carbonatada con importantes anomalías geoquímicas ligadas a aguas epitermales. La edad de la unidad es Aragoniense medio-Vallesiense. La potencia máxima es de unos 200 m.
- Tercer Ciclo Neógeno: se corresponde con la unidad “Calizas del Páramo”, en cuya base se observan las arenas de la “red fluvial intramiocena” constituida por conglomerados y arenas con paleocorrientes de dirección E-O. Por criterios regionales, Torres et al. (1984) le atribuyen una edad Vallesiense-Turolense. Su potencia se estima en unos 50 m.
- Cuarto Ciclo Neógeno: está representado por materiales detríticos o químicos, a los que se atribuye, en ocasiones sin criterios paleontológicos claros, edad Plioceno.

4.2.2. La Cuenca de Madrid

1.1.1.3.- Paleógeno

Los afloramientos paleógenos de la Cuenca de Madrid son muy discontinuos en superficie y forman cinturones relativamente estrechos que afloran en la zona Norte de la cuenca, en la parte Este de la Sierra de Altamira y sobre la zona Norte de los Montes de Toledo.

La discontinuidad de los afloramientos y la variedad de materiales con importantes cambios de facies hace que sea difícil establecer un cuadro estratigráfico claro y detallado de estos materiales.

En líneas generales se pueden diferenciar dos grandes unidades dentro del Paleógeno.

- Unidad de Torrelaguna- Uceda (Portero y Olivé, 1984): está constituida por unos 1.100 m de lutitas, yesos, conglomerados y calizas. Se depositó en sistemas de abanicos aluviales junto con los que se desarrollaron lagos evaporíticos. En la zona



NE de la cuenca, la unidad aflora en el núcleo del anticlinal de Baidés, donde presenta una potencia de unos 200 m. La edad de esta unidad es Cretácico superior-Eoceno.

- Unidad de Beleña de Sorbe-Torremocha de Jadraque. Su potencia puede alcanzar 900 m. Esta unidad se puede subdividir en tres subunidades:
 - Calizas y margas lacustres, con un espesor medio de 350 m, cuya edad se atribuye al Headoniense-Eoceno superior (Arribas, 1986; Ríos et al., 2002).
 - Subunidad detrítica que también incluye niveles de yesos crema, margas y calizas. La edad de esta subunidad se atribuye al Sueviense-Areveniense y su potencia, observable en las proximidades de Villaseca de Henares, es de unos 200 m.
 - La tercera subunidad tiene unos 50 m y está formada por lutitas rojas que incluyen niveles de areniscas y conglomerados, estando todos estos materiales muy edafizados.

La geometría y relación entre estas unidades paleógenas y los materiales neógenos suprayacentes se observa muy bien a lo largo del anticlinal de Baidés en el borde NE de la Cuenca de Madrid. En esta zona se reconoce una discordancia progresiva de la que forman parte las unidades paleógenas y las unidades Inferior e Intermedia del Mioceno que se describen en epígrafes posteriores. Por el contrario unos 5 km al sur (Villaseca de Henares), los depósitos miocenos son claramente discordantes sobre los paleógenos, encontrándose los últimos invertidos.

La correlación de estas unidades con los materiales que afloran en la zona sur de la cuenca no es fácil debido a la discontinuidad de afloramientos y a la escasez de fauna y flora de los mismos. Cabe destacar, no obstante, la falta de afloramientos de yesos en estas áreas, el carácter detrítico de gran parte de los mismos y la importante presencia de paligorskita (Calvo et al., 1993; Rodas et al., 1994)



1.1.1.4.- Neógeno-Mioceno

Al Mioceno pertenecen los materiales que se engloban en las siguientes tres unidades:

- Unidad Inferior del Mioceno.

Los depósitos correspondientes a esta unidad se disponen en discordancia angular y erosiva sobre materiales paleógenos. Se disponen con conformidad estratigráfica, tal como se deduce de los perfiles sísmicos y sondeos profundos disponibles (Racero, 1988).

La Unidad Inferior del Mioceno presenta diferentes tipos de sedimentos que se ordenan de acuerdo con un modelo concéntrico de facies. Esta ordenación es el resultado de la distribución de sistemas lacustres hidrológicamente cerrados a lo largo del Mioceno inferior, y parte del Mioceno medio (Calvo et al., 1989, 1996).

Los depósitos lacustres que caracterizan esta unidad son de naturaleza netamente evaporítica con una asociación bastante compleja de fases sulfatadas, carbonatos y cloruros. Así, Ortí et al. (1979), García del Cura (1979) y Ordóñez y García del Cura (1994) han descrito e interpretado los depósitos de yeso, anhidrita, glauberita, thenardita, polihalita, halita, dolomita y magnesita, existentes y observables tanto en afloramiento como en sondeos.

La presencia de estas fases salinas en el centro de cuenca es consecuencia del reciclado de formaciones evaporíticas mesozoicas y paleógenas, en particular las relacionadas con el emplazamiento de la Sierra de Altamira y Cordillera Ibérica, en el lado este de la Cuenca de Madrid (Rodríguez – Aranda et al., Calvo et al., 1996)

Los sedimentos lacustres de la Unidad Inferior se localizan sobre todo en la zona centro-oriental de la Cuenca de Madrid. Hacia los bordes de la cuenca gradan a depósitos terrígenos que forman orlas de diferente amplitud según el borde considerado: orlas de amplitud muy reducida en las proximidades de la Sierra de Altamira (Rodríguez Aranda et al., 1991) y de los Montes de Toledo; orlas formadas por sistemas fluviales de amplia extensión en el área NE de la cuenca (Alonso-Zarza et al., 1993) y orlas constituidas por depósitos arcósicos en facies de abanico aluvial hacia el oeste.



López Olmedo et al. (2003) reconocen dos subunidades dentro de los materiales arcósicos que constituyen la Unidad Inferior del Mioceno en el sector occidental de la cuenca.

El techo de la Unidad Inferior viene marcado por una tendencia a la ampliación y estabilización de los sistemas lacustres durante el Aragoniense medio (Calvo et al., 1989), hecho que se correlaciona lateralmente con un neto desarrollo de paleosuelos en los sistemas aluviales que forman las orlas de materiales terrígenos asociadas a los distintos bordes de cuenca (Alonso-Zarza et al., 1993; López Olmedo et al., 2003).

En áreas centrales de ésta, la discontinuidad estratigráfica entre la Unidad Inferior y la suprayacente, queda subrayada por la presencia de una superficie *paleokárstica* en materiales yesíferos (Rodríguez-Aranda et al., 2002).

- Unidad Intermedia del Mioceno.

La unidad Intermedia presenta una potencia variable entre 50 y 200 m, y su edad abarca desde el Aragoniense medio al Vallesiense. La base de la Unidad Intermedia queda marcada por la penetración de depósitos detríticos sobre materiales lacustres (carbonatos y evaporitas) del techo de la Unidad Inferior.

La Unidad Intermedia está formada por dos subunidades cuyo límite se sitúa en el Aragoniense superior. Hacia techo de cada subunidad y también en el conjunto de la unidad hay una tendencia clara a la disminución de los depósitos aluviales con el consiguiente aumento en la proporción de los términos edáficos y lacustres.

Los depósitos aluviales forman un cinturón discontinuo a lo largo de los márgenes de la cuenca. Su anchura varía de cientos de metros a 30 km, siendo máxima en el borde norte de la cuenca y menor en los márgenes sur y sureste (Alonso-Zarza et al., 1993).

La composición y morfología del área fuente controlaron las características de estos sistemas deposicionales. Así, en los bordes Norte y Sur son dominantes los depósitos arcósicos de gran extensión que pasan a arcosas finas, paleosuelos carbonáticos y



arcillas algunas muy ricas en magnesio (sepiolita y esmectitas) en las zonas distales y lacustres.

En los márgenes N y NE los sistemas aluviales tuvieron menos extensión, depositándose gravas gruesas que pasan distalmente a lutitas rojas con muchos niveles edáficos (Alonso-Zarza et al., 1992). En el margen S son escasos los depósitos de areniscas tabulares que también pasa a lutitas rojas (Sanz, 1996).

Hay que señalar que uno de los rasgos más característicos de esta unidad es la amplia presencia de niveles edáficos así como de carbonatos lacustres muy someros (Alonso-Zarza et al., 1992b; Sanz et al., 1995).

Los depósitos netamente lacustres también varían a lo largo de la cuenca. En las zonas Sur y Este de la cuenca se depositaron yesos seleníticos, lenticulares y detríticos formados en lagos someros de moderada salinidad. Hacia el norte, los depósitos lacustres son esencialmente carbonatos dolomíticos. Todo ello contrasta con los carbonatos de agua dulce depositados en la zona NE. Como se puede observar, por la disposición de las distintas litologías, los ambientes más evaporíticos están restringidos a las zonas S y E de la cuenca.

El techo de la Unidad registra una amplia extensión de los carbonatos lacustres, en general someros (Calvo et al., 1989), sobre los que se desarrolló un importante sistema *paleokárstico* (Cañaveras et al., 1996).

- Unidad Superior del Mioceno.

La sedimentación de esta unidad supone un cambio muy significativo, pues la distribución de facies no sigue el modelo concéntrico mostrado por las unidades infrayacentes. Esta unidad presenta un espesor máximo de 50 m. La base son sedimentos detríticos que se depositaron en un sistema fluvial con dirección dominante N-S.

En detalle, en las zonas centrales de la cuenca la morfología de los sistemas fluviales estuvo condicionada por la topografía del sistema cárstico infrayacente (Calvo et al., 1989). Los carbonatos de la parte superior de la unidad son tobas y micritas fosilíferas depositadas en un sistema fluvio-lacustre de agua dulce (Sanz, 1996, Wright et al., 1997).

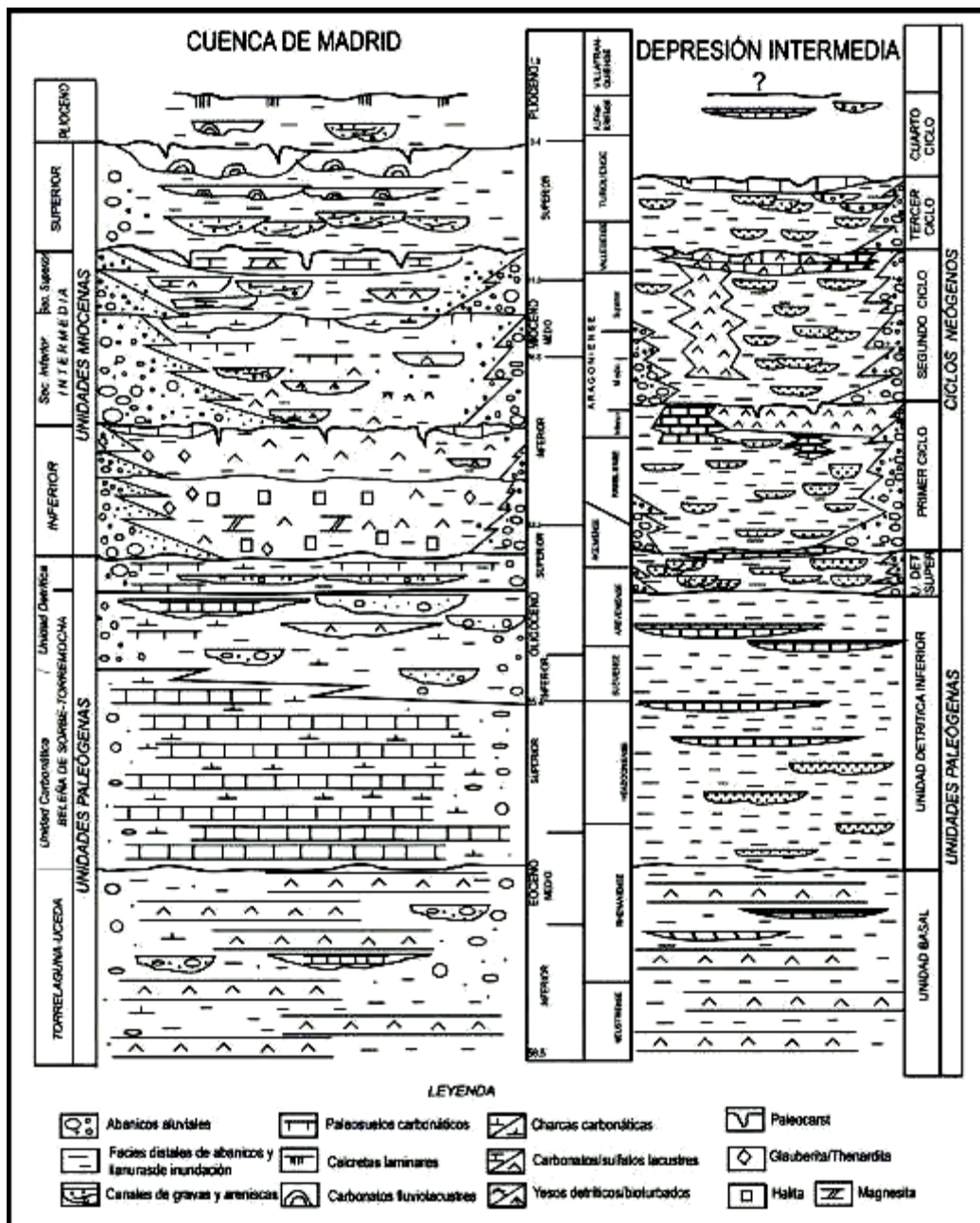


1.1.1.5.- Neógeno-Plioceno

Los afloramientos pliocenos son muy discontinuos a lo largo de la cuenca, estando bien representados en las zonas Sur y Este. En estas zonas se diferencia dos unidades: la unidad inferior o “series rojas” (Pérez-González, 1982) y la unidad superior del Plioceno. La unidad inferior, también denominada Unidad Detrítica Pliocena (Sanz, 1996), está formada por un máximo de 40 m. de lutitas rojas, areniscas, y conglomerados cuyos afloramientos siguen una dirección N-S, siendo muy frecuentes los canales con relleno carbonático.

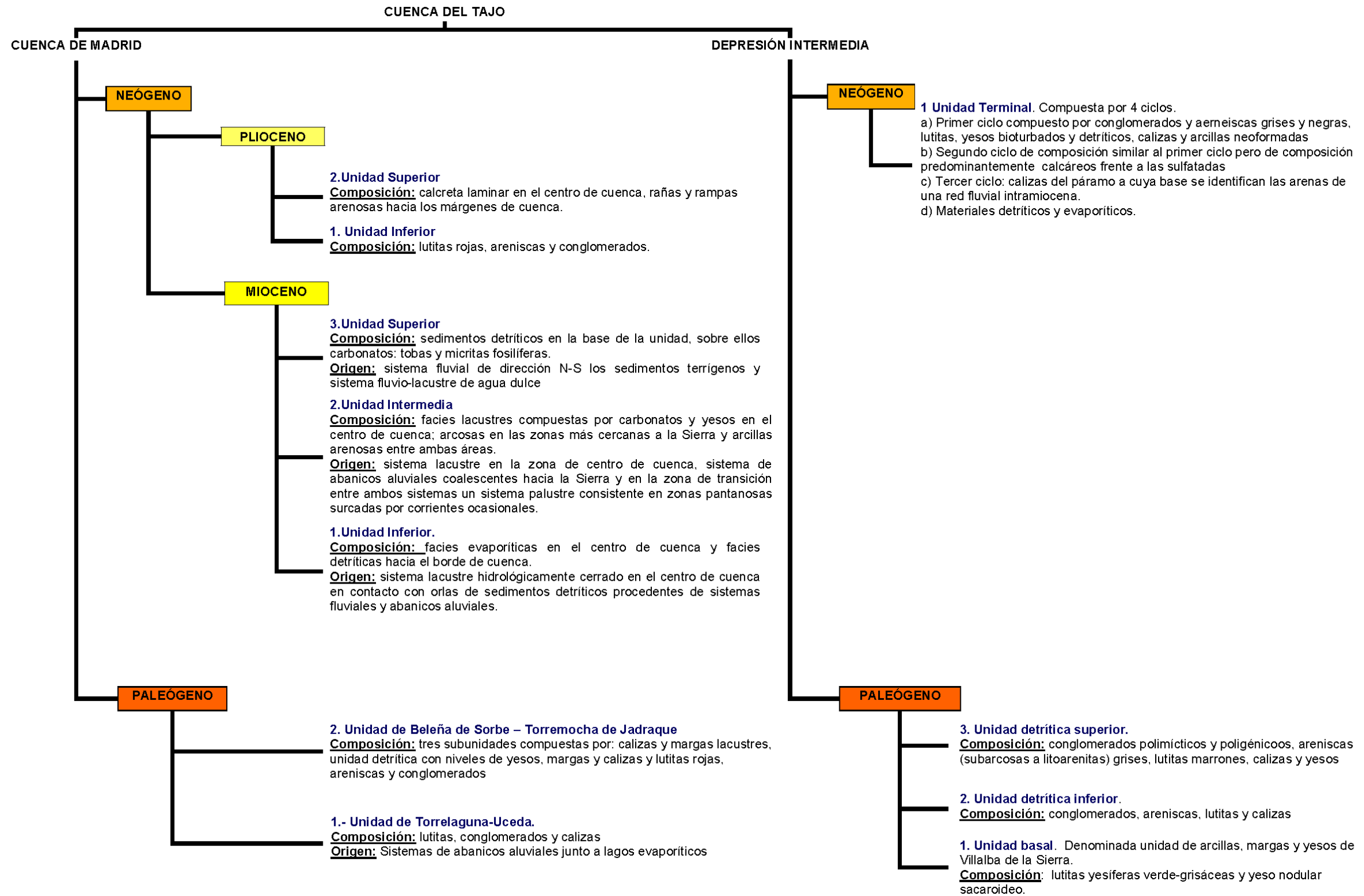
La unidad superior del Plioceno está representada en el centro de la cuenca por una potente calcreta laminar (Sanz, 1996). Hacia los márgenes de la cuenca y con edades algo más recientes se desarrollaron las rañas y rampas arenosas.

En la siguiente figura se recogen dos columnas estratigráficas de cada una de las subcuenas que conforman la Cuenca del Tajo. En ellas se pueden observar los distintos ciclos deposicionales y las distintas unidades litoestratigráficas descritas, así como el origen de cada una de ellas (procedentes de abanicos aluviales, llanuras de inundación, sistemas lacustres, etc.).



Columnas estratigráficas de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.

En el recuadro a continuación se recoge, de forma esquemática y a modo de resumen, la Geología General de la Cuenca del Tajo, de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.





5. GEOLOGÍA LOCAL

5.1. ESQUEMA GEOLÓGICO

De las dos cuencas descritas con anterioridad, la zona de estudio, donde se ubican las tres ERAR: La China, Butarque y Sur, además de sus zonas de influencia y límites, susceptibles de albergar futuras actuaciones de depuración, se sitúa en la Cuenca de Madrid, identificándose específicamente materiales depositados durante el Mioceno que se podrían incluir en la Unidad Inferior del Mioceno, descrita en el epígrafe 4.2.2.2.

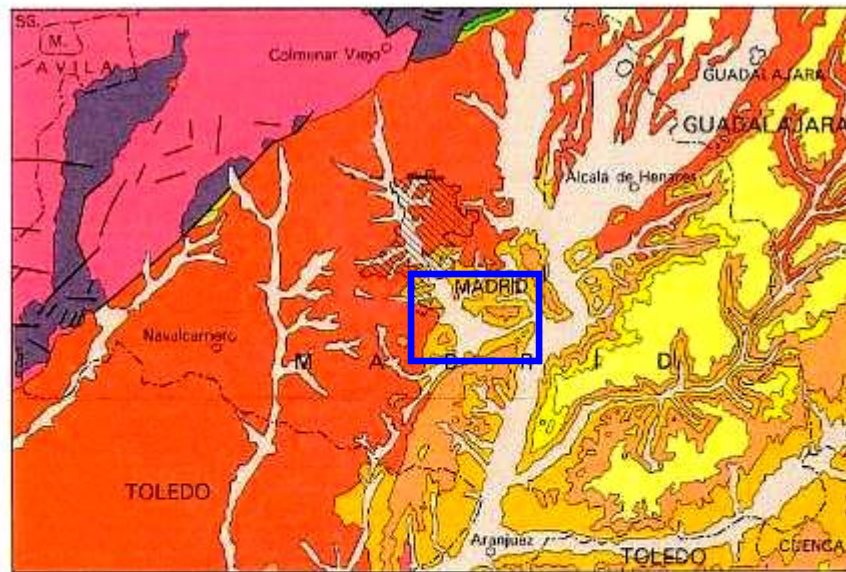
Como se describe en dicho apartado, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca.

El resultado es una distribución concéntrica de facies de la siguiente forma:

- Las Facies Marginales de Cuenca (o Detríticas): bajo esta denominación se agrupan materiales de origen detrítico y naturaleza arcósica con proporciones variables en matriz arcillosa, muy inmaduros y heterogéneos, relacionados con los abanicos aluviales. Su sedimentación está controlada por los pulsos energéticos y tectónicos de reactivación del relieve que originan la progradación de sedimentos gruesos sobre finos.
- Las Facies de Transición (o Intermedias): formadas por materiales detríticos y evaporíticos acuñados, presentándose niveles de sílex en las margas yesíferas. Corresponden a las zonas distales de los abanicos aluviales de menor energía que coexistirían con los bordes de las cuencas lacustres.

- La Facies de Interior de Cuenca (o Centrales): depósitos lacustres, constituidos por materiales arcillosos, evaporíticos, yesos, margas yesíferas, con alguna intercalación de calizas tableadas y margas blancas.

ESQUEMA REGIONAL



Escala 1:1.000.000



Esquema geológico regional de la zona de estudio.

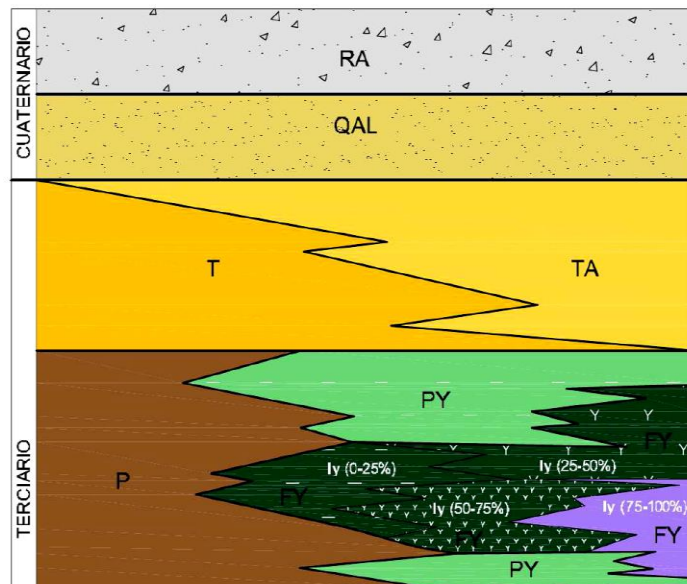
En el cuadro azul se enmarcan las tres plantas.

Como se recoge en la figura anterior, la zona de estudio se localiza sobre Facies detríticas del Mioceno en su mayoría, identificándose también facies evaporíticas miocenas en la zona SE.

5.2. ESTRATIGRAFÍA

Como se recoge en planos anteriores, y se ha comentado previamente, las tres instalaciones de depuración objeto del presente Estudio se ubican enteramente sobre materiales terciarios, tanto detríticos como evaporíticos, y sobre depósitos cuaternarios supradacentes, aluviales, o rellenos antrópicos, situados discordantemente sobre los primeros, que ejercen de sustrato resistente relativo local bajo el cuaternario.

La columna geológico-geotécnica tipo adoptada en el presente informe para cartografías, plantas y perfiles geológicos se presenta a continuación. Ella recoge de modo sistemático y simplificado todos los materiales geológicos presentes en la zona de ubicación de las tres plantas y su correlación con denominaciones geotécnicas locales clásicas de la zona.



- | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RA | Relleno antrópico residuo de construcción, arena con cantos y escombros. |
| QAL | Cuaternario aluvial. arcillas arenosas o arenas finas con cantos de origen aluvial. |
| TA | Arenas arcillosas marrones duras a arcillas con bastante arena marrones muy densas. Formación Tosco Arenoso/Arena Tosquiza. |
| T | Arcillas de color ocre duras o muy duras. Formación Tosco. |
| P | Arcillas marrón-rojizas o gris-verdosas duras o muy duras. Sin yeso. Formación Peñuelas . |
| PY | Arcillas grises, raramente marrones con indicios de yeso pulverulento o mineralización de yeso fibroso en vetas subhorizontales o verticales de espesor centimétrico. Formación peñuelas con yeso. |
| FY | Interestratificado de arcillas grisáceas y yeso fibroso pulverulento o masivo. La predominancia de arcilla frente a yeso o viceversa es variable. Formación yesífera. ly= Índice de yesos. % estimado "de visu" de yesos frente a las arcillas. |



A continuación se comentan las principales características litológicas de las unidades estratigráficas presentes en la zona.

5.2.1. Terciario Mioceno

Los materiales presentes en la zona de Estudio, depositados durante el Terciario Mioceno, corresponden a materiales de las facies intermedias y centrales de la Cuenca de Madrid.

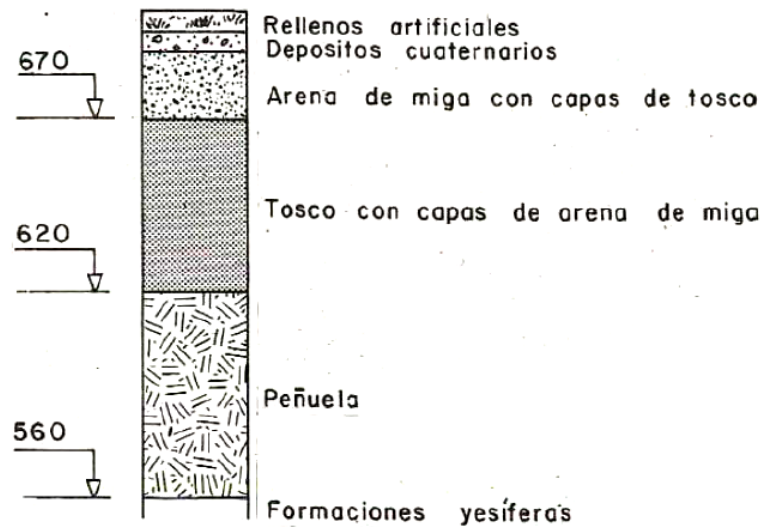
Para su descripción se ha recurrido a la denominación geotécnica clásica para los suelos de Madrid en los que se alude a la formación yesífera, peñuelas, términos tosquizos y arenas de miga.

Las formaciones yesíferas son yesos interestratificados con arcillas y arcillas margosas endurecidas, desarrollándose el yeso en niveles tableados y nodurales de magnitud centimétrica a métrica.

El término peñuelas ha sido aplicado de forma tradicional a las arcillas y margas verdosas, ocasionalmente con tonos azulados u otras veces con tonos parduzcos, que se identifican entre las litologías madrileñas.

Por otro lado, los términos de “tosco” o “tosquita” han sido aplicados a los niveles de arcillas más o menos limo-arenosas de tonos marrones que constituyen el paso lateral o en la vertical de las arcillas verdosas (“peñuelas”) a las arcosas en el sector norte, aunque en muchos informes de carácter geotécnico se utilizan igualmente para designar las intercalaciones arcillosas de los depósitos arcósicos de granulometría más gruesa (“arenas de miga”).

Estos últimos materiales se han descrito puntualmente en la zona de ubicación de alguno de los estanques de tormentas, si bien su importancia queda relegada a un segundo plano frente a la abundancia del resto de los materiales aflorantes.



Columna estratigráfica típica de la zona Sur y Este de Madrid, donde se encuentran las tres plantas de tratamiento del Estudio.-(Escario 1970)

ESQUEMA DE CORRESPONDENCIA ENTRE LAS FACIES GEOLOGICAS Y LAS FORMACIONES GEOTECNICAS		
FACIES GEOLOGICAS	FORMACIONES GEOTECNICAS	CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
Detriticas	Arenas de miga, formación Las Rozas.	Arenas arcósicas color ocre o amarillento, de grano grueso a fino, con gravillas y niveles de cantos.
	Arenas de miga, formaciones El Pardo y Madrid.	Arenas color ocre o amarillento, con gravillas y esporádicos lentejones de gravas con tramos de arenas y arcillas limosas.
	Tosco.	Arcillas limo-arenosas color ocre o amarillento, con tramos arenosos. Niveles intercalados de naturaleza similar a la transición tosco-peñuela.
Intermedias	Transición tosco-peñuela.	Interestratificados carbonatados (a veces con sílex), sepiolíticos y montmorilloníticos en el contacto entre tosco y peñuela del S y E de Madrid.
	Peñuela.	Arcillas y arcillas margosas gris azulado o verdoso y marrones, endurecidas, con tramos de areniscas micáceas.
Centrales	Formaciones yesíferas.	Niveles y bancos de yeso alternando con arcillas y margas endurecidas.

1.1.1.6.- Formación yesífera. Yesos tableados y nodulares entre arcillas verdosas.



Consiste en una alternancia, generalmente monótona, de arcillas de tonos pardo-grises o verdosos en superficie en ocasiones laminadas y bancos yesíferos con espesores variables entre unos centímetros hasta 2 ó 3 metros. Intercalan localmente bancos tableados muy finos de dolomías y/o magnesita con textura micrítica.

Esta alternancia de yesos y arcillas se presenta bien expuesta en todo el área Sur y Sureste de la zona de Madrid.

El tipo de morfología de yesos más común consiste en niveles de nódulos de tamaño variable, desde uno 2 cm de diámetro hasta medio metro, de aspecto alabastrino blanco, que en unos casos aparecen separados por arcillas y en otros casos coalescen lateralmente, dando lugar a niveles muy continuos. Son frecuentes también los bancos con estructura enterolítica, niveles más masivos con laminación difusa y yesos en empalizadas alabeadas muy compactos.

Un rasgo general es la abundancia de texto-estructuras secundarias, siendo un hecho frecuente el que los yesos nodulares presenten a nivel textural evidencias de anhidrita previa actualmente yesificada. Dado que estos niveles corresponden a facies deposicionales más centrales, es posible explicar el predominio de los yesos en las áreas marginales como resultado de yesificaciones diagenéticas tempranas coincidentes con influjos de aguas dulces a los bordes del área lacustre.

Las evidencias de yeso primario son, en este sentido, relativamente escasas. Otro aspecto del carácter en gran parte secundario de los yesos de esta unidad es la presencia de nódulos fibroso-radiados de yeso, así como de bancos gruesos hacia el techo de la unidad constituidos por microcristales seleníticos con estructura de conjunto muy oquerosa.

El yeso fibroso, muy abundante en la mayor parte de los niveles tanto en posición horizontal como vertical, es de carácter hipergénico.

La composición de las arcillas de esta unidad presenta porcentajes muy bajos de esmectitas (5-50 por 100) en comparación con las facies de lutitas a que pasan lateralmente o verticalmente estos niveles. La fracción illita es predominante en la mayor parte de los casos (45-75 por 100) con porcentajes bastantes altos caolinita (5-20 por



100). Aparecen indicios de interestratificados illita-esmectita. Este aspecto mineralógico varía radicalmente cuando se compara con el alto porcentaje en esmectitas o aparición de sepiolita observado en los niveles de cambio lateral de facies hacia el norte de esta unidad, así como en algunas intercalaciones de arcillas verdes entre los yesos.

La sedimentación de esta unidad de yesos y arcillas corresponde, según los rasgos observados en ambas litofacies, a un lago salino con oscilaciones en el espesor de la lámina de agua. El depósito de las arcillas tiene lugar bajo lámina de agua, con preservación en estado reducido de la materia orgánica. Esta materia orgánica se presenta en porcentajes inferiores al 2 por 100 en el seno de los niveles arcillosos, apreciándose en ellas un alto grado de transformación. Su composición es, fundamentalmente, querógeno del tipo III (80 por 100 de materia orgánica), bitumen y, en muy escasa proporción, ácidos húmicos y fúlvicos. Dicha composición sugiere un origen de la materia orgánica a partir de restos vegetales de plantas superiores.

La fina laminación de las arcillas intercaladas entre la anhidrita y/o yesos primarios es indicativa de deposición en ambiente muy tranquilo, sin evidencias de agitación por corrientes. Los términos correspondientes a exposición subaérea más definida (carbonataciones vadosas, silcretas...) aparecen representados en áreas algo más septentrionales.

1.1.1.7.- Peñuelas

Estos materiales afloran ampliamente en toda la parte Centro meridional y Este de la zona de Madrid. En la parte oriental, estas arcillas quedan en parte cubiertas por las terrazas del río Jarama o han desaparecido por la erosión.

El límite inferior de esta unidad queda netamente definido en la parte sur y sureste de la zona de Madrid, donde las arcillas, que presentan un mayor o menor contenido en niveles de carbonatos, reposan directamente sobre niveles yesíferos. Los depósitos más basales se amoldan localmente a depresiones de origen *exokárstico* posteriormente reactivadas sobre los yesos. Estos materiales se disponen en discontinuidad estratigráfica respecto a las unidades yesíferas infrayacentes con un neto carácter progradante respecto a ellas.



Dicha progradación se produjo durante el Aragoniense medio y define el límite entre las unidades inferior e intermedia del Mioceno.

Las litologías que caracterizan esta unidad son predominantemente arcillas verdes, masivas o laminadas en ocasiones con abundantes materia orgánica, arenas micáceas (biotíticas) verdes con estratificación cruzada generalmente de surco, carbonatos masivos blancos con bioturbación de raíces, arcillas rosadas masivas y sílex en bancos de geometría nodular y tonos carnosos.

Todas estas facies se presentan en una variada gama de secuencias cuya articulación en detalle resulta difícil por la escasez de afloramientos.

Los tipos de secuencias más frecuentes son:

- a) secuencias granodecipientes de arenas micáceas con estratificación cruzada en paso a arenas más finas con laminación paralela bioturbadas por gusanos, arcillas verdes y carbonatos masivos palustres con raíces;
- b) secuencias de alteración edáfica formadas por arcillas verdes en paso gradual irregular a arcillas rosadas y carbonatos blancos con estructuras prismáticas edáficas y rizocreciones;
- c) perfiles de alteración similares con arcillas verdes, arcillas rosadas y sílex con más o menos carbonatos, en las que el sílex puede deberse a procesos de liberación de SiO_2 a partir de las arcillas (BUSTILLO, 1976);
- d) carbonatos dolomíticos masivos, finamente bioturbados por raíces, con sepiolita y / o esmectitas de tonos claros.

Localmente a la base de la unidad aparecen de forma discontinua depósitos de lutitas y limos masivos de tonos pardos y composición esencialmente illítica, en contactos erosivos sobre las arcillas de la unidad infrayacente.

La mineralogía de todas estas facies es muy variada aunque existen algunos aspectos que caracterizan de forma bastante específica a la unidad:



- el predominio de las esmectitas dentro del aspecto mineralógico de las arcillas. Las esmectitas presentan una estructura trioctaédrica, con porcentajes de MgO generalmente comprendidos entre 25-27,5 por 100. El índice de cristalinidad es, en muchas ocasiones bajo particularmente en las arcillas esmectíticas (100 por 100 de esmectitas) de tonos rosados tan características de esta unidad, cuya estructura es en forma de apilamientos turboestráticos. Son frecuentes asimismo los niveles arcillosos con mezcla de esmectitas y sepiolita.
- el carácter dolomítico de los niveles carbonáticos coincidente con el carácter magnésico de las arcillas en que aparecen intercalados. Localmente estos niveles son de magnesita finamente cristalina. La calcita suele estar presente en pequeñas proporciones como producto de la dedolmitización.
- los niveles de sílex son de naturaleza predominantemente cuarcífera, en mosaicos cripto y microcristalinos. Ambos aspectos diferencian el sílex de esta unidad de los niveles de sílex dentro de las arcillas los cuales presentan en general mineralogía y texturas opalinas.

El medio de deposición de todo este conjunto de facies corresponde a un ambiente palustre-lacustre somero en transición hacia el norte con facies de orla muy distal de los abanicos arcóscicos.

Localmente, los depósitos terrígenos algo más gruesos procedentes de estos abanicos se intercalan en forma de depósitos en lámina (*sheet folds* de arenas micáceas) dentro de las arcillas.

Las oscilaciones de nivel de agua condicionaron la expansión y retracción del sistema lacustre y, por tanto, la mayor o menor extensión de las facies de exposición subaérea (secuencias edáficas).

Las arcillas verdes muestran en la mayor parte de los casos distribuciones granulométricas con fuerte componente de deposición por exceso de carga resultado de la entrada en el margen lacustre de fangos poco estructurados.



Las asociaciones mineralógicas observadas en los depósitos arcillosos, así como la mineralogía de los carbonatos, sugieren que el depósito de estos materiales tuvo lugar en un ambiente lacustre alcalino bajo condiciones climáticas de relativa aridez.

Esta última observación viene también avalada por las conclusiones paleoecológicas obtenidas a partir de las faunas encontradas en esta unidad o en sus equivalentes laterales.

1.1.1.8.- Tosco o arena tosquiza

Está formado por sedimentos de color ocre o marrón con predominio arcillo-limoso y niveles arenosos. Localmente, en las zonas más elevadas pueden encontrarse gravillas. Se trata de la transición entre los depósitos de arena de miga pertenecientes a las facies marginales y las peñuelas verdes de transición a las facies centrales.

Como ya se ha comentado estos materiales se han descrito puntualmente en dos sectores de la zona de estudio en la información recopilada en sectores de los estanques de tormentas, si bien su importancia queda relegada a un segundo plano frente al predominio del resto de materiales presentes en superficie o profundidad: **Peñuelas, Formación evaporítica, y rellenos cuaternarios fluviales, o vertidos y rellenos antrópicos.**

5.2.2. Cuaternario

Las formaciones geológicas más recientes están caracterizadas, principalmente, por los depósitos aluviales del río Manzanares y del arroyo Butarque y por los materiales que, con débil espesor, están asociados a las superficies divisorias y los glaciares.

Los conos aluviales, coluviones, derrames, limos yesíferos y otros sedimentos relacionados con las depresiones endorreicas o de origen cárstico, son a veces, por su génesis y evolución, formaciones puntuales de escasa importancia y extensión reducida.



En la zona de Estudio, únicamente se han detectado los depósitos aluviales y depósitos de glacia, cuyas características se describen a continuación.

1.1.1.9.- Materiales asociados a las superficies divisorias y glacia

Los primeros están relacionados con antiguas superficies o arrasamientos labrados en la zona de Madrid en las arcosas gruesas de edad Aragoniense superior, y hoy presentan las zonas culminantes de las superficies divisorias de partición de aguas entre los ríos Guadarrama-Manzanares y Manzanares-Jarama. Los depósitos asociados a los glacia tienen una mayor variedad litológica y textural, ya que dependen del sector donde se hayan desarrollado. Están constituidos por arenas arcillosas con cantos de caliza, sepiolita y sílex, con potencias que no deben sobrepasar los 2 m.

1.1.1.10.- Terrazas y depósitos de fondo de valle

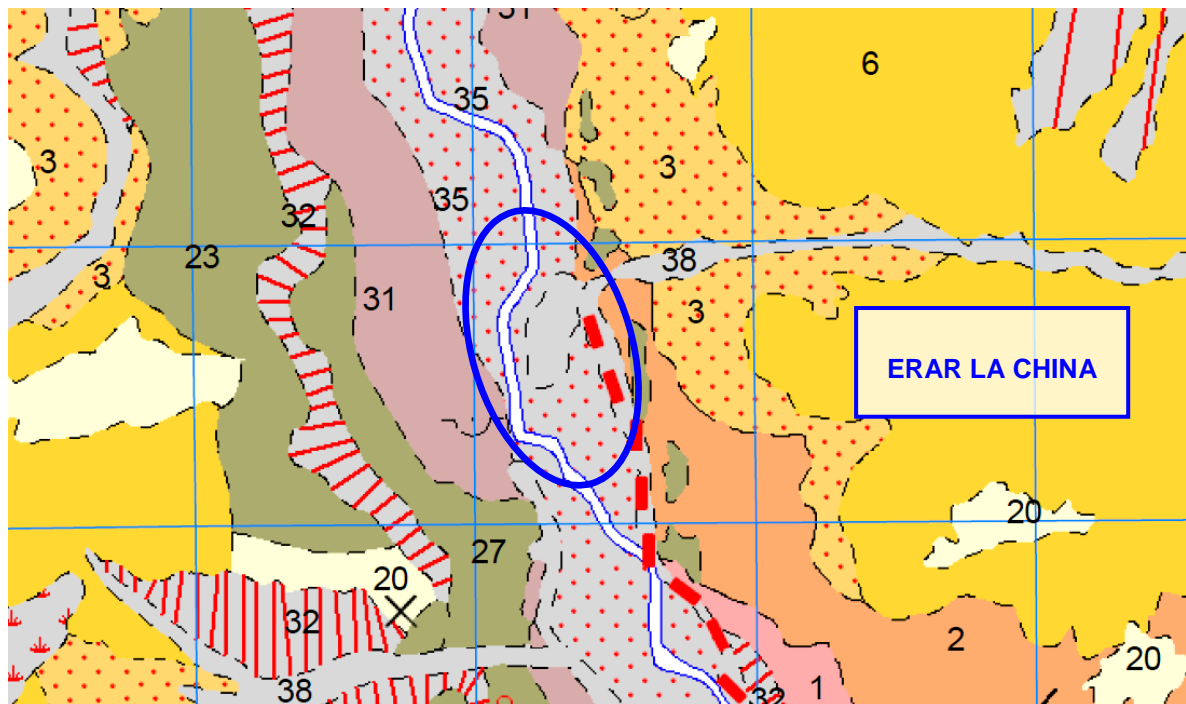
La región de los alrededores de la ciudad de Madrid es una región drenada al E por el río Jarama y sus afluentes de la margen derecha, y al O por el Manzanares que es el río con mayor recorrido que atraviesa el territorio de la zona. Las terrazas del Río Manzanares no son uniformes ni litológica, ni texturalmente. En la zona de estudio, se identifican facies de arenas de tamaños medios a gruesos, moderadamente clasificados con estructuras de estratificación cruzada planar que pueden alternar con barras de gravas y cantos de tamaño centimétrico. Pueden también intercalarse en la secuencia, niveles o capas arcillo-arenosas de hasta medio metro de acreción vertical de color gris-verdoso y composición esmectítica-illítica. Por otra parte, las facies arenosas con intercalaciones arcillosas representan también a los términos de llanura de inundación del río Manzanares.

5.3. GEOLÓGÍA DE DETALLE

❖ EDAR LA CHINA

Se ubica en el mismo cauce, sobre el relleno aluvial (35,38) y terrazas del Manzanares (31,27,23), en su margen izquierda. El sustrato del valle aflora en la margen izquierda, y más alejado, también en la derecha. Se trata, en orden ascendente, de los yesos masivos y laminados con arcillas (1 y 2), sobre los que se ubican las arcillas oscuras de las Peñuelas (3), y sobre ellos los niveles de Tosco (6).

A continuación, se presenta para ésta, y para las otras dos plantas, una cartografía geológica de detalle, junto a la leyenda-clave numérica de los litotipos presentes.



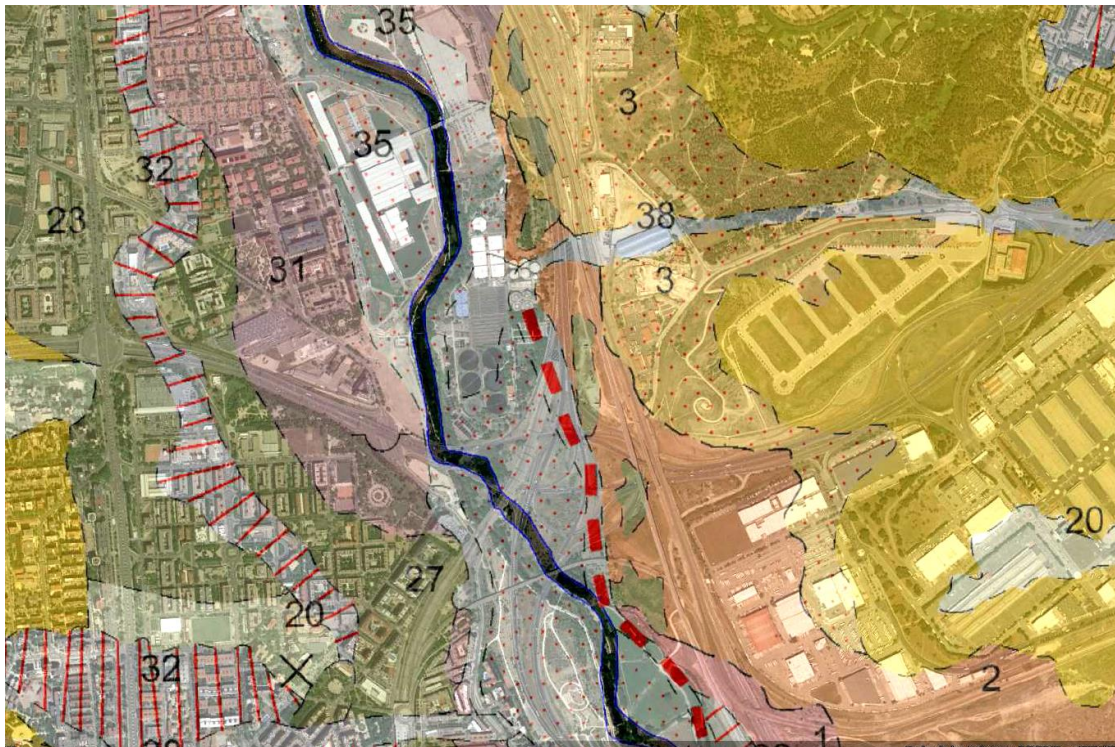
LEYENDA-CLAVE NUMÉRICA CARTOGRAFÍA MAGNA: ERAR LA CHINA Y ZONA NORTE (N) DE LA ERAR BUTARQUE



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

- 38, 36 Arenas cuarzo-feldespáticas, arcillas y limos arenosos con gravas dispersas (fondos de valle, lechos de canales y cauces abandonados)
- 37 Gravas, cantos y arenas (barras aluviales)
- 35 Limos arcillosos, arenas gravas y cantos poligénicos (llanuras aluviales)
- 34 Limos yesíferos
- 33 Arcillas arenosas con fragmentos de roca (Rellenos kársticos)
- 32, 30, 26 Arenas y limos con cantos dispersos (coluviones, derrames y conos aluviales)
- 31, 28, 27 Cantos y gravas poligénicos, arenas, limos y arcillas (terrazas)
- 29 Arcillas arenosas (fondos endorreicos)
- 25, 24, 23, 22, 21 Cantos y gravas poligénicos, arenas, limos y arcillas (terrazas)
- 20 Arenas cuarzo-feldespáticas con gravas y cantos (glacis y superficies)

- 7 Niveles de carbonatos (dolomías y calcretas)
- 6a Arcillas con intercalaciones frecuentes de bancos carbonáticos, en parte silicificados
- 6 Arcillas verdes y rosadas, arenas micáceas, margas y niveles de carbonatos y sílex
- 5 Niveles de sepiolita
- 4a Arcosas gruesas con cantos, lechos de cantos, fangos y arenas arcósicas
- 4 Arenas arcósicas de grano medio o fino, limos y arcillas marrones
- 3 Arcillas verdosas y marrones, localmente arenas micáceas, niveles de carbonatos y sílex
- 2 Yesos tableados y nodulares entre arcillas grises y marrones
- 1 Yesos masivos

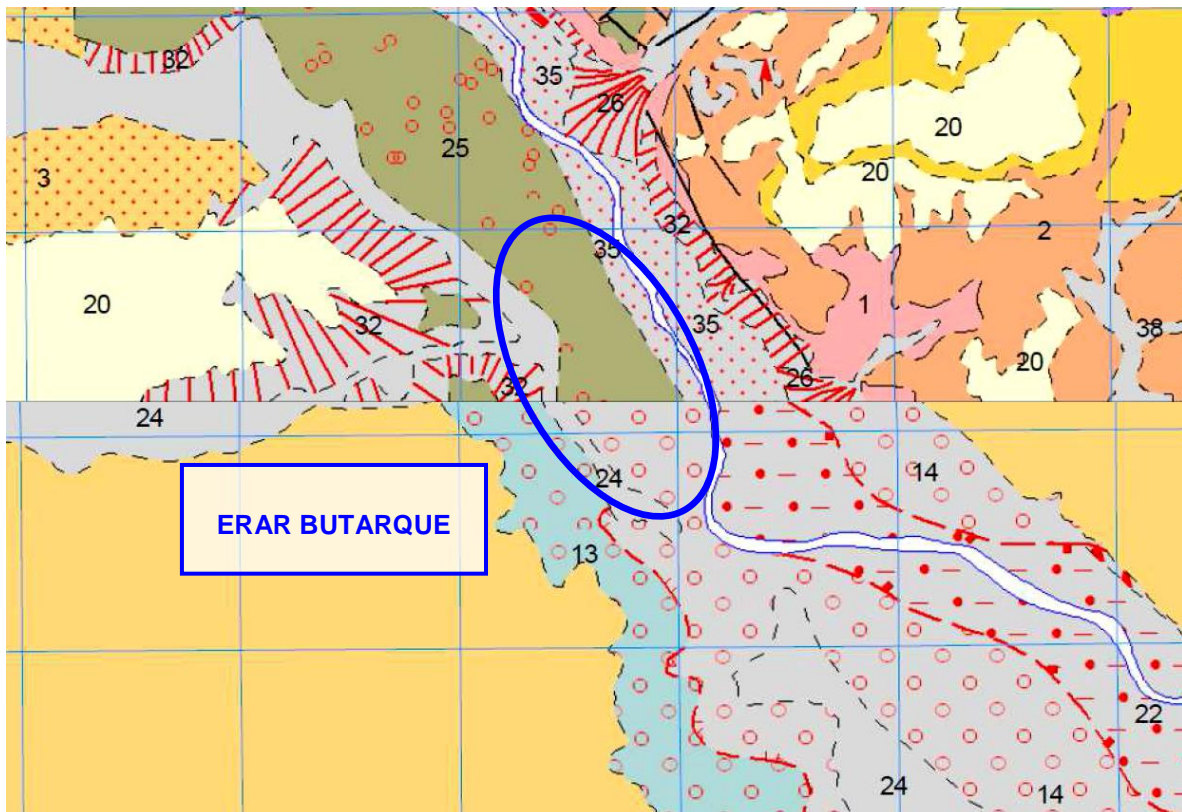


Fotografía aérea de la EDAR de La China con la geología de la zona sobreimpuesta

❖ EDAR BUTARQUE

Como en el caso de la EDAR La China, la EDAR de Butarque también se asienta en el mismo cauce del río Manzanares, en este caso en la margen derecha y sobre materiales aluviales cuaternarios (35N, 22S, 38N, 24S), niveles de terrazas (25N, 14S, 23N, 13S) y coluviones y glaciares a mayor cota y más separados de la planta (20N). Como sustrato siguen apareciendo las formaciones yesíferas en ambos márgenes con colores amarillo-crema (1S, 1N, 2N).

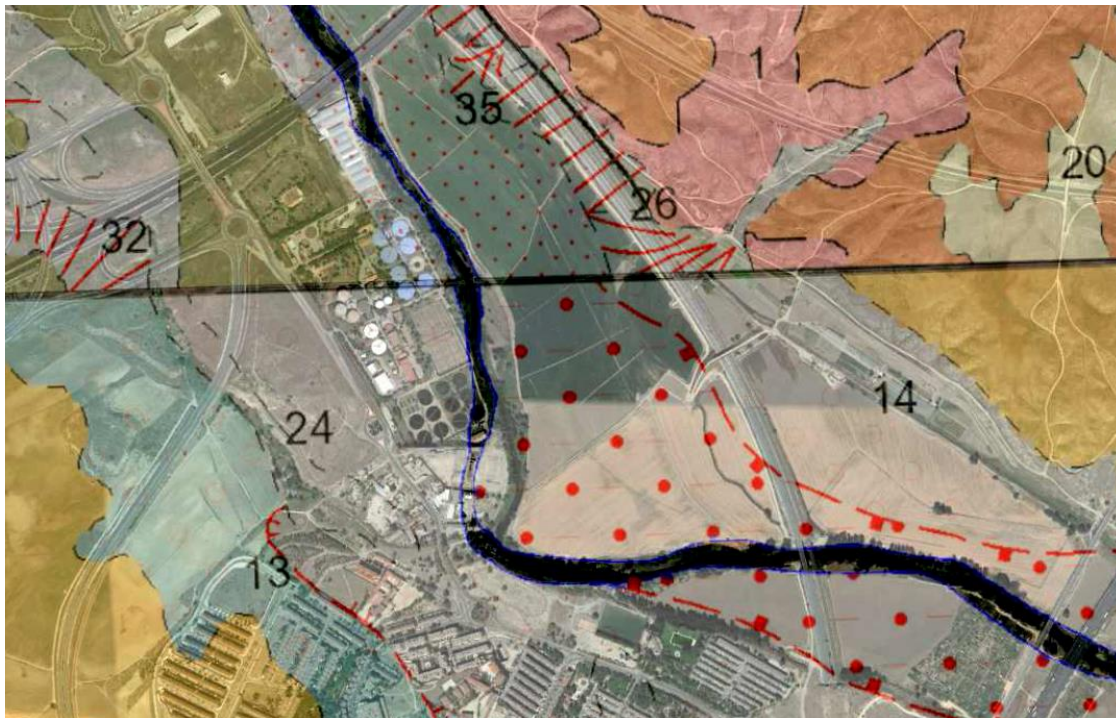
Estructuralmente, en este sector es patente la presencia de fallas orientadas NNW-SSE que marcan la disposición y trazado del contacto del sustrato y los rellenos cuaternarios en la margen izquierda del Manzanares. En profundidad estas fracturas deben condicionar una asimetría en el relleno y fondo de la depresión por la que discurre el río, creando una morfología disimétrica en cuña, con hundimiento progresivo mayor en dicha margen izquierda, por lo que es la que alberga la mayor parte de los conos de deyección y coluviones presentes. (32N, 26N, 19S).



LEYENDA-CLAVE NUMÉRICA CARTOGRAFÍA MAGNA: EDAR SUR

Y ZONA SUR (S) DE LA ERAR BUTARQUE

- 24 Aluviales de fondo de valle, arcillas yesíferas, arenas, arcillas
- 23 Barras, gravas y arenas
- 22 Llanura de inundación, limos, gravas y arenas
- 21 Conos de deyección, arcillas yesíferas, yesos, gravas, arenas y arcillas
- 20 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos, gravas, arcillas, arenas
- 19 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos y sílex, calizas
- 18 Yugo de buey
- 17 Gravas, arenas y limos
- 16 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos, gravas y arenas
- 15 Gravas, arenas y limos
- 14 Gravas, arenas y limos
- 13 Arenas, gravas, arcillas y limos
- 2 Margas yesíferas grises y verdes
- 1 Yesos masivos, yesos especulares y margas yesíferas



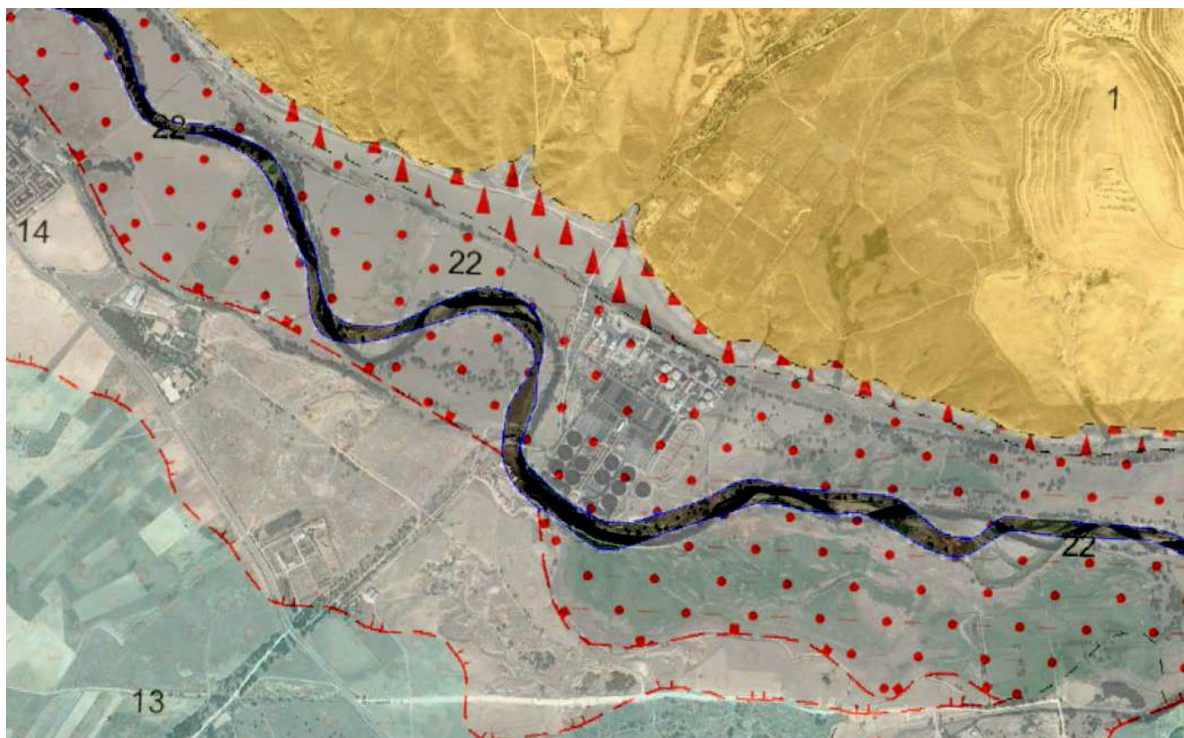
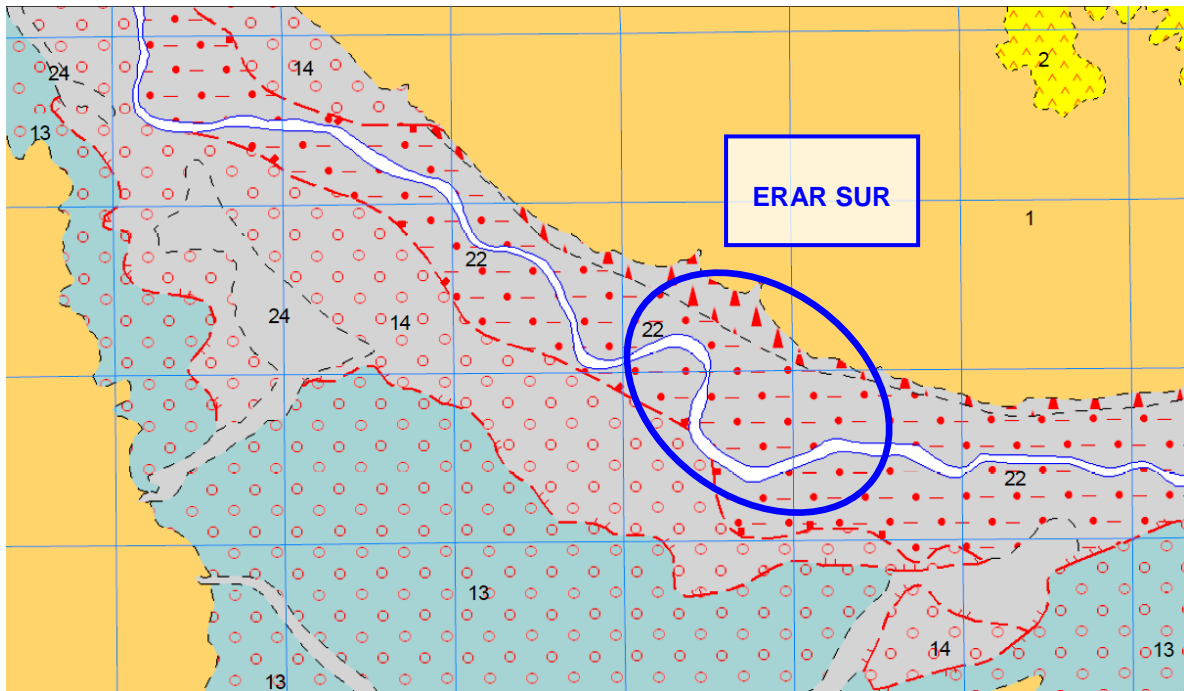
Fotografía aérea de la ERAR de Butarque con la geología de la zona sobreimpuesta

❖ EDAR SUR

Como en el caso de las otras dos ERAR, la ERAR SUR se sitúa también sobre materiales aluviales cuaternarios pertenecientes a la llanura de inundación del Manzanares (22) y zonas de terrazas aledañas al cauce (14, 13).

Justo al norte de la misma ERAR aflora un frente de materiales del sustrato relativo, que emerge en este sector, constituido por la formación yesífera, en el que predominan los yesos masivos (1), que forma relieves notorios, y tramos de margas yesíferas con yeso (2). En la zona de transición entre la llanura de inundación (22) y los yesos del sustrato (1), se depositan coluviones en la zona de ruptura de pendiente de la margen izq. (19.- triángulos rojos en la cartografía siguiente).

A continuación de los citados planos geológicos correspondientes a la ERAR Sur, se presenta un resumen gráfico en foto aérea de la geología de las tres plantas, con un reportaje de los afloramientos y materiales superficiales observables en cada una de ellas.



E.R.A.R. DE LA CHINA.- DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN YESÍFERA E INTERESTRATIFICADOS DE ARCILLAS OSCURAS PEÑUELAS EN LA MISMA PARCELA DE LA ERAR



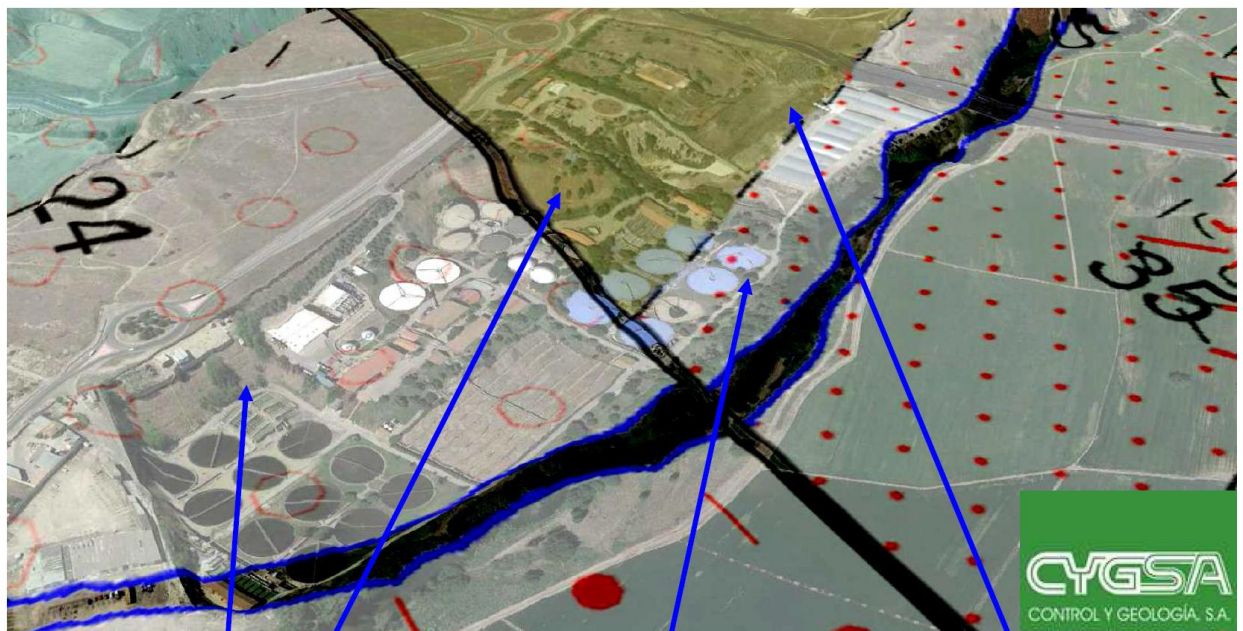
E.R.A.R. DE LA CHINA

VISTAS DE DETALLE DE LA UNIDAD DE LA FORMACIÓN YESÍFERA Y CON NIVELES DE ARCILLAS PEÑUELAS





E.R.A.R. DE BUTARQUE.- DETALLE DE AFLORAMIENTOS GEOLÓGICOS OBSERVABLES EN LA PLANTA



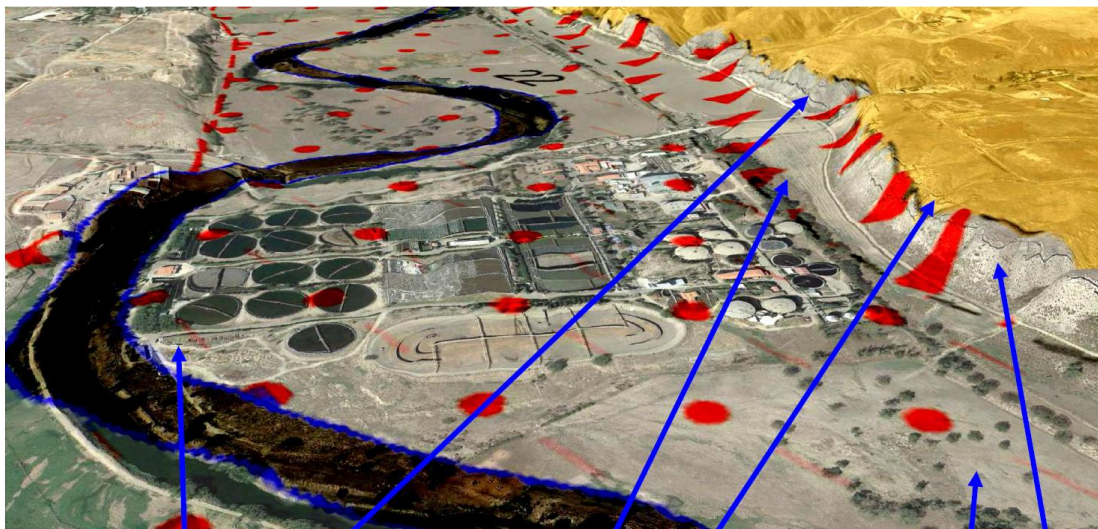
E.R.A.R DE BUTARQUE

DETALLE DE ALGUNOS TALUDES EXCAVADOS EN RELLENOS EN LA ZONA OESTE Y MARGEN DEL RÍO





E.R.A.R SUR.- DETALLE DE AFLORAMIENTOS GEOLÓGICOS OBSERVABLES EN LA PLANTA



AFLORAMIENTOS DE LA UD. YESÍFERA Y PEÑUELAS CON INTERESTRAT. ARCILLAS AL NE DE LA ERAR



TERRENOS DEL ENTORNO DE LA ERAR: VERTIDOS , TERRAZAS, COLUVIONES Y ALUVIONES DEL RÍO

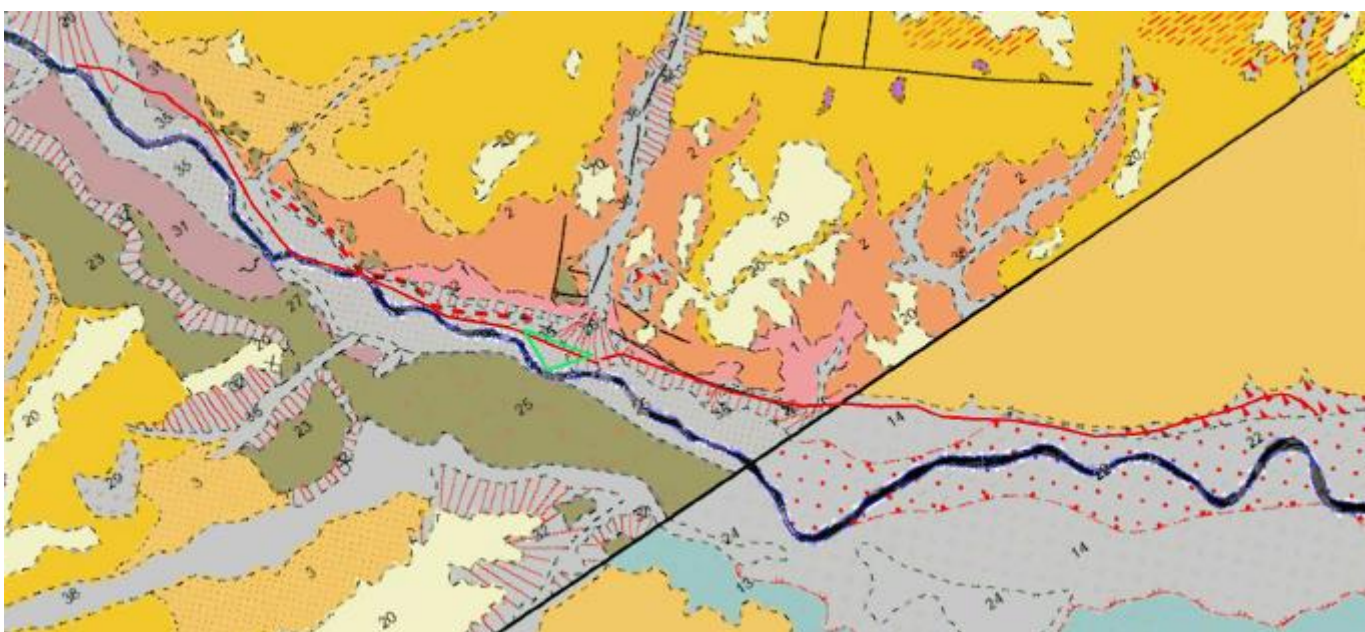


❖ TANQUE DE TORMENTAS Y CORREDOR DE LAS CONDUCCIONES

Se ha analizado la geología de detalle del valle del Manzanares en la longitud prevista para los colectores de pluviales y conducciones de bombeo de fangos, considerando dos tramos:

- Desde el inicio hasta la EDAR Butarque
- Desde EDAR Butarque hasta el final en la EDAR Sur.

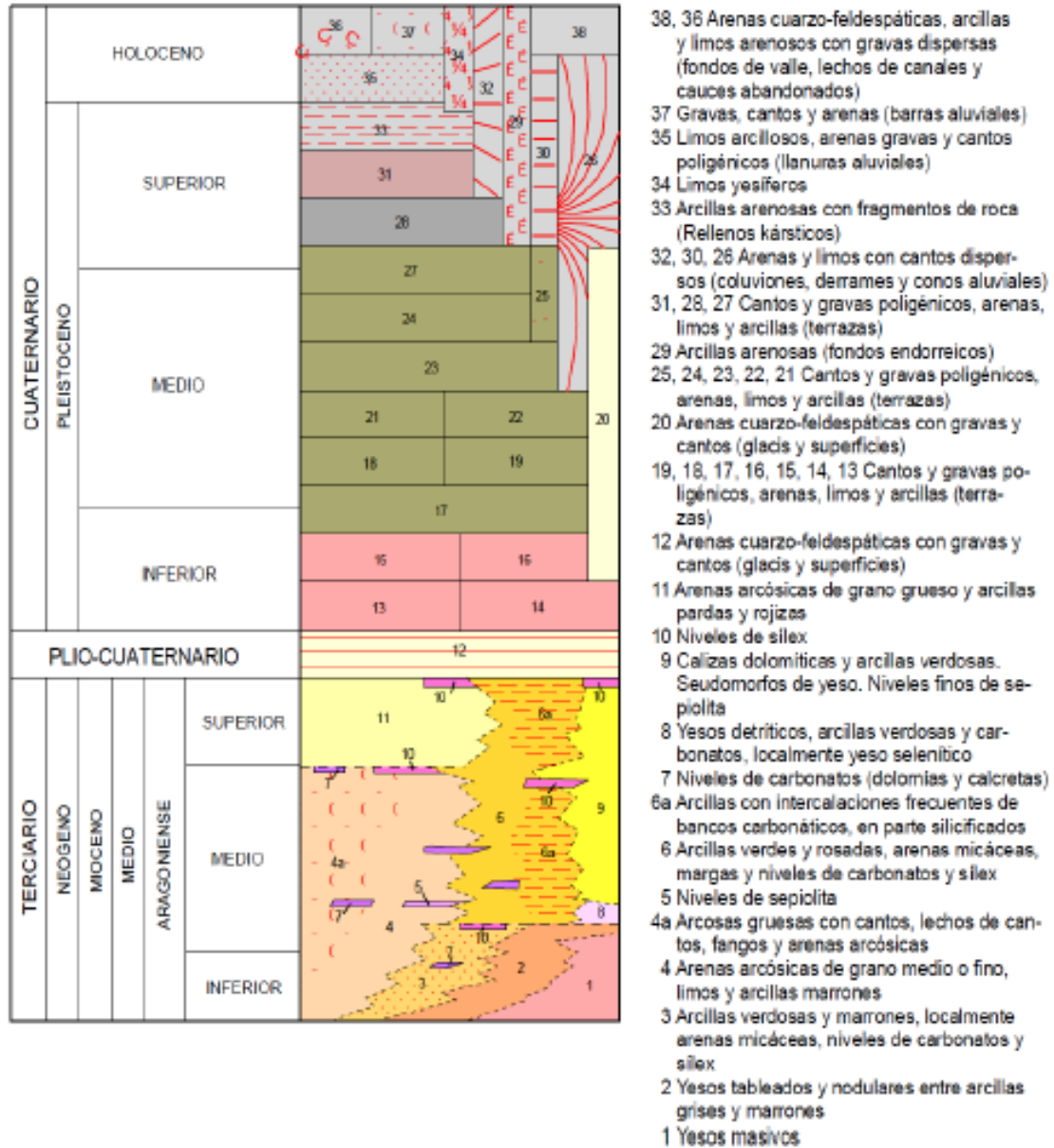
La información geológica se ha dividido también en dos tramos, pero por criterios de procedencia de datos, ya que la zona se abarca con dos planos geológicos diferentes de la colección Magna (559 y 582).



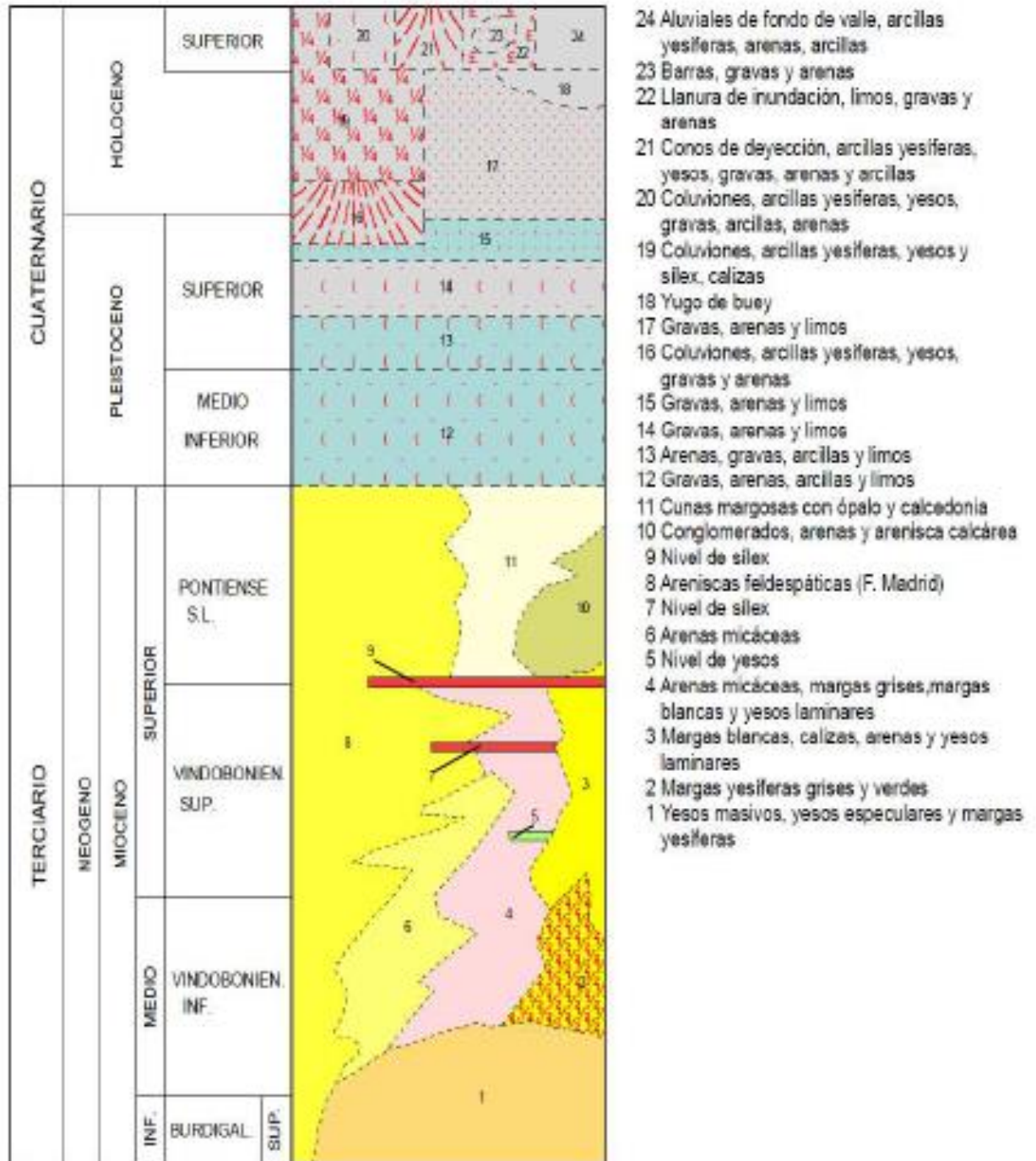
Geología del trazado completo

A continuación se incluyen las leyendas correspondientes a los dos planos geológicos, ya que la numeración de las distintas litologías no está unificada.

LEYENDA MAGNA-559 (TRAMO INICIO- BUTARQUE)

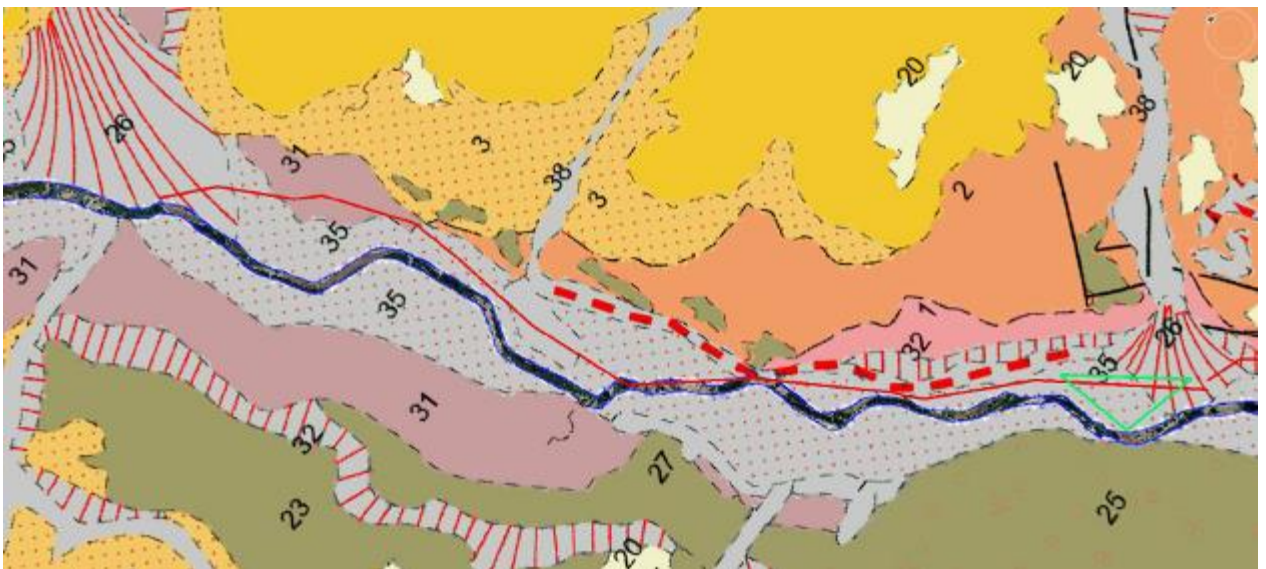


LEYENDA MAGNA-582 (TRAMO BUTARQUE-EDAR SUR)





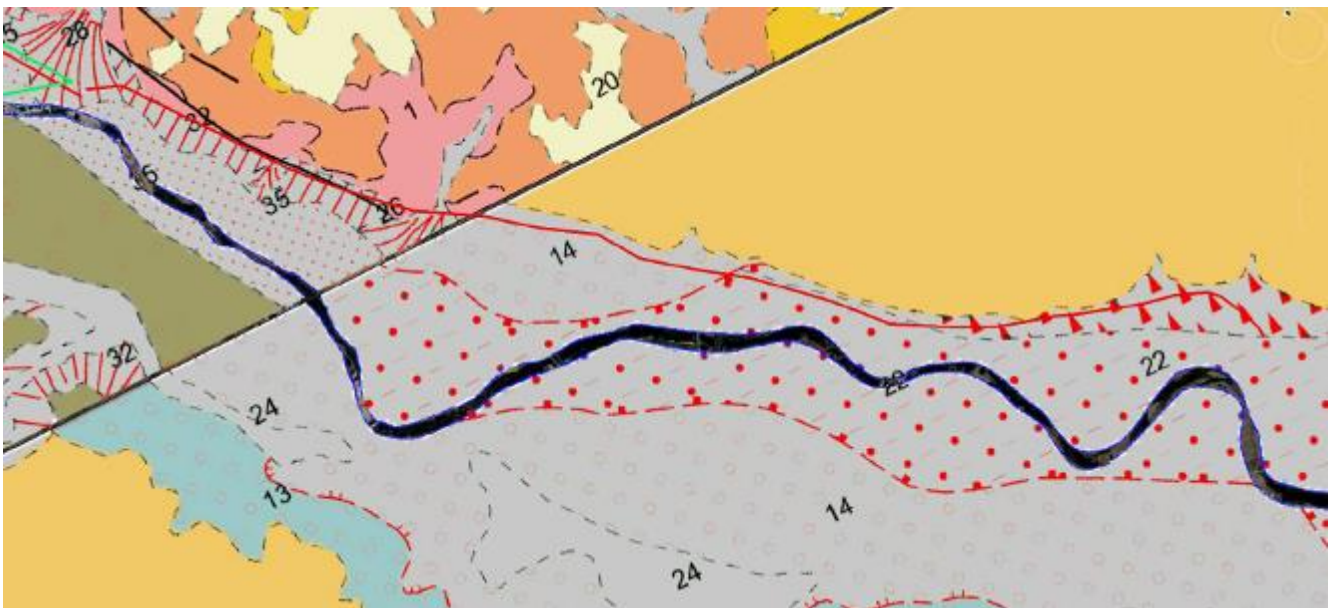
Planta sobre foto aérea del primer tramo: inicio-Tanque de Tormentas



Planta geológica del primer tramo: inicio - Tanque de Tormentas



Planta sobre foto aérea del segundo tramo: Tanque de Tormentas – EDAR Sur



Planta geológica del segundo tramo: Tanque de Tormentas – EDAR Sur

La descripción de los materiales con la equivalencia entre las dos hojas geológicas disponibles se esquematiza en el siguiente cuadro:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

LITOLOGIA. LEYENDA NUMERICA MAPAS GEOLÓGICOS-HOJAS MAGNA		DESCRIPCIÓN MATERIALES.- LEYENDA EQUIVALENTE HOJAS MAGNA
HOJA CHINA- BUTARQUE 559	HOJA BUTARQUE- SUR 582	
38		FONDOS DE VALLE INDIF.-ARENAS Q-FELDESPATICAS, ARCILLAS Y LIMOS ARENOSOS CON GRAVAS
35	22	LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
32		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
31		TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
26	19	COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
25	14	TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
2	1	YESOS TABLEADOS Y ARCILLAS GRISES Y MARRONES
1	1	YESOS MASIVOS

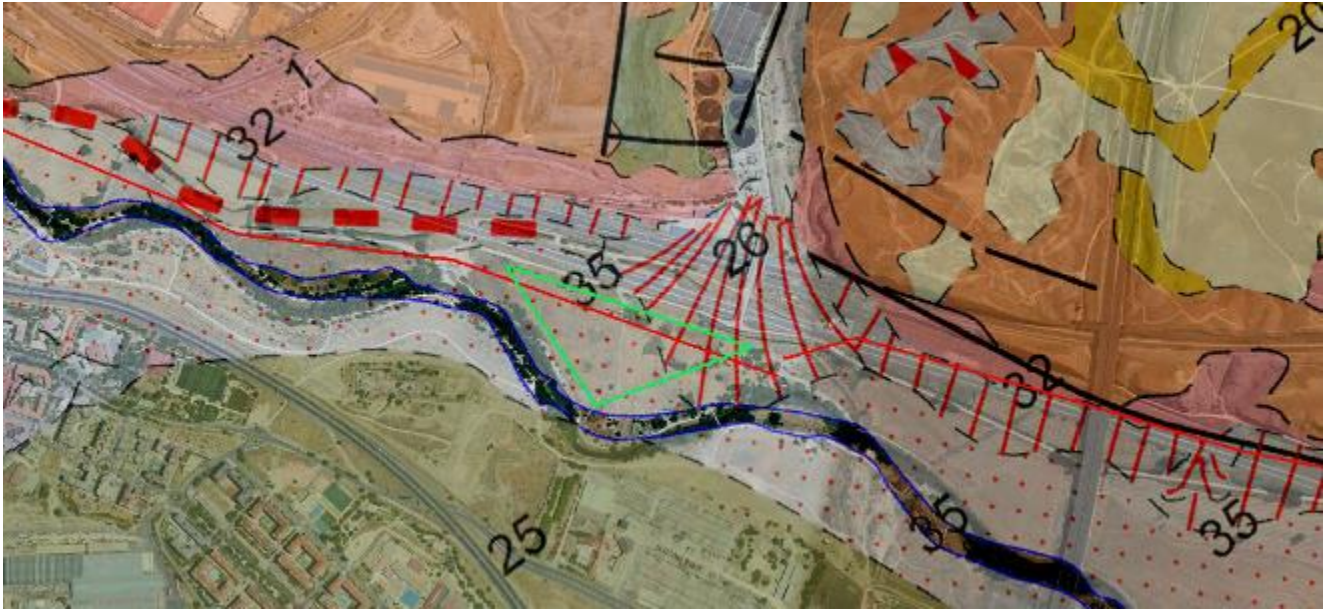
Identificados los materiales atravesados se tramifica el corredor de acuerdo con la litología intervenida. El corredor se ha dividido en 14 subtramos, totalizando una longitud de casi 10 km.

En el siguiente cuadro se indica para cada subtramo la litología atravesada.

Nº TRAMO	LONGITUD PARCIAL TRAMO (m)	PK,S INCIO-FIN TRAMO LITOLÓGICO	LONG. ACUMULADA (m)	LITOLOGIA. LEYENDA NUMERICA		LITOLOGIA
				HOJA CHINA- BUTARQUE 559	HOJA BUTARQUE- SUR 582	
1	294,00	0,00-294,00	294,00	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
2	172,00	294,00-466,00	466,00	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
3	605,20	466,00-1071,20	1.071,20	31		TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
4	436,00	1071,20-1507,20	1.507,20	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
5	394,00	1507,20-1901,20	1.901,20	38		FONDOS DE VALLE INDIF.-ARENAS Q-FELDESPATICAS, ARCILLAS Y LIMOS ARENOSOS CON GRA
6	2.298,00	1.904,20-4199,20	4.199,20	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
7	472,00	4.199,20-4.671,20	4.671,20	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
8	1.243,00	4.171,20-5.914,20	5.914,20	32		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
9	168,00	5.914,20-6.082,20	6.082,20	1		YESOS MASIVOS
10	150,00	6.082,20-6.232,20	6.232,20	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
11	100,00	6.232,20-6.332,20	6.332,20	1		YESOS MASIVOS
12	1.122,00	6.332,20-7.454,20	7.454,20	25	14	TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
13	896,00	7.454,20-8.350,20	8.350,20	35	22	LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
14	1.559,50	8.350,20-9.909,70	9.909,70	26	19	COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
TOTAL	9.909,70					

Desde el emplazamiento del Tanque de Tormentas hasta el extremo final en EDAR Sur se discurre por el borde izquierdo de la cubeta del Manzanares, por lo a escasa profundidad en ese segundo tramo se encuentra el sustrato terciario de yesos.

A continuación se presenta la planta geológica del emplazamiento del Tanque de Tormentas, sobre foto aérea.



Planta geológica de detalle sobre foto aérea del emplazamiento del futuro Tanque de Tormentas

El Tanque de Tormentas se emplaza en la margen izquierda del río Manzanares, en la zona cóncava en planta del meandro más acusado del tramo. Se desarrolla totalmente en la llanura aluvial del río, formada por limos arcillosos, arenas, gravas y cantos, que está recubierta en el tercio sur por coluviones y los derrames del cono aluvial aportado por el arroyo de la Gavia

5.4. GEOMORFOLOGÍA

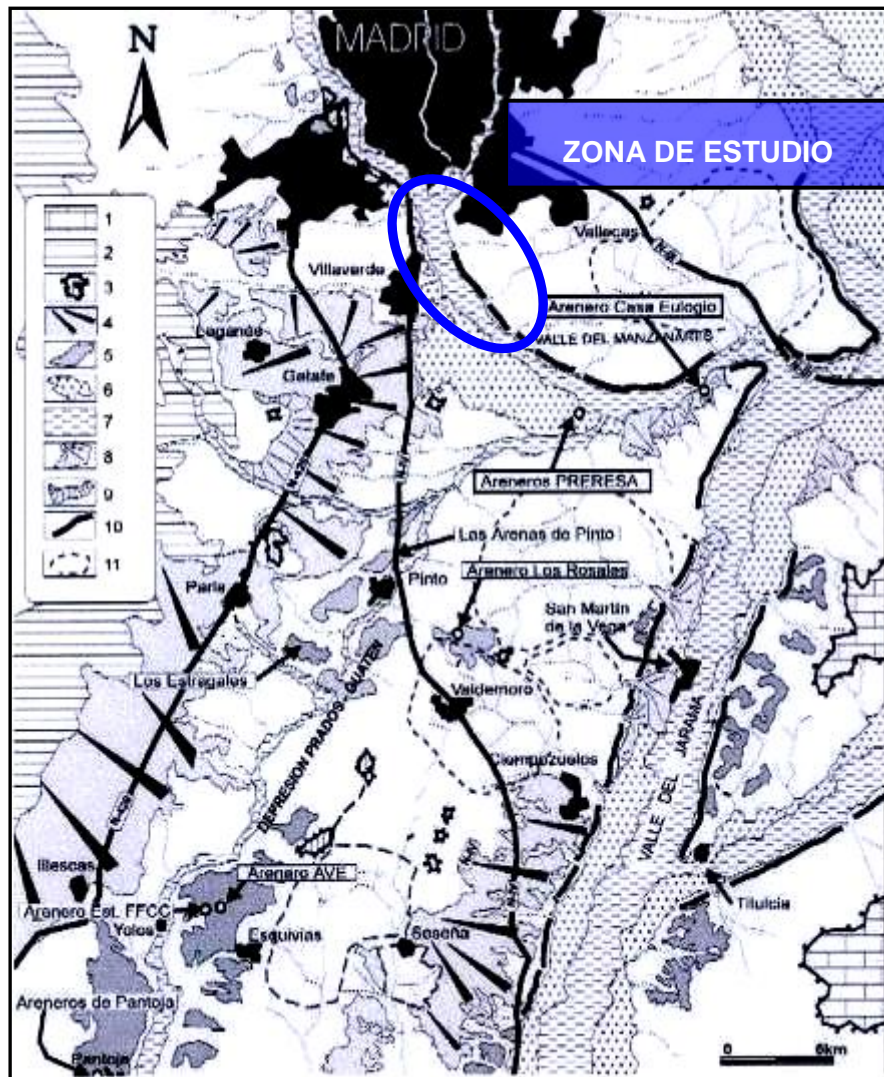
El área en estudio se sitúa en la depresión del Tajo, en la vertiente occidental de la cuenca del Manzanares. Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares.



En la depresión del Tajo se desarrollan las denominadas "Rampas arenofeldespáticas" sobre las altiplanicies o divisorias, y constituyen los restos de superficies de sedimentación por arroyada producto de la erosión de los macizos graníticos. A partir de estas superficies se produce el modelado de las vertientes y el encajamiento de la red fluvial dando como resultado la morfología cuaternaria de la depresión.

El sistema morfogénético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N - S, el que marca la morfología general de la zona. El resto de ríos y arroyos configura una red joven y erosiva que produce importantes entalladuras con morfologías en "V" en materiales sedimentarios. El funcionamiento de dichos arroyos es de carácter esporádico y están controlados por procesos de arroyada. La escorrentía superficial produce acarreamiento en taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos.

Durante el Plioceno y el Cuaternario el proceso erosivo se ha mantenido constante, dando como resultado el encajamiento de ríos y arroyos en los materiales arcóscicos y la deposición de los materiales más finos, de escaso espesor, en el fondo de los valles. El resultado de este proceso es una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas. Estas superficies alomadas, compuestas por sedimentos terrígenos – detríticos, están constituidas por dos niveles de erosión distintos y el modelado superficial está encajado por arroyos y afluentes de ríos principales dando una superficie resultante suavemente alomada y subredondeada. Como se muestra en el siguiente plano geomorfológico, en la zona de estudio se presentan formas correspondientes a sistemas de Glacis Plio-cuaternarios, terrazas fluviales del Pleistoceno medio y superior, y llanuras de inundación y depósitos fluviales holocenos. Es importante resaltar el factor urbano presente en la zona que implica la modificación de las morfologías naturales.



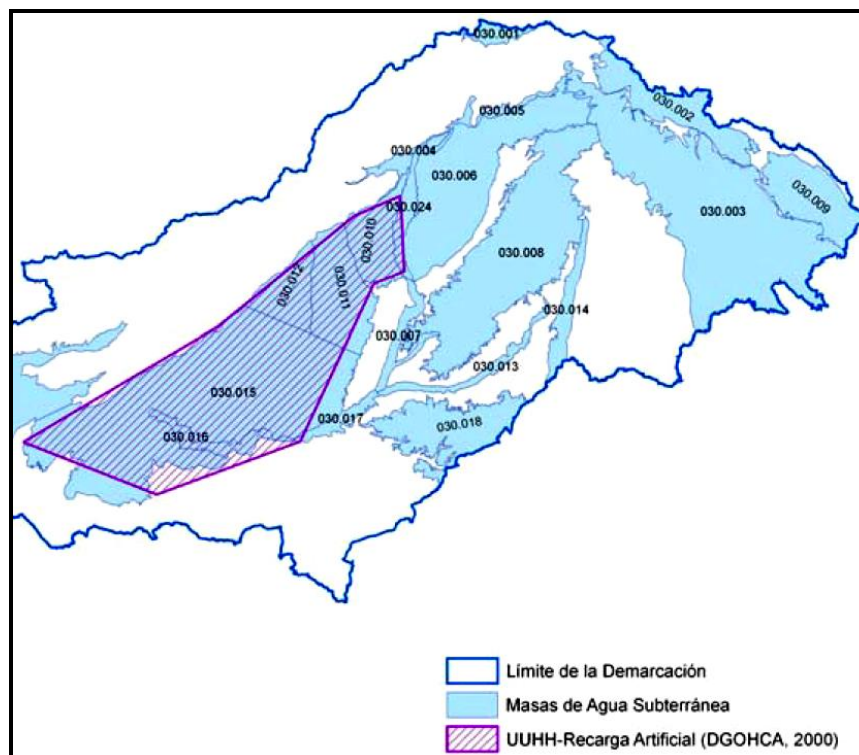
Encuadre geomorfológico de la zona de estudio: 1) Superficie del Páramo; 2) Rampa de Griñón- Las Rozas; 3) Relieves estructurales (cerros testigos y mesas) sobre las calizas de la Unidad Intermedia y superficie de Fuencarral-Espartinas; 4) Sistemas de Glacis Plio-cuaternarios; 5) Terrazas fluviales del Pleistoceno inferior y medio; 6) Terrazas fluviales del Pleistoceno medio y superior; 7) Llanuras de inundación y depósitos fluviales holocenos; 8) Abanicos aluviales pleistocenos; 9) Colusiones; 10) Escarpes yesíferos

5.5. HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio, hidrológicamente forma parte de la cuenca del río Tajo, más particularmente de la subcuenca del río Manzanares, tributario del Jarama por margen derecha, a escasa distancia aguas abajo del emplazamiento de la ERAR Sur.

Hidrogeológicamente pertenece a la Unidad Hidrogeológica **03.05 Madrid – Talavera**, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid. Este acuífero es un acuífero multicapa, constituido por una serie de niveles arenosos más permeables, englobados en una masa arcillosa ó arenoarcillosa, que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.

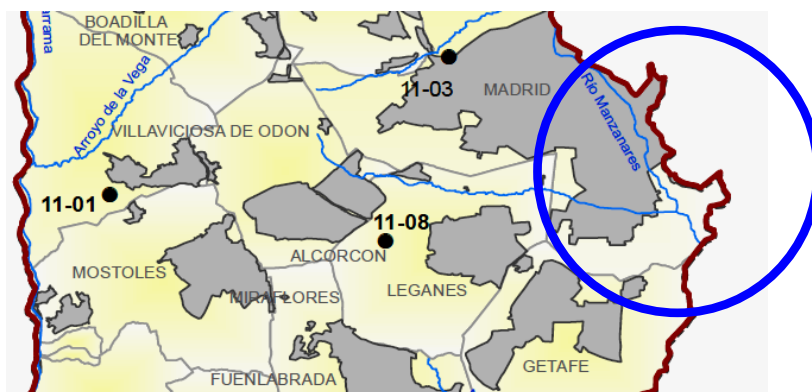
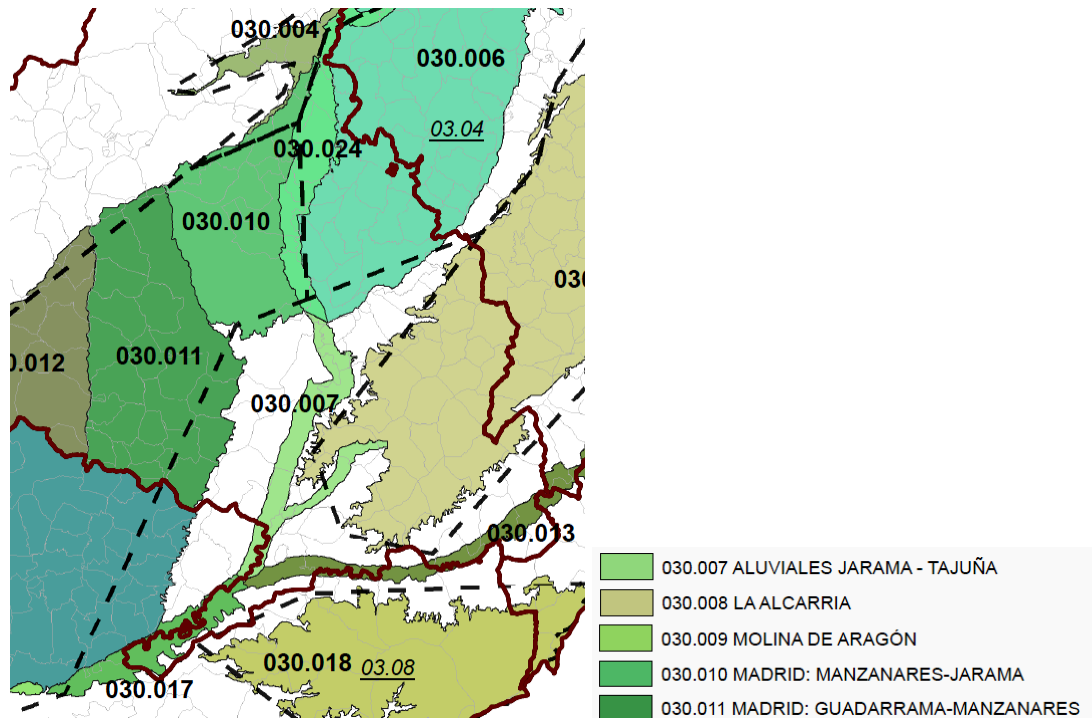
Debido a la cercanía del río Manzanares, las características hidrogeológicas de la zona están condicionadas por su presencia.



Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid-Talavera sobreimpuesta a los límites de las MAS

Dentro de las masas de aguas subterránea de la cuenca del Tajo, la zona de estudio se encuentra a caballo entre las M.A.S.- 030.010 y la 030.011, ocupando mayor parte de la segunda, separadas precisamente por el río Manzanares, como se observa en el plano MAS siguiente. Entre ellas y la MAS 030.007, que es Aluvial del Jarama, se encuentra una zona donde predominan los materiales terciarios impermeables en los que no se

describe una MAS como tal, sólo acuíferos colgados ligados a corrientes fluviales estacionales.



**Planos de distribución de las Masas de Agua Subterránea en la zona de Estudio;
Distribución general de las zonas 030.011 y 30.010 en el plano superior, y detalle de la
030.011 en la zona del Estudio en el círculo azul.**

El funcionamiento hidrológico del acuífero es libre por gravedad, con recarga directa pluvial bien por aportaciones laterales de tipo subterráneo, bien superficialmente mediante la red fluvial principal a través de lechos predominantemente granulares.

Parte de este gran acuífero está construido a su vez por acuíferos más pequeños alojados en los niveles detríticos superiores. La distribución de estos niveles en forma de



lentejones de arena, y como consecuencia las intercalaciones de materiales impermeables entre otros permeables, da lugar a acuíferos confinados que en ocasiones presentan presiones artesianas.

Dada la naturaleza de estos acuíferos no es posible definirlos de manera precisa y los distintos niveles de agua son difíciles de correlacionar unos con otros debido a los frecuentes cambios laterales de facies de los materiales donde se alojan. En muchos casos es posible que se trate de acuíferos totalmente aislados o colgados en cota sobre un muro impermeable, que en muchas ocasiones llegan a secarse después de estar drenando durante un cierto tiempo.

En la zona de estudio los materiales arcillosos y los yesos con arcillas, que forman las capas impermeables y el sustrato relativo, son más comunes alejados de los cauces y sus terrazas, y en profundidad, bajo los rellenos cuaternarios de éstos, por lo que la presencia de los acuíferos colgados se da en las zonas de cauce, como las que albergan las tres ERAR.

La importancia del agua en el terreno a excavar o sobre el que cimentar estriba en el cambio que supone la mayor o menor humedad en la resistencia de los diferentes materiales. En los niveles más arenosos la mayor parte de la cohesión aparece ligada a los sedimentos más finos que forman la matriz de los granos de arena ya que los puentes diagenéticos o el cemento son escasos o inexistentes.

Cuando materiales con escaso contenido en finos se saturan, la cohesión prácticamente se anula y se inducen inestabilidades. En el caso en que se produzcan conexiones entre lentejones arenosos, puede llegar a establecerse una circulación vertical de agua con el consiguiente aumento del gradiente hidráulico. La corriente que se genera puede transportar los elementos más finos del depósito.

Los acuíferos se localizan en los rellenos cuaternarios de lechos y cauces de mayor o menor importancia, y en niveles de arenas más groseras situadas en el seno de los materiales más arcillosos subyacentes. La profundidad de estos acuíferos es variable, dado el carácter alternante e irregular de estos depósitos, situándose a diferentes profundidades y con cargas de agua de diferente magnitud en cada uno de ellos. En general, son acuíferos poco importantes.

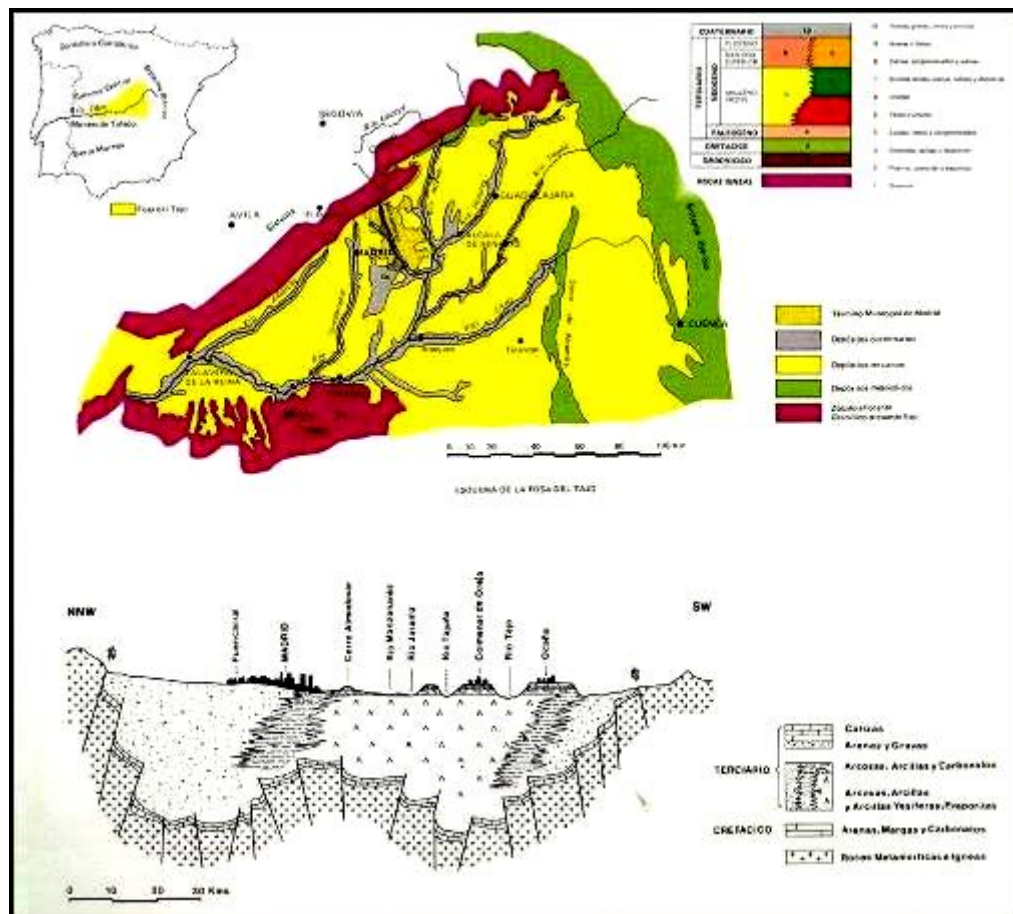


Caracterizan a estos acuíferos multicapa una permeabilidad vertical mucho menor que la horizontal, y un acuitardo que aporta agua a los niveles arenosos más limpios que funcionan como drenes.

En estos acuíferos multicapa cada uno de los niveles permeables mantiene, en estado natural, un potencial hidráulico distinto al resto. Sin embargo, al atravesar estos niveles con un sondeo o excavación, éstos se interconectan, con lo cual se miden los potenciales hidráulicos medios, que dependen de la transmisividad y potencial hidráulico de cada nivel interconectado.

Como se comentará en los apartados de geotecnia, lo normal en el área de estudio es que sobre los materiales de la Fm. Peñuelas y la Fm. Yesífera no se haya localizado el nivel de agua general, no detectando por tanto ningún tipo de acuífero activo en la actualidad a esos niveles; si lo hay, en las condiciones de discontinuidad descritas en las Fm. Superiores del Tosco y en los cuaternarios de fondo de valle, aluviales y coluviales conectados con cauces. Igual ocurre en el caso de vertidos, muchos en contactos con aguas superficiales puede llegar a estar saturados y marcar un freático regional ficticio, pero existente a nivel local o escala de una zona de obra en una ERAR.

En la figura siguiente se recoge el esquema hidrológico de la Cuenca del Tajo.



Esquema de la Cuenca del Tajo (Fuente: Geología, Geomorfología, Hidrogeología y Geotecnia de Madrid. Ayuntamiento de Madrid. 1986.

5.6. TECTÓNICA

La zona de estudio donde se encuadran las tres ERAR se emplaza dentro de la Depresión del Tajo, cuya génesis se relaciona con una deformación compresiva global de la Península Ibérica durante el Terciario, dando lugar a relieves positivos y a la formación de zonas subsidentes, como es el caso de la Cuenca de Madrid.

Consiste en una fosa triangular situada entre el Sistema Central, la plataforma de Toledo y la Sierra de Altamira con sus correspondientes fracturas.



Estructuralmente, los materiales presentan una disposición subhorizontal.

Las principales unidades tectónicas diferenciadas a nivel regional son:

- Banda de fractura del río Guadarrama: en dirección N - S, determinante de la paleogeografía de la región. Durante el Cuaternario ha desplazado el río progresivamente hacia el Este, solapando las terrazas medias y bajas y facilitando el desarrollo de coluviones y glacis - terraza.
- Banda plegada de borde de cuenca en el contacto mecánico entre los materiales metamórficos de la sierra y las facies terciarias mediante fallas inversas. El Mioceno aparece intensamente plegado presentando estructuras de anticlinales y sinclinales muy apretadas y contiguas.

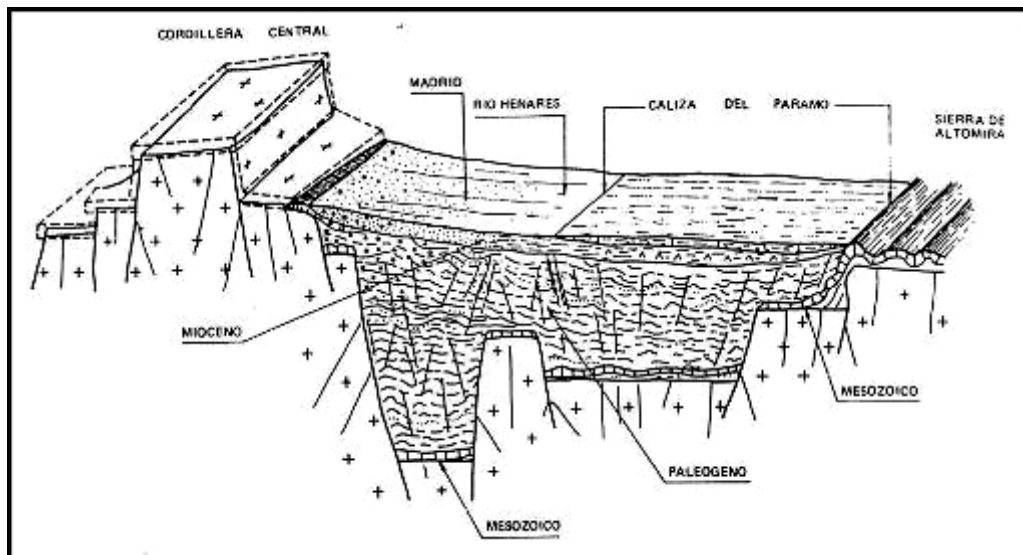
Los relieves son producto de la reactivación de fracturas hercínicas y tardihercínicas del zócalo en la Orogenia Alpina, que condujeron a una dinámica de bloques contemporánea a la sedimentación neógena.

La actividad tectosedimentaria se refleja en un importante control estructural según las direcciones NE -SO, fallas de desgarre tardihercínicas E - W, fracturas de zócalo hercínicas y tardihercínicas y fracturas y desgarres N - S. La dirección NW - SE es conjugada de la NE - SO.

Dada la naturaleza de los sedimentos detríticos del área de Madrid, en superficie no se refleja esta tectónica frágil, aunque se identifica cierta correspondencia entre la jerarquización y direcciones de los cursos fluviales principales que aparecen en la zona con las direcciones de las fracturas antes mencionadas.

La orientación del sistema de fracturas del zócalo paleozoico de la cuenca y los basculamientos de la zona parecen condicionar estructura y dirección de la red fluvial.

En la figura a continuación se recoge un esquema morfotectónico de la Cuenca de Madrid, donde se localiza en la parte central la zona de ubicación de las ERAR.



Esquema morfotectónico de la Cuenca de Madrid.

5.7. SISMICIDAD

Para conocer las características sísmicas de la zona se ha consultado la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, en la que se incluye un mapa de peligrosidad sísmica de la Península Ibérica. Este mapa indica la aceleración sísmica básica en cada punto del territorio nacional expresada en función del valor de la gravedad.



Mapa de peligrosidad sísmica en España para un período de retorno de 500 años (NCSE-02).

Según se indica en dicho mapa, la zona de estudio se ubica en el área de menor sismicidad, es decir, con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g.

En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque siempre se tenga en cuenta, y se aplique, no es obligatorio según dicha Norma considerar el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras a proyectar.



5.8. PALEONTOLOGÍA

5.8.1. Introducción. Marco Legislativo

La primera Ley aprobada referente al Patrimonio Paleontológico es la Ley de Patrimonio Histórico Español de 1985, en la que se hace referencia al Patrimonio Paleontológico como uno de los patrimonios especiales, tal como refleja en dos de sus artículos: el artículo 1.2. y el artículo 40.

También en 1985, la Comunidad Autónoma de Madrid recibió plenas transferencias de competencias en materia de Cultura, incluyendo su patrimonio arqueológico y paleontológico.

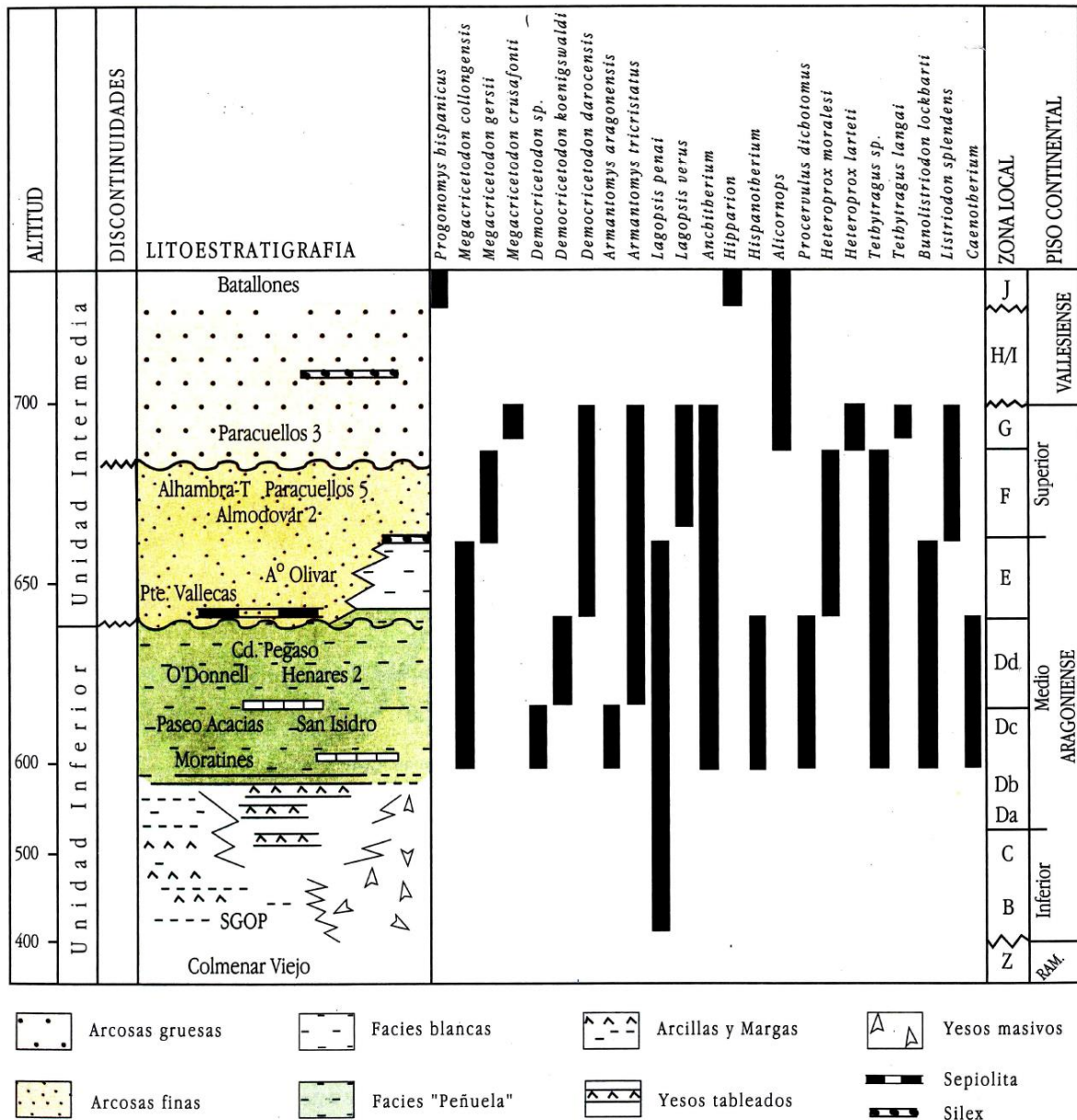
Con posterioridad, en julio de 1998, se promulga la Ley de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid que ofrece algunas modificaciones importantes, con respecto a la Ley Estatal, referentes al estatuto de la Paleontología como puede ser, por ejemplo, la incorporación de una categoría nueva a las Categorías de protección, la denominada “Zona Paleontológica” definida como *“aquél lugar donde hay vestigios fosilizados que constituyen una unidad coherente y con entidad propia”*.

Conociendo la riqueza paleontológica de la Comunidad de Madrid, y encontrándose en las proximidades de la zona de Proyecto la Zona Arqueológica arroyo Butarque y la Zona de Protección Paleontológica de las Terrazas del Manzanares, se realiza a continuación una descripción, desde el punto de vista paleontológico, de la zona de estudio.

5.8.2. Bioestratigrafía

Como se recoge en epígrafes anteriores, las litologías existentes en el área de estudio son fundamentalmente de edad miocena y cuaternario. En primer lugar, la descripción paleontológica siguiente se centrará en la caracterización de las asociaciones fósiles presentes en los sedimentos del Mioceno, posteriormente se tratarán los yacimientos cuaternarios.

En la siguiente figura, se puede observar la bioestratigrafía de los yacimientos del Mioceno medio y superior de Madrid de mayor importancia, así como la distribución temporal de las especies más representativas litoestratigráficamente.



Bioestratigrafía de los yacimientos del Mioceno medio y superior de Madrid.

Esquema litoestratigráfico de las unidades Inferior e Intermedia.

Distribución temporal de las especies más representativas litoestratigráficamente.

Zonas locales según Daams et al., (1999). Abreviaturas: VALL. Vallesiense; RAM:

Ramblense.

Las faunas del Mioceno medio, período al que pertenecen la mayor parte de los materiales con fauna existentes en la zona de Estudio, representan el conjunto más



importante de yacimientos con mamíferos fósiles. En edad se distribuyen en cinco unidades: dos pertenecientes a la biozona D (Dc y Dd), biozona E, biozona F y biozona G. No se pretende realizar un análisis taxonómico de cada una de las zonas y asociaciones, por este motivo, y de forma simplificada, se recoge a continuación las típicas asociaciones faunísticas que aparecen en los sedimentos similares a los identificados en la zona de ubicación de las tres ERAR.

Se describe posteriormente, las asociaciones fósiles de edad cuaternaria asociadas a las terrazas del río Manzanares.

5.8.3. Mioceno medio. Aragoniense medio.

Incluye la Biozona D y la Biozona E.

La mayor parte de los yacimientos clásicos con mamíferos fósiles de Madrid se incluyen en sedimentos del Aragoniense medio. Su edad absoluta se sitúa entre 15,5 y 14,1 millones de años (Mioceno Medio).

Existen dos asociaciones principales: la primera correspondiente a la **Biozona D** también conocida como Faunas con *Hispanotherium* en función de la presencia en ellas de un peculiar rinoceronte del que reciben el nombre. Estas faunas se desarrollaron en un paisaje abierto y relativamente seco, en condiciones climáticas cálidas. Están muy bien representadas en sedimentos margo-arcillosos tradicionalmente denominadas “peñuela” y ampliamente distribuidos en los alrededores del río Manzanares.

En estas asociaciones se han identificado pequeños carnívoros antepasados del panda rojo o pequeño panda (*Ailurus fulgens*), ciervos primitivos (*Procervulus dichotomus*) y félidos. Adicionalmente se encuentra una gran abundancia de fósiles de *Anchitherium* un caballo primitivo muy lejano a los miembros actuales de la familia, apreciándose cambios en la morfología de sus patas y dientes. En el resto de fauna de grandes mamíferos de los yacimientos interpretados como Biozona D, destaca la presencia abundante de un antílope primitivo *Tethytragus* sp. próximo a los bóvidos africanos, mastodontes y cerdos, determinados como *Bunolistriodon lockharti*.



En los carnívoros, fuera de los mustélidos, son frecuentes *Amphicyon* y *Hemicyon*; ocasionalmente se encuentran félicos de talla pequeña y media del género *Pseudaelurus* y pequeñas hienas clasificadas como *Proctictitherium*.

En cuanto a las asociaciones de micromamíferos, abundan las especies de lagomorfos pertenecientes a distintas familias y diversas especies de roedores lejos de ser homogéneas al igual que ocurre con las asociaciones de macromamíferos.

La segunda de las asociaciones del Aragoniense Medio es la asociación faunística atribuible al final de dicho período, también conocida como **Biozona E** a la que se atribuye una edad entre 14,1 y 13,8 millones de años. Las faunas de esta edad se encuentran en facies distales de abanicos aluviales y su composición indica condiciones ambientales menos extremas, más templadas y húmedas que las de faunas precedentes.

La mayor parte de las formas registradas son heredadas del periodo anterior como mastodontes, jabalíes, *Anchitherium*, etc. Sin embargo, en esta asociación desaparece aparentemente el *Hispanotherium*, aumenta la abundancia de antílopes, moderadamente abundantes anteriormente y se produce un empobrecimiento en el número de especies de roedores con preferencia de hábitats abiertos, lo cual unido al aumento de abundancia de cérvidos y antílopes indica una tendencia hacia condiciones de temperatura más moderada y hacia el desarrollo de un paisaje con mayor cobertura arbórea.

5.8.4. Mioceno medio. Aragoniense superior.

Al Aragoniense Superior se le atribuye una edad entre 13,8 y 11,1 millones de años. Las faunas de esta edad coincidieron con el momento de mayor desarrollo de los abanicos aluviales procedentes del Sistema Central, lo que indica la existencia de un período de fuerte estacionalidad climática con alto contraste entre las estaciones secas y húmedas. Están ampliamente representadas en Madrid y, en general, los yacimientos poseen acumulaciones fósiles de gran riqueza.



Corresponde a los yacimientos de la **Biozona F** identificados en sedimentos arenosos asociados a las facies distales de los abanicos aluviales. Las asociaciones faunísticas son similares a las de la Biozona E (final del Aragoniense Medio) lo cual, avalado por el tipo de facies sedimentarias, indica que ambientalmente no debieron producirse cambios significativos entre el final del Aragoniense medio (Biozona E) y el comienzo de Aragoniense superior (Biozona G).

Sí existe un cambio neto entre las faunas de la Biozona F, con las de la **Biozona G**, es decir a lo largo del Aragoniense superior. Prácticamente desaparece el predominante *Anchiterium*, aparece un nuevo rinoceronte con extremidades cortas de forma súbita: *Alicornops simorreense*, también aparece el primer ciervo con astas caedizas *Euprox furcatus*, el caballo gorila *Chalicotherium grande* representante de un grupo de perisodáctilos con garras en lugar de pezuñas y estructura parcialmente bípeda. Las faunas de la zona G del Aragoniense superior coinciden con un momento de fuerte desarrollo de los abanicos aluviales procedentes del sistema central. Por el tipo de concentración de los fósiles y su enorme extensión se puede pensar en acumulaciones de tipo catastrófico, probablemente debidas a sequías prolongadas.

5.8.5. Cuaternario

Poco antes del comienzo del cuaternario (1,64 m.a.) la cuenca del Tajo, donde se encuadra la zona de ubicación de las tres ERAR, presentaba un aspecto llano con escasos desniveles donde predominaban lagos, lagunas y charcas alimentadas por el agua de escorrentía procedente del Sistema Central, los Montes de Toledo y la Sierra de Altomira, generándose un sistema endorreico.

En cambio, durante el cuaternario, las aguas procedentes de los relieves se organizan en una red fluvial incipiente que dará lugar posteriormente a la red fluvial actual. La instalación de esta red supuso un cambio en las condiciones físicas de la cuenca al convertirse en un régimen exorreico, tanto por una transformación profunda de su geografía, por el desmantelamiento progresivo de los depósitos previos que da lugar a la aparición de los valles actuales, como por la generación de depósitos fluviales asociados



a ellos, generalmente encajados unos en otros formando lo que se denominan terrazas fluviales.

Los depósitos cuaternarios, con yacimientos paleontológicos más abundantes en diversidad, se encuentran en terrazas fluviales asociadas a procesos geotectónicos que dan lugar a procesos de subsidencia, con lo que la velocidad de sedimentación es rápida, y favorece la conservación de la fauna. Las terrazas y llanuras aluviales son los sedimentos con mayor número de yacimientos cuaternarios en Madrid, encontrándose la mayoría en las terrazas del río Manzanares, o tributarios del mismo (como por ejemplo el arroyo del Culebro).

Los macromamíferos encontrados en estos yacimientos son los elementos faunísticos siempre recuperados, y por tanto mejor estudiados en todos los yacimientos que se conocen hasta ahora.

Los macromamíferos más abundantes en los yacimientos cuaternarios madrileños son: el elefante antiguo *Elephas antiquus*, el caballo (*Equus caballus*), bóvidos de gran tamaño, como el uro o toro primitivo *Bos primigenius*, el rinoceronte, el cévido, fundamentalmente el género *Cervus* aunque también están presentes otros géneros, hipopótamo, *Hippopotamus* sp., entre otros.

Con respecto al resto de la fauna (carnívoros, micromamíferos, vertebrados no mamíferos) del Pleistoceno de Madrid, intentar extraer conclusiones es arriesgado, ya que hasta hace relativamente poco no se han realizado excavaciones sistemáticas en los yacimientos que permitieran recuperar todo tipo de restos faunísticos. En general los peces, anfibios, reptiles, aves, insectívoros y quirópteros recogidos, pertenecen a especies actuales, y en el caso de los lagomorfos, algunos eran parecidos a los actuales aunque no idénticos. Otros, como los carnívoros: hiénidos, osos fósiles (*Ursus*) extinguidos, se han encontrado en cuevas y/o complejos kársticos de la Sierra madrileña.

Tanto los mamíferos, como los microvertebrados del Pleistoceno medio, permiten suponer unas condiciones climáticas relativamente templadas, aunque determinados macromamíferos en el Pleistoceno superior indican unas condiciones relativamente más rigurosas coincidiendo, posiblemente, con las glaciaciones.



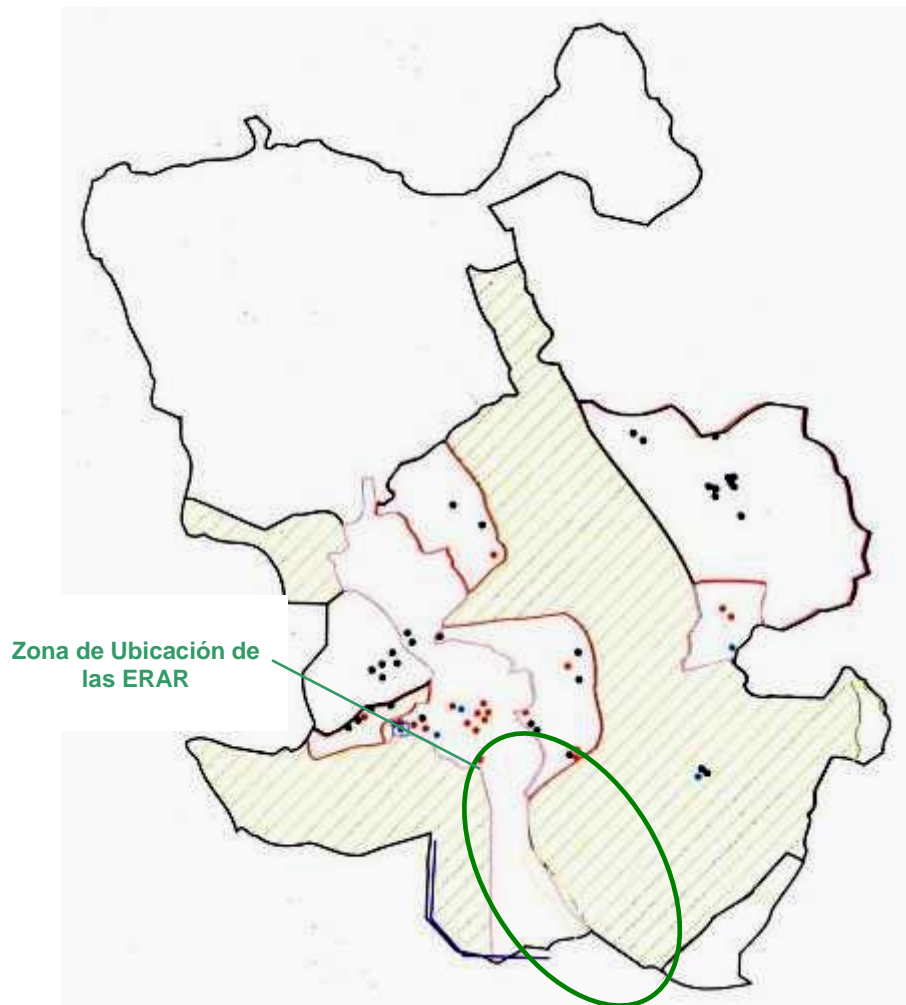
5.8.6. Distribución de yacimientos

El municipio de Madrid presenta una gran proliferación de yacimientos, probablemente debido a que las grandes obras de infraestructura y urbanización han sacado a la luz la cantidad de restos fósiles existentes en subsuelo.

Los yacimientos terciarios se distribuyen en dos facies: las arenas arcósicas, conocidas como “arena de miga”, y las arcillas verdes, denominadas geotécnicamente como “peñuelas”. En cuanto a los yacimientos cuaternarios se localizan fundamentalmente en las terrazas del río Manzanares.

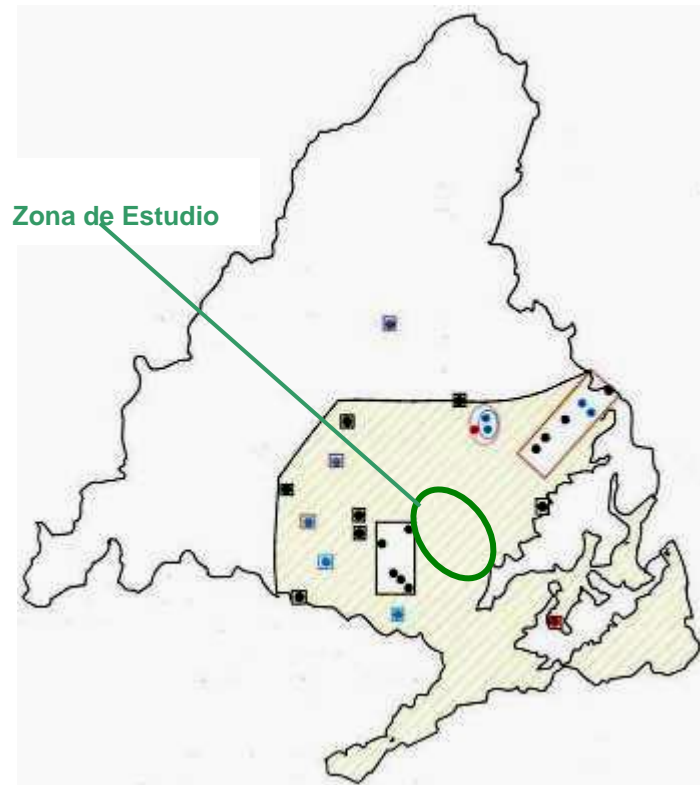
A continuación se recogen una serie de figuras que recogen el patrimonio paleontológico cartografiado y recogido en la Carta Paleontológica. Ya que las parcelas actuales de las tres ERAR, y sus posibles zonas de ampliación, objeto del presente Estudio, se localizan en los términos municipales de Madrid y Getafe, se recogen y presentan a continuación dos tipos de cartas paleontológicas: una primera del Término Municipal de Madrid, y posteriormente, una de conjunto de toda la Comunidad de Madrid donde se muestra el resto del territorio afectado.

Como puede observarse (figura 10), atendiendo a la existencia de yacimientos miocenos, la zona de Proyecto de discurre por el T.M. de Madrid, se localiza en gran parte en una zona de ámbito de protección general.



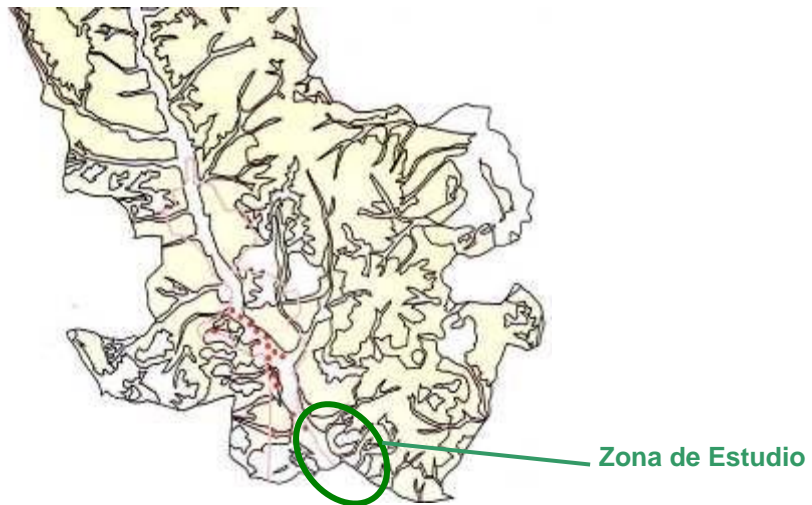
Ámbitos de protección de los yacimientos del Mioceno del municipio de Madrid. Los puntos azules corresponden a yacimientos activos; los puntos rojos a yacimientos agotados y/o destruidos; los puntos verdes a yacimientos indicio; las líneas rojas a zonas que cuentan con protección arqueológica-paleontológica; las líneas color rosa corresponden a zonas que cuentan con protección geológica; el cuadrado azul a Sitio Paleontológico, las líneas rojas a Zona Paleontológica y las áreas con trama verde a zonas de ámbito de protección general.

A menor escala (figura siguiente) se puede establecer que la zona de Estudio se encuadra dentro de una zona de ámbito de Protección general (en rayado amarillo), en lo que se refiere a yacimientos paleontológicos de edad miocena, existiendo una serie de yacimientos indicio al suroeste de dicha zona.



Ámbitos de protección de los yacimientos del Mioceno de la Comunidad de Madrid. La línea rosa corresponde a zonas que cuentan con protección arqueológica-paleontológica; en azul las áreas que corresponden a Sitio Paleontológico; en rojo las correspondientes a Zona Paleontológica; en verde Zona de ámbito de protección específica; y en trama la Zona de ámbito de protección general.

En cuanto a los yacimientos paleontológicos cuaternarios (figura siguiente), se puede observar que se localizan al norte de la zona de estudio, aunque el trazado se localice, al igual que en el caso de la diferenciación para los yacimientos miocenos, dentro de una Zona de ámbito de protección específica. Al final del tramo, en las proximidades de las terrazas del río Manzanares, el trazado se localiza sobre una zona con Protección arqueológica-paleontológica.



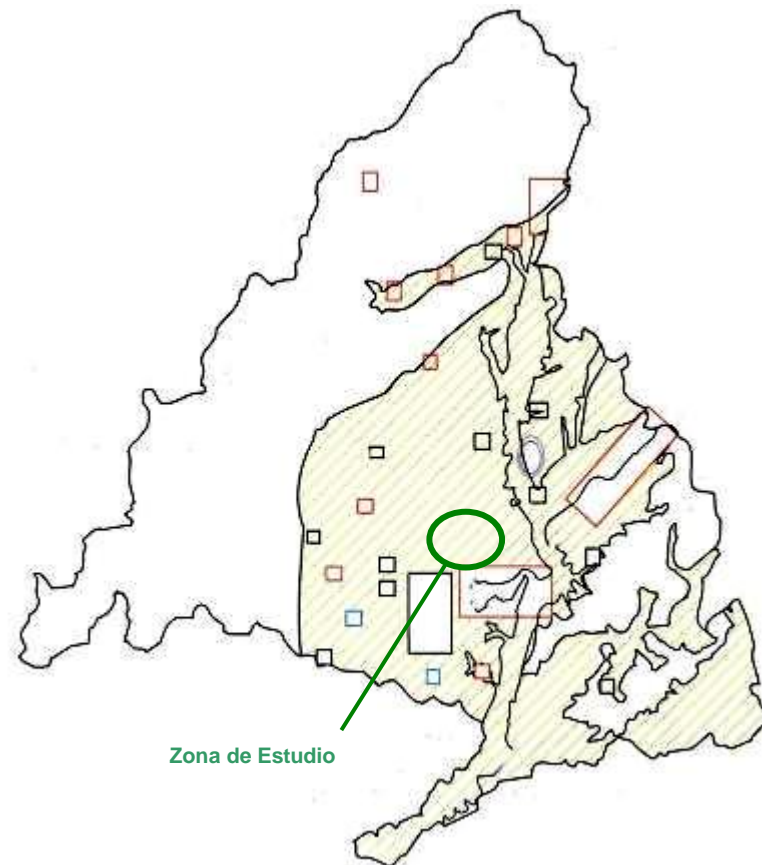
Ámbitos de protección de los yacimientos cuaternarios del Municipio de Madrid. Los puntos indican yacimientos agotados y/o destruidos. En rosa, zonas que cuentan ya con protección arqueológica-paleontológica.

Analizando la Carta Paleontológica de la Comunidad de Madrid referente a los yacimientos cuaternarios, se observa que la zona de Estudio si se encuadra en parte, y próxima a una Zona Paleontológica, sobre todo el sector de la ERAR Sur.



Ámbitos de protección de los yacimientos cuaternarios de la Comunidad de Madrid. Los puntos azules corresponden a yacimientos activos; los rojos a yacimientos agotados y/o destruidos y los verdes a yacimientos indicio. Las líneas rojas corresponden a Zona Paleontológica y las verdes a Zona de ámbito de protección específica.

En la siguiente figura se recoge una visión global de todo el patrimonio paleontológico conocido de la Comunidad.



Ámbitos de protección para la Comunidad de Madrid. Los cuadrados azules corresponden a Sitio Paleontológico; las áreas enmarcadas en rojo a Zona Paleontológica; las áreas enmarcadas en verde a Zona de ámbito de protección específica; en trama verde la Zona de ámbito de protección general; y finalmente, el área rodeada por la línea rosa corresponde a la zona que cuenta con protección arqueológica-paleontológica.

Como puede observarse, la zona de Estudio se enmarca próxima a una zona Paleontológica hacia el SE, la correspondiente a las Terrazas del río Manzanares con una potencialidad paleontológica, perteneciente al Cuaternario; y en una zona de ámbito de protección específica hacia el S-SW, correspondiente a restos fósiles de fauna y flora del Terciario Mioceno. Por ello, habrá que, en fases del estudio siguientes, definir si en las parcelas de las ERAR, o zonas anejas de ampliación, sobre todo en la ERAR Sur, se deberá realizar un seguimiento paleontológico de excavaciones de las obras consideradas.

6. GEOTECNIA GENERAL; ESTUDIO DE DETALLE DE ANTECEDENTES



En los siguientes epígrafes se realiza la descripción, desde el punto de vista geotécnico de los materiales presentes en las zona de implantación de las ERAR, o aledañas, elaborada a partir de toda una serie de información procedente de reconocimientos geotécnicos de estudios previos o bases de datos, cuyos resultados se contrastaron con la bibliografía existente y con la información recogida en los antecedentes anteriormente mencionados y han sido convenientemente ampliados, elaborados y adaptados.

La ubicación de estas infraestructuras previas, con datos de geotecnia del subsuelo próximo a las tres ERAR, es tan próxima que han podido utilizarse para el presente Estudio, como base, gran cantidad de datos.

Todos ellos se presentan en epígrafes siguientes, y se resume lo principalmente aportado por cada una de ellas para la elaboración del presente documento.

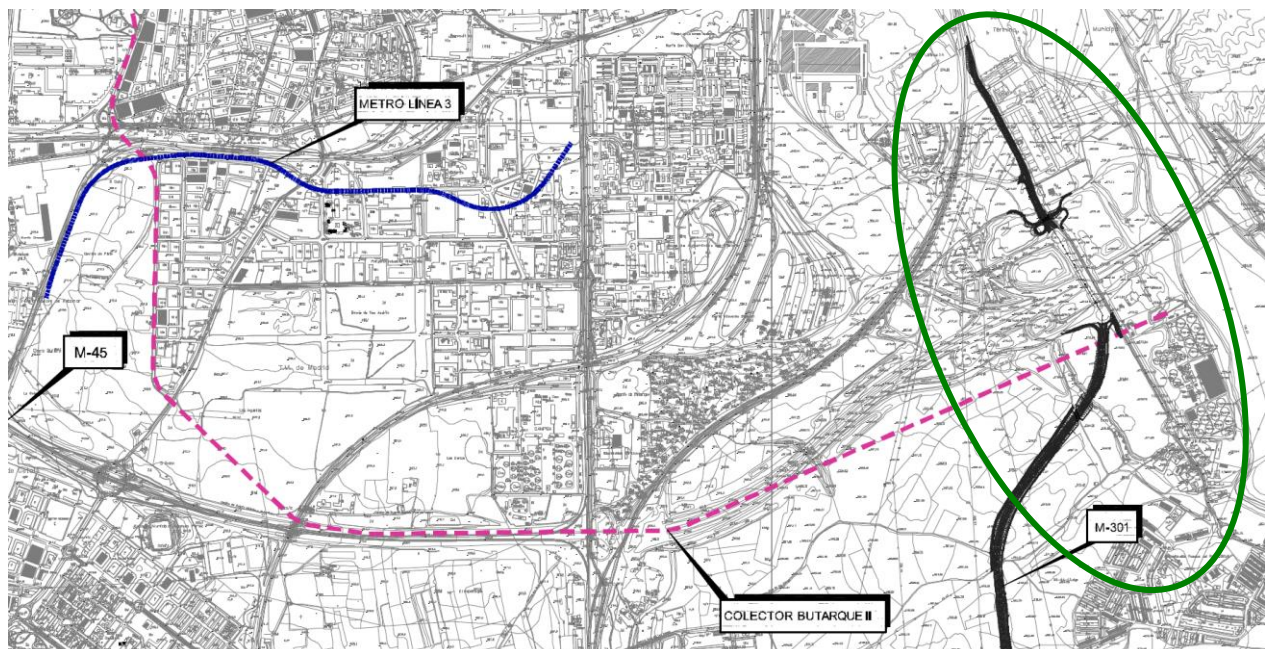
6.1. ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS

Como ya se ha comentado en el epígrafe 2, se han tomado como punto de partida varios estudios geotécnicos de distintas obras de infraestructura presentes en las cercanías de la zona de ubicación de las ERAR, así como documentación con datos geotécnicos referentes a ampliaciones, mejoras o modificaciones constructivas realizadas en las propias plantas o sus edificios, entre los que se encuentran:

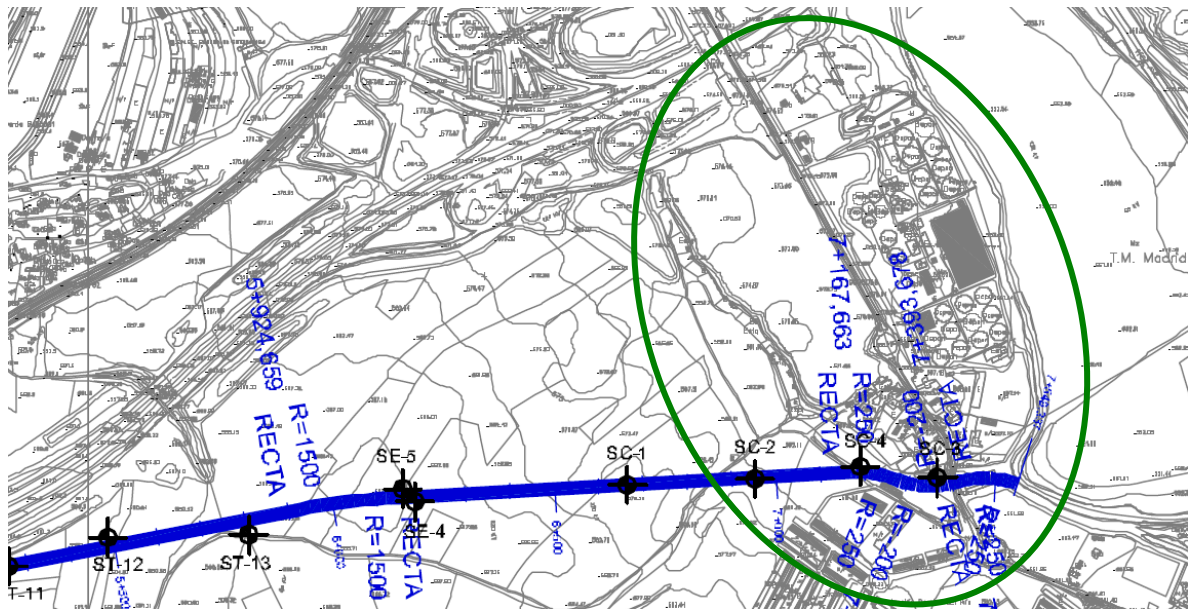
- Estudio Geológico Geotécnico de la carretera de circunvalación de Madrid M-45.
- Estudio Geológico-Geotécnico línea 3 de Metro de Madrid a su paso por Villaverde.
- Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera M-301; proximidades de Perales del Río.
- Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto y Anteproyecto del Colector Butarque II y III.
- Mapa Geotécnico de la zona del Instituto Geológico y Minero N° 45 en el que, como en todos los mapas geotécnicos del IGME se recogen además mapas litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos a escala 1:200.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:50.000.

- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:25.000.
- Mapas varios incluidos en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid
- Síntesis Geotécnica de los suelos de Madrid y su Alfoz, Ventura Escario 1985
- Ingeniería Geológica, López-Vallejo.
- Geotecnia y Cimientos, José Antonio Jiménez Salas 1980.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Propiedades Geotécnicas de los suelos de Madrid”, José M^a Rodríguez Ortiz, 2000.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del Metro de Madrid”.
- Datos procedentes de la Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID), del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

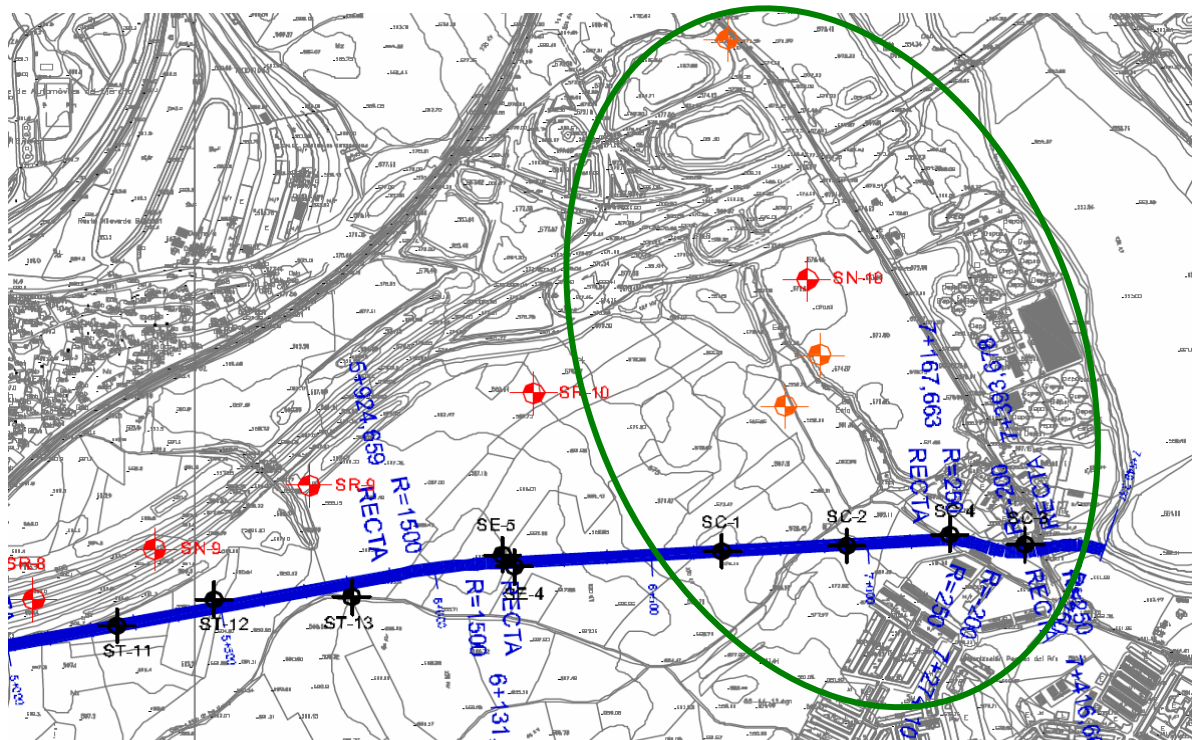
Algunos de estos datos y planos de Estudios y Proyectos antecedentes que se han recopilado, estudiado y analizado se muestran a continuación:



Plano con la situación de algunas obras antecedentes, como son el Colector Butarque II, la M-45, Línea 3 del Metro y M-301 en relación a la zona de las tres ERAR del Estudio



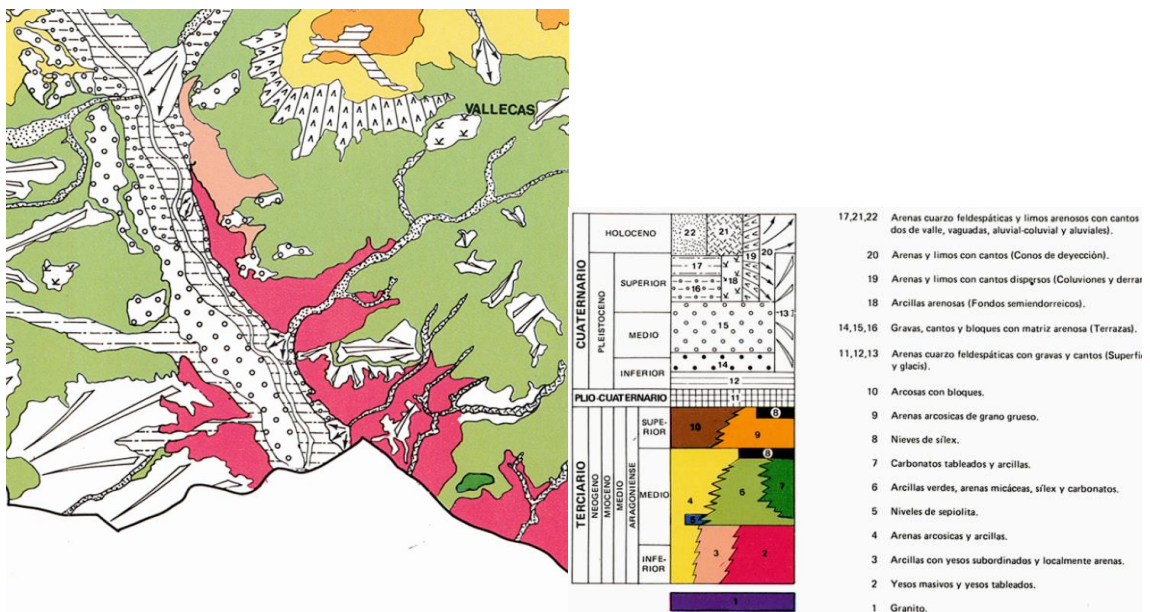
Trazado del Colector Butarque III junto a la ERAR Butarque



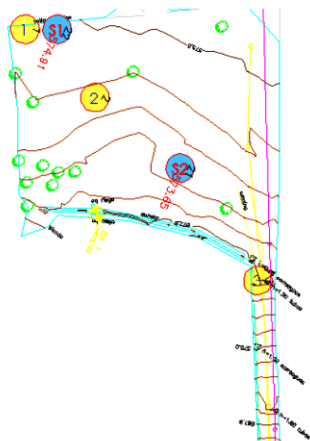
En color negro Sondeos de Butarque III, el resto según Leyenda



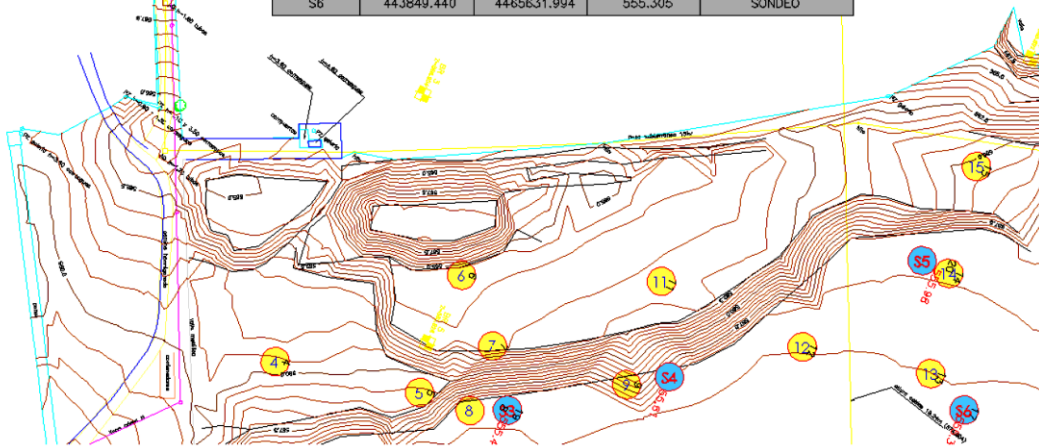
Penetrómetros realizados en la parcela de la ERAR Butarque para el nuevo pretratamiento



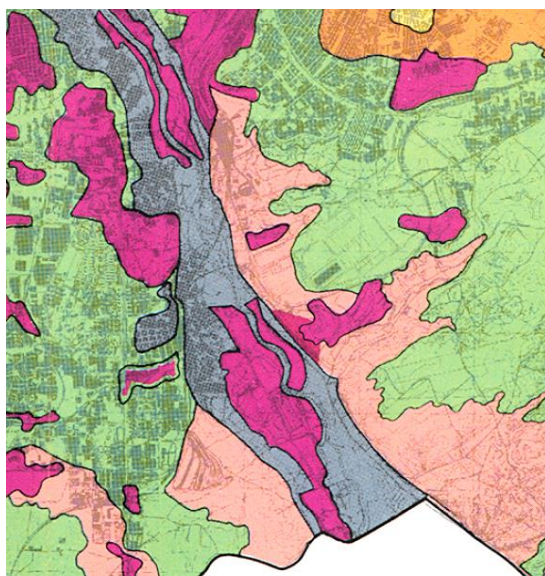
Mapa Geológico del Ayuntamiento de Madrid en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID



NÚMERO	X UTM	Y UTM	Z UTM	CÓDIGO
1	443760.181	4465278.129	574.658	PENETROMETRO
2	443770.204	4465303.561	574.255	PENETROMETRO
3	443799.648	4465365.445	572.123	PENETROMETRO
4	443911.798	4465449.179	560.377	PENETROMETRO
5	443904.064	4465489.801	559.529	PENETROMETRO
6	443869.241	4465487.824	564.427	PENETROMETRO
7	443884.152	4465503.515	563.759	PENETROMETRO
8	443899.995	4465510.191	555.583	PENETROMETRO
9	443879.547	4465542.265	555.691	PENETROMETRO
10	443909.687	4465542.305	555.407	PENETROMETRO
11	443849.157	4465539.976	563.177	PENETROMETRO
12	443850.779	4465583.465	555.470	PENETROMETRO
13	443843.696	4465619.441	555.457	PENETROMETRO
14	443815.855	4465613.220	555.994	PENETROMETRO
15	443785.314	4465608.742	559.668	PENETROMETRO
16	443859.631	4465647.568	555.149	PENETROMETRO
S1	443756.699	4465286.389	574.913	SONDEO
S2	443779.089	4465333.194	573.648	SONDEO
S3	443699.070	4465514.393	555.474	SONDEO
S4	443872.865	4465552.485	555.608	SONDEO
S5	443813.888	4465609.996	555.976	SONDEO
S6	443849.440	4465631.994	555.305	SONDEO



Planta de penetros (amarillo) y sondeos (azul) realizados en la parcela del nuevo edificio de pretratamiento de la ERAR de Butarque: Todos los datos se han recopilado y analizado



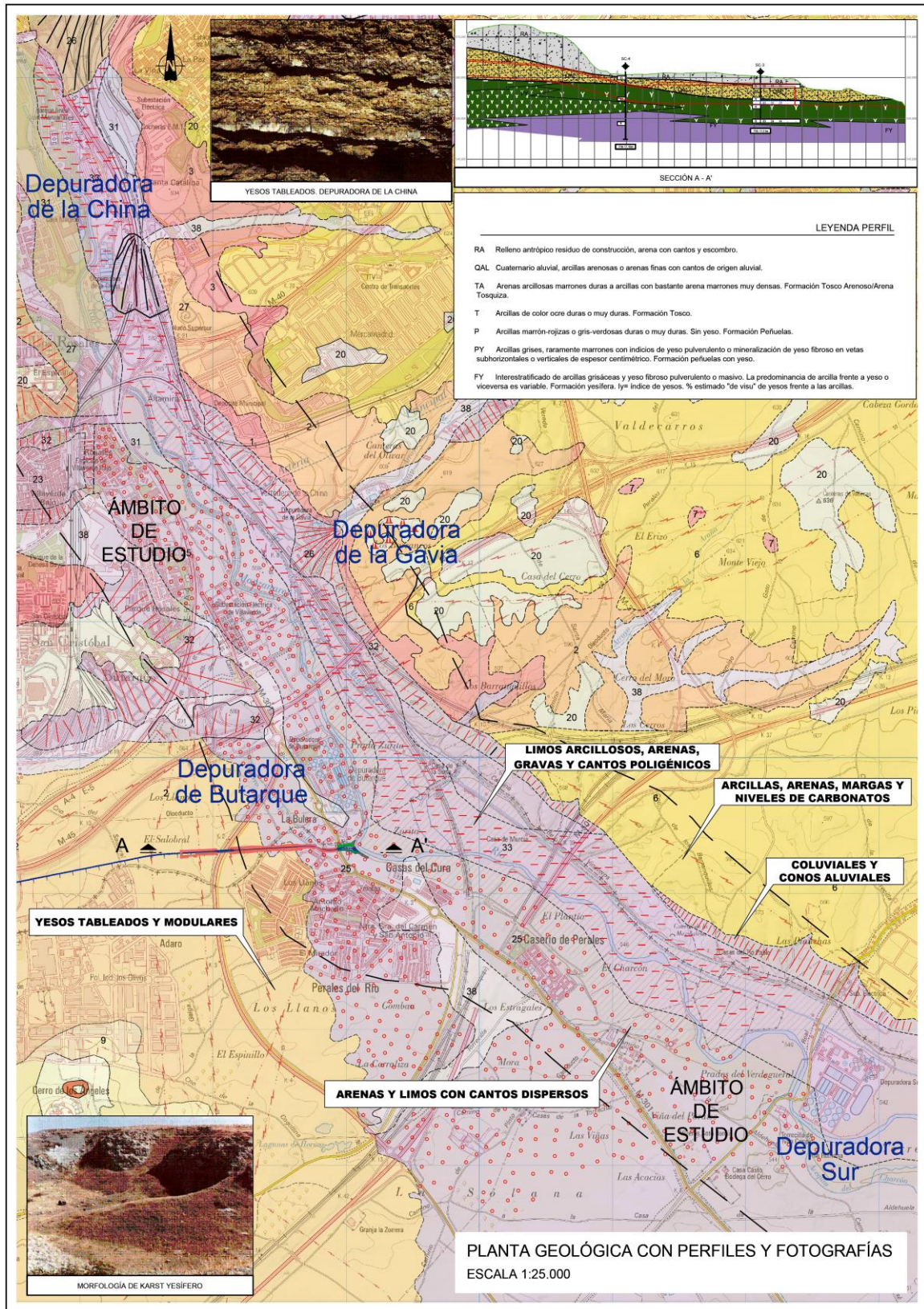
UNIDADES GEOTÉCNICAS

- ANTROPICO
- CUATERNARIO
- ARCOSAS CON BOLOS
- ARCOSAS SUPERIORES "Arena de miga"
- ARCOSAS INFERIORES "Tosco"
- TRANSICION ARCOSAS-ARCILLAS VERDES
- ARCILLAS VERDES "Peñuela"
- ARCILLAS CON YESOS
- YESOS CON ARCILLAS

UNIDAD PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

UNIDAD	PROBLEMAS GEOTÉCNICOS
ANTROPICO	Heterogeneidad litológica Capacidad de carga baja Asientos bruscos
CUATERNARIO	Nivel freático a escasa profundidad Capacidad de carga baja Asientos elevados
ARCOSAS SUPERIORES "Arena de miga"	Capacidad de carga media Asientos medios
ARCOSAS INFERIORES "Tosco"	Presencia de niveles plásticos Capacidad de carga media Asientos medios Niveles de sepiolita Expansividad puntual
TRANSICION	Presencia de niveles plásticos Niveles de sepiolita, sílex y carbonatos Capacidad de carga variable
FACIES VERDES "Peñuela"	Capacidad de carga variable Presencia de materiales plásticos Niveles expansivos
ARCILLAS CON YESOS	Agresividad a los hormigones Fenómenos kársticos Alta deformabilidad
YESOS CON ARCILLAS	Agresividad a los hormigones Alta deformabilidad Fenómenos kársticos

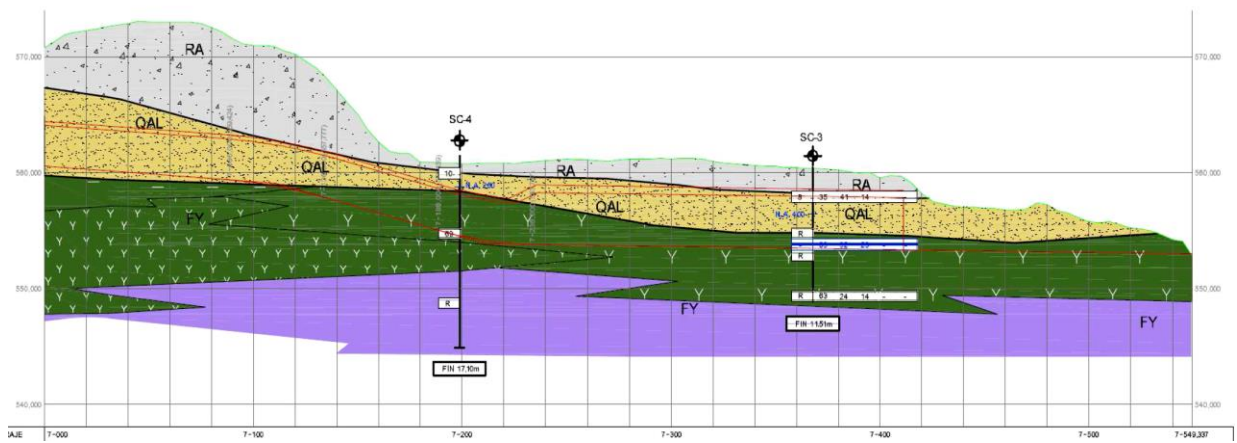
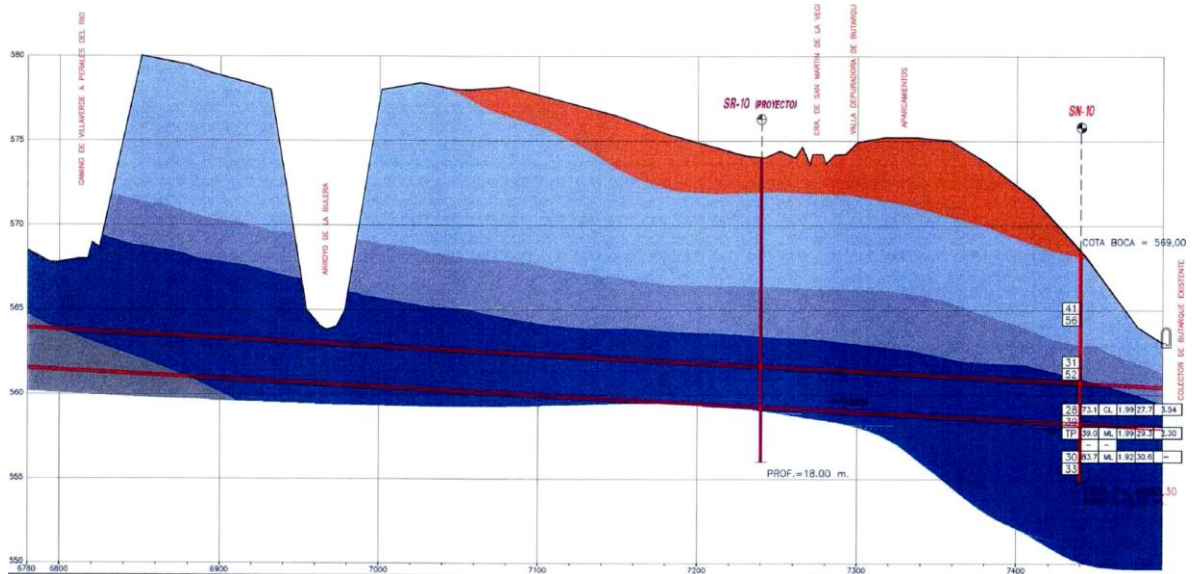
Mapa Geotécnico de Madrid en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID



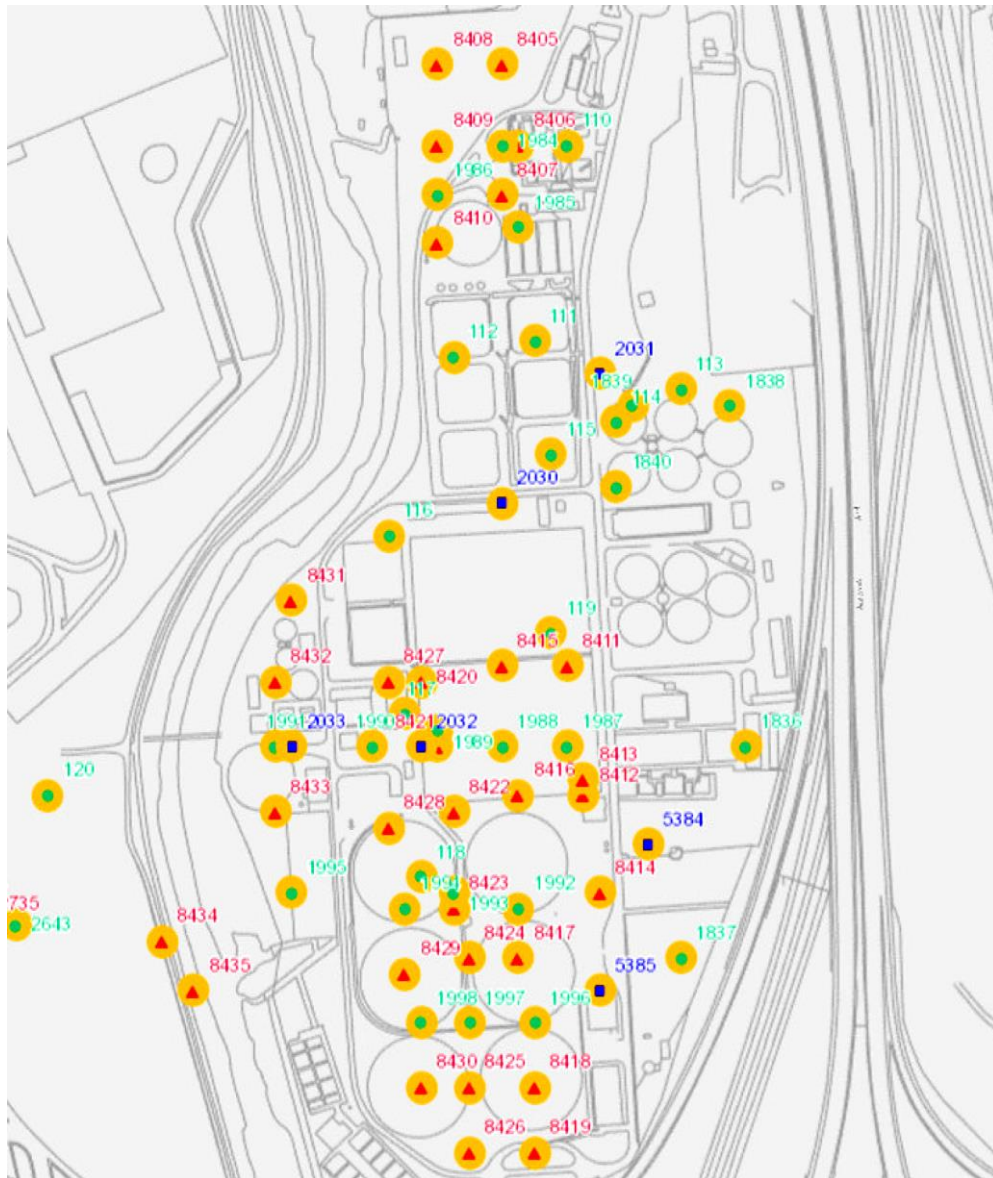
Plano geológico y perfiles Geotécnicos Oferta Técnica CYGSA



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR



Perfiles Geotécnicos de los tramos finales de los Colectores Butarque II y III junto ERAR. En ellos se muestran las columnas de los sondeos y ensayos un situ realizados al igual que los datos obtenidos en cuanto a propiedades geotécnicas de los materiales en ellos



Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.

Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras antecedentes, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR La China.

Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.

Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.

En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.



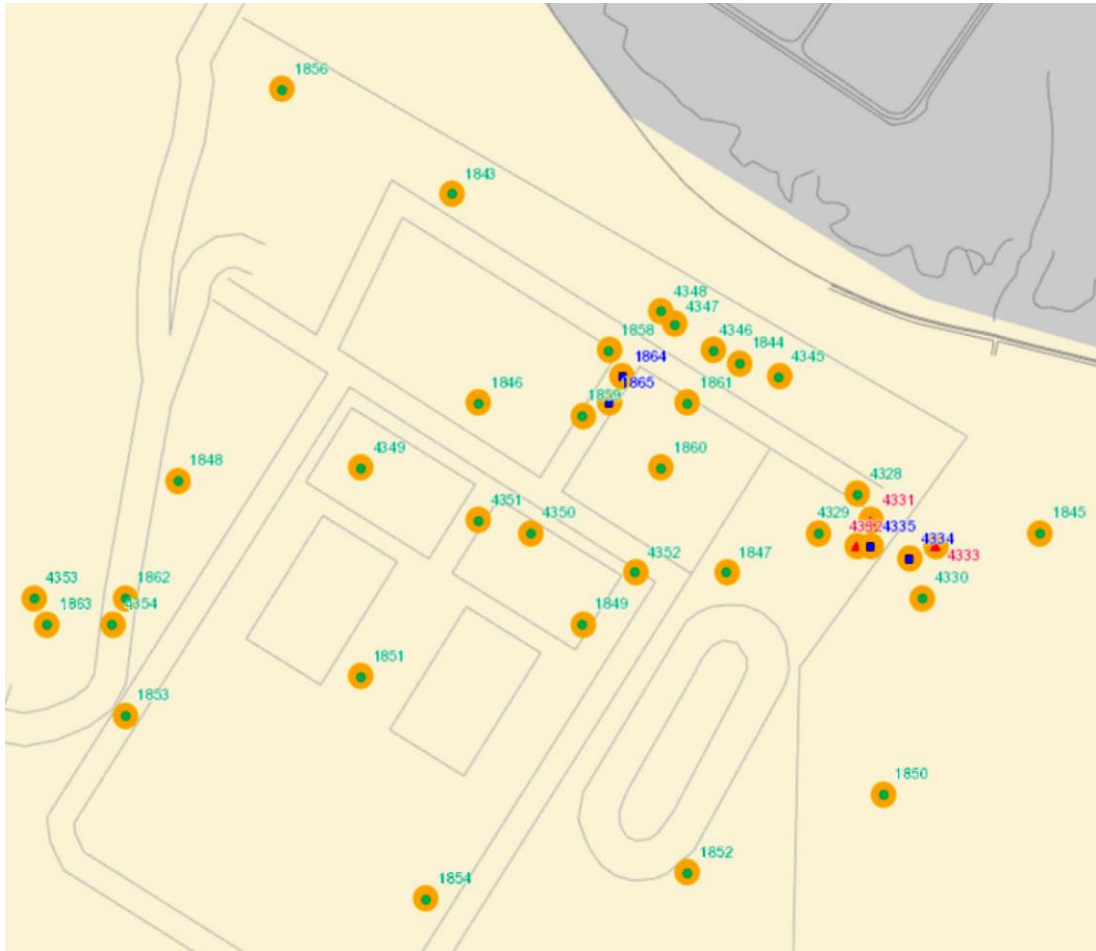
Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.

Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras antecedentes, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR Butarque.

Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.

Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.

En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.



Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.

Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras antecedentes, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR SUR.

Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.

Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.

En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.



6.1.1. Geotecnia de la carretera de circunvalación M-45

En el estudio geotécnico de la carretera de circunvalación a Madrid M-45, que cruza en sentido E-W la zona comprendida entre las ERAR de La China y la de Butarque, se realiza una descripción en función a criterios litológicos siguiendo la nomenclatura geotécnica establecida para los suelos de Madrid.

Las unidades geotécnicas diferenciadas son las siguientes, descritas de más antiguo a más moderno:

- **Margas yesíferas:** se trata de bancos de yesos macrocristalinos y yesos tableados que se intercalan con horizontes de arcillas limosas de consistencia muy dura y color gris verdoso, en ocasiones con cristales de yeso dispersos en la matriz arcillosa. El espesor de los estratos que se alternan es de entre 1 y 5 m. Son materiales de consistencia muy dura con características intermedias entre un suelo y una roca por lo que se han considerado, como en una buena parte de la literatura geotécnica, como una roca blanda. En algunos puntos el contacto con el estrato superior aparece una arcilla de tonalidades oscuras, muy reblandecida, con un espesor de hasta 2 m cuyo origen se encuentre probablemente asociado a la disolución de los yesos por corrientes de filtración. Existe una gran heterogeneidad litológica en esta unidad y diferentes grados de cementación, en algunos casos con presencia de carbonatos. En general la compresión simple varía desde valores muy elevados (propios de una roca) hasta resultados significativamente bajos.
- **Peñuelas:** en la nomenclatura geotécnica de Madrid, bajo esta denominación se incluye un conjunto muy heterogéneo de materiales entre los que se encuentran: arcillas de alta plasticidad de tonalidades marrones, grisáceas, verdosas y negras, con bancos de carbonatos intercalados (tonos blancos), sílex y arenas micáceas de tonalidades grisáceas. A lo largo de la traza de la carretera las peñuelas aparecen como arcillas plásticas de color gris-verdoso y arenas micáceas de esta misma tonalidad. Granulométricamente se trata de arcillas de alta plasticidad agrupadas en torno a la línea A de la carta de plasticidad de Casagrande.

- **Formaciones tosquizas:** se incluyen todos los materiales detríticos de origen Mioceno formados por minerales arcósicos, que comprenden una amplia gama de granulometrías, entre ellas se pueden diferenciar (en función del material que pasa por el tamiz 200):
 - Menos del 25 %, **arenas de miga**
 - Entre el 25 y el 40 %, **arenas tosquizas**
 - Entre el 40 y el 60%, **toscas arenosas**
 - Más del 60 %, **toscas**

La plasticidad de estos materiales es variable aunque pueden clasificarse mayoritariamente como de baja o media plasticidad, si bien se observan algunos puntos con plasticidades más elevadas.

- Aluvial del arroyo Butarque y del Manzanares: formado por arcillas arenosas de color marrón y consistencia media-blanda en la que se intercalan lentejones de arenas arcillosas y arenas poco arcillosas.
- Glacis del Bulevar: de origen cuaternario, formado por una arena de grano medio a grueso, muy arcillosa de color marrón claro y compacidad media-suelta, apareciendo en algunos puntos intercalaciones de arcillas arenosas. Probablemente, el origen geológico de este estrato es la erosión de las formaciones tosquizas cercanas.

6.1.2. Geotecnia de la línea 3 de Metro de Madrid

Al igual que en el Estudio Geotécnico del Proyecto de Construcción de la M-45 recogido en el epígrafe anterior, en el Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto de Construcción de la línea 3 de Metro de Madrid, que discurre al SW de la ERAR de La China y al NW de



la de Butarque, la descripción geológico-geotécnica se realiza adoptando la nomenclatura tradicional geotécnica de los suelos de Madrid.

De forma análoga, se recoge a continuación la descripción geológico-geotécnica descrita en dicho anejo, de más antiguo a más moderno.

- **Formaciones yesíferas:** arcillas con yesos y yesos con arcillas. Los términos arcillosos o peñuelas que aparecen interestratificados con los yesos tienen coloración gris oscura y presentan una naturaleza mineralógica fundamentalmente illítica; en ocasiones aparecen muy enriquecidos en carbonatos o componentes magnesianos. Los términos evaporíticos aparecen en forma de niveles centimétricos tableados y nodulares cuando están subordinados a las arcillas, mientras que cuando constituyen el término predominante corresponden a bancos masivos seleníticos o especulares con espesores métricos. Su naturaleza mineralógica corresponde fundamentalmente a yeso, apareciendo la anhidrita de forma muy ocasional, con participación puntual de sales cálcicas y sódicas diversas. En ocasiones, es frecuente que hacia el techo de la unidad aparezcan niveles de yeso detrítico, en forma de arena muy fina.

- **Peñuelas:** constituida por un conjunto litológico de lutitas o arcillas fuertemente litificadas por sobreconsolidación o cementaciones carbonatadas, de coloraciones fundamentalmente gris-verdoso-azulada con episodios marrones de alteración. Es frecuente la presencia de intercalaciones muy carbonatadas de color blanquecino, que reciben la denominación de “cayuelas”, junto a tablas y segregaciones nodulares de sílex, más abundantes en determinadas zonas. De forma muy subordinada aparecen lentejones y capas de arenas e incluso areniscas en las que son características las tonalidades verdosas y una fuerte presencia de micas. Son arcillas muy plásticas con límite líquido entre 50 y 90%, y su expansividad es variable dependiendo de la tipología de los filosilicatos que contengan: montmorillonita y/o sepiolita. Generalmente las peñuelas son materiales muy compactos y resistentes, aunque pueden aparecer niveles de consistencia mucho menor.

- **Depósitos cuaternarios:** son depósitos ligados a la dinámica fluvial, asociados a los arroyos y principales cauces fluviales. En líneas generales los depósitos cuaternarios suelen estar constituidos por materiales arenosos o limosos, con



mayor presencia de gravas en las terrazas de los ríos Jarama y Manzanares, algunas de las cuales suelen aparecer cementadas, sobre todo en la vertiente del primero, siendo también frecuente la aparición de niveles fangosos intercalados, ligados a una fuerte presencia de materia orgánica. Se trata de materiales con características geotécnicas muy variables y cuyo seguimiento resulta complejo en ocasiones, dada la similitud de caracteres que en ocasiones muestran con respecto al substrato, sobre todo cuando éste corresponde a las arenas de miga y los toscos.

- **Rellenos antrópicos:** constituidos por materiales de aportación artificial, fundamentalmente como consecuencia de actividades constructivas (vertederos de tierras y escombros, terraplenes controlados, etc) y, en mucha menor manera, como resultado de la actividad industrial. Las características geotécnicas de esta unidad son difícilmente resumibles, dada la fuerte heterogeneidad que estos materiales suelen presentar en cuanto a origen, compacidad, etc., destacando dos rasgos generalmente singulares para esta unidad: en primer lugar y fundamentalmente, una deformabilidad extremadamente alta (en general superior al 3% del espesor), debido a la baja compacidad y frecuente presencia de arcillas con elevados contenidos en humedad, y en segundo lugar, la posibilidad de que se alcancen altos niveles de agresividad al hormigón convencional, como consecuencia de la presencia de elementos químicos diversos, procedentes de vertidos de residuos industriales. También hay que indicar la elevada permeabilidad, lo cual genera niveles freáticos anormales no concordantes con los de las formaciones encajantes y, por otro lado, la elevada colapsabilidad al saturarse. Los rellenos se caracterizan por una consistencia muy floja.

6.1.3. Geotecnia del colector Butarque II

En los planos de documentos antecedentes presentado en el epígrafe anterior, se puede observar la cercanía del colector Butarque II con la parcela de ubicación de la ERAR de Butarque y con la de las zonas aledañas que podrían ser el objeto de ampliación o modificación de la planta. El colector discurre por el borde Norte de la parcela, en la zona del nuevo edificio de pretratamiento, del que a continuación se presentarán también datos



geotécnicos del estudio de su implantación. Por ello, la información recogida en los estudios geotécnicos del Proyecto y Anteproyecto de dicho colector han servido especialmente para completar, contrastar y confirmar la información recopilada.

En total se cuenta con la información aportada por 20 sondeos, dispuestos a lo largo del eje del túnel, sobre cuyas muestras se realizaron numerosos ensayos de laboratorio, tanto de identificación como de caracterización de propiedades resistentes.

Las unidades geotécnicas descritas en los informes geotécnicos tanto de Proyecto como de Anteproyecto, coinciden a grandes rasgos con las descritas en el resto de antecedentes, ***si bien no se describen bajo la nomenclatura típica asociada a los suelos de Madrid.***

A grandes rasgos, en los documentos geotécnicos del colector Butarque II se describen las siguientes unidades:

- Interestratificados de yesos fibrosos, masivos y cristalinos con arcillas con marrón oscuro-negruczas.
- Arcillas marrón oscuro-negras a pardas con tonos verdosos con nódulos (1-2 cm) y ocasionales niveles (0,2 - 2 cm) de yeso masivo, cristalino y/o fibroso.
- Arcillas más o menos puras o con sólo ocasionales nódulos de yeso diseminado.
- Depósitos cuaternarios compuestos por finas-medias o gravas finas con arena, sueltas y muy poco plásticas, arenas arcillosas o arcillas medianamente densas, poco plásticas y limos arcillosos o arcillas oscuras medianamente densas y plásticas.



6.1.4. GEOTECNIA DEL PROYECTO DEL NUEVO PRETRATAMIENTO DE LA EDAR DE BUTARQUE; CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO.

En este proyecto se consideró inicialmente, como solución a las complicadas condiciones de cimentación, una sustitución de terreno de un metro de material granular, un geotextil y el hormigón de limpieza sobre el que se situaría la losa armada de 60 cm. de espesor.

Con motivo de la redacción del proyecto, se llevó a cabo la realización de un estudio geotécnico más detallado sobre el terreno donde se iba a ubicar la nueva planta y el edificio de control, ya que estas parcelas han sido utilizadas como posible vertedero de otras obras realizadas en la zona.

Asimismo se decidió estudiar las diferentes alternativas viables para la cimentación de las estructuras objeto del proyecto.

Para dicho estudio se tomó el taquimétrico de la parcela y se realizaron un total de 6 sondeos en la parcela de las obras

SONDEOS

Para la elaboración del estudio se tomó el taquimétrico de la parcela y se realizaron un total de 6 sondeos en la parcela de las obras.

Se realizaron sondeos mecánicos a rotación con recuperación a profundidades variables entre 10,00 y 10,30 metros y se realizaron ensayos in situ de S.P.T. y se obtuvieron muestras inalteradas.

De los 6 sondeos ejecutados los números 1 y 2 corresponderían a la parcela del futuro edificio de control de la depuradora mientras que los sondeos 3 al 6 corresponderían a la parcela de la ampliación de la depuradora propiamente dicha.

Con respecto al taquimétrico, se encontraron un volumen de terrenos de vertido en la parcela considerablemente mayor al previsto en proyecto. Dicho volumen se debe fundamentalmente a terrenos vertidos durante las obras de la M-45 y durante la hincada del colector del estanque de tormentas que desagua en la parcela de la depuradora



existente, comentado como antecedente previo en este mismo punto del presente informe.

Los resultados de los SPT dieron golpes siempre inferiores a 15 en los primeros 6,5 metros de terreno, encontrando a esa profundidad una capa de arenas con indicios de grava e indicios de arcilla de compacidad medianamente densa, con valores de golpeo en torno a 20. Finalmente, a una profundidad media de 9 metros con respecto a la cota de terreno, el SPT da valores de rechazo.

Debido a que los resultados obtenidos en los sondeos no eran concluyentes se decidió la realización de 16 penetrómetros dinámicos.

En planos mostrados en punto anterior se presenta la localización de los sondeos y penetros realizados.

PENETRÓMETROS DINÁMICOS

Se realizaron dieciséis penetrómetros dinámicos:

- 2 en la parcela del edificio de control para completar los dos sondeos realizados previamente.
- 1 en el camino de acceso desde el edificio de control hasta la parcela de decantadores.
- 8 en la zona de decantadores primarios
- 4 en la zona del edificio de pretratamiento y desarenado-desengrasado.
- 1 en la zona de viales donde irán situadas las arquetas de reparto.

Los resultados obtenidos con estos penetrómetros nos indican lo que ya desvelaron los sondeos:

- En la zona del edificio de control, hasta aproximadamente los 9 metros no aparecían valores de rechazo, siendo en los primeros metros prácticamente nula la resistencia del terreno.
- En la zona de decantadores 1-4 los valores de rechazo aparecen a una media de 15 metros de profundidad aproximadamente.



- En la zona de decantadores 5-8 los valores de rechazo aparecen a una media de 6 metros de profundidad aproximadamente, al igual que el vial que discurre en paralelo al río.
- En la zona de pretratamiento y desarenado el rechazo aparece en profundidades entre 6 y 8 metros.

ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA EN ESTE ESTUDIO ANTECEDENTE

Una vez estudiados los resultados de los sondeos y penetrómetros, se comprobó que la propuesta de cimentación planteada en el proyecto no era adecuada por lo que se consideraron tres posibles soluciones: compactación dinámica, pilotes hincados y pilotes in situ.

Tras someter estas alternativas a juicio de la Dirección de Obra, atendiendo a los plazos, disponibilidad de maquinaria y al tipo de estructuras que se iban a ejecutar se optó por una cimentación mediante pilotes hincados.

6.1.5. ESTUDIO GEOTÉCNICO ERAR SUR; PROYECTO DE TRATAMIENTO DE CAUDALES ALIVIADOS Y MEJORAS MEDIOAMBIENTALES.

En este estudio, se realizaron en la zona de los aparcamientos de entrada de la ERAR SUR dos sondeos y un penetrómetro dinámico por parte de la empresa Inteinco, a instancias de Nolter, en la zona donde se proyectaban las nuevas instalaciones para el tratamiento de caudales aliviados.

A continuación se presentan los datos principales obtenidos en dicho estudio geotécnico en un extracto literal del mismo, del que se desprende importante información aprovechable en el presente estudio.

5.- TRABAJOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

5.1.- Análisis geológico-geotécnico e Inspección visual de los terrenos

Para alcanzar el objetivo del estudio, en primer lugar se hizo una recopilación y análisis de la documentación geológico-geotécnica general existente sobre los terrenos de la zona, complementada con una inspección del entorno.

De acuerdo con la información geológico-geotécnica existente (ver fragmento del Mapa de formaciones geotécnicas de V. Escario en el anejo I), la zona reconocida queda situada sobre terrenos correspondientes a las facies centrales de la cuenca terciaria miocena de Madrid, afectados posteriormente por la dinámica fluvial del río Manzanares.

La Cuenca de Madrid es una cuenca continental cerrada donde la sedimentación se produjo según un esquema típico en condiciones subesféricas: sedimentos detríticos en el borde y evaporíticos en el interior; con la zona intermedia en la que se produce deposición mixta de materiales detríticos e interestratificados de minerales neoformados.

Los materiales de las facies centrales, de carácter evaporítico, corresponden en general a terrenos yesíferos. Aparecen tramos rocosos yesíferos desarrollados en niveles tabulares y nodulares de magnitud centimétrica-decimétrica que alternan con arcillas (arcillas gris-verdosas o "peñuelas") o margas yesíferas duras, así como bancos métricos de textura en general selenítica que son predominantes al desplazarnos hacia el Sureste de la cuenca, aunque con notables alternancias.

Las características de las formaciones yesíferas son, en general, difíciles de analizar, debido al complejo desarrollo microestratigráfico que presentan: existen engrosamientos imprevisibles de los niveles de yeso, removilización de los mismos, contaminaciones de los estratos arcillosos, fenómenos de disolución, alteraciones estructurales, etc. Todo ello determina posibles incidencias geotécnicas y la necesidad de reconocimientos de detalle cuando estos materiales afectan directamente a las obras.

Recubriendo el sustrato terciario descrito, aparecen en la zona depósitos aluviales cuaternarios ligados al río Manzanares. Su espesor puede ser importante y muy variable, así como su naturaleza, estando constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas en muy diversas proporciones según las zonas.



Desde el punto de vista hidrogeológico, las condiciones de la zona vienen dadas por la proximidad del río, lo que implica la presencia de un nivel freático relativamente próximo a superficie y ligado a los caudales del mismo.

Por otra parte, desde el punto de vista sísmico y según la normativa sismorresistente vigente (NCSE-02), todo el entorno reconocido se encuentra situado en una zona de mínimo riesgo, por lo que no son necesarias comprobaciones en este sentido en los proyectos.

5.2.- Reconocimiento geotécnico

Para el reconocimiento del terreno en la zona de ubicación de las nuevas instalaciones se han realizado dos sondeos mecánicos (S-1 y S-2) hasta unos 6 m de profundidad, complementados con un ensayo continuo de penetración dinámica DPSH hasta rechazo. Su situación se refleja en el plano y fotografías del Anexo II. A continuación se indica la cota de boca de cada punto (estimada a partir del plano topográfico facilitado) y la profundidad alcanzada respecto a dicha boca:

PUNTO DE RECONOCIMIENTO	COTA DE BOCA (m)	PROFUNDIDAD (m)
S-1	547,0	6,1
S-2	546,8	6,0
P-1	546,6	11,0

Los sondeos se han realizado a rotación con batería provista de corona de widia, con recuperación continua de testigo y un diámetro de perforación que empezó siendo de 101 mm y luego de 86 mm. Si las paredes del sondeo se mostraban inestables se procedía a la entubación del mismo antes de realizar las maniobras de avances.

Durante la perforación y en función del tipo de terreno, se realizaban ensayos normales de penetración (SPT), de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 22476-3 y tomas de muestras inalteradas con tomanuestras de pared gruesa bipartido con camisa interior de PVC. En total se han realizado en los sondeos 4 ensayos SPT y 2 tomas de muestras inalteradas, según se indica en el Cuadro 1.



CUADRO 1. MUESTRAS Y ENSAYOS EN SONDEO

SONDEO	PROF. (m)	TIPO MUESTRA	GOLPEOS	N ₆₀	TERRENO
S-1	2,00-2,60	SPT	7-8-7-7	15	Gravas y arenas
	3,50-4,10	SPT	2-3-9-5	12	Gravas y arenas
	5,50-6,10	INALT	7-8-7-9	15	Gravas y arenas
S-2	1,00-1,60	INALT	3-7-15-11	22	Rellenos de arenas arcillosas
	3,00-3,60	SPT	3-4-5-6	9	Arenas con gravas
	5,00-5,60	SPT	3-2-3-10	5	Gravas y arenas

La muestra inalterada tomada hacia el fondo del sondeo S-1, donde se apreció la presencia de niveles limoarcillosos, resultó ser de gravas y arenas, desmoronándose al intentar extraerla y saliendo el tomamuestras vacío. Por otra parte, la muestra inalterada tomada al principio del sondeo S-2, en niveles arenoarcillosos algo cohesivos, resultó corresponder a rellenos y no se consideró representativa.

El testigo recuperado en la perforación se introdujo en cajas de plástico, con separaciones longitudinales, disponiéndolo según el orden de extracción y anotando en las mismas, mediante separadores transversales, las colas de extracción y las tomas de las distintas muestras, de manera que pudiera hacerse correctamente el levantamiento de la columna litológica del terreno.

Durante la perforación de los sondeos se prestó especial atención a la posible presencia de agua. En el sondeo S-1 se detectó claramente la presencia de agua hacia 3,5 m de profundidad. Durante el resto de la perforación y una vez terminado el sondeo, el nivel de agua permanecía estable a los 3,5 m. Dada la naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas del entorno, resultaba claro que este es el nivel freático de la zona, por lo que no se consideró necesario disponer tubería piezométrica para posteriores comprobaciones. En el sondeo S-2, las condiciones fueron análogas, localizándose el nivel de agua en este caso a 3,1 m. Estos resultados son coherentes con la información facilitada por técnicos de la E.D.A.R., indicando la presencia del nivel freático en la zona en torno a los 3,5 m de profundidad.

Una vez terminados los sondeos, se procedió a taparlos, restituyendo el hormigón del aparcamiento con mortero de cemento.



Las columnas litológicas de los sondeos y toda la información referente a los mismos se recogen en los correspondientes registros, que junto a las fotografías de las cajas de testigo se incluyen en el Anejo III.

Como complemento a los sondeos se ha realizado además un ensayo continuo de penetración dinámica DPSH hasta rechazo. Este ensayo consiste en la hincada de una puntaza cónica de 50 mm de diámetro, soportada por un varillaje macizo de 32 mm de diámetro. El golpeo se produce con una maza de 63,5 kg, con altura de caída libre de 75 cm. Durante la hincada se anota el número de golpes para tramos de 20 cm de penetración, N₂₀. El ensayo se da por terminado cuando el número de golpes N₂₀ es igual o mayor de 100 (rechazo). Los resultados se muestran en un gráfico de golpes N₂₀ en función de la profundidad. El gráfico con los resultados del ensayo realizado se incluye en el Anejo IV.

6.3.- Ensayos de laboratorio

Sobre diversas muestras de suelos tomadas en los sondeos y a la vista de su naturaleza, se han realizado los ensayos de laboratorio siguientes:

- 4 Uds. de análisis granulométrico por tamizado, s/UNE 103101.
- 4 Uds. de determinación de los límites de Atterberg, s/UNE 103103 y 103104.
- 4 Uds. de determinación del contenido en sulfatos solubles, s/UNE 103201.
- 2 Uds. de determinación del contenido en materia orgánica, s/UNE 103204.

Por otra parte, sobre una muestra de agua tomada en el sondeo S-1, se realizaron las determinaciones indicadas en la EHE-08 para analizar su posible agresividad al hormigón.

En el Anejo V se incluyen los resultados de todos estos ensayos. En el Cuadro 2 adjunto se presenta un resumen de los mismos.

Para la ejecución de los ensayos "in situ" y los ensayos de laboratorio, se ha contado con la colaboración del laboratorio de Eplisa en Madrid, inscrito en el Registro General de Laboratorios de Ensayos para el Control de la Calidad de la Edificación del Ministerio de Fomento.



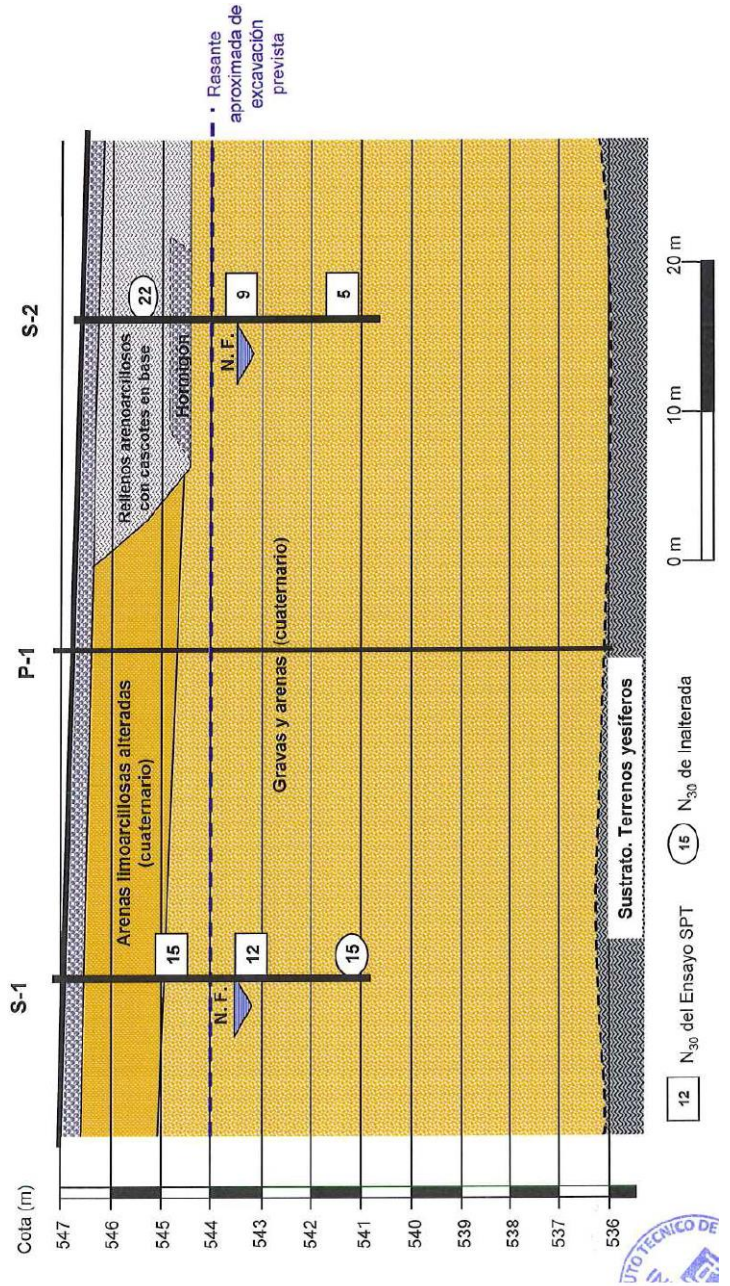
CUADRO 2. RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MUESTRA	GRANULOMETRÍA (% pasa)				LÍMITES DE ATTERBERG			MATERIA ORGÁNICA SOLIBLES (%)	SULFATOS SOLUBLES (%)	CLASIFICACIÓN USCS
			0,080 mm	0,40 mm	2,0 mm	50 mm	L.L.	L.P.	I.P.			
S-1	2,00-2,60	SPT	3,2	10,6	36,7	100	N.P.	N.P.	0,04	0,013	GP	
S-1	3,50-4,10	SPT	2,2	8,6	35,4	100	N.P.	N.P.		0,048	SW	
S-2	3,00-3,60	SPT	0,5	6,8	44,6	100	N.P.	N.P.	0,09	0,022	SP	
S-2	5,00-5,60	SPT	9,4	13,7	24,9	100	36,6	17,5	19,1	0,021	GP-GC	

Muestra de agua S-1	pH: 7,2	Residuo seco: 3.955 mg/l	Sulfatos: 2.112 mg/l	Magnesio: 289 mg/l	CO ₂ agresivo: 4 mg/l	Amonio NH ₄ ⁺ : 0 mg/l	Agresividad (EHE-08): Ataque Medio / Qb
---------------------	---------	--------------------------	----------------------	--------------------	----------------------------------	----------------------------------------------	-----------------------------------------



PERFIL LITOLÓGICO ESQUEMATICO



6.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

6.1.- Naturaleza y caracterización geotécnica del terreno

A partir de los resultados de los sondeos (ver registro del Anejo III), el ensayo DPSH y los ensayos de laboratorio, se deduce que el terreno en la zona reconocida aparece constituido por diversos niveles, cuya disposición se ilustra en el perfil litológico esquemático de la figura adjunta.

Estos niveles, al margen del firme del aparcamiento de 40-30 cm de espesor, serían los siguientes:

- **Relenos arenocarcillosos y con cascotes.** En el sondeo S-2, bajo 30 cm de firme de hormigón, aparecen suelos arenocarcillosos de coloración oscura, que resultaron ser rellenos artificiales, pues hacia su base presentan abundantes cascotes de ladrillo y también apreciable olor a combustibles. Debajo de ellos se detecta una capa de hormigón de unos 40 cm de espesor. Estos rellenos no se detectan en el sondeo S-1, siendo difícil precisar si se extienden hasta la zona del ensayo P-1, aunque parece que no es así, ya que la distribución de golpes en este ensayo se corresponde más con la disposición del terreno detectada en el S-1.
- **Restos de estructuras de hormigón.** En el S-2 aparece entre 1,8 y 2,2 m de profundidad la citada capa de hormigón. Por su situación y los rellenos que la cubren, podría tratarse de una antigua estructura (depósito o similar) abandonada y soterrada.
- **Depósitos cuaternarios de arenas limocarcillosas.** En el sondeo S-1, bajo el firme del aparcamiento, aparecen arenas limocarcillosas alteradas y flojas (el testigo se comprime al perforar), que alcanzan hasta unos 2 m de profundidad. Estos suelos serían los mismos atravesados por el ensayo de penetración hasta 2,2 m de profundidad con golpes muy bajos (N_{60} de 3 a 5).

Depósitos cuaternarios de gravas y arenas. Por debajo de las profundidades indicadas de unos 2 m aparece en el sondeo S-1 este nivel de gravas y arenas. En el sondeo S-2 aparecen bajo el hormigón a 2,2 m. A esta misma profundidad estarían en la zona del ensayo P-1, a la cual se aprecia un claro contraste y aumento en los golpes N_{60} que se sitúan en 8-10 golpes. Estos depósitos granulares se extienden al menos hasta los 6 m de profundidad de los sondeos, pero los resultados del ensayo P-1 parecen indicar que lo hacen hasta los 10-11 m de profundidad. Son mezclas de gravas y arenas en proporciones algo variables según zonas, con alguna pequeña

interacción decimétrica limocarcillosa. Presentan una compactación media-baja por encima del nivel freático (N_{60} de 15 y N_{60} entre 8-10), disminuyendo claramente a compactación baja a muy baja por debajo del nivel freático (N_{60} de 12, 9 y 5 y N_{60} en general entre 2-4).

- **Sustrato terciario yesífero.** A partir de la profundidad de 10-11 m el claro aumento de la compactación del terreno nos indica la presencia del sustrato terciario. Además el rápido rechazo parece indicar la presencia de niveles rocosos de yeso.

Dejando al margen los suelos arenocarcillosos superficiales alterados detectados en el sondeo S-1 y los rellenos detectados en el S-2, que por su malo y heterogéneo comportamiento geotécnico no se ha considerado de interés ensayar, los ensayos de laboratorio se han centrado en identificar geotécnicamente el nivel de gravas y arenas, que es el de mayor implicación geotécnica para las obras previstas.

Los análisis granulométricos indican para este nivel granular porcentajes variables pero similares de gravas y arenas, con mínimos contenidos de finos limocarcillosos, resultando en general materiales no plásticos. Tan sólo una muestra con algo mayor contenido de finos limocarcillosos (9,3%) resultó con una plasticidad baja, con límite líquido de 36,6 e índice de plasticidad de 19,1. Prácticamente no contienen materia orgánica y los contenidos de sulfatos solubles son también muy escasos (inferiores a 0,05%), sin problemas de agresividad a los hormigones según los criterios de la EHE-08.

Como ya se ha indicado, se aprecia una clara disminución de la compactación de este nivel de gravas y arenas por debajo del nivel freático, lo que determina un distinto comportamiento geotécnico, que podemos traducir en distintos parámetros de resistencia al corte. Para todo el nivel debemos considerar una cohesión nula, con valores del ángulo de rozamiento interno efectivos (ϕ') variables. A partir de las correlaciones habituales con el ensayo SPT (ver por ejemplo Anejo D del documento SE-C del C.T.E.), podemos considerar $\phi' = 32^\circ$ por encima del nivel freático y $\phi' = 28^\circ$ por debajo. Por otra parte, por encima del nivel freático puede considerarse una densidad aparente de 2,0 g/cm³ y por debajo una densidad sumergida de 1,0 g/cm³.

6.2.- Aguas freáticas

Las comprobaciones realizadas en los sondeos indican que en el sondeo S-1 el nivel de agua estable está a 3,5 m de profundidad. En el sondeo S-2 el agua se estabilizó a 3,1 m. Considerando estos resultados y las cotas de boca de ambos sondeos, se puede concluir que el nivel freático en la zona se encuentra en la cota 543,5.

Los resultados del análisis en laboratorio de una muestra de agua indican que presenta un riesgo de "ataque irredio" al hormigón (ambiente Cb) por su importante contenido en sulfatos, según los criterios de la EHE-08.

7.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

7.1.- Excavaciones

De acuerdo con la información facilitada, los nuevos canales previstos se conforman con varios muros paralelos sobre una losa cuya cara superior estará a la misma cota que la del canal actual, que está en torno a la cota 544,65. Esto supone excavaciones estimadas para la ejecución de las obras hasta el erlorno de la cota 544, es decir unos 2,5-3 m respecto al apareamiento actual.

Estas excavaciones afectarían al nivel superficial arenociliclosa alterado y a los rellenos artificiales y restos de antiguas instalaciones, que aparecen hasta unos 2 m de profundidad, así como a la zona superficial de gravas y arenas situada por encima del nivel freático.

En estas condiciones, las características del terreno no suponen condicionantes significativos para la ejecución de las excavaciones, que podrán realizarse en general con medios mecánicos convencionales, si bien será necesario además prever los medios adecuados para la demolición de restos de estructuras soterradas, detectadas en el sondeo S-2.

Al no existir edificaciones próximas, se considera posible la ejecución de las excavaciones ataluzadas. Considerando la disposición de los diferentes niveles de suelos superficiales y su deficiente comportamiento geotécnico, para evitar problemas de inestabilidad de los taludes, aunque sean de pequeña altura, se recomiendan para ellos pendientes no superiores a 1:1 (H:V). En la zona de gravas y arenas, dada su falta de cohesión, la pendiente estable será aún menor, en torno a 3:2.

Con las excavaciones consideradas, todavía quedaría un resguardo de 0,5 m sobre el nivel freático detectado. No debería haber problemas por presencia de agua en las excavaciones, salvo épocas muy lluviosas con caudales grandes en el río que pudieran elevar localmente el nivel freático.

Para el diseño de los muros laterales que soporten empujes del terreno, el cálculo de empujes deberá hacerse con parámetros geotécnicos acordes a las características que se prevean para el relleno de trasdós. En este sentido, las gravas y arenas procedentes de la

excavación (que cumplen los criterios de "suelos seleccionados" según el PG-3) pueden considerarse aptas para dichos rellenos compactados. Suponiendo que el relleno del trasdós se realiza con estos materiales o similares compactados, pueden considerarse los siguientes parámetros:

Cohesión efectiva (Kp/cm ²)	0,05
Ángulo de roz. interno efectivo (°)	34
Peso específico aparente (t/m ³)	2,0

7.2.- Cimentaciones

Con las excavaciones indicadas y quedando la rasante de la excavación sobre el nivel de gravas y arenas y ligeramente por encima del nivel freático, pueden considerarse factibles cimentaciones directas sobre estos suelos.

Para el diseño de cimentaciones directas sobre suelos granulares, la presión admisible para su diseño viene condicionada más que por su resistencia por la necesaria limitación de asentos. Esta presión admisible puede obtenerse, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (DB SE-C, apartado 4.3.3), con las siguientes expresiones:

$$q_{adm} = 12 N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B} \right) \left(\frac{S_r}{25} \right) \quad \text{para } B < 1,20 \text{ m}$$

$$q_{adm} = 8 N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B} \right) \left(\frac{S_r}{25} \right) \left(\frac{B + 0,3}{B} \right)^2 \quad \text{para } B \geq 1,20 \text{ m}$$

siendo "q" la presión admisible en kN/m², "N_{SPT}" el valor medio del parámetro N₆₀ del ensayo SPT en la zona de afección de la cimentación, "D" la profundidad de empotramiento de la cimentación en el terreno en metros, "S_r" el asiento total admisible en milímetros y "B" el ancho de la zapata en metros. El valor de D/3B no puede tomarse mayor de 0,3.

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos "in situ" (SPT y DPSH), podemos considerar para la zona afectada por las cimentaciones (influiría de forma muy importante la zona sumergida) un valor medio de N_{SPT}=6. Despreciando el pequeño efecto del empotramiento en el terreno, con un asiento admisible habitual de 25 mm (1 puigade) y suponiendo zapatas de hasta 1,5 m de lado, se obtendría una presión admisible q_{adm} = 69 kN/m² (0,7 kp/cm²).





Dadas las características de la obra, es de esperar que las cimentaciones se realicen mediante zapatas corridas o losas, por lo que para garantizar asientos admisibles del conjunto las presiones medias de trabajo deben ser inferiores, recomendándose una presión de $0,5 \text{ kp/cm}^2$, pudiendo tomarse el valor anterior de $0,7 \text{ kp/cm}^2$ como el admisible para las presiones máximas en zonas locales.

En realidad, las excavaciones previas del terreno suponen una descarga que es del mismo orden de magnitud que las presiones medias que pueda transmitir la estructura, por lo que los asientos medios no serán importantes, si bien debe cuidarse que no se produzcan asientos diferenciales significativos entre zonas. En este sentido para el análisis de la interacción terreno-estructura y la distribución de asientos es habitual utilizar el modelo del coeficiente de balasto, basado en el parámetro K_{30} correspondiente a ensayos de placa de $30 \times 30 \text{ cm}$. Este es un valor de referencia que, salvo que puedan hacerse ensayos de carga con placa, suele tomarse de tablas. Por otra parte hay que señalar que variaciones importantes en el valor de este parámetro introducen sólo pequeñas variaciones en el diseño final de las cimentaciones. En nuestro caso, a partir de las características de las gravas y arenas detectadas se puede considerar $K_{30} = 4 \text{ kp/cm}^3$ (40 MN/m^3).

Finalmente hay que señalar que el agua detectada presenta problemas de agresividad a los hormigones, con un grado de agresividad medio (ambiente Qb) de acuerdo con los criterios de la Instrucción EHE-08. Por tanto será necesario tomar las medidas oportunas, en particular el empleo de cementos sulforresistentes, en los hormigones que puedan llegar a estar en contacto con el agua.

Este informe consta de quince páginas numeradas y selladas y cinco anejos de 2, 4, 5, 2, y 15 páginas respectivamente.

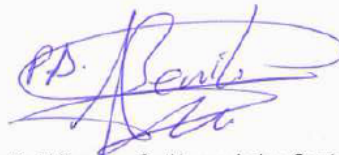
Madrid, septiembre de 2015

JEFE DEL DEPARTAMENTO
DE GEOTECNIA



José C. de Castro Gutiérrez
Ingeniero de Caminos

VºBº
DIRECTOR GENERAL



Valentín Trijueque Gutiérrez de los Santos
Ingeniero Técnico de Obras Públicas





6.1.6. BASE DE DATOS GEOTÉCNICA DE MADRID.- GEOMADRID

Como ya se ha citado en puntos previos, y se ha mostrado los datos gráficos que ofrece esta Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID) hay que decir que compila una gran cantidad de datos referente a ensayos sobre el terreno, como sondeos, catas, penetrómetros DPSH y sobre todo tipo Borros, etc.

Todos los reconocimientos disponibles en esta base de datos, referentes a las tres ERAR, sus parcelas de implantación y todos los presentes en sectores colindantes se han recopilado, representado en planos, estudiado y reinterpretado en muchos casos, por lo que han ofrecido una valiosa información de todas las parcelas de interés, tanto para esta fase previa, como para fases posteriores del Estudio.

Con los sondeos, se están estudiando todas las columnas litológicas, asignando cada nivel descrito y muestreado a la columna geotécnica tipo adoptada para este estudio, y se están situando en planos de detalle de las tres ERAR cada sondeo para poder realizar perfiles geológicos geotécnicos de detalle.

Esta caracterización de niveles geológico-geotécnicos se amplía y correlaciona con datos de ensayos in situ de resistencia realizados y compilados en GEOMADRID, básicamente penetrómetros tipo Borros, que previamente han sido analizados y recalculados en términos de capacidad portante del terreno para cimentación de estructuras.

Como datos básicos, esta Base GEOMADRID aporta una situación por coordenadas y planos de todos los ensayos que comprende, de modo que ya sea en un cuadrante de coordenadas o en el plano llave de situación de los citados ensayos, se pueden seleccionar éstos.

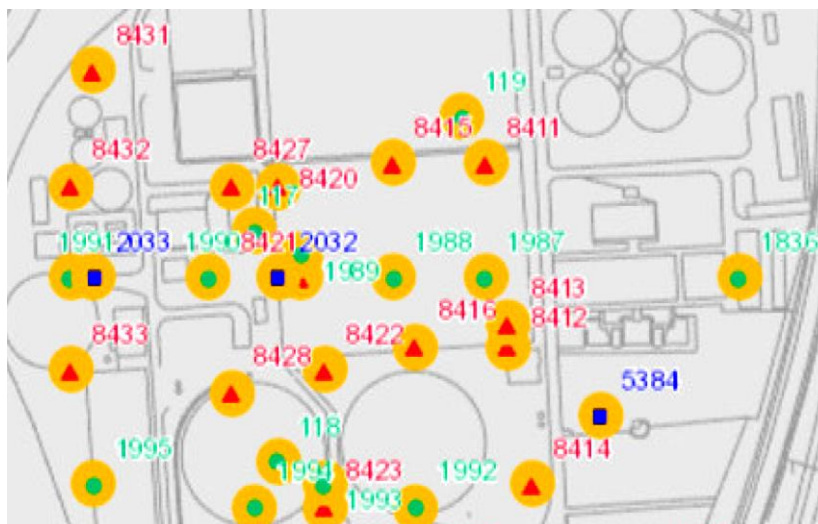
Con su nomenclatura y denominación que ofrece la Base para los mismos, se puede entonces consultar en fichas tabuladas los parámetros y datos geotécnicos del terreno obtenidos.

Se trata básicamente de datos de sondeos, calicatas y penetrómetros (la mayoría de éstos dinámicos tipo Borros) de los que se obtiene la columna litológica, con descripción

de los materiales atravesados en cada ensayo, y de los datos de penetración dinámica obtenidos en diferentes cotas del terreno a una profundidad concreta, con los que se correlaciona.

No se ofrece el registro completo de estos penetrómetros en los pertinentes escalones de golpeo / 20 cm., pero se pueden asimilar tramos cortos de golpeo similar a lo largo de toda la columna, de modo que se agrupan tramos de igual golpeo con distintas profundidades de ensayo, pudiéndose obtener una columna algo menos detallada pero válida en cuanto a la distribución clara de cada uno de los niveles de resistencia distinta definibles.

Como ejemplo de la información disponible, se muestra un pequeño sector de la ERAR de La China, en el que se muestra el plano con todos los reconocimientos geotécnicos situados en la parcela, en verde sondeos, en rojo penetrómetros dinámicos y en azul calicatas. De todos y cada uno de ellos se dispone de fichas individualizadas, con los datos completos del ensayo por cotas y los parámetros principales obtenidos. Se presenta el registro correspondiente al Sondeo N°-1836, el situado más al Este en el plano siguiente





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

INFORMACIÓN GENERAL						
Número	CoordX	CoordY	CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1836	442,46	4.468,67	564,6	559-3-4	1980	SONDEO
Título Estudio			Observaciones			
DEPURADORA "LA CHINA"						
Realizado			Propiedad			
Rodio, Cimentaciones Especiales.			Ayuntamiento de Madrid.			
Localización			Recopilador			
Ayuntamiento de Madrid.			Mercedes Echegaray Giménez.			

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO						
Prof. (m)	Niv. Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Naturaleza	Color	Observaciones
						Tamaño Compacidad
0,5	76	11		Suelos orgánicos (Cuaternario).		
				TV	Suelo o tierra vegetal	- Sin datos
				--	Sin datos	- Sin datos
4,0	76	12		Arcillas y Margas del Cuaternario.		
				AC(ILI*AR)	Arcilla con intercalaciones de limo con mezcla de Arena	- Sin datos
				PF	Marrón obscuro	- Sin datos
4,7	3,5	76	13	Arcillas, limos y Arenas del Cuaternario.		
				AR(ILI*AC)	Arena con intercalaciones de limo con mezcla de Arcilla	F De grano fino
				PI	Marrón	- Sin datos
5,5	3,5	76	14	Arenas, gravillas y gravas del Cuaternario.		
				AR(IGR)	Arena con intercalaciones de grava	M De grano medio
				GI	Gris	- Sin datos
6,2	3,5	38	29	Arcillas con intercalaciones de niveles de Yeso.		
				AC.YE	Arcilla y Yeso	- Sin datos
				GV	Gris verdoso	- Sin datos
10,6	3,5	38	31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.		
				YE.AC	Yeso y Arcilla	- Sin datos
				--	Sin datos	- Sin datos

GLANULOMETRÍA ATTERBERG										
Prof. (m)	Diam 10%	Diam 30%	Diam 60%	Tamiz 200(%)	Inf.2n(%)	L.L.	I.P.	I.R.	C.Casag.	Observaciones
1,9			60.0	14.0	39	22			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja.
3,3			68.0	12.0	45	29			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja.
4,8			18.0		31	20			SC	Arena arcillosa.
6,2			88.0		61	33			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada.

ENSAYO ENDOMÉTRICO								
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	I. Comp	I. Esp.	Md. End. (Kg/cm ²)	Intervalo Carga	Pres. Precons. (Kg/cm ²)	Observaciones
3,3	Inalterada	53	0.174	0.024	75.4	0.1 - 8.0		



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

DATOS CLASIFICACIONES			
Prof. (m)	H.R.B.	GR	Observaciones
1,9		12	Arcillas y Margas del Cuaternario.
3,3		12	Arcillas y Margas del Cuaternario.
4,8		14	Arenas, gravillas y gravas del Cuaternario.
6,2		29	Arcillas con intercalaciones de niveles de Yeso.
7,5		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.
9,0		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.
10,5		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.

PROPIEDADES ELEMENTALES						
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	Humed. (%)	Densid. Seca (gr/cm ³)	Peso Espec. (gr/cm ³)	EA. Observaciones
1,9	Inalterada	55	21.0	1.53		
3,3	Inalterada	55	24.0	1.55	2.64	
4,8	Inalterada	55	27.0	1.6		
6,2	Inalterada	28	20.0	1.61		

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE						
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	Carga Rotura (Kg/cm ²)	Altura (mm)	Deform (%)	Observaciones
3,3	Inalterada	56	0.72			
6,2	Inalterada	28	3.02			

ENSAYO DE PENETRACIÓN								
Prof. (m)	S.P.T.	Borros	Tip. Ens.	Altura (cm)	Maza (Kg)	Penet. (cm)	Golpes	Observaciones
1,9	-	-	Dinamico	76	64	20	5 N	Otros: Hince del tomanuestras.
3,3	-	-	Dinamico	76	64	20	7 N	Otros: Hince del tomanuestras.
4,8	-	-	Dinamico	76	64	20	13 N	Otros: Hince del tomanuestras.
6,2	-	-	Dinamico	76	64	20	50 N	Otros: Hince del tomanuestras.
7,5	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.
9,0	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.
10,5	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
Prof. (m)	CO ₂	SO ₃	Mat. Org.	SiO ₂	Mg	Otros Elem. Quims.
6,2	-	3.3	-	-	-	-

CONTENIDO MINERAL									
Prof. (m)	Yeso	ClNa	Carb.	Bent.	Mica	Mont.	Dolo.	Otros Min.	Observaciones
1,9	-	-	X	-	-	-	-		
3,3	X	-	X	-	-	-	-		
6,2	X	-	-	-	-	-	-		
7,5	X	-	-	-	-	-	-		
9,0	X	-	-	-	-	-	-		
10,5	X	-	-	-	-	-	-		



En el caso de sondeos, se dispone de datos de Nspt, datos de los ensayos de laboratorio de las muestras alteradas e inalteradas obtenidas, análisis químicos de contenidos en sales del material o agua, columna litológica, etc.

En el caso de calicatas la descripción litológica y geotécnica de los materiales atravesados,.

En cuanto a penetrómetros, se han recopilado todos y cada uno de los registros de golpeo y penetración de los ensayos tipo Borros que esta Base de Datos GEOMADRID ofrece y muestra situados en las parcelas de las tres ERAR, o sus inmediaciones, al igual que cualquier otro ensayo disponible fuera de esta Base de Datos; todos han sido han sido reinterpretados y recalculados.

Se ha asignado a la simple columna de golpes / 20 cm. que proporciona el ensayo, todos los parámetros geotécnicos que este reconocimiento es capaz de aportar, y que anteriormente no se tenían.

ENSAYO DE PENETRACIÓN								
Prof. (m)	S.P.T.	Borros	Tip. Ens.	Altura (cm)	Maza (Kg)	Penet. (cm)	Golpes	Observaciones
0,8	-	37 N					-	
1,0	-	17 N					-	
2,0	-	6 N					-	
3,0	-	13 N					-	
3,2	-	6 N					-	
4,4	-	4 N					-	
5,2	-	14 N					-	
6,0	-	18 N					-	
6,8	-	8 N					-	
7,6	-	23 N					-	
8,2	-	8 N					-	
9,2	-	15 N					-	
10,8	-	5 N					-	
11,0	-	R					-	

Modelo de Datos de penetrómetro tipo Borros aportado por la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID; en este caso el nº-8405 de la ERAR de La China



Para ello, se calcula a cada cota con el golpeo del Borros la resistencia dinámica (Rd) con la denominada “Fórmula de los Holandeses”, se le aplica la aproximación a capacidad portante (C.P.-F.S.-1), y posteriormente la corrección a C.P.-F.S.-3.

Con dicha Rd se calcula la resistencia en punta (Rp), y con ésta el N_{spt} equivalente al valor del N_{Borros} . Igualmente se aproxima un Módulo de def. (E), y una Resistencia al corte sin drenaje o Cu, en el caso de suelos cohesivos.

Por último, con el N_{spt} obtenido equivalente al valor del N_{Borros} se aproxima un valor de capacidad portante, o carga admisible con las formulación de Terzaghi para suelos granulares y/o cohesivos, comparándola con la carga neta que ejercerán los elementos posiblemente proyectados. Todo ello se presenta en próximos puntos.

$$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$$

ESTIMACIÓN CAPACIDAD PORTANTE	
Rd / 20 (Kp/cm ²)	F.S.- 3 Rd / 60 (Kp/cm ²)

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{\mu}$$

Terzaghi granular a partir N_{SPT} :

$B \leq 1.3 \text{ m} : q_a = \frac{R_p}{8 \cdot \mu}$

$B > 1.3 \text{ m} : q_a = R_p \cdot \left(1 + \frac{1}{3.3 \cdot B}\right)^2 \frac{1}{12 \cdot \mu}$

Asientos máximos admisibles
para estas fórmulas : 2.54 cm

Terzaghi con factor de forma, cohesivos :

$$q_{adm} = \frac{5.14 \cdot \left(1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot C_u}{F} + \gamma_h \cdot D$$

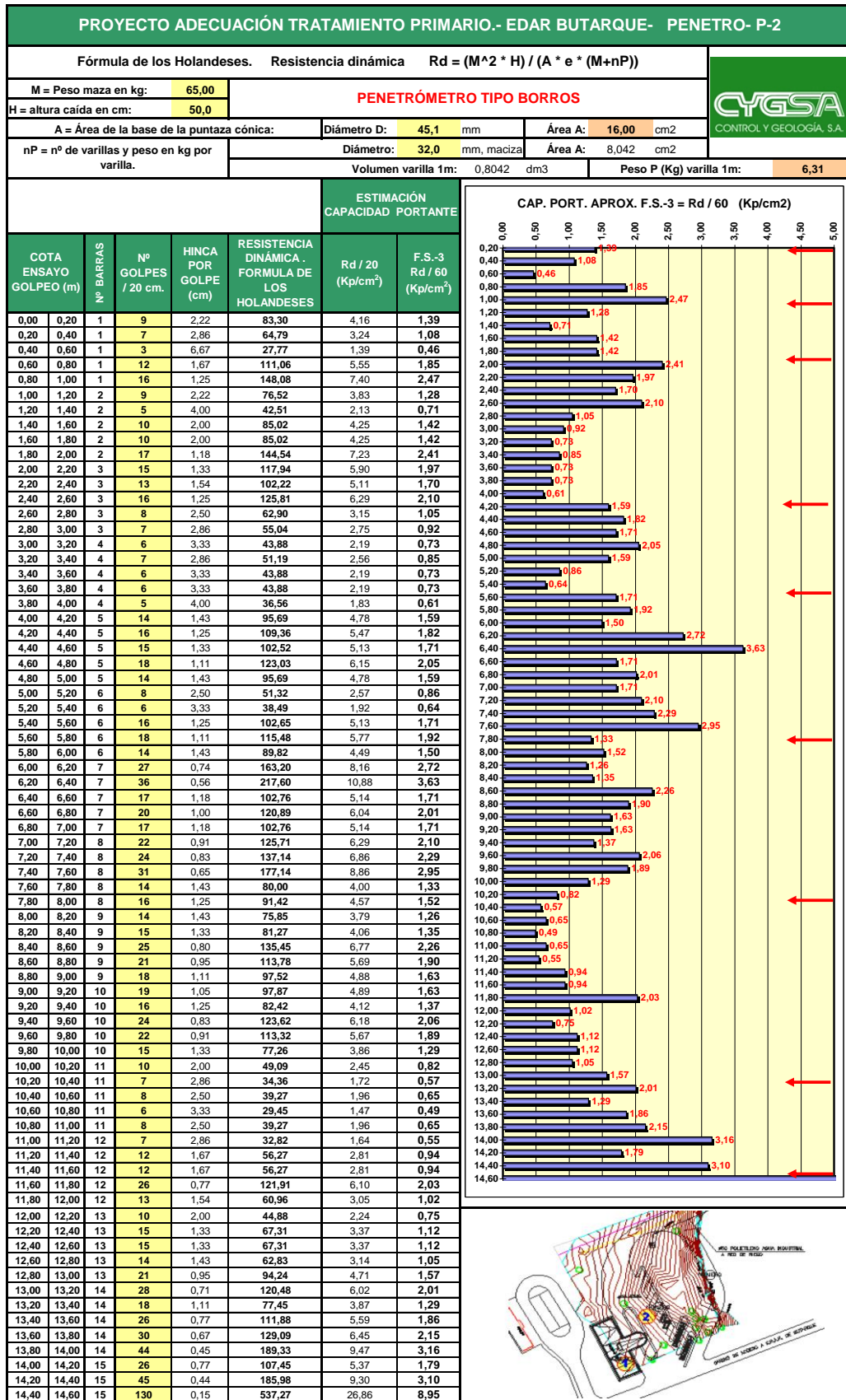
Esfuerzo vertical σ_z a profundidad z :

$$\sigma_{z \text{ media}} = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z \cdot \text{tag} \alpha) \cdot (L + z \cdot \text{tag} \alpha)}$$

En los dos cuadros siguientes se muestra un ejemplo concreto de el tratamiento que se le han dado a todos los datos de ensayos de penetración antecedentes disponibles, tanto de la Base de Datos de GEOMADRID, como de cualquier otra fuente.



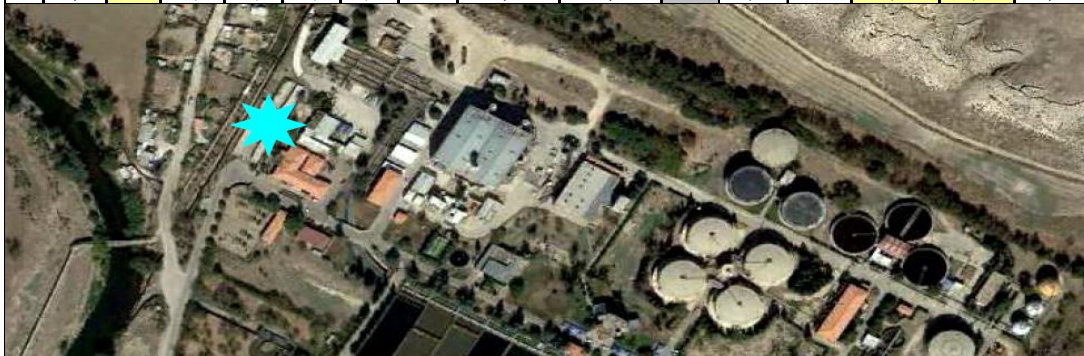
PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

PRETRAT. EDAR SUR: PENETRO P-1 INTEINCO-APARCAMIENTO										Datos para suelos cohesivos:					
PENETROMETRO TIPO D.P.S.H.										Densidad del terreno (γ):	1,80	gr/cm ³	0,0018	kg/cm ³	
Terzaghi granular a partir N _{SPT} : $B \leq 1.3m : q_a = \frac{R_p}{8 \cdot \mu}$ $B > 1.3m : q_a = R_p \cdot \left(1 + \frac{1}{3.3 \cdot B}\right)^2 \cdot \frac{1}{12 \cdot \mu}$ Asientos máximos admisibles para estas fórmulas : 2.54 cm $N_{SPT} = \frac{R_p}{\mu}$										Profundidad ciment. (D):	6,00	m	600	cm	
Carga admisible (módulo de Deform. y Cohesión) a partir del Ensayo de Penetración Dinámica Características de la máquina de ensayo Peso maza (M): 63,5 kg Altura caída maza (H): 75 cm Sección punta (A): 20 cm ² Peso de una barra (P): 6,31 kg $R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M+n \cdot P)}$										Ancho de la zapata (B):	40,00	m	4000	cm	
										Largo de la zapata (L):	40,00	m	4000	cm	
										Factor seguridad (F):	3				
										Esfuerzo vertical σ _z a profundidad z : $\sigma_{z\ media} = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B+z \cdot \text{tag} \alpha) \cdot (L+z \cdot \text{tag} \alpha)}$					
										Terzaghi con factor de forma, cohesivos : $q_{adm} = \frac{5.14 \cdot \left(1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot C_u}{F} + \gamma_h \cdot D$					
										Carga admisible (q _{adm}):	0,74	kg/cm ²	Otra metod.		
										Angulo α (°):	30		Valor μ		
										Factor:	0,6	2	3,5	Granular-Mixto	
										Factor:	0,6	2	3,5	Cohesivos (μ=0)	
										Valor μ	40			Cota	
										Valor μ	40			Profund. final:	
										Valor μ	40			Fórmula a tener en cuenta:	
										Valor μ	40			Carga transmitida según ángulo (kg/cm ²)	
										Valor μ	40			Carga admisible usada (kg/cm ²)	
										Valor μ	40			Carga admisible (kg/cm ²)	
1	0,00	8,02	56,00	33,60	67,20	0,56	10	0,81	2,24			1,00	0,74		0,93
1	0,20	1	10,83	6,50	13,00	0,11	2	0,16	1,30						0,18
1	0,40	1	10,83	6,50	13,00	0,11	2	0,16	1,30						0,18
1	0,60	15	162,45	97,47	194,94	1,63	28	2,36	4,43						2,71
1	0,80	9	97,47	58,48	116,96	0,98	17	1,41	3,09						1,62
1	1,00	5	54,15	32,49	64,98	0,54	9	0,79	2,20						0,90
2	1,20	4	39,73	23,84	47,68	0,40	7	0,58	1,90						0,66
2	1,40	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50
2	1,60	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50
2	1,80	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50
2	2,00	4	39,73	23,84	47,68	0,40	7	0,58	1,90						0,66
3	2,20	4	36,69	22,01	44,03	0,37	6	0,53	1,84						0,61
3	2,40	10	91,72	55,03	110,06	0,92	16	1,33	2,97						1,53
3	2,60	9	82,55	49,53	99,06	0,83	14	1,20	2,78						1,38
3	2,80	8	73,38	44,03	88,05	0,74	13	1,06	2,60						1,22
3	3,00	9	82,55	49,53	99,06	0,83	14	1,20	2,78						1,38
4	3,20	9	76,68	46,01	92,01	0,77	13	1,11	2,66						1,28
4	3,40	1	8,52	5,11	10,22	0,09	1	0,12	1,26						0,14
4	3,60	2	17,04	10,22	20,45	0,17	3	0,25	1,43						0,28
4	3,80	3	25,56	15,34	30,67	0,26	4	0,37	1,61						0,43
4	4,00	4	34,08	20,45	40,90	0,34	6	0,49	1,78						0,57
5	4,20	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40
5	4,40	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40
5	4,60	4	31,82	19,09	38,18	0,32	5	0,46	1,74						0,53
5	4,80	4	31,82	19,09	38,18	0,32	5	0,46	1,74						0,53
5	5,00	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40
6	5,20	3	22,38	13,43	26,85	0,22	4	0,32	1,54						0,37
6	5,40	2	14,92	8,95	17,90	0,15	3	0,22	1,39	0,20	NO	0,74	0,32	0,37	
6	5,60	2	14,92	8,95	17,90	0,15	3	0,22	1,39	0,40	NO	0,73	0,22	0,25	
6	5,80	4	29,84	17,90	35,80	0,30	5	0,43	1,70	0,60	NO	0,73	0,22	0,25	
6	6,00	3	22,38	13,43	26,85	0,22	4	0,32	1,54	0,80	NO	0,72	0,43	0,50	
7	6,20	3	21,07	12,64	25,28	0,21	4	0,31	1,52	1,00	NO	0,72	0,32	0,37	
7	6,40	4	28,09	16,85	33,71	0,28	5	0,41	1,66	1,20	NO	0,72	0,31	0,35	
7	6,60	3	21,07	12,64	25,28	0,21	4	0,31	1,52	1,40	NO	0,71	0,41	0,47	
7	6,80	9	63,20	37,92	75,84	0,63	11	0,92	2,39	1,60	NO	0,71	0,31	0,35	
7	7,00	10	70,22	42,13	84,26	0,71	12	1,02	2,53	1,80	NO	0,70	0,92	1,05	
8	7,20	6	39,80	23,88	47,76	0,40	7	0,58	1,90	2,00	NO	0,70	1,02	1,17	
8	7,40	3	19,90	11,94	23,88	0,20	3	0,29	1,49	2,20	NO	0,70	0,58	0,66	
8	7,60	2	13,27	7,96	15,92	0,13	2	0,19	1,35	2,40	NO	0,69	0,29	0,33	
8	7,80	3	19,90	11,94	23,88	0,20	3	0,29	1,49	2,60	NO	0,69	0,19	0,22	
8	8,00	4	26,53	15,92	31,84	0,27	5	0,38	1,63	2,80	NO	0,68	0,29	0,33	
9	8,20	5	31,43	18,86	37,71	0,32	5	0,46	1,73	3,00	NO	0,68	0,38	0,44	
9	8,40	4	25,14	15,08	30,17	0,25	4	0,36	1,60	3,20	NO	0,68	0,46	0,52	
9	8,60	5	31,43	18,86	37,71	0,32	5	0,46	1,73	3,40	NO	0,67	0,36	0,42	
9	8,80	3	18,86	11,31	22,63	0,19	3	0,27	1,47	3,60	NO	0,67	0,46	0,52	
9	9,00	4	25,14	15,08	30,17	0,25	4	0,36	1,60	3,80	NO	0,67	0,27	0,31	
10	9,20	3	17,92	10,75	21,50	0,18	3	0,26	1,45	4,00	NO	0,66	0,36	0,42	
10	9,40	2	11,94	7,17	14,33	0,12	2	0,17	1,33	4,20	NO	0,66	0,26	0,30	
10	9,60	3	17,92	10,75	21,50	0,18	3	0,26	1,45	4,40	NO	0,65	0,17	0,20	
10	9,80	17	101,52	60,91	121,83	1,02	17	1,47	3,18	4,60	NO	0,65	0,26	0,30	
10	10,00	28	167,21	100,33	200,66	1,68	29	2,43	4,53	4,80		0,65	1,47	1,69	
11	10,20	9	51,20	30,72	61,43	0,51	9	0,74	2,14	5,00		0,64	2,43	2,79	
11	10,40	10	56,88	34,13	68,26	0,57	10	0,82	2,25	5,20		0,64	0,74	0,85	
11	10,60	21	119,46	71,67	143,35	1,20	20	1,73	3,55	5,40		0,64	0,82	0,95	
11	10,80	42	238,91	143,35	286,70	2,40	41	3,46	6,01	5,60		0,63	1,73	1,99	
11	11,00	100	568,84	341,30	682,61	5,71	98	8,25	12,83	5,80		0,63	3,46	3,98	
11	11,00	100	568,84	341,30	682,61	5,71	98	8,25	12,83	6,00		0,63	8,25	9,48	

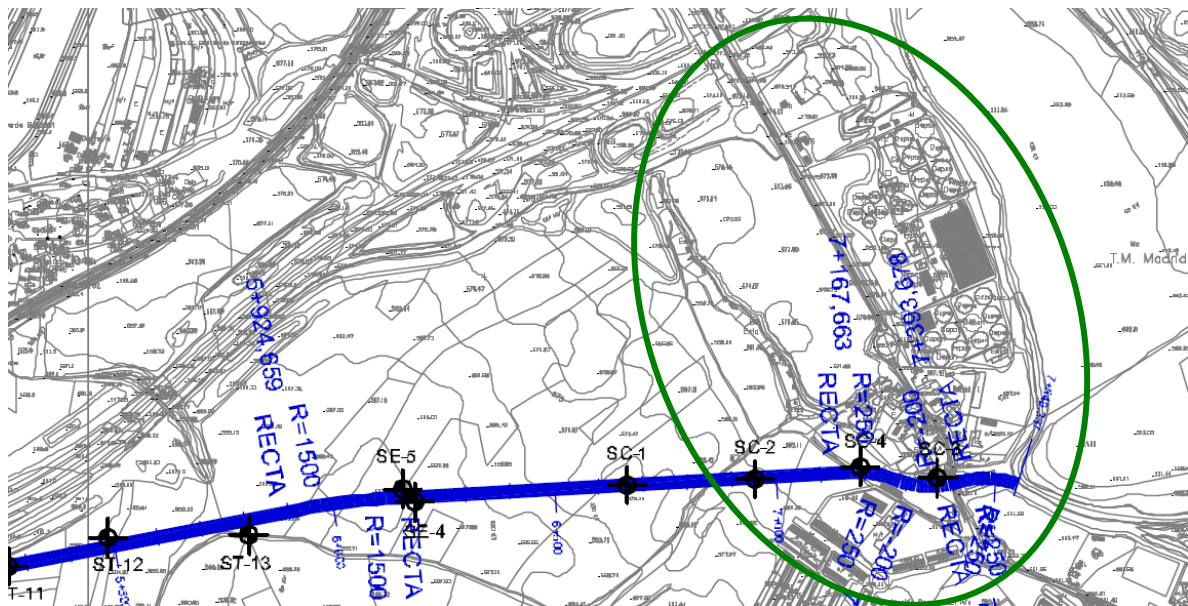


6.1.7. campaña geotécnica DEL PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL arroyo butarque.- COLECTOR BUTARQUE III

Este proyecto contemplaba la ejecución de una serie de obras para encauzar el arroyo Butarque mediante una colector que discurría parcialmente en túnel.

El trazado de esta infraestructura en proyecto finalizaba en el sector comprendido entre las ERAR de Butarque y la ERAR SUR, ya que terminaba desaguando en el río Manzanares, en su margen derecha en un tramo del cauce comprendido entre dichas dos ERAR.

La información disponible de los terrenos afectados por dicha obra es ingente, y toda es aprovechable en el presente Estudio, por lo que los datos obtenidos y analizados del citado Proyecto serán aplicables y utilizables en el presente estudio de Fase-I y en siguientes.



Trazado Colector Butarque III junto a la ERAR Butarque, en el sector entre ésta y la ERAR Sur

Los trabajos incluidos en la campaña geotécnica de este Proyecto de encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III) se planificaron de manera que se pudiera confeccionar, a partir de ellos, un perfil geológico-geotécnico ajustado a la realidad a lo largo del trazado y en la localización de los elementos singulares de la obra, considerando adicionalmente la información aportada por los estudios geotécnicos antecedentes.



Dicha campaña incluye sondeos mecánicos con recuperación continua de testigo, calicatas mecánicas, penetrómetros dinámicos y una serie de ensayos mediante sísmica de refracción (tomografía sísmica).

Adicionalmente, se realizaron ensayos “in situ” en el interior de los sondeos y se tomaron una serie de testigos parafinados para su ensayo en laboratorio.

La distribución de todos los reconocimientos en planta se adjunta en los planos 3 y 4.

➤ **CAMPAÑA DE SONDEOS Y ENSAYOS EN INTERIOR DE PERFORACIONES**

Para el estudio de los materiales donde se localizaba el encauzamiento del arroyo Butarque, se ha realizado una amplia campaña de campo compuesta por un total de 35 sondeos ejecutados a rotación con recuperación continua de testigo.

La nomenclatura seguida para la denominación de los sondeos se correspondía con el elemento del trazado que se pretende definir con la información aportada por ellos, así:

- SB fueron los sondeos destinados al estudio de la balsa de decantación. Su profundidad se proyectó el doble de la altura de la balsa.
- SE fueron los sondeos destinados al estudio de los emboquilles de los sondeos y al estudio del cruce del encauzamiento con la A-42, zona en la que el recubrimiento es menor. Su profundidad fue la necesaria para atravesar con holgura las cotas de clave y solera del túnel.
- ST son los sondeos destinados al estudio del trazado en túnel. Su profundidad es tal que se conozcan los materiales infrayacentes al túnel hasta un diámetro y medio bajo la solera del mismo.
- SC son los sondeos destinados al estudio del encauzamiento en falso túnel con morfología de canal. Son los menos profundos, y su longitud se estableció de manera que se atravesaran los materiales de apoyo del canal.
- SP son los sondeos destinados al estudio de las zonas donde se localizan los pozos de ventilación. Como se puede ver en el trazado en planta, muchos de los pozos proyectados cuentan con la información aportada por sondeos ST, no existiendo por tanto un sondeo SP por cada pozo proyectado.



- SET son los sondeos destinados al estudio de las zonas de emplazamiento de los estanques de tormentas de regulación de la cuenca. Su profundidad es la suficiente para conocer las características de cimentación de las balsas. Por otro lado, estos sondeos permiten estudiar la secuencia típica de los suelos de Madrid (arena de miga, tosco, peñuela, unidad yesífera) a lo largo del curso del arroyo Butarque.

En el interior de los sondeos se realizaron dos tipos de ensayos “in situ”, por un lado ensayos de penetración estándar (**SPT**) y, por otro, ensayos presiométricos. El objetivo fue conocer las características resistentes y deformacionales de los materiales ensayados. A continuación se describe con detalle cada uno de los ensayos “in situ” realizados.

El Ensayo de Penetración Estándar (SPT), consiste en la toma de muestras del subsuelo, mediante la penetración por golpeo de un tubo hueco estandarizado de 45 cm de longitud. Para la realización del ensayo se emplea un dispositivo hidráulico, automático, que permite la caída de una maza de 63,5 kg de peso, con una altura de caída de 75 cm y cadencia normalizada. Esta hincada se realiza en tres tandas sucesivas de 15 cm cada una, anotándose el número de golpes preciso para lograr cada una de estas penetraciones parciales. Con la suma de los golpes realizados en las dos últimas tandas se obtiene un valor de resistencia a la penetración estándar (N_{30}), indicativo de la capacidad portante del terreno en el que se realiza el ensayo.

Se considera que se ha obtenido rechazo (R) cuando se alcanza un golpeo superior a 50 en una tanda de 15 cm ($N_{15}>50$), en este caso, se da por finalizado el ensayo.

Los ensayos de penetración estándar (SPT) se ejecutaron siguiendo las especificaciones de la Norma UNE 103800/92. Este ensayo permite obtener una muestra representativa del terreno para su identificación, aunque con su estructura alterada.

En total se realizaron en este Proyecto antecedente del Encauzamiento del Arroyo Butarque (colector Butarque III) 223 ensayos SPT en el interior de los sondeos. Los resultados obtenidos en la totalidad de los reconocimientos se resumen en las siguientes tablas, de los que cuales tienen interés para nuestro Estudio los realizados en sondeos próximos a las ERAR de Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
SB-1	QAL	SPT-1	3,25-3,70	3,48	9	7	8	15
SB-1	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	7	12	13	25
SB-1	P	SPT-3	9,00-9,45	9,23	8	10	12	22
SB-1	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	12	15	19	34
SB-1	P	SPT-5	15,00-15,45	15,23	10	18	26	44
SB-1	FY A+Y	SPT-6	18,00-18,10	18,05	50	--	--	R
SB-1	FY Y+A	SPT-7	21,05-21,15	21,10	50	--	--	R
SE-1	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	3	5	6	11
SE-1	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,23	6	8	11	19
SE-1	P	SPT-3	9,00-9,45	9,23	9	16	24	40
SE-1	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	10	18	22	40
SE-2	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	6	8	11	19
SE-2	P	SPT-2	6,10-6,55	6,33	11	16	22	38
SE-2	P	SPT-3	9,20-9,65	9,43	7	10	14	24
SE-2	P	SPT-4	12,15-12,60	12,38	10	14	16	30
SE-2	P	SPT-5	15,20-15,65	15,43	18	23	31	54
SE-2	FY A+Y	SPT-6	18,15-18,60	18,38	21	30	39	69
SE-6	QAL	SPT-1	3,35-3,80	3,58	4	5	8	13
SE-6	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	8	14	20	34
SE-6	P	SPT-3	9,05-9,50	9,28	12	18	29	47
SE-6	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	10	16	23	39
SE-6	PY	SPT-5	15,00-15,45	15,23	24	24	31	55
SE-6	FY A+Y	SPT-6	18,00-18,25	18,13	18	50	--	R
SE-6	FY A+Y	SPT-7	19,80-20,25	20,03	14	23	40	63
SE-3	QAL	SPT-1	2,85-3,25	3,05	7	10	11	21
SE-3	P	SPT-2	6,05-6,50	6,28	7	12	15	27
SE-3	P	SPT-3	9,40-9,85	9,63	8	13	18	31
SE-3	P	SPT-4	12,70-13,15	12,93	10	12	14	26
SE-3	P	SPT-5	15,70-16,15	15,93	12	14	16	30
SE-3	PY	SPT-6	18,70-19,15	18,93	10	18	48	66
SE-3	FY A+Y	SPT-7	21,35-21,75	21,55	30	41	50	R
ST-1	P	SPT-1	5,00-5,45	5,23	11	14	18	32
ST-1	P	SPT-2	10,40-10,85	10,60	10	13	14	27
ST-1	P	SPT-3	15,20-15,65	15,43	17	23	35	58
ST-1	FY A+Y	SPT-4	17,60-17,85	17,73	35	50	--	R
ST-1	FY A+Y	SPT-5	20,80-21,25	21,03	18	23	31	54



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
ST-1	P	SPT-6	25,30-25,56	25,43	33	50	--	R
ST-14	QAL	SPT-1	2,40-2,82	2,61	28	27	50	R
ST-14	QAL	SPT-2	6,35-6,80	6,57	11	13	14	27
ST-14	P	SPT-3	9,55-10,00	9,77	9	13	15	28
ST-14	P	SPT-4	12,80-13,25	13,02	16	18	22	40
ST-14	P	SPT-5	15,60-16,05	15,82	26	31	38	69
ST-14	FY A+Y	SPT-6	18,20-18,65	18,42	20	33	43	76
ST-14	FY A+Y	SPT-7	23,10-23,20	23,05	9	50	--	R
ST-15	QAL	SPT-1	6,30-6,75	6,53	11	12	12	24
ST-15	PY	SPT-2	9,70-10,15	9,93	6	6	7	13
ST-15	PY	SPT-3	12,10-12,55	12,33	14	13	14	27
ST-15	PY	SPT-4	14,80-14,90	14,85	50	--	--	R
ST-15	P	SPT-5	19,00-19,45	19,23	26	33	36	69
ST-15	FY A+Y	SPT-6	22,20-22,32	22,26	50	--	--	R
ST-15	FY A+Y	SPT-7	25,70-25,75	25,73	50	--	--	R
ST-2	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,22	6	7	10	17
ST-2	QAL	SPT-2	5,90-6,35	6,13	8	14	10	24
ST-2	P	SPT-3	9,30-9,75	9,53	14	20	18	38
ST-2	P	SPT-4	10,50-10,95	10,72	16	27	34	61
ST-2	FY A+Y	SPT-5	15,10-15,55	15,32	23	31	39	70
ST-2	FY A+Y	SPT-6	17,80-18,00	17,90	42	50	--	R
ST-2	P	SPT-7	21,00-21,14	21,07	50	--	--	R
ST-2	P	SPT-8	27,00-27,45	27,22	22	34	47	81
ST-2	P	SPT-9	29,00-29,23	29,11	36	50	--	R
ST-3	P	SPT-1	5,90-6,35	6,13	22	19	40	59
ST-3	P	SPT-2	9,40-9,85	9,63	7	9	12	21
ST-3	P	SPT-3	12,30-12,75	12,53	10	12	24	36
ST-3	FY Y+A	SPT-4	15,20-15,65	15,43	22	33	40	73
ST-3	FY A+Y	SPT-5	18,00-18,45	18,23	17	40	35	75
ST-3	FY A+Y	SPT-6	20,60-21,04	20,82	39	45	50	R
ST-3	FY Y+A	SPT-7	23,60-23,68	23,64	50	--	--	R
ST-3	FY Y+A	SPT-8	26,80-27,24	27,02	23	39	50	R
ST-3	P	SPT-9	29,80-30,25	30,03	23	33	45	78
ST-4	RA	SPT-1	3,25-3,70	3,48	8	11	12	23
ST-4	P	SPT-2	6,35-6,80	6,58	18	15	18	33
ST-4	P	SPT-3	9,40-9,85	9,63	6	10	12	22
ST-4	P	SPT-4	12,25-12,65	12,45	6	17	50	R



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
ST-4	FY Y+A	SPT-5	15,30-15,40	15,35	50	--	--	R
ST-4	PY	SPT-6	18,50-18,95	18,73	16	23	35	58
ST-4	FY A+Y	SPT-7	22,30-22,55	22,43	34	50	--	R
ST-4	PY	SPT-8	25,65-25,75	25,70	50	--	--	R
SP-1	RA	SPT-1	3,05-3,50	3,23	7	5	6	11
SP-1	P	SPT-2	9,45-9,90	9,68	2	6	9	15
SP-1	FY A+Y	SPT-3	15,20-15,40	15,30	19	50	--	R
SP-1	PY	SPT-4	21,50-21,70	21,60	41	50	--	R
SP-1	FY Y+A	SPT-5	27,10-27,35	27,23	24	50	--	R
ST-16	RA	SPT-1	3,25-3,70	3,48	10	13	14	27
ST-16	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,23	11	12	14	26
ST-16	QAL	SPT-3	11,00-11,45	11,23	10	10	12	22
ST-16	FY A+Y	SPT-4	16,00-16,25	16,13	19	50	--	R
ST-16	P	SPT-5	22,00-22,45	22,23	17	27	35	62
ST-16	FY Y+A	SPT-6	26,60-26,85	26,73	50	--	--	R
ST-16	FY Y+A	SPT-7	30,50-30,75	30,63	30	50	--	R
ST-16	P	SPT-8	35,25-35,70	35,48	23	34	49	83
ST-5	QAL	SPT-1	6,25-6,70	6,48	4	4	4	8
ST-5	QAL	SPT-2	9,25-9,70	9,48	3	3	5	8
ST-5	FY A+Y	SPT-3	12,40-12,65	12,53	20	50	--	R
ST-5	FY Y+A	SPT-4	15,00-15,10	15,05	50	--	--	R
ST-5	FY A+Y	SPT-5	20,00-20,45	20,23	15	24	30	54
ST-5	FY A+Y	SPT-6	25,00-25,10	25,05	50	--	--	R
ST-5	FY A+Y	SPT-7	28,00-28,25	28,13	39	50	--	R
ST-5	P	SPT-8	31,50-31,95	31,73	15	25	38	63
ST-5	P	SPT-9	34,80-35,25	35,03	19	30	47	77
ST-5	P	SPT-10	37,40-37,65	37,53	40	50	--	R
ST-6	QAL	SPT-1	3,40-3,85	3,62	12	19	23	42
ST-6	P	SPT-2	6,00-6,45	6,22	14	21	30	51
ST-6	P	SPT-3	9,45-9,90	9,67	15	20	29	49
ST-6	FY A+Y	SPT-4	13,35-13,80	13,57	15	3	14	17
ST-6	FY Y+A	SPT-5	15,50-15,60	15,55	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-6	18,50-18,60	18,55	50	--	--	R
ST-6	FY A+Y	SPT-7	21,50-21,95	21,72	15	20	33	53
ST-6	FY Y+A	SPT-8	24,80-24,90	24,85	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-9	28,50-28,60	28,55	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-10	31,50-31,90	31,70	17	25	50	R



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
ST-6	P	SPT-11	35,35-35,80	35,57	19	32	42	74
ST-6	P	SPT-12	39,50-39,95	39,72	20	35	48	83
ST-7	P	SPT-1	6,00-6,45	6,22	7	10	10	20
ST-7	FY Y+A	SPT-2	8,90-8,97	8,93	50	--	--	R
ST-7	FY Y+A	SPT-3	12-20-12,28	12,24	50	--	--	R
ST-7	FY A+Y	SPT-4	16,20-16,63	16,41	23	31	50	81
ST-7	FY Y+A	SPT-5	21,00-21,05	21,02	50	--	--	R
ST-7	P	SPT-6	27,35-27,80	27,57	32	41	46	87
ST-7	P	SPT-7	30,40-30,86	30,63	29	37	46	83
ST-7	P	SPT-8	33,30-33,80	33,55	28	39	49	88
ST-7	P	SPT-9	36,40-36,68	36,54	46	50	--	R
ST-7	FY A+Y	SPT-10	42,35-42,42	42,38	50	--	--	R
ST-8	QAL	SPT-1	6,00-6,45	6,22	3	4	6	10
ST-8	FY Y+A	SPT-2	8,55-8,65	8,60	50	--	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-3	11,90-12,35	12,12	20	26	39	65
ST-8	FY A+Y	SPT-4	14,90-15,15	15,02	42	50	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-5	17,70-17,80	17,75	50	--	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-6	20,70-20,80	20,75	50	--	--	R
ST-8	P	SPT-7	23,40-23,85	23,62	19	31	42	73
ST-8	P	SPT-8	26,65-27,10	26,88	13	20	33	53
ST-8	P	SPT-9	31,65-32,10	31,87	25	35	41	76
ST-8	P	SPT-10	34,50-34,94	34,72	28	37	50	R
ST-9	PY	SPT-1	5,80-6,25	6,02	8	12	15	27
ST-9	FY A+Y	SPT-2	9,00-9,25	9,12	30	50	--	R
ST-9	FY A+Y	SPT-3	12,15-12,40	12,27	40	50	--	R
ST-9	FY A+Y	SPT-4	15,15-15,40	15,27	26	50	--	R
ST-9	P	SPT-5	18,15-18,60	18,37	13	20	28	48
ST-9	P	SPT-6	21,50-21,95	21,72	16	24	33	57
ST-9	P	SPT-7	24,40-24,85	24,62	14	24	31	55
ST-9	P	SPT-8	27,00-27,45	27,22	18	27	35	62
ST-9	P	SPT-9	30,00-30,45	30,22	14	22	32	54
ST-9	P	SPT-10	34,65-34,75	34,70	50	--	--	R
ST-10	QAL	SPT-1	6,25-6,70	6,47	4	3	2	5
ST-10	P	SPT-2	8,70-9,15	8,92	7	12	19	31
ST-10	P	SPT-3	11,85-12,20	12,02	12	15	20	35
ST-10	P	SPT-4	14,70-15,15	14,92	11	16	21	37
ST-10	P	SPT-5	18,00-18,45	18,22	9	13	18	31



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
ST-10	PY	SPT-6	21,30-21,75	21,52	14	22	35	57
ST-10	FY A+Y	SPT-7	25,15-25,25	25,20	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-8	28,15-28,25	28,20	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-9	33,00-33,05	33,02	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-10	36,00-36,05	36,02	50	--	--	R
SP-2	FY Y+A	SPT-1	3,10-3,20	3,15	50	--	--	R
SP-2	P	SPT-2	9,50-9,95	9,70	10	15	24	39
SP-2	PY	SPT-3	15,00-15,45	15,23	11	18	30	48
SP-2	FY Y+A	SPT-4	21,20-21,45	21,33	35	50	--	R
ST-11	P	SPT-1	3,15-3,60	3,37	7	9	12	21
ST-11	PY	SPT-2	5,95-6,40	6,17	8	16	31	47
ST-11	PY	SPT-3	8,90-9,30	9,10	14	23	32	55
ST-11	PY	SPT-4	15,00-15,45	15,22	8	13	17	30
ST-11	FY Y+A	SPT-5	21,00-21,05	21,02	50	--	--	R
ST-11	FY Y+A	SPT-6	28,50-28,60	28,55	50	--	--	R
ST-12	FY Y+A	SPT-1	3,00-3,07	3,03	50	--	--	R
ST-12	FY A+Y	SPT-2	6,05-6,50	6,27	19	23	39	62
ST-12	FY A+Y	SPT-3	9,30-9,75	9,52	15	25	49	74
ST-12	PY	SPT-4	12,90-13,05	12,97	50	--	--	R
ST-12	PY	SPT-5	16,00-16,40	16,20	34	42	50	R
ST-12	FY A+Y	SPT-6	19,00-19,11	19,05	50	--	--	R
ST-13	FY Y+A	SPT-1	3,00-3,40	3,20	44	17	50	R
ST-13	FY A+Y	SPT-2	6,30-6,75	6,52	12	15	20	35
ST-13	FY A+Y	SPT-3	9,85-10-10	9,97	29	50	--	R
ST-13	FY A+Y	SPT-4	13,00-13,25	13,12	38	50	--	R
ST-13	FY Y+A	SPT-5	16,00-16,40	16,20	25	46	50	R
ST-13	FY A+Y	SPT-6	19,00-19,10	19,05	50	--	--	R
SC-1	QAL	SPT-1	3,00-3,14	3,07	50	--	--	R
SC-1	QAL	SPT-2	6,00-6,41	6,02	24	39	50	R
SC-1	FY A+Y	SPT-3	9,20-9,65	9,42	19	16	14	30
SC-1	FY Y+A	SPT-4	12,00-12,13	12,06	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-5	15,00-15,11	15,05	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-6	18,00-18,10	18,05	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-7	19,60-19,74	19,67	50	--	--	R
SC-2	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,22	5	7	9	16
SC-2	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,22	2	2	2	4
SC-2	FY A+Y	SPT-3	9,00-9,45	9,22	11	17	22	39



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
SC-2	FY Y+A	SPT-4	11,40-11,53	11,46	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-5	15,80-15,89	15,84	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-6	18,00-18,12	18,06	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-7	20,90-21,11	21,00	50	--	--	R
SC-4	QAL	SPT-1	1,10-1,55	1,33	3	4	6	10
SC-4	FY A+Y	SPT-2	6,20-6,55	6,34	26	38	31	69
SC-4	FY Y+A	SPT-3	12,10-12,20	12,15	50	--	--	R
SC-3	RA	SPT-1	2,00-2,45	2,22	2	3	5	8
SC-3	QAL	SPT-2	5,20-5,60	5,40	9	21	50	R
SC-3	FY A+Y	SPT-3	8,30-8,45	8,37				
SC-3	FY A+Y	SPT-4	11,10-11,51	11,30	19	27	50	R
SE-4	PY	SPT-1	2,90-3,35	3,12	10	13	14	27
SE-4	PY	SPT-2	5,90-6,35	6,12	15	11	16	27
SE-4	PY	SPT-3	8,80-9,25	9,02	21	30	42	72
SE-4	PY	SPT-4	12,25-12,70	12,47	15	28	30	59
SE-4	FY Y+A	SPT-5	15,15-15,40	15,27	30	50	--	R
SE-4	FY A+Y	SPT-6	18,30-18,40	18,35	50	--	--	R
SE-5	PY	SPT-1	3,00-3,40	3,20	8	20	50	R
SE-5	PY	SPT-2	6,25-6,70	6,47	17	8	17	25
SE-5	PY	SPT-3	9,00-9,45	9,22	16	19	21	40
SE-5	PY	SPT-4	12,05-12,30	12,17	20	50	--	R
SE-5	PY	SPT-5	15,10-15,35	15,22	30	50	--	R
SE-5	FY A+Y	SPT-6	18,10-18,35	18,22	30	50	--	R
SET-1	TA	SPT-1	3,30-3,75	3,53	12	15	19	34
SET-1	TA	SPT-2	6,40-6,85	6,63	14	23	30	53
SET-1	TA	SPT-3	9,40-9,85	9,63	17	27	43	70
SET-2	TA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	13	19	20	39
SET-2	TA	SPT-2	6,20-6,65	6,43	14	19	25	44
SET-2	TA	SPT-3	10,00-10,45	10,23	20	32	34	66
SET-3	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,23	4	5	5	10
SET-3	T	SPT-2	6,30-6,75	6,53	11	19	25	44
SET-3	T	SPT-3	8,30-8,75	8,53	12	15	18	33
SET-3	T	SPT-4	11,00-11,45	11,23	14	19	30	49
SET-4	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	3	4	4	8
SET-4	P	SPT-2	6,10-6,55	6,33	14	22	40	62
SET-4	P	SPT-3	9,10-9,50	9,3	17	28	50	78
SET-4	P	SPT-4	12,10-12,55	12,33	15	21	25	46
SET-5	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,23	5	5	5	10



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N ₃₀
					15	15	15	
SET-5	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	12	24	32	56

Resumen de ensayos SPT. RA: relleno antrópico; QAL: cuaternario aluvial; P: unidad peñuelas; PY: unidad peñuelas yesíferas; FY: unidad formación yesífera (A+Y arcillas con contenidos hasta el 50% de yesos, Y+A arcillas con contenidos en yeso superiores al 50%), TA tosco arenoso, T tosco.



Ensayos Presiométricos en sondeos: El objetivo de la realización de ensayos presiométricos en el interior de los sondeos es medir la deformabilidad del terreno y estimar las subsidencias creadas por la perforación del túnel.

Este ensayo se realiza en el interior de un sondeo y consiste en aplicar escalonadamente una presión radial mediante una sonda dilatante en el interior del sondeo, midiendo el desplazamiento que se introduce en el terreno circundante. La presión se aplica a través de una camisa de caucho por medio de agua o gas.

Dependiendo del tipo y características del terreno ensayado se obtiene la curva de presión-deformación en la que se distingue una fase inicial o de puesta en contacto de la sonda con las paredes del sondeo, una fase elástica lineal que representa el comportamiento elástico del suelo, y una plástica o de deformación irre recuperable hasta llegar a la rotura del suelo.

A partir de esa curva se calcula la presión de fluencia o presión a la que el material deja de comportarse elásticamente y la presión límite que es la presión a la que el terreno se cizalla, no admitiendo ningún incremento de presión.

El equipo empleado en los presiómetros realizados en este Proyecto antecedente de encauzamiento del Arroyo Butarque fue una sonda SUNDA-APAGEO, cuyas características se resumen a continuación:

- Diámetro de la sonda (mm.): 60
- Volumen inicial de la sonda (cm³): 535

En total se realizaron 32 ensayos presiométricos, dos por sondeo para caracterización del trazado en túnel a profundidades aproximadamente coincidentes con las cotas de clave y túnel.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en los ensayos presiométricos realizados, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

SONDEO	PROF. (m)	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	OBSERVACIONES
ST-1	11,40	P	30,2	26,70	202,69	--
ST-1	18,30	FY A+Y	--	--	1.233,31	Rotura
ST-2	11,35	P	38,7	35,20	719,23	--
ST-2	18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48	--
ST-3	17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97	--
ST-3	24,60	FY Y+A	>52	>49,9	3.761,24	--
ST-4	18,00	PY	>52	>49,2	713,94	--
ST-4	25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65	--
ST-5	24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96	--
ST-5	31,20	P	45,6	44,10	694,02	--
ST-6	28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90	--
ST-6	35,00	P	>52	>50,9	814,04	--
ST-7	28,30	P	>52	>50,2	2.318,23	--
ST-7	35,10	P	54,9	53,80	2.473,80	--
ST-8	26,15	P	36,5	34,50	514,61	--
ST-8	31,10	P	36,3	34,80	776,52	--
ST-9	26,50	P	26,3	24,30	306,39	rotura.
ST-9	34,20	P	>50	>48,8	1.361,44	--
ST-10	22,80	FY A+Y	>54	>51,7	2.196,60	--
ST-10	30,05	FY Y+A	>52	>50,4	4.465,90	--
ST-11	20,00	FY Y+A	>40	>37,5	4.944,64	Rotura
ST-11	28,20	FY Y+A	>50	>48,2	3.809,12	--
ST-12	12,40	PY	>52	>48,7	844,49	--
ST-12	20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06	--
ST-13	11,15	FY A+Y	>44	>43	649,04	--
ST-13	18,00	PY	21,20	19,90	436,75	--
ST-14	12,50	P	28,00	24,70	634,49	--
ST-14	19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76	--
ST-15	16,10	PY	>52	>49	1.223,08	--
ST-15	23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53	--
ST-16	20,30	P	>52	>49,4	1.423,10	--
ST-16	30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25	--

Resumen ensayos presiométricos. RA: relleno antrópico; QAL: cuatern. aluvial; P: unidad peñuelas; PY: unidad peñuelas yesíferas; FY: unidad formación yesífera (A+Y arcillas con contenidos hasta el 50% de yesos, Y+A arcillas con contenidos en yeso superiores al 50%).

Ensayos de Permeabilidad: En los sondeos ejecutados en este proyecto antecedente se midió el nivel freático en distintas fechas con el fin de obtener una idea aproximada de



la posición del nivel freático una vez que se ha estabilizado puesto que durante la perforación de los sondeos se introduce agua para refrigerar el elemento de corte y las primeras mediciones podrían dar lugar a posiciones del nivel freático no representativas.

Las últimas mediciones se realizaron varios meses después de finalizar la campaña geotécnica pudiendo a partir de ellas establecer la posición del nivel freático.

Los resultados de estas mediciones se recogen en la tabla siguiente de características de los sondeos realizados, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**

Es especialmente relevante el dato de posición del freático en dichos sondeos próximos a las dos ERAR, sobre todo a la de Butarque; el nivel se ubica en estos 8 sondeos entre 2,70 y 4,00 m. de profundidad del emboquille de la perforación.

En relación a dicha cota de emboquille, el nivel medido no es un nivel común ya que muchos niveles están a cota absoluta por encima del emboquille de sondeos próximos; lo que si indica es que el agua está saturando un nivel superficial de rellenos, vertidos o aluviones permeable que tiene una base impermeable, confinando el agua. El inconveniente de este esquema es que afecta directamente a los elementos constructivos que se proyecten en el marco de este Estudio.

Para tener una idea de la permeabilidad de los materiales atravesados, se realizaron tres ensayos de permeabilidad tipo Gilg-Gavard (en los sondeos ST-11, ST-12 y ST-16, los dos primeros muy interesantes al estar directamente en nuestra zona de Estudio).

Los ensayos se realizaron a nivel variable, introduciendo agua en el pozo de sondeo hasta la boca del mismo y posteriormente se midiendo el nivel de agua en intervalos de tiempo sucesivos. De esta manera se puede estimar la permeabilidad de los materiales ensayados, mediante la expresión:



$$k = \frac{(1,308 \cdot d^2 \Delta h)}{\Delta h_m \Delta t}$$

Donde: k es la permeabilidad y se mide en cm/s

- d es el diámetro del sondeo
- Δh (m) es el descenso del nivel de agua para el intervalo Δt (min)
- h_m es la altura media del nivel de agua en el intervalo Δt (m)

En los sondeos ST-11 y ST-16, se han obtenido resultados similares, que son permeabilidades del orden de 10^{-6} cm/s, mientras que en el sondeo ST-12 no ha habido descenso alguno del nivel de agua en la duración del ensayo, lo que indica una fuerte impermeabilidad. Como se observa en la siguiente tabla (Terzaghi y Peck 1967), los materiales atravesados por el túnel pueden considerarse suelos de muy bajo grado de permeabilidad.

Grado de permeabilidad	Valor de k (cm.seg)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} – 10^{-3}
Baja	10^{-3} – 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} – 10^{-7}
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-7}

Según Terzaghi y Peck, 1967.

Clasificación de los suelos según sus coeficientes de permeabilidad (Mecánica de suelos. T. Willian Lambe & Robert V. Whitman)

En resumen, en total, en este Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), dentro de la campaña de sondeos mecánicos, se realizaron 35 sondeos, con una longitud total perforada de 997,64 m.



Se ejecutaron en el interior de dichos sondeos 223 ensayos de penetración tipo SPT, y 32 ensayos presiométricos a distintas cotas y tres ensayos de permeabilidad tipo Gilg-Gavard.

Se tomaron asimismo 65 testigos parafinados para su posterior ensayo en laboratorio.

De todo lo realizado en este Proyecto antecedente se han obtenido los datos, y se dispone de los referentes a todos los reconocimientos realizados en las inmediaciones de las ERAR de Butarque y Sur, que serán tenidos en cuenta en el presente Estudio.

En la siguiente tabla se recogen las características de los sondeos con información disponible, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4:**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

DENOMINACIÓN	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			OBJETO	Dist. al eje (m)	PROF. (m)	FECHA		SONDA	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS IN SITU				NIVEL FREÁTICO	
		X	Y	Z				INICIO	FIN		SPT	TP	PRESIÓMETRO	GILG-GAVARD	PROF. (m)	FECHA
SB-1	BALSA	438.821,62	4.467.098,66	606,75	BALSA	24	29,50	4-dic-07	4-dic-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,70	06/05/08
SE-1	0+270 CRUCE A-42	438.705,92	4.467.280,23	603,51	CRUCE A-42	--	15,40	28-nov-07	28-nov-07	ROLATEC RL 48L	4	2	0	0	5,10	06/05/08
SE-7	0+327 CRUCE A-42	438.738,00	4.467.221,00	603,50	CRUCE A-42	24	8,35	29-jul-08	29-jul-08	ISSA GM	0	0	0	0	--	--
SE-6	0+373,39 CRUCE A-42	438.805,13	4.467.221,68	606,36	CRUCE A-42	0	20,25	28-nov-07	29-nov-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,10	06/05/08
SE-2	0+460,32 CRUCE A-42	438.820,40	4.467.134,97	605,57	CRUCE A-42	0	30,00	29-nov-07	30-nov-07	ROLATEC RL 48L	6	2	0	0	5,60	06/05/08
SE-3	EMBOQUILLE	438.821,62	4.467.098,66	606,80	EMBOQUILLE	0	30,35	30-nov-07	4-dic-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,70	06/05/08
ST-1	0+200	438.897,92	4.466.901,12	606,37	TÚNEL	0	30,00	27-nov-07	28-nov-07	ROLATEC RL 48L	6	5	2	0	8,20	06/05/08
ST-14	0+380	439.001,81	4.466.774,55	606,80	TÚNEL	0	30,00	3-dic-07	4-dic-07	ROLATEC RL 48L	7	2	2	0	9,30	06/05/08
ST-2	0+573	439.085,79	4.466.600,69	603,35	TÚNEL	0	29,23	26-nov-07	27-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	6	2	0	6,50	06/05/08
ST-15	1+211	439.174,71	4.465.968,00	610,00	TÚNEL	15,63	34,70	22-nov-07	27-nov-07	ROLATEC RL 48L	8	5	2	0	8,40	06/05/08
ST-3	1+443	439.156,80	4.465.730,61	610,00	TÚNEL	16,24	33,90	5-nov-07	7-nov-07	ROLATEC RL 48L	9	5	2	0	7,10	06/05/08
ST-4	1+622	439.150,91	4.465.544,89	611,00	TÚNEL	13,74	40,75	26-oct-07	6-nov-07	CIBELES C-60	8	1	2	0	6,40	06/05/08
SP-1	1+730	439.149,64	4.465.446,93	611,00	POZO	16	32,40	23-abr-08	24-abr-08	CIBELES C-60	5	0	0	0	6,70	06/05/08
ST-16	1+958	439.067,68	4.465.220,61	615,00	TÚNEL	31	40,80	10-dic-07	12-dic-07	CIBELES C-60	8	1	2	1	13,80	06/05/08
ST-5	2+215	439.098,99	4.464.927,47	614,78	TÚNEL	49,13	43,60	6-nov-07	8-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	10,20	06/05/08
ST-6	2+528	439.342,90	4.464.737,84	614,36	TÚNEL	0	46,00	26-nov-07	29-nov-07	CIBELES C-60	12	1	2	0	13,00	06/05/08
ST-7	3+220	439.906,45	4.464.329,48	614,00	TÚNEL	0	45,60	27-nov-07	29-nov-07	ROLATEC RL 48L	10	3	2	0	6,30	06/05/08
ST-8	3+269	439.951,31	4.464.320,79	612,30	TÚNEL	11,35	43,80	12-nov-07	14-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	5,00	06/05/08
ST-9	3+529	440.203,57	4.464.280,63	611,60	TÚNEL	0	45,00	14-nov-07	21-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	6,50	06/05/08
ST-10	4+137	440.811,91	4.464.279,93	609,00	TÚNEL	0	44,50	21-nov-07	23-nov-07	CIBELES C-60	10	1	2	0	4,60	06/05/08
SP-2	4+414	441.086,46	4.464.283,52	604,00	POZO	0	30,00	23-abr-08	24-abr-08	CIBELES C-60	4	0	0	0	2,60	06/05/08
ST-11	5+262	441.930,00	4.464.348,67	595,10	TÚNEL	0	37,20	14-dic-07	18-dic-07	CIBELES C-60	6	2	2	1	2,70	06/05/08
ST-12	5+494	442.153,86	4.464.413,76	591,84	TÚNEL	10	32,00	5-dic-07	10-dic-07	CIBELES C-60	6	2	2	1	3,00	06/05/08
ST-13	5+806	442.470,84	4.464.418,64	591,00	TÚNEL	35,26	38,80	23-oct-07	25-oct-07	CIBELES C-60	6	1	2	0	4,00	06/05/08



DENOMINACIÓN	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			OBJETO	Dist. al eje (m)	PROF. (m)	FECHA		SONDA	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS IN SITU				NIVEL FREÁTICO	
		X	Y	Z				INICIO	FIN		SPT	TP	PRESIÓMETRO	GILG-GAVARD	PROF. (m)	FECHA
SE-4	6+190	442.844,70	4.464.493,01	588,88	EMBOQUILLE	12,38	30,10	17-oct-07	20-oct-07	CIBELES C-60	6	1	0	0	2,00	06/05/08
SE-5	6+163	442.816,96	4.464.522,54	591,00	EMBOQUILLE	18,52	30,55	22-oct-07	23-oct-07	CIBELES C-60	6	2	0	0	2,70	06/05/08
SC-1	6+591	443.236,00	4.464.527,17	577,05	CANAL	0	19,74	22-nov-07	23-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	1	0	0	3,80	06/05/08
SC-2	6+956	443.609,19	4.464.545,44	569,00	CANAL	0	21,11	21-nov-07	21-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	5	0	0	3,50	06/05/08
SC-4	7+200	443.846,95	4.464.572,39	560,00	CANAL	13	17,10	21-abr-08	21-abr-08	CIBELES C-60	3	0	0	0	2,60	06/05/08
SC-3	7+369	444.020,57	4.464.547,66	559,40	CANAL	0	11,51	20-nov-07	21-nov-07	ROLATEC RL 48L	4	1	0	0	4,00	06/05/08
SET-1	ESTANQUE TORMENTAS	431.788,00	4.467.833,00	670,80	ESTANQUE	--	11,50	23-jul-08	23-jul-08	ISSA GM	3	1	0	0	--	--
SET-2	ESTANQUE TORMENTAS	432.466,00	4.467.726,00	608,31	ESTANQUE	--	10,45	24-jul-08	24-jul-08	ISSA GM	3	2	0	0	--	--
SET-3	ESTANQUE TORMENTAS	435.531,00	4.467.050,00	632,00	ESTANQUE	--	11,45	23-jul-08	23-jul-08	ISSA GM	4	0	0	0	--	--
SET-4	ESTANQUE TORMENTAS	437.356,00	4.467.044,00	613,00	ESTANQUE	--	12,55	21-jul-08	22-jul-08	ISSA GM	4	1	0	0	--	--
SET-5	ESTANQUE TORMENTAS	437.990,00	4.467.276,00	605,00	ESTANQUE	--	9,45	21-jul-08	21-jul-08	ISSA GM	3	0	0	0	--	--
							TOTAL	997,64			223	65	32	3,00		

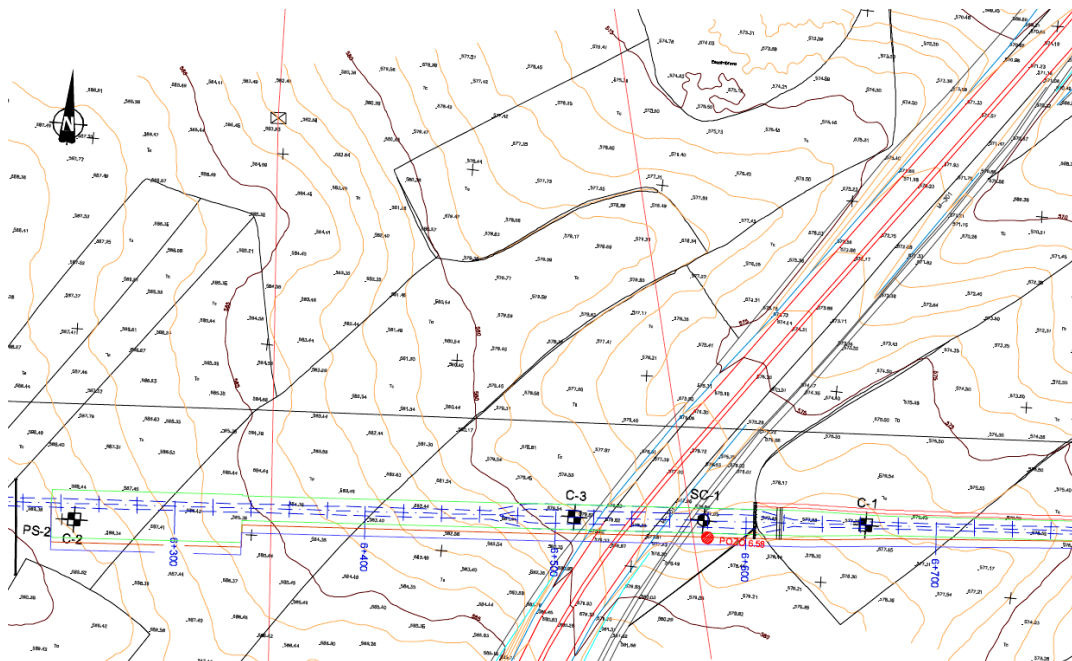
Resumen de la campaña de sondeos realizada en el Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III).

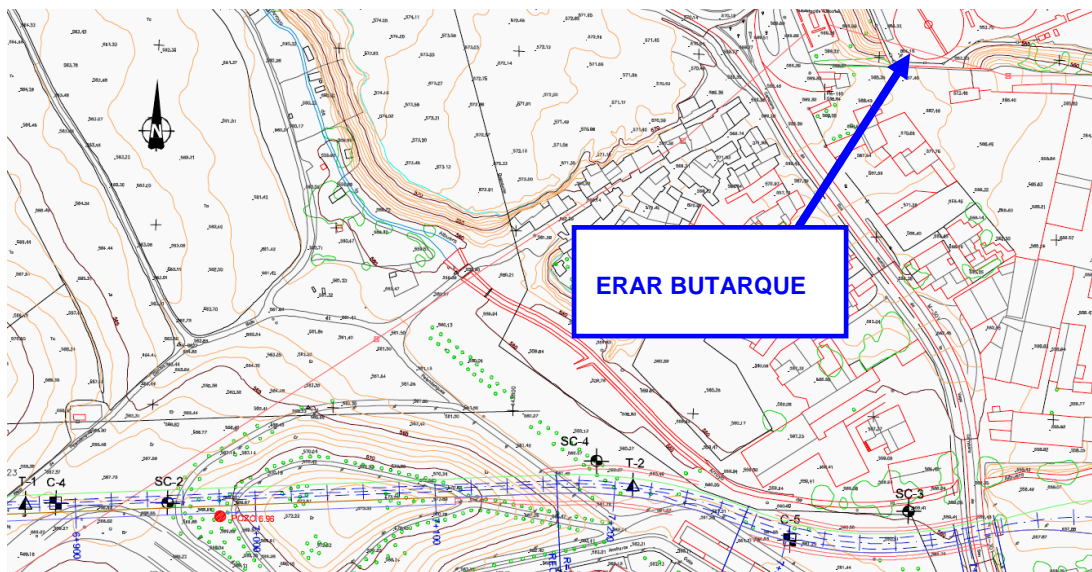
Campaña de Calicatero.

En este Proyecto antecedente del Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butaque III), la realización de calicatas en la zona de Proyecto en la que el trazado es en túnel no tenía sentido, puesto que la profundidad máxima que se puede alcanzar es en torno a 4 m. Por este motivo, la campaña de calicatas se ha centrado fundamentalmente en la zona donde el encauzamiento se construirá a cielo abierto (PP.KK. 6+200-7+554), que es precisamente la zona de interés en el presente Estudio, la zona superficial comprendida entre el sector sur de la ERAR de Butaque y zona Norte de la ERAR Sur..

El objetivo fue determinar la naturaleza de los materiales donde se estudiaba el trazado del canal final de incorporación al río Manzanares, información apoyada por los sondeos destinados a este fin, la obtención de muestras alteradas para su posterior ensayo en laboratorio y la determinación de excavabilidad de los materiales y estabilidad de las paredes de la zanja.

Las calicatas realizadas se recogen en la siguiente tabla, estando todas en el entrono de la la ERAR de Butarque:





DENOMIN.	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			PROFUNDIDAD (m)
		X	Y	Z	
C-1	6+583	443.321,02	4.464.531,72	577	3,2
C-2	6+719	442.906,49	4.464.500,52	588	3,2
C-3	6+507	443.168,17	4.464.523,33	578	1,3
C-4	6+697	443547,17	4464544,26	567	3,6
C-5	7+271	443.954,91	4.464.530,64	561	3,9
C-6	7+500	444.142,40	4.464.451,03	562	3,9

Resumen de la campaña de calicatas antecedentes en el Proyecto de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III).

Como puede observarse, la profundidad alcanzada ha variado entre 1 y 4 m, excavándose siempre hasta rechazo por lo que se puede establecer a dichas profundidades la existencia del “sustrato rocoso”.

Durante la ejecución de las calicatas se ha reconocido la excavabilidad de los materiales como excavabilidad media-fácil y en ningún caso se ha detectado la presencia de nivel freático. La información obtenida está a disposición del presente Estudio.



Penetrómetros Dinámicos D.P.S.H.

En el comentado Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), la realización de penetrómetros dinámicos tipo DPSH tuvo como objetivo la obtención de un perfil resistente continuo del terreno.

El ensayo se ejecuta haciendo caer en caída libre una maza de 63,5 kg de peso sobre una puntaza cuadrada de sección 40 x 40 mm. desde una altura de 75 cm. Contabilizando el número de golpes necesarios para hacer penetrar la sarta de penetración en tramos de 20 cm se puede estimar la resistencia a la penetración de los materiales.

Si son necesarios más de 100 golpes para hincar los 20 cm de varilla, se considera rechazo y se da por terminado el ensayo.

En total se realizaron seis ensayos de penetración dinámica de cuyos registros se dispone y serán reinterpreados para obtener información aprovechable para el presente Estudio.

Se resumen en la siguiente tabla:

DENOMIN.	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			PROFUNDIDAD RECHAZO (m)
		X	Y	Z	
T-1	6+697	443.530,27	4.464.543,33	568	5,60
T-2	7+195	443.867,22	4.464.559,06	560	3,80
T-3	CRUCE A-42	438.722,41	4.467.263,99	603	14,00
T-4	CRUCE A-42	438.811,47	4.467.178,44	602	16,20
T-5	BALSA	438.844,09	4.467.114,31	605	16,60
T-6	0+194	438.885,66	4.466.919,95	606	15,20

Resumen de la campaña de penetrómetros DPSH realizada en el Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque; (Colector Butarque III).

Reconocimientos Geofísicos

En el Proyecto antecedente comentado se realizaron un total de 3 extendimientos geofísicos de 60 m de longitud mediante tomografía sísmica.

La tomografía sísmica de ondas P consiste en determinar la velocidad de propagación en el terreno de las ondas sísmicas compresionales (ondas P). El procedimiento para realizar este tipo de prospección consiste en situar varios detectores de señales sísmicas (geófonos) a distancias conocidas y alineados con el lugar en el que se genera una fuente de energía. Determinando los tiempos de llegada de las ondas P a cada geófono se puede determinar la velocidad de transmisión de las ondas P a través de las diferentes capas de terreno. A partir de este dato se puede obtener un perfil geofísico que aporta una idea de la estratigrafía infrayacente, además de definir la excavabilidad de los materiales mediante tablas empíricas que correlacionan la velocidad de ondas P con la excavabilidad, clasificando los materiales como excavables, ripables, marginales o no ripables tal y como representa la siguiente figura:

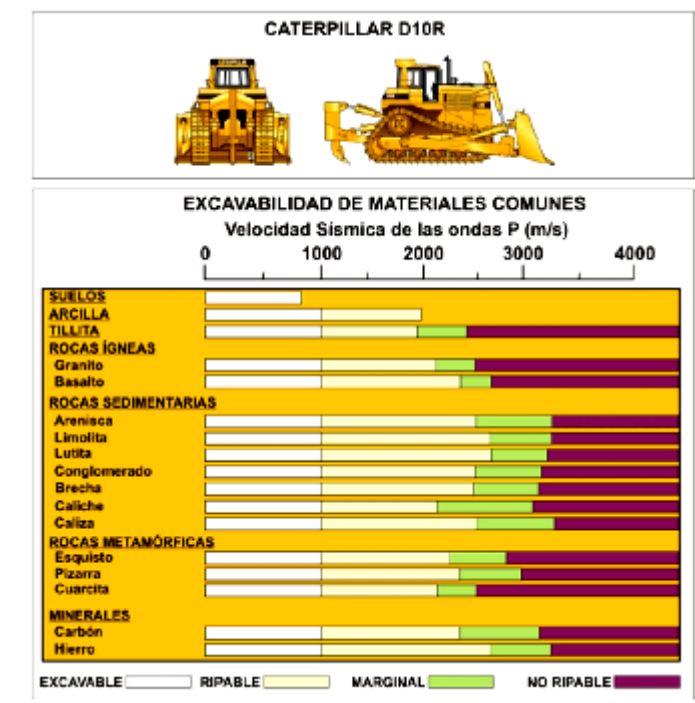
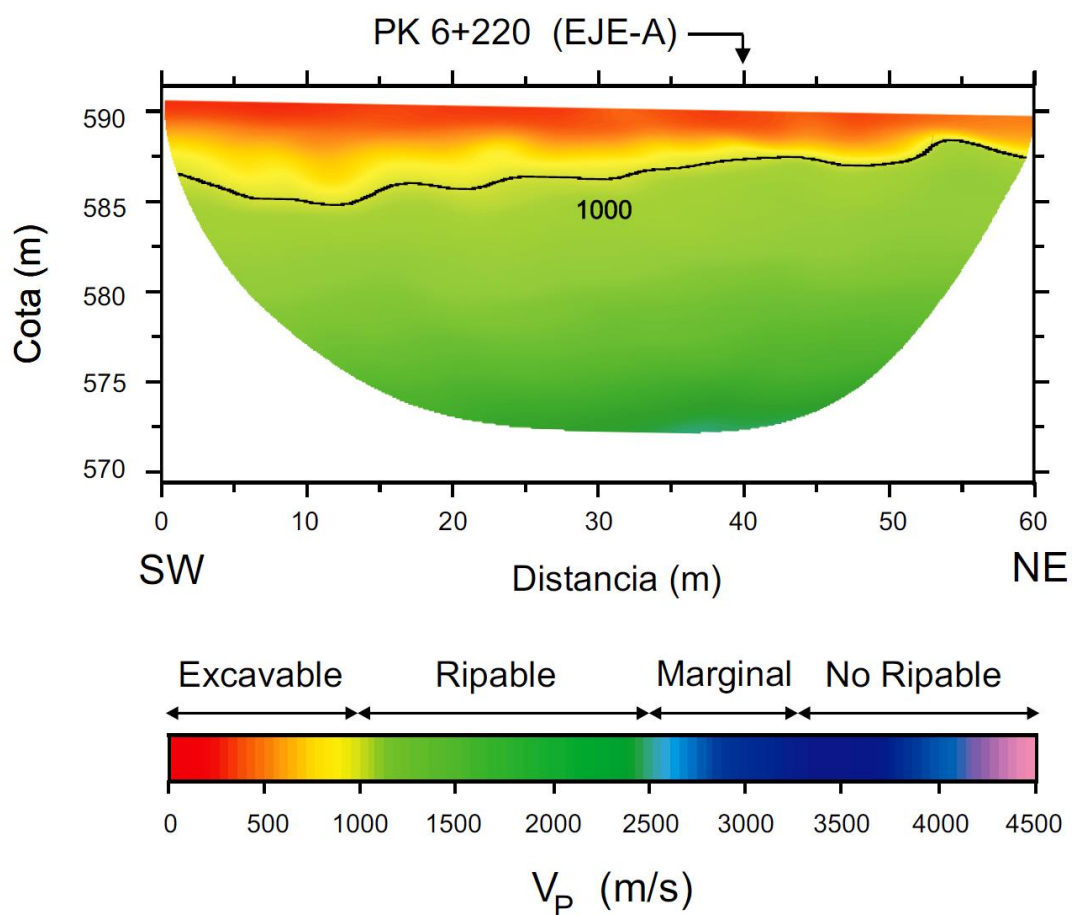


Tabla de ripabilidad basada en la máquina D-10R de Caterpillar.- (Geotechnical Engineering Techniques and Practices, Hunt, Roy E., McGraw-Hill Book Company, 1986).

En total se realizaron tres extendimientos geofísicos:

- el primero entre los PP.KK. 0+120 y 0+180 longitudinalmente al eje del cruce bajo la A-42
- el segundo en la zona de emboquille de salida del túnel de encauzamiento, aproximadamente en el P.K. 0+016, perpendicularmente al eje del trazado.
- El tercero, en la zona de nuestro interés, al ESE de la ERAR de Butarque, en la zona de emboquille de entrada del encauzamiento en túnel, aproximadamente en el P.K. 6+179, perpendicular al eje del trazado.

Los resultados sobre la excavabilidad de los materiales ensayados en este tercer perfil de nuestro interés se muestra a continuación con cada unidad geotécnica diferenciada.



Perfil de tomografía Sísmica realizado en el Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III) en la zona ESE de la ERAR de Butarque.

Ensayos de Laboratorio

En este comentado Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras tomadas



en el interior de los sondeos (bien la muestra del ensayo SPT o los testigos parafinados), se intensificó en la franja de terreno correspondiente a la rasante del túnel y su zona de influencia, considerándose fundamental la buena caracterización de los materiales de localización del túnel.

En aquellas zonas donde el recubrimiento era pequeño se procuró caracterizar, cuando fue posible, los recubrimientos de origen cuaternario. La cantidad total de ensayos realizados a lo largo del tramo se resume en la siguiente tabla, y de todos se poseen y se han recopilado y analizado los datos para su aplicación al presente Estudio:

DENOMINACIÓN	Nº ENSAYOS
Ensayos de granulometría por tamizado, según UNE 103,101	79
Ensayos de det. de los límites de Atterberg, según UNE 103103 y 103104	79
Ensayos para det. la humedad natural secado en estufa, según UNE 103300	42
Ensayos para determinar el peso específico de las partículas	6
Ensayos de contenido en materia orgánica de un suelo, según UNE 103204	11
Determinación cuantitativa de carbonatos de un suelo, según UNE 103200	1
Determinación cuantitativa de sulfatos de un suelo según UNE 103201	41
Ensayos de corte directo CU	7
Ensayos triaxial CU	10
Ensayos de compresión simple de un suelo, según UNE 103601	31
Expansividad por el método Lambe, según UNE 103600	4
Determinación de la presión de hinchamiento en edómetro	14
Ensayo de hinchamiento libre en edómetro, según UNE103601	6
Ensayo de consolidación en edómetro, según UNE 103405	6
Determinación índice abrasividad Cerchar	2
Ensayo de determinación del índice Schymazek	1

Resumen de ensayos de laboratorio realizados en el Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III)

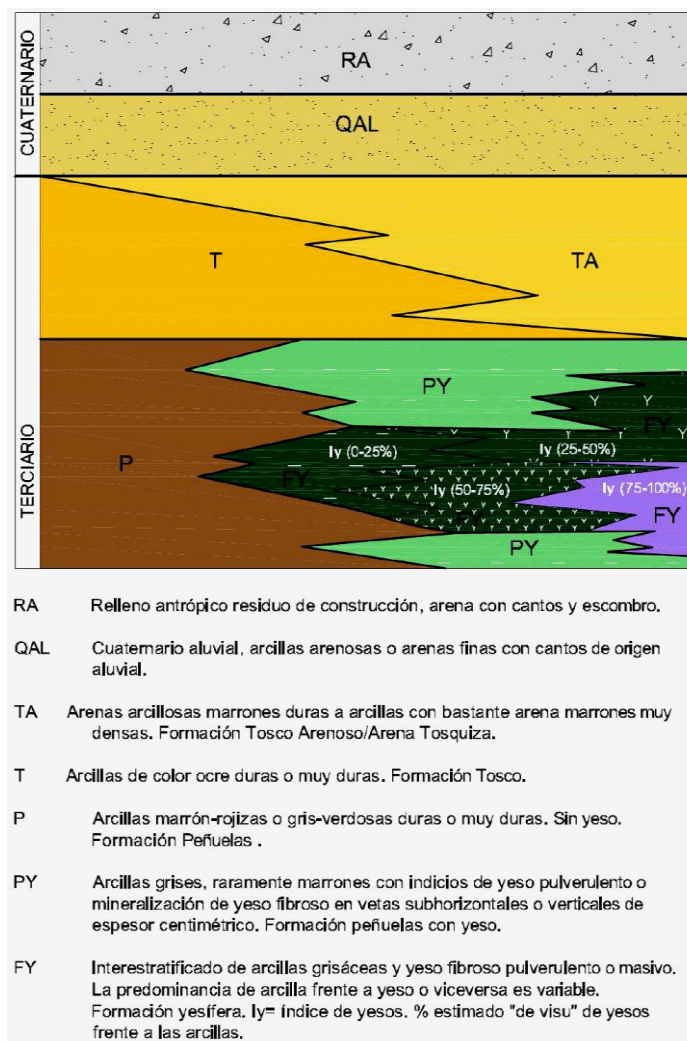
Todos los datos de estos ensayos se han recopilado y analizado, sistematizándose para aplicarlos como antecedente al presente Estudio.

En los epígrafes siguientes, se realiza una descripción geotécnica de cada una de las unidades diferenciadas en todos estos estudios antecedentes, y su aplicación y adopción en las áreas de las parcelas de las tres ERAR de interés, y sus zonas aledañas: La China, Butarque y Sur.

7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA ZONA DE IMPLANTACIÓN DE LAS ERAR DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR, Y SECTORES ALEDAÑOS.

7.1. INTRODUCCIÓN; COLUMNA GENERAL ADOPTADA

En el este apartado se exponen las características geotécnicas de los niveles diferenciados, y la columna general adoptada, para referir a ella los horizontes y terrenos presentes en las tres ERAR. Todo ello en base a los datos disponibles de los trabajos antecedentes expuestos anteriormente, y de todas las investigaciones e información elaborada para el presente Estudio de Soluciones y Anteproyectos de Actuación de Saneamiento y Depuración de las Aglomeraciones Urbanas de La China, Butarque y Sur. En la columna adoptada en el presente Estudio para las unidades geotécnicas, se ha conservado la denominación geotécnica típica de los suelos de Madrid, mostrada en la siguiente columna tipo, para que se pueda contrastar con otros trabajos geotécnicos.



Las unidades mayores consideradas se dividen, de más moderno a más antiguo en:



CUATERNARIO

- **RA. Relleno Antrópico.** Compuesto por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.).
- **QAL. Cuaternario Aluvial.** Compuesto por arenas limosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, producto de la dinámica fluvial del arroyo Butarque y del río Manzanares.

TERCIARIO

- **TA Tosco arenoso.** Esta unidad está compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que no ha sido detectada. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas.
- **T o Tosco.** Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian del tosco arenoso por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.
- **P o Formación Peñuelas.** Esta unidad está compuesta por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad y duras a muy duras.
- **PY o Formación Peñuela Yesífera.** Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negruzco duras a muy duras que contienen yeso bien en nódulos de carácter pulverulento, bien en vetas subverticales de yeso fibroso de espesor centimétrico. La diferencia con la unidad anterior es únicamente el contenido en yeso ya que, respecto al resto de características, son similares.
 - **FY Formación Yesífera.** Se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas-negruzcas y yesos masivos o sacaroideos en distintas proporciones pudiendo ser mayoritaria la fracción arcillosa o ser mayoritaria la fracción yesífera.



Esta unidad se ha subdividido en función del contenido en yesos en: arcillas con yesos y yesos con arcillas.

7.1.1. RA. Relleno Antrópico

En esta unidad tradicionalmente incluye los materiales residuos de urbanización y construcción de infraestructuras de aportación artificial. Está compuesta por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.). Las propiedades geotécnicas de estos materiales son difícilmente resumibles dada su heterogeneidad. El golpeo N_{spt} en general varía entre 8 y 27 por su ya comentada heterogeneidad, y la presencia de bolos y vertidos de construcción. Como media, se considera un golpeo N_{30} del SPT de 15 golpes como un valor de medio-alto.

En cuanto a los parámetros geotécnicos a adoptar, se recogen los parámetros utilizados en la práctica habitual en infraestructuras de tipologías similares, obtenidos a partir de bibliografía técnica especializada. Por otra parte, en lo que se lleva analizado y estudiado en esta Fase-I, los golpes N_{20} del DPSH obtenidos para la unidad RA son muy inferiores a 20 en la mayoría de los casos, habiendo valores muy bajos en las propias parcelas de las ERAR, algunas veces hasta profundidades de hasta 9,00 m. a veces es frecuente valores inferiores 5 de N_{20} en la mayoría del ensayo.

En cuanto a los datos disponibles de ensayos realizados sobre muestras de esta unidad, los resultados son muy heterogéneos, al igual que la naturaleza de los vertidos antrópicos. En la siguiente tabla se resumen los resultados disponibles:

UNIDAD	HUM. NAT. (%)	LÍM. ATTERBERG			GRANULOMETRÍA % QUE PASA POR EL TAMIZ					CLASIFICACIONES		
		LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	CASAGRANDE	ÍNDICE DE GRUPO
RA	11,56	32,8	16,0	16,8	100	100	96,3	53,7	30,4	A-6	SC	0
RA	19,60	38,0	19,2	18,8	100	100	100	78,2	69,0	A-6	CL	11
RA	11,39	N.P.	N.P.	N.P.	84,6	84,6	84,0	80,6	31,2	--	SM	0
RA	9,44	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	100	99,0	A-4	CL	0

Dada la dificultad de caracterizar estos depósitos, los parámetros geotécnicos que se adoptarán, son los recomendados en la bibliografía especializada asumiendo que son lo suficientemente conservadores como para ser característicos de este tipo de materiales:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

- Peso específico aparente = $18,0 \text{ KN/m}^3$
- Cohesión $C' = 0 \text{ KN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi' = 28^\circ$
- Módulo de deformación $E = 80\text{-}100 \text{ bar}$
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,35$
- Coeficiente de Balasto $K = 2.000 \text{ t/m}^3$

Los ensayos geofísicos realizados en la zona de estudio, han aportado valores para las ondas P en estos materiales entre 0 y 500 m/s por lo que se consideran materiales excavables con medios mecánicos convencionales.

7.1.2. QAL. Cuaternario aluvial

Se trata de depósitos asociados a la dinámica fluvial tanto del río Manzanares y de los cauces tributarios pro ambas márgenes en el tramos del mismo comprendido entre las ERAR de La China, al Norte, hacia aguas arriba del cauce, y la ERAR SUR, al sur y hacia aguas abajo del Manzanares.

Estos materiales están compuestos por arenas limo-arcillosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, aunque se identifican también materiales predominantemente arcillosos y de alta plasticidad. Esta variabilidad composicional tiene su explicación en la arquitectura estratigráfica de estos depósitos, con abundantes cambios laterales de facies relacionados con el sistema de deposición de cada litología .

Geotécnicamente, los valores de resistencia que ofrecen los ensayos SPT sobre estos materiales en los datos disponibles, de N_{30} son variables entre 4 y rechazo, a diferentes cotas, tal y como representa la tabla siguiente.

UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO N_{30}
		15	15	15	
QAL	3,48	9	7	8	15
QAL	6,23	6	8	11	19

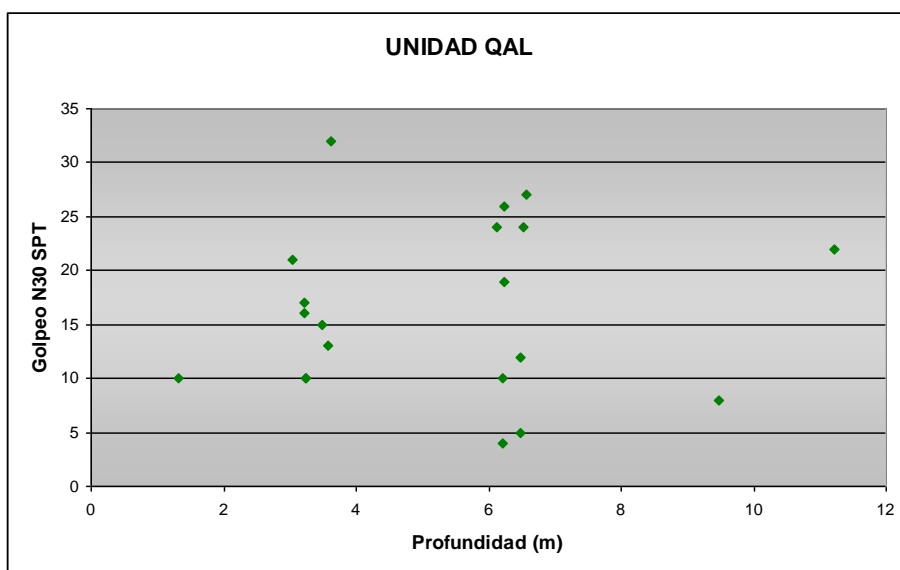


PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
QAL	3,58	4	5	8	13
QAL	3,05	7	10	11	21
QAL	6,57	11	13	14	27
QAL	6,53	11	12	12	24
QAL	3,22	6	7	10	17
QAL	6,125	8	14	10	24
QAL	6,23	11	12	14	26
QAL	11,23	10	10	12	22
QAL	6,48	4	4	4	8
QAL	9,48	3	3	5	8
QAL	3,62	12	19	23	42
QAL	6,22	3	4	6	10
QAL	6,5	4	3	2	5
QAL	3,22	5	7	9	16
QAL	6,22	2	2	2	4
QAL	1,33	3	4	6	10
QAL	3,23	4	5	5	10
QAL	3,23	5	5	5	10
MEDIA DEL GOLPEO N ₃₀ PARA LA UNIDAD QAL					16

Resumen de datos disponibles de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad QAL.

Para poder establecer y adoptar un golpeo medio de la unidad aluvial, se han eliminado los valores mayores disponibles (101 o, lo que es lo mismo, rechazo en los primeros tramos del ensayo), considerando que los golpes mayores pudieran deberse al golpeo de la puntaza sobre cantos o bolos incluidos en los depósitos aluviales. De este modo, la media asignable a la unidad QAL para el golpeo N₃₀ del SPT se encuentra en torno a 16.



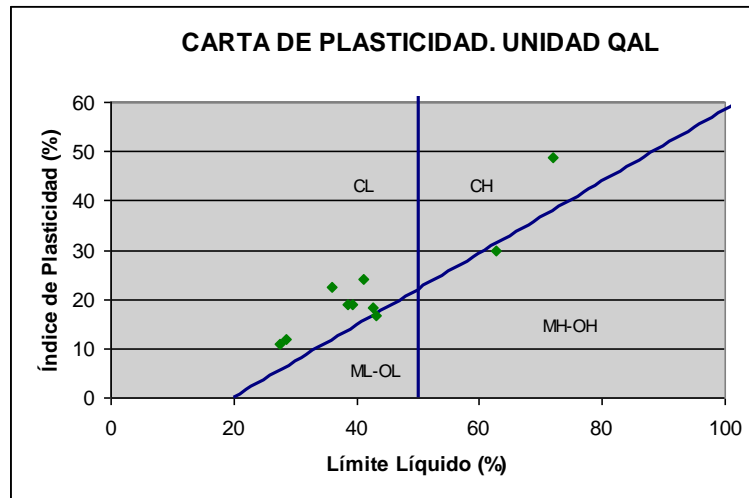
N₃₀ SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad QAL.

En cuanto a las características composicionales de estos materiales, los ensayos de laboratorio disponibles sobre muestras de esta unidad arrojan los siguientes datos generales:

- Granulométricamente se trata en su mayoría de arenas con matriz arcillosa o limosa clasificadas según Casagrande como SM o SC en función de la plasticidad de sus finos. Algunas de las muestras son suelos mayoritariamente finos y de alta plasticidad, clasificados según Casagrande como CL o MH-OH.
- La plasticidad de los finos que contienen las muestras arenosas es una plasticidad generalmente media, aunque hay muestras en las cuales la plasticidad es nula. Los valores medios para el límite líquido están en torno al 47% e índices de plasticidad medios en torno al 21%. Por otra parte, los materiales arcillosos arrojan valores para el límite líquido del orden del 41% y para el índice de plasticidad en torno al 23%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de los finos que contienen las muestras disponibles:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR



Carta de plasticidad. Unidad QAL.

- La humedad natural ha variado entre el 32,5 y el 5%, con una media del 16% aproximadamente.
- No es frecuente la presencia de materia orgánica, por lo que los ensayos disponibles arrojan datos muy bajos o nulos en este parámetro.

PROF. (M)	UNIDAD	HUM. NAT. (%)	LÍM. ATTERBERG (%)			GRANULOMETRÍA % QUE PASA POR EL TAMIZ					CLASIFICACIONES			ENSAYOS QUÍMICOS	
			LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	CASAGRANDE	ÍNDICE DE GRUPO	M.O. (%)	SO ₃ (%)
3,35-3,80	QAL	16,72	39,3	20,5	18,8	100	98,9	88,8	49,5	30,3	A-6	SC	0		
2,40-2,82	QAL	14,25	43,2	26,4	16,8	100	100	100	100	98,9	A-7-6	ML-OL	20	0	
6,35-6,80	QAL	32,53	62,8	32,9	29,9	100	100	100	100	99	A-7-5	MH-OH	37		
3,00-3,45	QAL	20,75	42,6	24,2	18,4	100	100	100	100	98,9	A-7-6	CL	21		
5,90-6,35	QAL	15,12	38,6	19,7	18,9	87,8	81,5	72,7	37,1	26,3	A-6	CL	0		
6,00-6,45	QAL	12,32	27,5	16,5	11	100	98,6	84,3	19,3	10,5	A-6	SC	0		
11,00-11,45	QAL	12,24	28,5	16,5	12	100	98,7	85	44,2	25,5	A-6	SC	0		
3,40-3,85	QAL	12,94	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	80,8	28,3	--	SM	0		
3,00-3,45	QAL	16,63	72,1	23,4	48,7	100	100	99,4	76,9	54,4	A-7-6	SC	22		
6,00-6,45	QAL	5,17	N.P.	N.P.	N.P.	100	81,1	62,8	21,7	11,2	A-4	SM	0		
2,00-2,45	QAL	13,78	41,1	17,1	24	100	98,1	89,8	58,4	34,8	A-7-6	SC	3		
3,00-3,45	QAL	15,04	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	98,9	79,9	31,0	A-2-4	SM	0		0
3,00-3,45	QAL	21,46	36	13,7	22,3	100	99,3	89,5	38	21,7	A-2-6	SC	1		0

Tabla Resumen de Datos geotécnicos de caracterización de la Ud.- QAL

Los ensayos geofísicos realizados en la zona de estudio, han aportado valores para las ondas P en estos materiales entre 500 y 1.000 m/s por lo que se consideran materiales excavables con medios mecánicos convencionales.



A efectos de cálculo, se ha optado por asignar a estos materiales, valores característicos recogidos en bibliografía técnica especializada los cuales son los siguientes:

- Peso específico aparente = $20,0 \text{ KN/m}^3$
- Cohesión $C' = 0 \text{ KN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi' = 32^\circ$
- Módulo de deformación $E = 1.000 - 1.500 \text{ t/m}^2$
- Coeficiente de Poisson $\nu = 0,32$
- Coeficiente de Balasto $K = 5.000 \text{ t/m}^3$

7.1.3. TA.- Tosco Arenoso

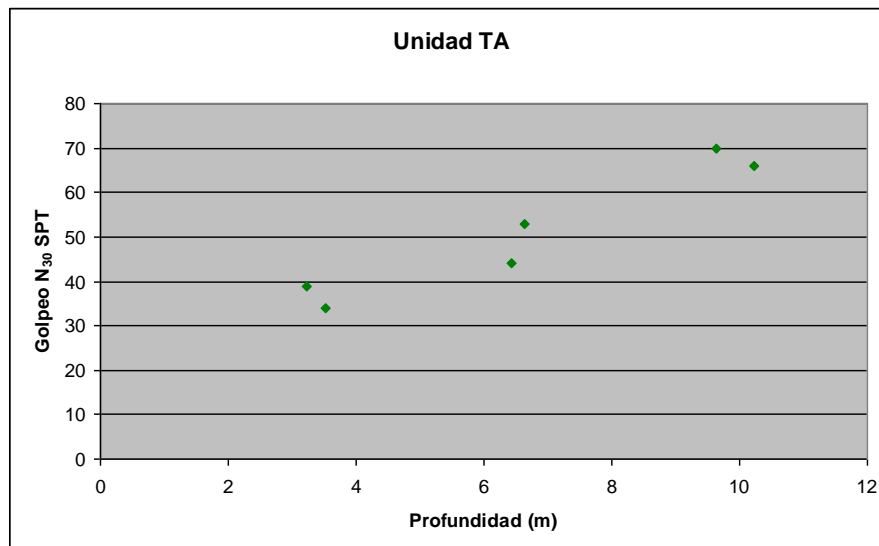
Esta unidad está compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que no ha sido descrita y atravesada con tanta frecuencia en los Estudios antecedentes en el sector de las tres ERAR. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas. Únicamente ha sido identificada en algunas zonas de localización de los estanques de tormentas de la zona constituyendo el horizonte de cimentación de ambos.

De estos materiales se dispone de datos de 6 ensayos SPT de la zona y de multitud de datos en fase de elaboración de la Base de Datos de Geotecnia GEOMADRID, en los que se han obtenido sobre ellos valores característicos de arenas densas y muy densas, con golpes N_{30} variables entre 34 y 70, con un golpeo medio en torno a 50.

Tal y como recoge el gráfico y la tabla siguiente, parece existir una relación de proporcionalidad directa entre el golpeo del ensayo (propia de materiales granulares) y la profundidad, siendo mayores los golpes realizados a mayores profundidades.

UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
TA	3,53	12	15	19	34
TA	6,63	14	23	30	53
TA	9,63	17	27	43	70
TA	3,23	13	19	20	39
TA	6,43	14	19	25	44
TA	10,23	20	32	34	66
MEDIA DEL GOLPEO N ₃₀ PARA LA UNIDAD TA					51

Resumen de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad TA.



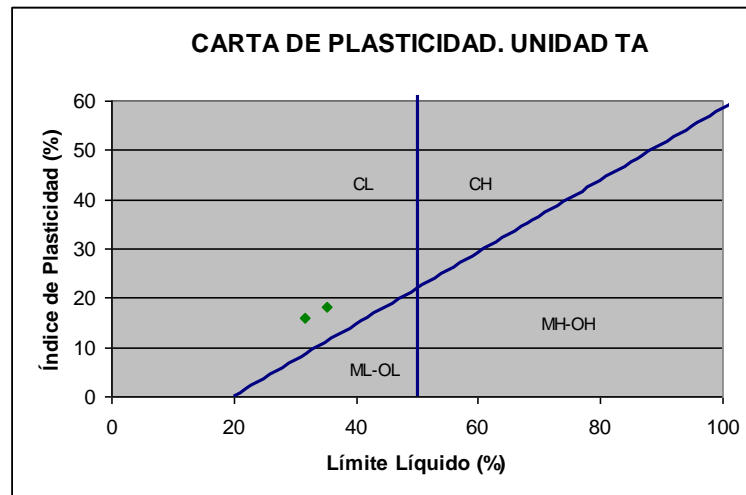
N₃₀ SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad TA.

En cuanto a las características composicionales de estos materiales, se han realizado diversos ensayos de laboratorio sobre muestras de esta unidad.

Los datos obtenidos en los ensayos han sido comparados con aquellos aportados por la bibliografía existente, comprobándose efectivamente la coherencia entre ambos. Se han obtenido los siguientes resultados:

- Granulométricamente se trata de arenas con matriz arcillosa clasificadas según Casagrande como SC.

- La plasticidad de los finos que contienen las muestras arenosas es una plasticidad generalmente media. Los valores medios para el límite líquido están en torno al 33% e índices de plasticidad medios en torno al 17%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de los finos que contienen las muestras ensayadas:



Carta de plasticidad. Unidad TA.

- La humedad natural suele variar entre el 11 y el 12,7% con una media en torno al 11,4%.
- Los módulos presiométricos típicos que se reflejan en la bibliografía se encuentran en torno a los 900 k p/cm^2 , variando entre un máximo de 2.500 k p/cm^2 y un mínimo de 300 k p/cm^2 .

Por último, en cuanto a sus parámetros resistentes que se reflejan en la bibliografía, el ángulo de rozamiento varía entre 47,8° y 29°, con una media en torno a 20°, mientras que la cohesión efectiva varía entre 200 KPa y 0 KPa, con una media en torno a 40 KPa, y la compresión simple media se encuentra en torno a 250 KPa.

A efectos de cálculo se considerarán los siguientes parámetros geotécnicos los cuales son los utilizados en el cálculo de numerosas infraestructuras similares en la Comunidad de Madrid:



ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA LOS PROYECTOS DEL METROSUR (5-11-1999)

TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE γ (t/m^3)	COHESIÓN c' (t/m^2)	ÁNGULO DE ROZAM. INTERNO ϕ' ($^\circ$)	MÓDULO DE DEFORM. (Subsid.) E (t/m^2)	COEFIC. DE POISSON ν	COEFIC. DE BALASTO K (t/m^3)
Arenas tosquizas	2,05	1,0 - 1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
Toscas arenosas	2,08	2,0 - 2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000

Parámetros de cálculo recomendados de la unidad TA.

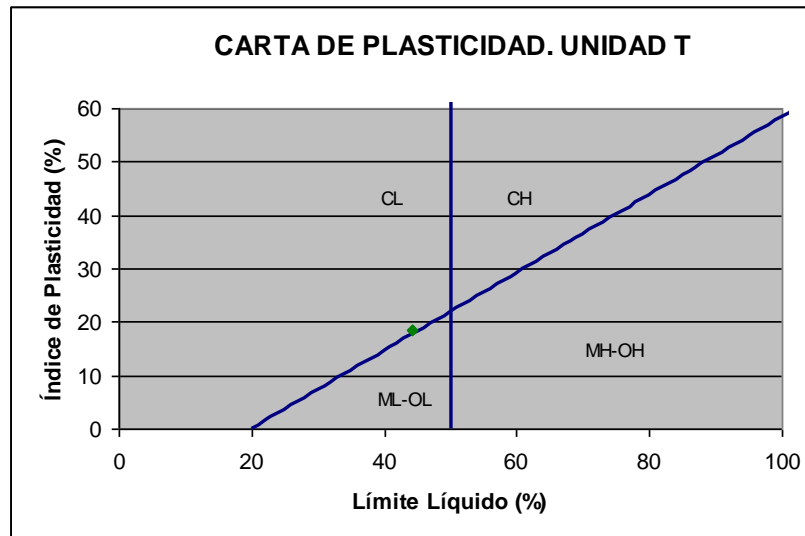
7.1.4. T.- Tosco

Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian de la unidad TA por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.

Del mismo modo que ocurre con la unidad TA, los datos disponibles procedentes de ensayos de laboratorio realizados en estudios antecedentes sobre esta unidad se han comparado con los datos aportados por la bibliografía existente, comprobándose la coherencia entre ambos.

A partir de los datos obtenidos en laboratorio y los datos bibliográficos se puede concluir que:

- Granulométricamente se trata de arcillas arenosas de plasticidad media clasificadas según Casagrande como CL.
- La plasticidad es generalmente media. El valor obtenidos para el límite líquido está en torno al 44% e índice de plasticidad en torno al 18,5%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de la muestra ensayada:



Carta de plasticidad. Unidad T.

- La humedad natural está en torno al 19,3%. Según datos bibliográficos la humedad natural oscila normalmente entre el 8 y el 22%.
- Los módulos presiométricos típicos que se reflejan en la bibliografía se encuentran en torno a 800-1000 Kp./cm².
- La bibliografía refleja una resistencia a compresión simple que varía entre 50 y 1000 KPa, con una media en torno a 250 KPa.
- En cuanto al ángulo de rozamiento, se recogen valores entre 49 y 10°, con una media en torno a 28°, mientras que la cohesión efectiva varía entre 242 y 0 KPa con una media en torno a 42 KPa.

A efectos de cálculo se considerarán los siguientes parámetros geotécnicos los cuales son los utilizados en el cálculo de numerosas infraestructuras similares en la Comunidad de Madrid:

ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA LOS PROYECTOS DEL METROSUR (5-11-1999)						
TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE γ (t/m ³)	COHESIÓN c' (t/m ²)	ÁNGULO DE ROZAM. INTERNO ϕ' (°)	MÓDULO DE DEFORM. (Subsid.) E (t/m ²)	COEFIC. DE POISSON ν	COEFIC. DE BALASTO K (t/m ³)
Toscas	2,10	3,0 - 4,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000- 40.000



Parámetros de cálculo recomendados de la unidad T.

7.1.5. P.- Peñuelas

Esta unidad está compuesta en toda la región por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad, y duras de carácter masivo o con laminación milimétrica (observada al cortar longitudinalmente el testigo en las perforaciones).

En ocasiones se han identificado tramos más limosos y cuando la coloración es negruzca o gris es frecuente apreciar un abundante contenido en micas.

Presentan numerosos lisos constituidos por planos de fracturación claramente estriados, que parecen indicar pequeñas fallas en las que se acusa el movimiento relativo de un lado con relación al otro.

Estos lisos pueden ser consecuencia de los movimientos tectónicos asociados al macizo del Guadarrama.

El aspecto que presentan estos materiales se puede observar en las siguientes fotografías:



Detalle de cambio en la coloración de los materiales de la unidad Peñuelas, de grises-azuladas a rojiza.



Detalle de liso en la formación Peñuelas.



Microlaminación en la formación P.

De esta Unidad Peñuelas (Unidad P en la columna tipo adoptada), se dispone de multitud de datos de golpeo de ensayos SPT en el interior de los sondeos, tanto de estudios antecedentes como de los que están en elaboración procedentes de la Base de Datos de Geotecnia GEOMADRID.

En general, y sobre esta formación, los valores medios para el N_{30} están entre 18 y rechazo, con una media en torno a 45 golpes.

Una muestra de los resultados disponibles de estos ensayos se recogen en la tabla y gráfico siguientes:

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO	GOLPEO N_{30}
--------	--------------------	--------	--------------------



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

		15	15	15	
P	6,23	7	12	13	25
P	9,23	8	10	12	22
P	12,23	12	15	19	34
P	15,23	10	18	26	44
P	9,23	9	16	24	40
P	12,23	10	18	22	40
P	6,33	11	16	22	38
P	9,43	7	10	14	24
P	12,38	10	14	16	30
P	15,43	18	23	31	54
P	6,23	8	14	20	34
P	9,28	12	18	29	47
P	12,23	10	16	23	39
P	6,28	7	12	15	27
P	9,63	8	13	18	31
P	12,93	10	12	14	26
P	15,93	12	14	16	30
P	5,23	11	14	18	32
P	10,60	10	13	14	27
P	15,43	17	23	35	58
P	25,43	33	50	--	101
P	9,77	9	13	15	28
P	13,02	16	18	22	40
P	15,82	26	31	38	69
P	19,23	26	33	36	69
P	9,53	14	20	18	38
P	10,72	16	27	34	61
P	21,07	50	--	--	101
P	27,22	22	34	47	81
P	29,11	36	50	--	101
P	6,13	22	19	40	59
P	9,63	7	9	12	21
P	12,53	10	12	24	36
P	30,03	23	33	45	78
P	6,58	18	15	18	33
P	9,63	6	10	12	22
P	12,45	6	17	50	101
P	9,68	2	6	9	15
P	6,23	11	12	14	26



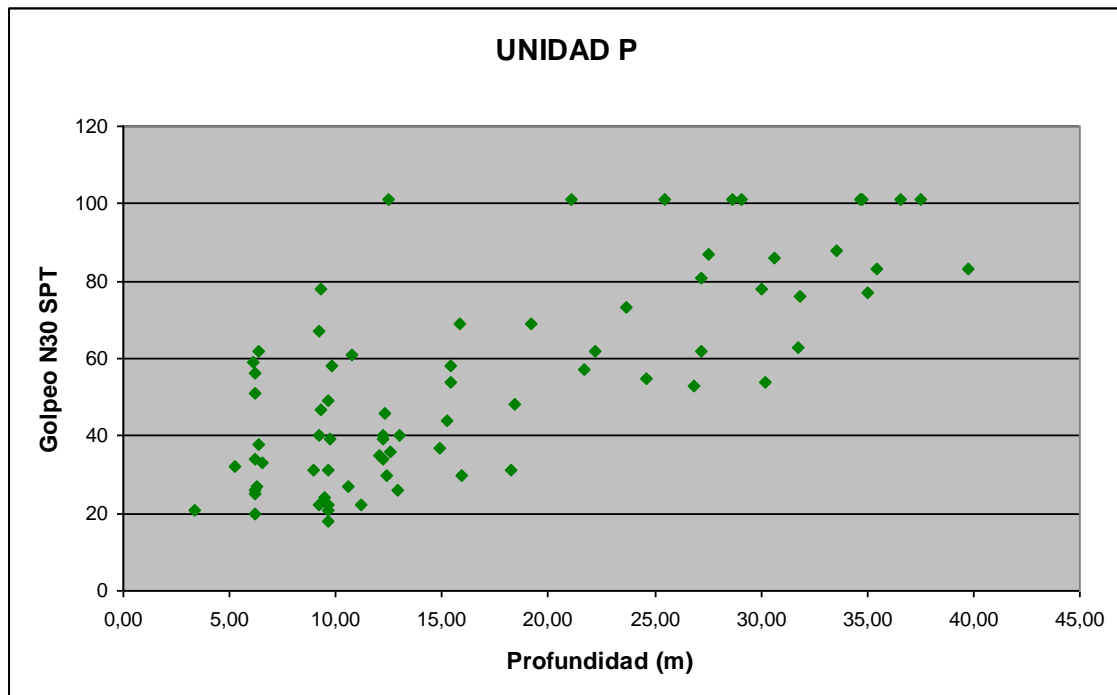
PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
P	11,23	10	10	12	22
P	22,23	17	27	35	62
P	35,48	23	34	49	83
P	31,73	15	25	38	63
P	35,03	19	30	47	77
P	37,53	40	50	--	101
P	6,22	14	21	30	51
P	9,67	15	20	29	49
P	35,57	19	32	42	74
P	39,72	20	35	48	83
P	6,22	7	10	10	20
P	27,57	32	41	46	87
P	30,63	29	37	46	83
P	33,55	28	39	49	88
P	36,54	46	50	--	101
P	23,60	19	31	42	73
P	26,90	13	20	33	53
P	31,90	25	35	41	76
P	34,70	28	37	50	101
P	18,37	13	20	28	48
P	21,72	16	24	33	57
P	24,62	14	24	31	55
P	27,22	18	27	35	62
P	30,22	14	22	32	54
P	34,70	50	--	--	101
P	8,90	7	12	19	31
P	12,00	12	15	20	35
P	14,90	11	16	21	37
P	18,20	9	13	18	31
P	9,70	10	15	24	39
P	3,37	7	9	12	21
P	6,3	14	22	40	62
P	9,3	17	28	50	78
P	12,3	15	21	25	46
P	6,2	12	24	32	56
P	9,2	16	28	39	67



UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N_{30}
		15	15	15	
MEDIA DEL GOLPEO N_{30} PARA LA UNIDAD P					55

Valores medios de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad P.



N_{30} SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad P.

A la vista del gráfico anterior, donde se representan los golpes obtenidos frente a la profundidad del ensayo, se puede intuir que existe cierta relación entre la profundidad y el número de golpes, siendo N_{30} mayor cuanto mayor es la profundidad de realización del ensayo, por lo que se puede concluir que la resistencia de los materiales de la unidad P parece aumentar con la profundidad.

De los datos disponibles de ensayos presiométricos realizados en estudios antecedentes sobre arcillas oscuras de esta Unidad Peñuelas (P), podemos extraer los siguientes:

PROFUNDIDAD	UNIDAD	PRESIÓN	PRESIÓN	MÓDULO
-------------	--------	---------	---------	--------



	GEOTÉCNICA	LÍMITE (bar)	NETA (bar)	PESIMÉTRICO (bar)
11,40	P	30,2	26,70	202,69
11,35	P	38,7	35,20	719,23
31,20	P	45,6	44,10	694,02
35,00	P	>52	>50,9	814,04
28,30	P	>52	>50,2	2.318,23
35,10	P	54,9	53,80	2.473,80
26,15	P	36,5	34,50	514,61
31,10	P	36,3	34,80	776,52
26,50	P	26,3	24,30	306,39
34,20	P	>50	>48,8	1.361,44
12,50	P	28,00	24,70	634,49
20,30	P	>52	>49,4	1.423,10
MÓD. PRESIMÉTRICO MEDIO.- UNIDAD P (bar)				1.019,88

Datos de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P.

Como se puede observar, los valores que esta unidad tiene en referencia al Módulo Presiométrico oscilan entre 2.400 y 200 bares.

Para poder establecer un módulo presiométrico característico de la unidad, se han eliminado los valores mayores y menores de entre los datos recopilados, de forma que no se produjera una desviación de la media hacia valores poco representativo del conjunto de materiales.

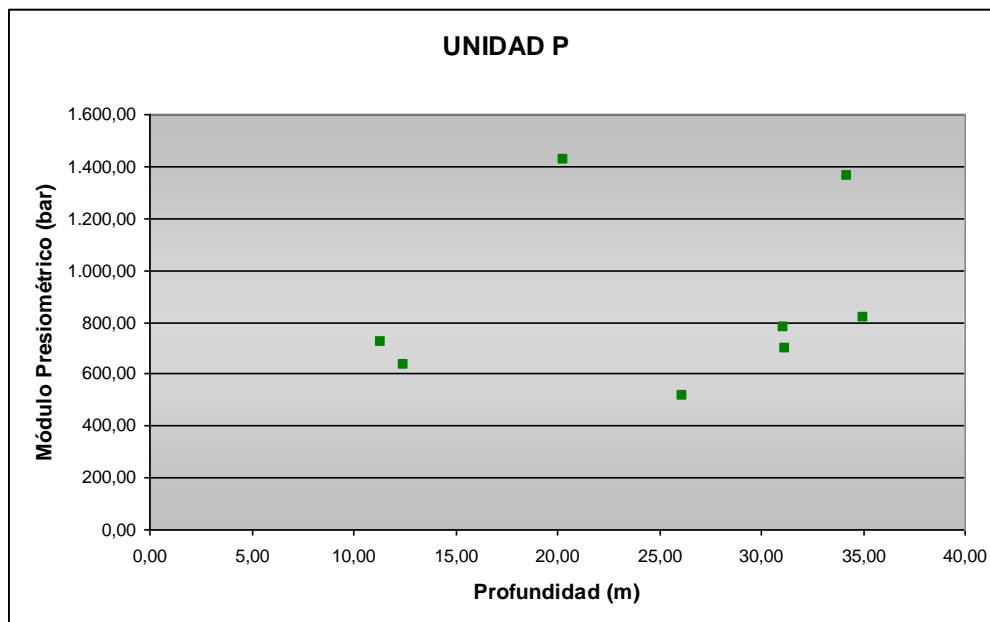
De esta manera, el Módulo Presiométrico medio que antes se situaba en torno a 1.000 bar de media, pasa a ser de 867 bar, como se recoge en la siguiente tabla:

PROFUNDIDAD	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIMÉTRICO (bar)
11,35	P	38,7	35,20	719,23
31,20	P	45,6	44,10	694,02
35,00	P	>52	>50,9	814,04



26,15	P	36,5	34,50	514,61
31,10	P	36,3	34,80	776,52
34,20	P	>50	>48,8	1.361,44
12,50	P	28,00	24,70	634,49
20,30	P	>52	>49,4	1.423,10
MÓD. PRESIOMÉTRICO MEDIO.-UNIDAD P (bar)				867,18

Ajuste de datos de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P para establecimiento de un módulo presiométrico representativo.

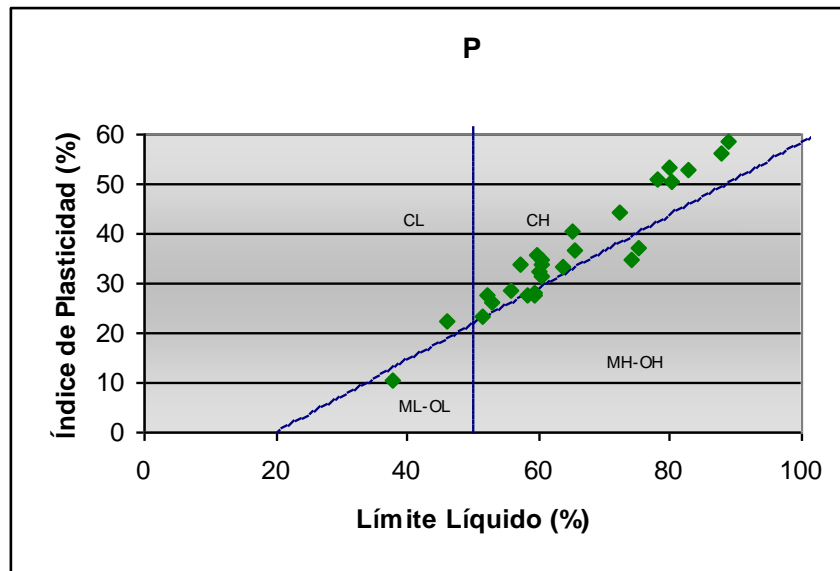


Módulo presiométrico vs. profundidad del ensayo. Unidad P.

De los numerosos datos de ensayos de laboratorio disponibles realizados en estudios antecedentes y los recopilados para el presente Estudio sobre la unidad P, se pueden concluir las siguientes propiedades:

- Según la clasificación de Casagrande los materiales de la unidad P son limos inorgánicos o arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, (la mayor parte de ellos se denominarían según dicha clasificación como CH, el resto MH).
- Por otro lado, todas las muestras presentan elevada plasticidad. Los valores para al límite líquido oscilan entre 89 y 38 %, con un valor medio para del 64%. En

cuanto al índice de plasticidad, se obtienen valores en el intervalo 10-58 %, con una media en torno al 36%. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad Peñuelas (P) disponibles:



Carta de plasticidad. Unidad P.

- La densidad seca obtenida en los ensayos de laboratorio para las muestras de la unidad P, varía entre un máximo de 17,4 KN/m³ y un mínimo de 14 KN/m³, con una media en torno a 15 KN/m³.
- El peso específico de las partículas se ha determinado en 4 muestras, obteniéndose una media de 2,63 g/cm³.
- La humedad natural de las muestras ensayadas oscila entre el 33 y el 17%, con una humedad media en torno al 25%.
- Respecto al contenido en componentes accesorios, se han recopilado los datos referentes a contenido en materia orgánica y contenido en sulfatos solubles. El contenido en materia orgánica varía entre 0,4 y 0,7%, con una media en torno a 0,5%. En cuanto a los sulfatos, es más variable, habiendo muestras exentas y otras que “de visu” presentan algo de yeso visible; si es notorio son PY.
- La resistencia de la peñuela es muy variable, y depende mucho de la humedad natural que presentan, así como del índice de consistencia. Los valores recopilados varían entre 140 y 700 KN/m², como normales, habiendo otros muy

superiores, pero que por infrecuentes no se consideran. La resistencia media característica de la unidad P resulta finalmente 485 KN/m^2 .

- Para definir las características resistentes de la formación P, se ha recopilado información de ensayos triaxiales (CU) y ensayos de corte directo (CU). Las cohesiones efectivas varían entre 135 y 13 KN/m^2 , la cohesión efectiva media se encuentra en torno a 60 KN/m^2 .
- Por otra parte, los ángulos de rozamiento efectivo suelen oscilar entre 12 y 35° , habiendo a veces valores anómalamente altos, de más de 40° . Sin considerar estos valores altos, el ángulo de rozamiento interno medio es de aproximadamente 28° .
- La expansividad de las peñuelas se ha considerado, recopilando datos de ensayos de expansividad Lambe, ensayos de hinchamiento libre y ensayos de determinación de la presión de hinchamiento. La presión de hinchamiento ha aportado en los datos recopilados valores comprendidos entre 30 y 100 KN/m^2 , con una media situada en torno a los 66 KN/m^2 . Por otra parte, los ensayos de expansividad tipo Lambe, tienen índices de hinchamiento variables, desde $0,00$ y cambios potenciales de volumen no críticos, a valores algo superiores. Por último, el hinchamiento libre suele ser inferior al 3% , con una media en torno al 2% valor que habitual de hinchamiento libre de las peñuelas típicas de los suelos de Madrid.

En la tabla siguiente se muestran datos de ensayos de laboratorio recopilados y elaborados sobre muestras de la unidad Peñuelas (P).

Bajo esta denominación se describen arcillas de distintas coloraciones: pardas, marrones y negras, duras a muy duras que presentan mineralización de yeso de carácter secundario, fibroso o pulverulento, bien en vetas subverticales de tamaño centimétrico, bien en forma de pequeños nódulos.

El contenido aproximado de yeso en las arcillas es generalmente inferior al 10%. El aspecto que presentan testigos de sondeo de estos materiales se puede observar en las siguientes fotografías:



Dos fotos de testigos de la PY. En la inferior, el testigo de la derecha, es un detalle de veta de yeso en la formación Peñuelas yesíferas (PY). A la izquierda y foto superior, la formación yesífera (FY).

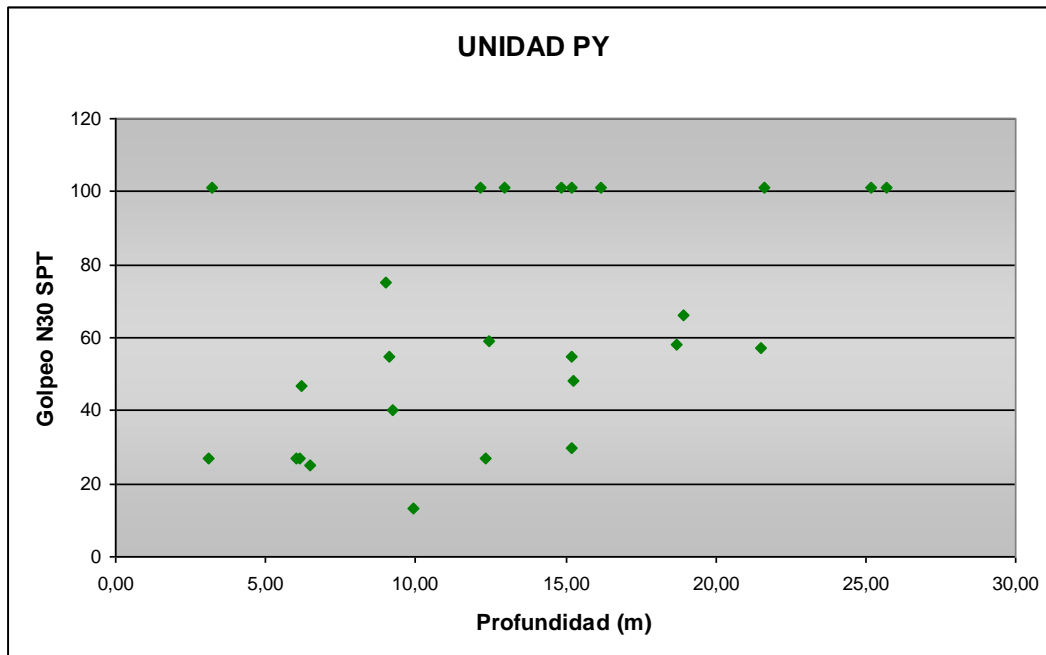
De los datos de ensayos de penetración tipo SPT disponibles de antecedentes, sobre materiales de la unidad PY, los valores representativos son los de la siguiente tabla:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Unidad	Prof. Media (m)	Golpeo			Golpeo N ₃₀
		15	15	15	
PY	15,23	24	24	31	55
PY	18,93	10	18	48	66
PY	9,93	6	6	7	13
PY	12,33	14	13	14	27
PY	14,85	50	--	--	101
PY	18,73	16	23	35	58
PY	25,70	50	--	--	101
PY	21,60	41	50	--	101
PY	6,02	8	12	15	27
PY	21,52	14	22	35	57
PY	15,23	11	18	30	48
PY	6,17	8	16	31	47
PY	9,1	14	23	32	55
PY	15,22	8	13	17	30
PY	12,97	50	--	--	101
PY	16,2	34	42	50	101
PY	3,12	10	13	14	27
PY	6,12	15	11	16	27
PY	9,02	21	30	42	72
PY	12,47	15	28	30	59
PY	3,2	8	20	50	101
PY	6,47	17	8	17	25
PY	9,22	16	19	21	40
PY	12,17	20	50	--	101
PY	15,22	30	50	--	101
MEDIA DEL GOLPEO N ₃₀ PARA LA UNIDAD PY					63

Resumen de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad PY.



N₃₀ SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad PY.

Como puede observarse, el golpeo N₃₀ del ensayo SPT varía entre 13 y 101, con un golpeo medio en torno a 63, algo mayor que el de la unidad P. La heterogeneidad de resultados probablemente se deba a la existencia de mineralización yesífera dispersa o dispuesta de modo no uniforme en el seno de las arcillas.

En este caso también parece existir una relación de proporcionalidad directa entre la resistencia al golpeo y la profundidad a la que se realiza el ensayo.

Al igual que en el caso de las Peñuelas (P), se dispone de datos sobre los materiales de la unidad PY, de ensayos presiométricos. El módulo presiométricos es en esta unidad variable entre 400 y 1.200 bares, con una media en torno a 800 bares como recoge la siguiente tabla:

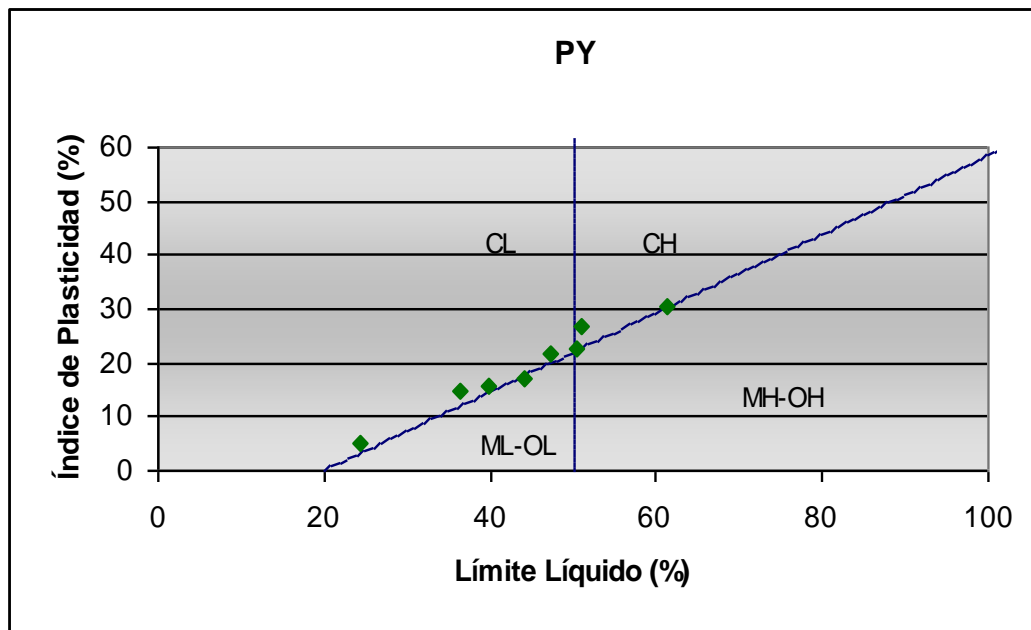


SONDEO	PROFUNDIDAD	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)
ST-4	18,00	PY	>52	>49,2	713,94
ST-12	12,40	PY	>52	>48,7	844,49
ST-13	18,00	PY	21,20	19,90	436,75
ST-15	16,10	PY	>52	>49	1.223,08
MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA UNIDAD PY (bar)					804,57

Resumen de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P.

A partir de los resultados recopilados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se pueden establecer las siguientes propiedades geotécnicas para esta unidad Peñuelas Yesífera (PY):

- Granulométricamente se trata de arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, clasificadas según Casagrande como CL, aunque tres de las muestras han resultado arcillas de alta plasticidad clasificadas como CH.
-
- El límite líquido ha variado entre 8 y 61%, con un LL medio en torno al 44%. En cuanto al índice de plasticidad, los resultados obtenidos han variado entre un máximo del 30% y un mínimo del 5% con una media en torno al 19%, los resultados obtenidos varían entre 19 y 27%, con una media situada en torno al 24%. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad PY ensayadas:



Carta de plasticidad de la unidad PY.

- La humedad natural es variable, pero oscila entre 14 y 27%, a veces condicionado por la profundidad de la muestra tomada. Se puede establecer una humedad natural media del 22%.
- En lo referente a peso específico y densidad seca, se puede establecer que los materiales de la unidad PY tienen una densidad seca media de 17 KN/m³ y un peso específico de 2,6 g/cm³.
- Se han recopilado valores del contenido en materia orgánica, en carbonatos y en sulfatos. El contenido en materia orgánica varía entre 1,44 % de máxima y 0,5% de mínima, con una media en torno al 1%. El contenido en carbonatos es también variable, entorno a un porcentaje de 5,50% en peso. Por último, el contenido en sulfatos solubles da valores tan variables como un porcentaje en yesos del 0% (N.C. no contiene) y un valor del 14% en peso. No es significativo calcular una media característica de la unidad ya que como se ha observado la heterogeneidad del contenido en yeso es notable.
- La resistencia a compresión simple de estos materiales oscila entre 225 y 659, con una media de 442 KN/m².



- Peso aparente: 21 KN/m³
- Cohesión aparente C'=80 KN/m³
- Ángulo de rozamiento ϕ' =30°
- Módulo de deformación: 25.000 t/m²
- Coeficiente de Poisson ν =0,27
- Módulo de balasto K=40.000 – 55.000 t/m³

7.1.7. FY. Formación yesífera

Bajo esta nomenclatura se agrupan arcillas y yesos interestratificados con contenidos mayoritarios de arcilla o yeso variables tanto en la vertical como en la horizontal.

Se identifican en el sector de las tres ERAR, La China, Butarque y Sur, dos tipologías de mineralización, incluidas ambas bajo la denominación de formación yesífera pero distinguidas en la columna tipo adoptada para el presente Estudio.

La primera se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas y yesos masivos o sacaroideos en distintas proporciones, con espaciados centimétricos a métricos. Otra posibilidad es encontrar los cristales de yeso incluidos en una matriz arcillosa con tamaños de cristal centimétricos, siendo siempre predominante la fracción arcillosa.

Para facilitar la diferenciación de estos dos litotipos, se considera el índice de contenido en yesos (I_y %) como la proporción aproximada, diferenciada “de visu”, de yesos en las arcillas.

En la caracterización y descripción geotécnica que se realiza a continuación, en base a todos los datos de la zona recopilados, se han agrupado los materiales en dos subunidades: arcillas con yesos (A+Y) y yesos con arcillas (Y+A), de forma que se puedan asignar unos valores característicos a los materiales de la unidad FY.



La diferenciación entre ambas unidades se ha realizado a partir del índice de yesos, considerándose **arcillas con yesos (A+Y)** los materiales que presentan un índice de yesos (I_y) entre 0 y 50%, y **yesos con arcilla (Y+A)** los materiales con un índice de yesos mayor del 50%. Hay que destacar que, como es de esperar, la variabilidad de resultados en general está relacionada con un mayor o menor contenido de mineralización evaporítica.

Como se puede observar en la columna adoptada, en la mayoría de los casos es posible, dentro de la unidad FY, la discriminación de más tipos de materiales en función del índice de yesos, siendo I_y más fina, habiéndose diferenciado cuatro intervalos: 0-25%, 25-50%, 50-75% y 75-100%.

A continuación se describen las características de cada una de las subunidades diferenciadas dentro de la unidad FY.

1.1.1.11.- A+Y. Arcillas con yeso.

Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negro en las que se observa una baja-media proporción de mineralización de yeso. El yeso se presenta en forma de cristales centimétricos, en forma de niveles pulverulentos de espesor y espaciado milimétrico o en forma de niveles masivos.

El índice de yesos definido en esta unidad suele variar entre el 10 y el 50 % (por encima de un 50% se consideran yesos con arcillas, como se comenta en el epígrafe anterior).

El aspecto que presentan las arcillas con yeso se puede observar en las siguientes fotografías de testigos de sondeos en la zona de las ERAR:



Arcillas con yeso en un sondeo junto a la ERAR Butarque. Se puede observar la microlaminación entre arcillas y yeso pulverulento.



Detalle de mineralización de cristales de yeso en las arcillas grises de la formación yesífera.

Las arcillas con yeso se diferencian de las peñuelas yesíferas por la tipología de mineralización del yeso dentro de las arcillas así como por su abundancia relativa. En el



caso de las arcillas con yeso de la formación yesífera, el yeso es de carácter cristalino, masivo o pulverulento, y se encuentra claramente interestratificado con la arcilla, pudiendo existir una microlaminación con ella cuando es de tipo pulverulento muy llamativa debido al contraste de colores; mientras que las peñuelas yesíferas, como se ha comentado, presentan mineralización únicamente en vetas de yeso fibroso o en pequeños nódulos de yeso pulverulento, aportando asimismo mucha menor proporción que en el caso de los materiales de la unidad FY.

Se han recopilado gran cantidad de datos de ensayos de penetración SPT realizados en sondeos sobre los materiales de esta subunidad geotécnica A+Y en estudios antecedentes o en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID, cuyos valores se resumen en una parte de ellos en la siguiente tabla:

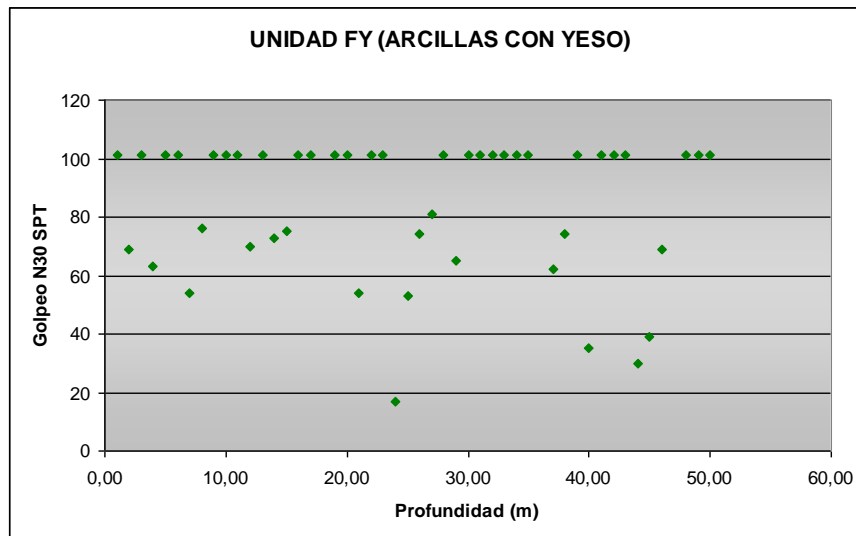
UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
FY A+Y	18,05	50	--	--	101
FY A+Y	18,38	21	30	39	69
FY A+Y	18,13	18	50	--	101
FY A+Y	20,03	14	23	40	63
FY A+Y	21,55	30	41	50	101
FY A+Y	17,73	35	50	--	101
FY A+Y	21,03	18	23	31	54
FY A+Y	18,42	20	33	43	76
FY A+Y	23,05	9	50	--	101
FY A+Y	22,26	50	--	--	101
FY A+Y	25,73	50	--	--	101
FY A+Y	15,32	23	31	39	70
FY A+Y	17,9	42	50	--	101
FY Y+A	15,43	22	33	40	73
FY A+Y	18,23	17	40	35	75
FY A+Y	20,82	39	45	50	101
FY A+Y	22,43	34	50	--	101
FY A+Y	15,30	19	50	--	101
FY A+Y	16,13	19	50	--	101
FY A+Y	12,53	20	50	--	101
FY A+Y	20,23	15	24	30	54
FY A+Y	25,05	50	--	--	101
FY A+Y	28,13	39	50	--	101



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
FY A+Y	13,57	15	3	14	17
FY A+Y	21,72	15	20	33	53
FY A+Y	16,41	23	31	50	81
FY A+Y	42,38	50	--	--	101
FY A+Y	12,1	20	26	39	65
FY A+Y	15,02	42	50	--	101
FY A+Y	17,75	50	--	--	101
FY A+Y	20,8	50	--	--	101
FY A+Y	9,12	30	50	--	101
FY A+Y	12,27	40	50	--	101
FY A+Y	15,27	26	50	--	101
FY A+Y	25,20	50	--	--	R
FY A+Y	6,27	19	23	39	62
FY A+Y	9,52	15	25	49	74
FY A+Y	19,05	50	--	--	101
FY A+Y	6,52	12	15	20	35
FY A+Y	9,97	29	50	--	101
FY A+Y	13,12	38	50	--	101
FY A+Y	19,05	50	--	--	101
FY A+Y	9,42	19	16	14	30
FY A+Y	9,22	11	17	22	39
FY A+Y	6,43	26	38	31	69
FY A+Y	8,37				
FY A+Y	11,3	19	27	50	101
FY A+Y	18,35	50	--	--	101
FY A+Y	18,22	30	50	--	101
MEDIA DEL GOLPEO N ₃₀ SUBUNIDAD A+Y (ARCILLAS CON YESO) DE LA UNIDAD FY					85

Datos de ensayos SPT recopilados de materiales de la unidad FY, arcillas con yeso, subunidad A+Y.



N₃₀ SPT vs. profundidad del ensayo. Arcillas con yeso de la unidad FY.

Es normal que exista dispersión en los resultados de penetración sobre estos materiales, ya que la resistencia de los mismos varía con el contenido en yeso. Los valores de N₃₀ varían de 17 mín. y 101 (rechazo) máx. Por otra parte, se dispone de datos de módulo presiométrico recopilados de ensayos presiométricos sobre la unidad, siguiente tabla:

PROFUNDIDAD	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)
18,30	FY A+Y	--	--	1.233,31
18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48
17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97
25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65
24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96
28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90
22,80	FY A+Y	>54	>51,7	2.196,60
20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06
11,15	FY A+Y	>44	>43	649,04
19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76
23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53
30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25
MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA SUBUNIDAD A+Y (bar)				1.451,71



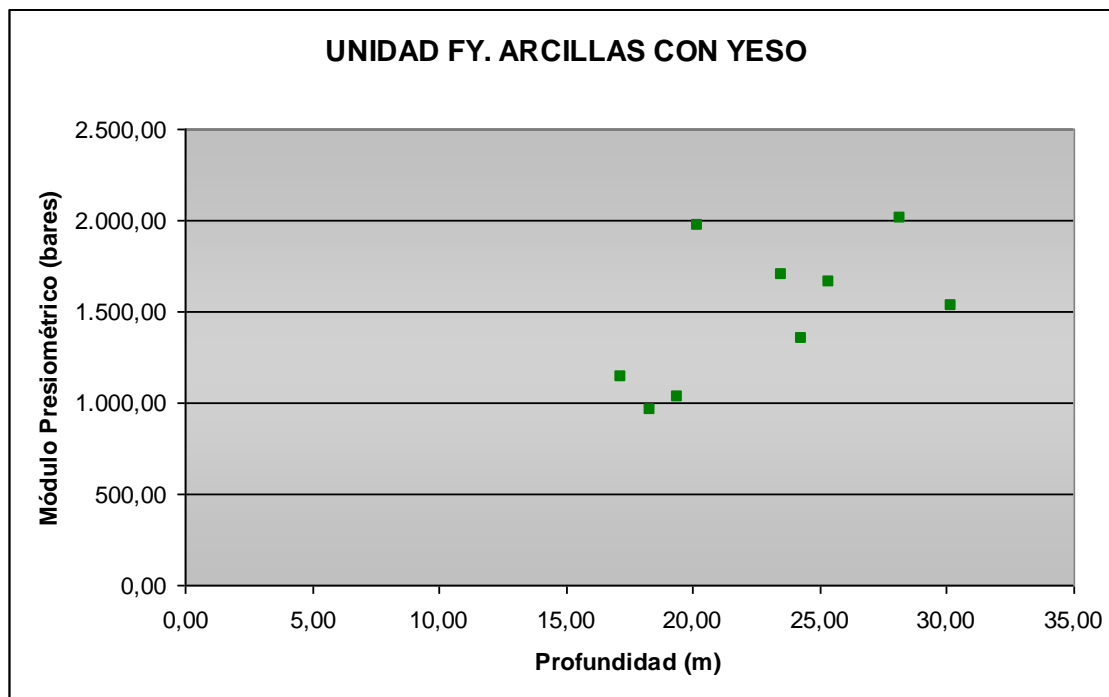
Para poder establecer un módulo presiométrico característico, y con el fin de no desviar la media hacia resultados poco representativos, se han ajustado los datos disponibles eliminando los valores mayor y menor de la tabla anterior.

PROFUNDIDAD	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)
18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48
17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97
25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65
24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96
28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90
20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06
19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76
23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53
30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25
MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA SUBUNIDAD A+Y (bar)				1.482,40

Ajuste de datos de ensayos presiométricos disponibles sobre materiales de la unidad A+Y (FY) para establecimiento de un módulo presiométrico representativo.

De esta manera, se puede hablar de módulos presiométricos variables entre 956 y 2.007 bares, con un módulo presiométrico medio de las arcillas con yeso de la unidad FY, de 1.482 bar, considerablemente mayor que el del resto de las unidades descritas hasta ahora.

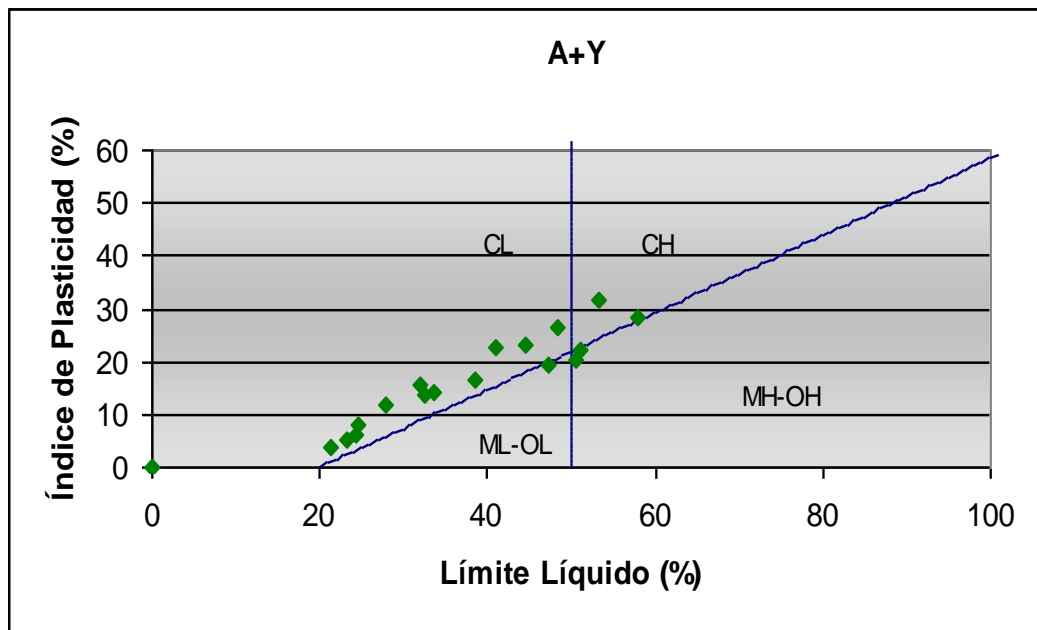
Esto es así al ser la primera formación geológica en la que el yeso, que en sí mismo es un material rocoso, influye en las propiedades propias de suelos y arcillas, aumentando al resistencia del terreno.



Módulo presiométrico vs. profundidad de los datos de ensayos en la zona de las ERAR recopilados.- Unidad FY.- (Arcillas con yeso).

En lo referente a datos geotécnicos procedentes de ensayos de laboratorio, se han recopilado y analizado los siguientes bajo la denominación A+Y de la unidad FY.

- Granulométricamente se clasifican mayoritariamente como arcillas de plasticidad media (CL según Casagrande), aunque en algunas muestra, los resultados de los ensayos de laboratorio han aportado valores que permiten clasificar las muestras como de alta plasticidad (CH o MH).
- El límite líquido obtenido en los ensayos para establecer los límites de Atterberg, ha variado entre 21 y 58%; el límite líquido medio se ha establecido en el 38%. El límite plástico ha oscilado entre el 30 y el 16%, con una media en torno al 21%. Por último, el índice de plasticidad ha variado entre 31 y 4% con una media en torno al 17%. Algunas muestras son han resultado No Plásticas. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad A+Y (FY) ensayadas:



Carta de plasticidad de la subunidad A+Y.

- De las muestra con datos disponibles recopilados del entrono de las ERAR ensayadas para el cálculo de la humedad natural, se derivan valores variables entre el 6 y el 27%, con una humedad natural media en torno al 16%.
- La densidad seca de estos materiales, oscila entre 15 y 20 KN/m³, con una media en torno a 18 KN/m³. El peso específico obtenido de las arcillas con yeso es en torno a 2,63 g/cm³.
- En cuanto a los componentes químicos accesorios, el contenido en materia orgánica, varía entre 1,5 y 0,5% con una media del 1%. Por otra parte, el contenido en sulfatos, oscila entre el 2 y el 41%, dependiendo del contenido en yeso del tramo en cuestión de la formación.
- En cuanto a la resistencia a compresión simple de estos materiales, se han recopilado valores que varían entre 175 y 2.781 KN/m², por lo que la media de la resistencia a compresión simple de estos materiales es de 1.179 KN/m².

- En cuanto a los parámetros resistentes, en base a datos de ensayos triaxiales tipo CU, se puede establecer un ángulo de rozamiento interno medio de 38° y una cohesión de 51 KPa para los materiales de esta unidad.
- Por último, para evaluar la expansividad de los materiales, se ha obtenido datos de ensayos de hinchamiento Lambe, ensayos de determinación de la presión de hinchamiento y ensayos de hinchamiento libre. El ensayo Lambe suele clasificar el cambio potencial de volumen de estos materiales como *No crítico*. En los ensayos de determinación de la presión de hinchamiento se dan valores entre 10 y 80 KN/m² con una media de 33 KN/m². Por último mientras que en los ensayos de hinchamiento libre se asigna habitualmente a es formación un valor medio del 1,5%.
- Para determinar la abrasividad de estos materiales, se ha recopilado información de ensayos de abrasividad Cerchar, obteniéndose un índice de abrasividad medio de 0,1 mm., valor con el cual se puede establecer que se trata de una roca muy poco abrasiva, tal como recoge la tabla a continuación:

ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)	ABRASIVIDAD
> 4,5	Extremadamente Abrasiva
4,5 – 4,25	Altamente Abrasiva
4,25 – 4	Abrasiva
4 – 3,5	Moderadamente Abrasiva
3,5 – 2,5	Abrasividad Media
2,5 – 1,2	Poco Abrasiva
< 1,2	Muy Poco Abrasiva

Relación CAI-Abrasividad.

En la tabla siguiente se recogen y resumen los parámetros obtenidos y recopilados de terrenos presentes en las parcelas y sus inmediaciones de las ERAR de La China, Butarque y Sur. Todos los ensayos de laboratorio reflejados están realizados sobre muestras de arcillas con yeso (A+Y) de la unidad FY.

Cuando la predominancia es de fracción yesífera frente al contenido arcilloso, se describe la unidad como yesos con arcillas (índice de yesos mayor del 50%). Generalmente los yesos son de carácter masivo macrocristalino, raramente fibroso, pudiendo presentar pequeñas zonas de disolución. Presentan un aspecto grisáceo al contener relativamente altos porcentajes de arcillas gris-oscuras en la mayoría de los casos, aunque se trata de materiales “rocosos” como puede observarse en las siguientes fotografías:



Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.



Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.



Fotografía Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.

Puntualmente, en esta unidad se localizan pequeñas zonas de disolución parcial del yeso de tamaño centimétrico, aunque lo normal es que no exista conexión, extensión o haberse detectado continuidad lateral ni en profundidad de las mismas; están embebidas en una potente masa arcillosa que aísla estos niveles de yesos semidisueltos



Detalle de disolución localizada sobre los yesos.

Se ha recopilado y elaborado, sobre ensayos realizados en los materiales de la subunidad geotécnica Y+A, próximos a la ubicación de las ERAR, los datos de ensayos



de penetración SPT que, como era de esperar, en todos los casos y al tratarse de un material pseudorocoso, han dado valores de rechazo, tal y como muestra la siguiente tabla:

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
FY Y+A	21,10	50	--	--	101
FY Y+A	23,64	50	--	--	101
FY Y+A	27,02	23	39	50	101
FY Y+A	15,35	50	--	--	101
FY Y+A	27,23	24	50	--	101
FY Y+A	26,73	50	--	--	101
FY Y+A	30,63	30	50	--	101
FY Y+A	15,05	50	--	--	101
FY Y+A	15,55	50	--	--	101
FY Y+A	18,55	50	--	--	101
FY Y+A	24,85	50	--	--	101
FY Y+A	28,55	50	--	--	101
FY Y+A	31,70	17	25	50	101
FY Y+A	8,93	50	--	--	101
FY Y+A	12,24	50	--	--	101
FY Y+A	21,02	50	--	--	101
FY Y+A	8,6	50	--	--	101
FY Y+A	28,2	50	--	--	101
FY Y+A	33,02	50	--	--	101
FY Y+A	36,02	50	--	--	101
FY Y+A	3,15	50	--	--	101
FY Y+A	21,02	50	--	--	101
FY Y+A	28,55	50	--	--	101
FY Y+A	3,03	50	--	--	101
FY Y+A	3,2	44	17	50	101
FY Y+A	16,2	25	46	50	101
FY Y+A	12,06	50	--	--	101
FY Y+A	15,05	50	--	--	101
FY Y+A	18,05	50	--	--	101
FY Y+A	19,67	50	--	--	101
FY Y+A	11,46	50	--	--	101
FY Y+A	15,84	50	--	--	101



UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N ₃₀
		15	15	15	
FY Y+A	18,06	50	--	--	101
FY Y+A	21,00	50	--	--	101
FY Y+A	12,15	50	--	--	101
FY Y+A	15,27	30	50	--	101
MEDIA GOLPEO N ₃₀ --SUBUNIDAD YESOS CON ARCILLAS (FY)					RECHAZO

Datos de ensayos SPT obtenidos sobre materiales de la unidad FY en la zona de las tres ERAR.- yesos con arcillas, subunidad Y+A.

Por otra parte, se ha recopilado información sobre ensayos presiométricos, cuyos resultados rondan y superan los 4.000 bares de módulo presiométrico. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIMÉTRICO (bar)
30,05	FY Y+A	>52	>50,4	4.465,90
20,00	FY Y+A	>40	>37,5	4.944,64
28,20	FY Y+A	>50	>48,2	3.809,12
MÓD. PRESIOMÉTRICO UNIDAD FY.- YESOS CON ARCILLA (bar)				4.406,55

Resumen datos de ensayos presiométricos sobre materiales de la subunidad Y+A (FY).

De los ensayos de laboratorio presentados anteriormente, y realizados sobre muestras de la subunidad Y+A (unidad geotécnica FY), obtenidas en sondeos ejecutados sobre los terrenos en los que asientan las ERAR de La China, Butarque y Sur, se pueden sacar las siguientes conclusiones:



- Los ensayos granulométricos, de los finos interestratificados con el yeso, los califican como arcillas no plásticas.
- La humedad nat. de las muestras varía entre el 0 y el 10%, con una media del 4%.
- La densidad seca obtenida en los ensayos recopilados varía entre 20 y 26 KN/m³, con una media de 23,6 KN/m³.
- El contenido en sulfatos solubles oscila entre el 28 y el 43% en peso.
- La resistencia a compresión simple de estos materiales varía entre 2.500 y 25.700 KPa., con una resistencia a compresión simple media de 9.400 KPa.
- La abrasividad de estos materiales se estima en función del índice de abrasividad Cerchar y del índice Schymazek. El índice de abrasividad Cerchar, de esta Unidad FY.-Y+A ha sido de 0,1 mm., y el índice Schymazek (F) de 0,0002 kp/cm², calificándose como materiales de muy baja abrasividad, y rozabilidad muy buena, como indica la siguiente tabla, y la comentada anteriormente:

ABRASIVIDAD F (kp/cm)	ROZABILIDAD
0,2-0,3	Muy buena
0,3-0,4	Buena
0,4-0,5	Moderada
0,5-0,6	Regular
0,6-0,8	Mala
0,8-1,0	Muy mala

Relación entre el índice F del ensayo Schymazek y la rozabilidad.

En cuanto a su excavabilidad, de los ensayos geofísicos de la zona, establecen una velocidad de ondas P en estos materiales superior a 2.500 m/s, lo cual clasifica estos materiales como marginales. En la tabla siguiente se recogen todos los datos de ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de la unidad FY (Y+A) tomadas en la zona de ubicación de las ERAR.

Profundidad	Unidad	Densidad seca (KN/m ³)	Hum. Nat. (%)	Lím. Atterberg			Granulometría % que pasa por el tamiz					Clasificaciones			Ensayos Químicos		RCS (tj) KPa	Presión hinchamiento (KPa)	Índice de abrasividad Cerchar (mm)	Índice Schymazek F (kp/cm)
				LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	Casa-grande	Índice de grupo	M.O. (%)	SO ₃ (%)				
26,05-26,50	Y+A	20,3	9,00													20,231	2,781			
24,90-25,25	Y+A	22,1	3,00													39,605	3,145			
26,75-27,05	Y+A	22,3	0,80													43,720	11,780	0		
26,55-27,05	Y+A	26,1	1,10													27,775	10,506		0,1	
32,85-33,25	Y+A	26,6	0,00														25,700			
15,00-15,11	Y+A		10,55	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	95,1	84,1	A-4	CL	0		36,862				
14,95-15,30	Y+A	24,4	3,80													29,318	2,552			

Resumen de datos de laboratorio realizados en muestras de la subunidad Y+A, unidad FY



7.2. RESUMEN: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ZONAS DE LAS ERAR

A partir de todos los datos recabados a partir de ensayos de laboratorio sobre muestras obtenidas en reconocimientos geotécnicos efectuados en el ámbito de las ERAR de la China, Butarque y Sur, se han establecido unas características medias de las unidades geotécnicas diferenciadas.

En determinados parámetros, como puede ser el contenido en sulfatos, o la presión de hinchamiento, los valores han oscilado en rangos amplios. En estos casos se ha considerado poco oportuno estimar una media aritmética de los resultados obtenidos y se ha optado por establecer el rango de variación de los mismos.

Los resultados presentados se han contrastado con los recogidos en la bibliografía técnica, analizando su similitud o varianza. En todos los casos los datos recopilados en los ensayos de laboratorio son similares, o se encuentran en el rango de variación, de los establecidos en la literatura especializada. En la tabla siguiente se recogen las características medias de cada unidad geotécnica.

A efectos de su aplicación a futuros cálculos, se ha optado por asignar al terreno las propiedades geotécnicas utilizadas en distintas obras de infraestructuras, que se localizan del lado de la seguridad y están suficientemente contrastadas, lo que se muestra en la segunda de las dos tablas siguientes.

UNIDADES GEOTÉCNICAS	N ₃₀ SPT	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	Densidad seca (KN/m ³)	Peso específico (g/cm ³)	Hum. Nat. (%)	Límites de Atterberg		Clasificación Casagrande	Ensayos Químicos		RCS (q _u) KPa	Triaxial			Ensayo de hinchamiento Lambe Cambio potencial de volumen	Presión hinchamiento (KPa)	Hinchamiento libre (%)	Excavabilidad	
						LL	IP		M.O. (%)	SO ₃ (%)		Tipo	Φ' (°)	C' (KPa)					
RELLENO ANTRÓPICO .RA.	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
CUATERNARIO ALUVIAL. QAL.	16	--	--	--	16	43	22	SC-SM	0	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO ARENOSO TA	51	--	--	--	11	34	17	SC	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO T	42	--	--	--	19	44	18,5	CL	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
PEÑUELAS. P.	55	867	15	2,63	25	64	36	CH	0,5	0	485	CU	28	60	No crítico	30-100	2	Excavable	
PEÑUELAS YESÍFERAS. PY.	62	804	17	2,60	22	44	19	CL	1	0-14	442	CU	39	83	No crítico	20-160	1,3	Excavable	
FY	ARCILLAS CON YESO (A+Y)	17-R	1.482	18	2,63	16	38	17	CL	1	2-41	1.179	CU	38	51	No crítico	10-80	1,5	Marginal
	YESOS CON ARCILLA (Y+A)	R	4.400	23,6	--	4	--	--	--	--	--	9.400	--	--	--	--	--	--	Marginal

Resumen caract. Geotécnicas medias establecidas a partir datos de ensayos sobre muestras de las distintas Uds. geotécnicas diferenciadas en la zona de las ERAR de la China, Butarque y Sur.

UNIDAD	Peso aparente (t/m ³)	Cohesión C' (t/m ²)	Ángulo de rozamiento interno Φ' (°)	Módulo de deform. (subsidi.) E (t/m ²)	Coefficiente de Poisson v	Módulo de balasto k (t/m ³)	
RA	1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000	
QAL	2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000	
TA	Tosco arenoso	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
	Arena tosquizada	2,05	1,0-1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
T	2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000	
P	2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000	
PY	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000	
FY	A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
	Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

Resumen de propiedades geotécnicas recomendadas para las distintas unidades geotécnicas diferenciadas en el ámbito de las ERAR de La China, Butarque y Sur.



7.3. ESTABILIDAD DE TALUDES

7.3.1. Introducción

Las actuaciones y obras que se deriven realizar en las ERAR de La china, Butarque y Sur, o zonas aledañas de las alternativas propuestas en el marco del presente Estudio, se realizarán, como fase previa, en excavaciones sobre el actual terreno natural o de las parcelas de las ERAR a cielo abierto.

Estas excavaciones afectarán directamente en primera instancia a los niveles superiores de rellenos antrópicos (RA), y cuaternarios aluviales (QAL), de los definidos y descritos en la columna tipo adoptada y presentada en puntos anteriores, y bajo ellos al terciario.

La afección a niveles infradyacentes a los anteriores, de tosco (T), Peñuelas (P) o alguno de los niveles yesíferos (PY, A+Y, Y+A), se definirá en fases posteriores de este estudio.

De esta manera, es necesario establecer de forma aproximada cuáles son los taludes de excavación recomendados en el caso de construcción de nuevos elementos de depuración en las ERAR, establecimiento que se hará en función de las características de los materiales sobre los que se realiza la excavación y las características del vaciado.

En el análisis que se presenta a continuación, de modo orientativo, se considera que el problema es bidimensional, y se estudia una superficie de rotura hipotética de tipología circular que define el sector del posible deslizamiento.

La situación se evalúa a través de las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras y la resistencia de dicha superficie de deslizamiento.

El valor que se obtiene es un factor de seguridad obtenido por comparación de las magnitudes calculadas que tienen a estabilizar o desestabilizar la masa “movilizada”. El procedimiento se repite hasta obtener una superficie “crítica” que proporciona el factor de seguridad mínimo, en base al cual se adopta el talud o se modifica.



La metodología seguida este análisis de estabilidad, que se presenta como previo y orientativo de las condiciones que posiblemente se darán en algunas de las excavaciones a proyectar, es la siguiente:

- Establecimiento de la tipología de excavación
- Asignación de parámetros de cálculo
- Análisis y evaluación de los resultados

Los cálculos se han realizado mediante las aplicaciones informáticas SLOPE/W de GEOSLOPE Software y SLIDE de RocScience, donde se han especificado las características de los materiales a excavar, como densidad seca y parámetros resistentes y distintas secciones de excavación que se reproducen en secciones tipo de las plantas de las ERAR y en las zonas de ubicación de posibles elementos situados en los alrededores de las mismas.

Los programas trabajan con varios métodos entre los que se encuentran los de: Morgensten-Price, Fellenius, Bishop, Jambu simplificado, etc. Parte de una superficie de rotura cilíndrica que divide el terreno en rebanadas tomando distintos centros y radios del círculo de rotura; evalúa de todas las rebanadas la distribución de fuerzas y momentos, en busca del coeficiente de seguridad menor. El resultado es la caracterización del círculo de rotura que aporta el menor coeficiente de seguridad, al ser el más inestable. En la salida gráfica que aporta el software se indica el círculo de rotura pésimo, la malla de cálculo (cada nudo es el centro de un círculo de rotura analizado) y el factor de seguridad obtenido.

En algunos casos el mínimo factor de seguridad que aporta el programa, se limita a pequeños círculos de rotura superficiales de escasa entidad. En esos casos, dado que esta situación obviamente no es un síntoma de inestabilidad global de la excavación, se ha buscado el factor de seguridad que posee un círculo de rotura de mayor entidad, a pesar de que sea claramente mayor que el resultado mínimo aportado por la aplicación informática. Por esta razón, antes de considerar un resultado como válido, ha sido analizado críticamente con el fin de establecer si el resultado es razonable.



7.3.2. Asignación de parámetros y modelización del talud

Las excavaciones se realizarán sobre los materiales de las unidades: RA, QAL, TA, T, P, PY y FY. De forma simplificada, para el análisis de estabilidad se han agrupado estas siete unidades en dos: materiales cuaternarios y materiales terciarios ya que las características de las unidades RA y QAL son similares, al igual que los son las de las unidades TA, T, P, PY y FY.

Los parámetros a emplear en el cálculo de estabilidad son los siguientes, justificados en epígrafes anteriores. De todos los valores asignados a cada una de las unidades terciarias, se ha asignado a la unidad de cálculo de estabilidad correspondiente al terciario, de forma conservadora, con los valores menores.

UNIDAD	Peso aparente (KN/m³)	Cohesión C' (KN/m²)	Ángulo de rozamiento interno Φ'(°)
RA	18	0	28
QAL	20	0	32
P, PY, FY	20	55	28
TA, T	20,5	15	30

Propiedades geotécnicas utilizadas en el análisis de estabilidad.

Como ya se ha comentado, los materiales cuaternarios engloban las unidades RA y QAL, mientras que los terciarios engloban los materiales de las unidades T, TA, P, PY y FY (tanto A+Y como Y+A).

La modelización del talud se ha realizado analizando tanto el perfil geotécnico longitudinal como los perfiles geotécnicos transversales estableciendo los espesores máximos de materiales cuaternarios así como la localización del contacto entre cuaternarios y terciarios.

Para las excavaciones a cielo abierto correspondientes a elementos de las ERAR, se ha comenzado por considerar una sección tipo combinada, estableciendo un talud con

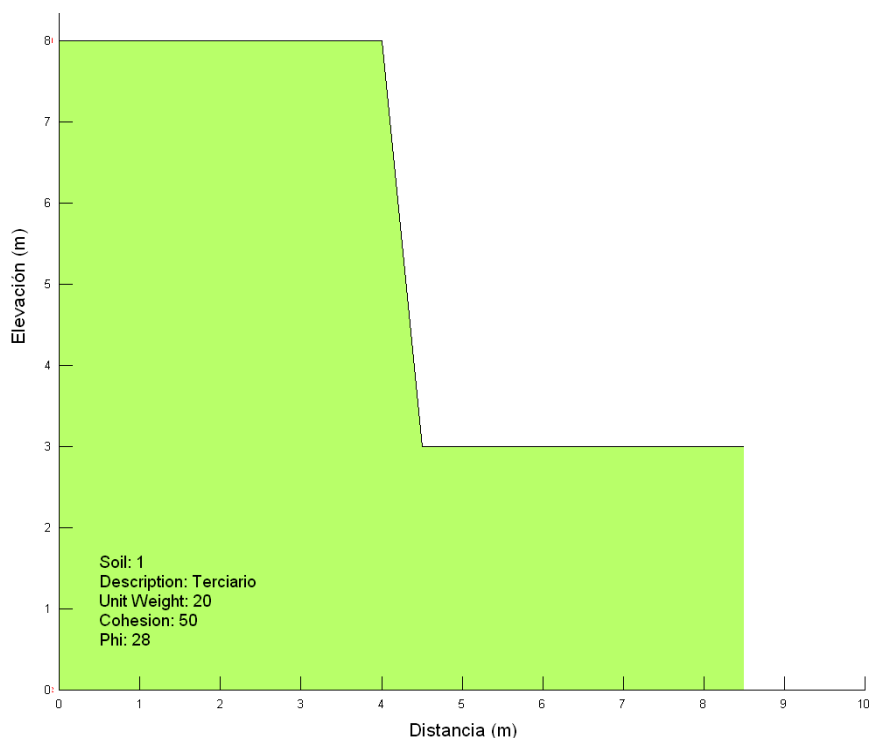


inclinación 1H:5V en los 2,5 m más profundos excavados siempre en materiales terciarios (lo que habrá que afinar una vez definidas las actuaciones en las ERAR); a continuación existe una berma de 5 m de anchura y el resto del talud se ha diseñado con inclinación 2H:1V independientemente de los materiales que conformen la cara del talud (terciarios o cuaternarios, posiblemente éstos segundos).

En el análisis de estabilidad se han evaluado distintos casos que han servido de base para realizar un análisis crítico acerca de cada una de las situaciones que se pueden reproducir en las excavaciones a efectuar en las ERAR.

Los casos hipotéticos considerados y estudiados, en cuanto a la estabilidad de los posibles taludes de excavación a realizar, son los que se enuncian a continuación:

1. **CASO -1.-** Talud de 2,50 m de altura, excavado completamente sobre el sustrato terciario con inclinación 1H:5V. Este caso estudiará la estabilidad de los 2,50 m más profundos a lo largo del tramo.

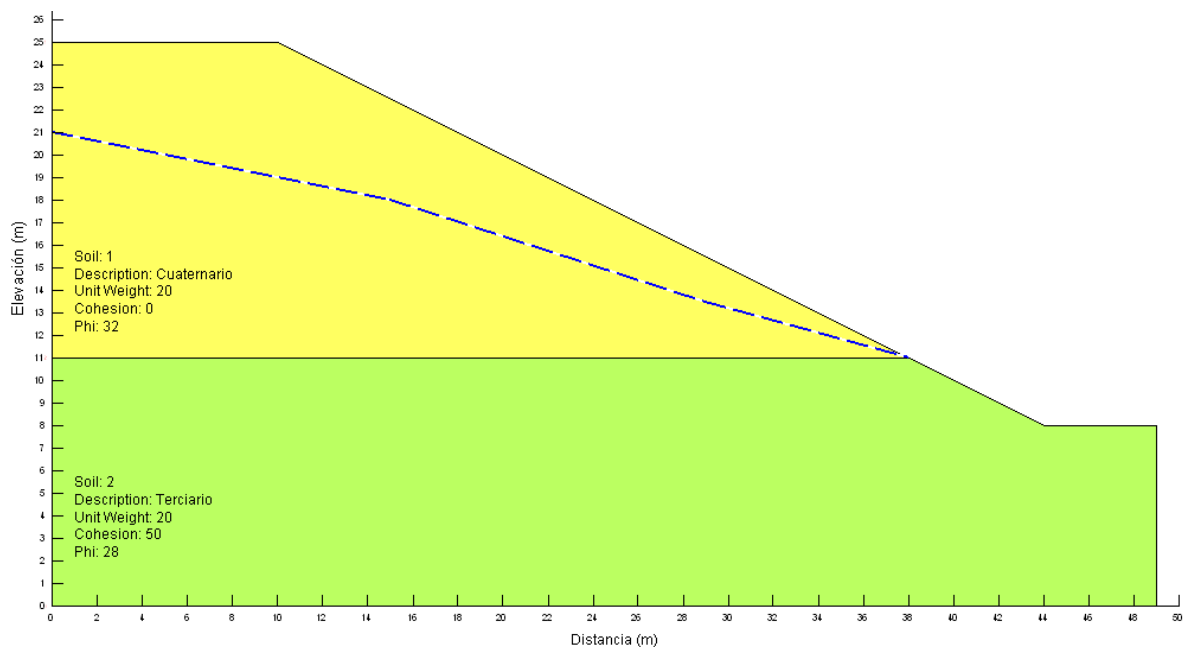


Modelo del caso 1.

2. **CASO- 2.-** Talud de 17 m de altura excavado sobre materiales cuaternarios y terciarios, con inclinación 2H:1V. La profundidad del contacto cuaternario-terciario se ha establecido a partir del perfil geotécnico en el que se ha buscado el espesor

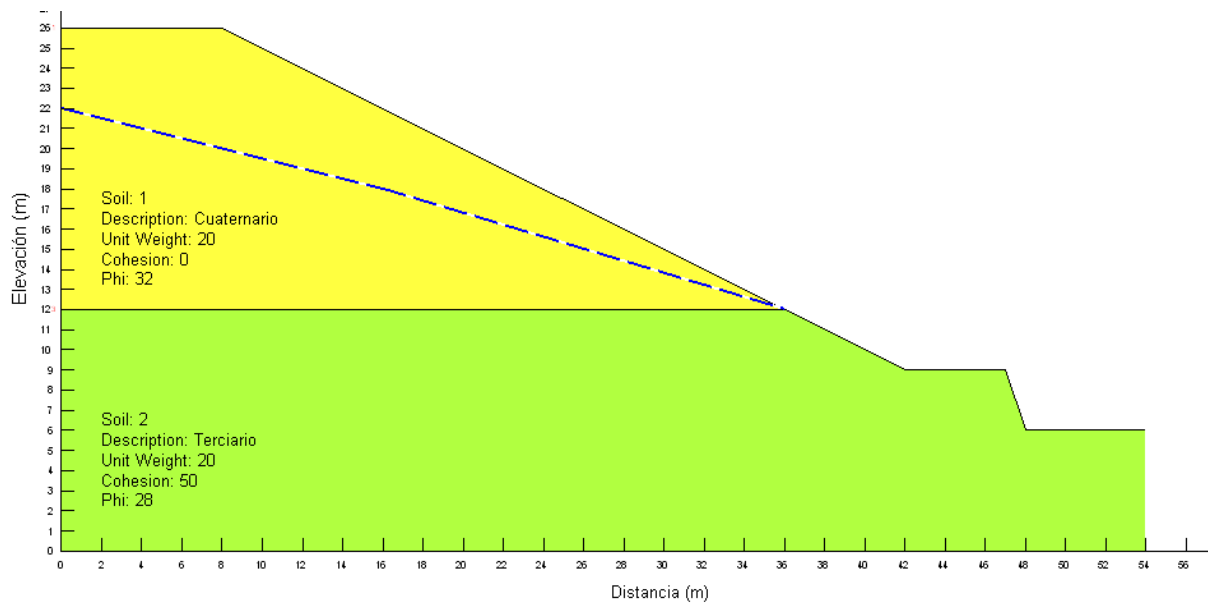
máximo de materiales cuaternarios de manera que la mayor parte del talud sea excavado sobre materiales más desfavorables.

Este contacto se ha establecido en 14 m a partir de la superficie. El resultado es un talud mixto con 14 m de materiales cuaternarios y 6 m de materiales terciarios todos ellos excavados con un talud 2H:1V. Adicionalmente se ha añadido la situación del nivel freático establecida a partir de los resultados obtenidos durante la ejecución de la campaña geotécnica.



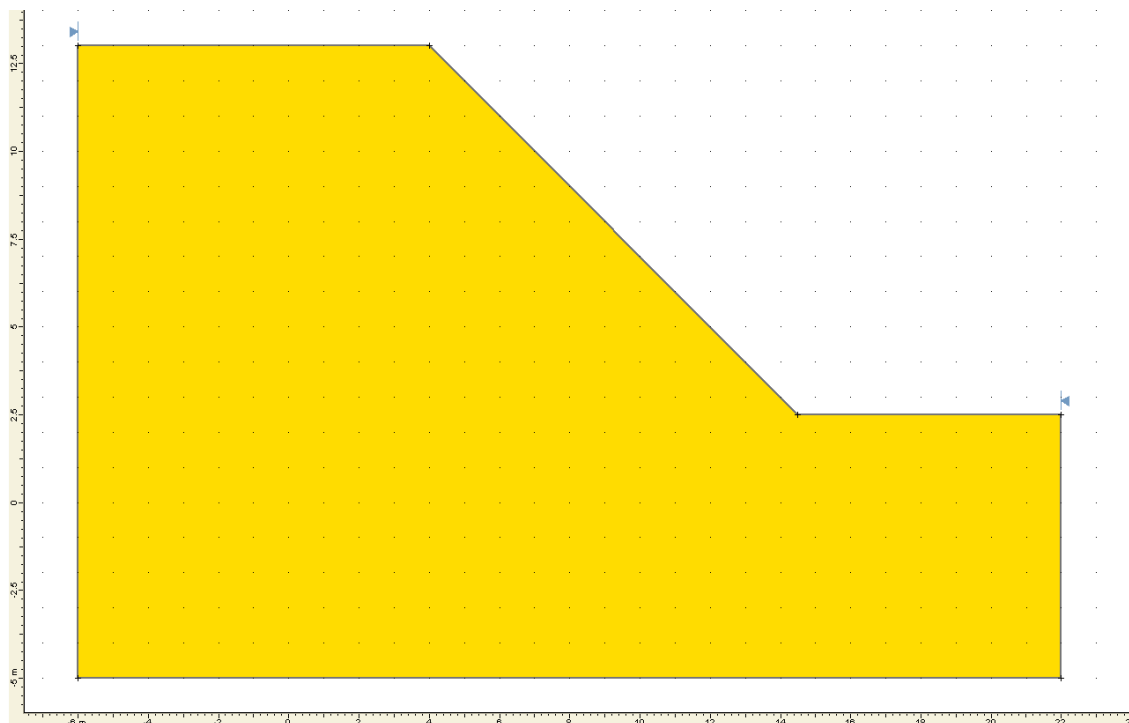
Modelo del caso 2.

- CASO-3.-** Análisis final. Se ha modelizado, por último, un talud idéntico al de la sección tipo en el que se representa el funcionamiento del sistema en conjunto.



Modelo del caso 3.

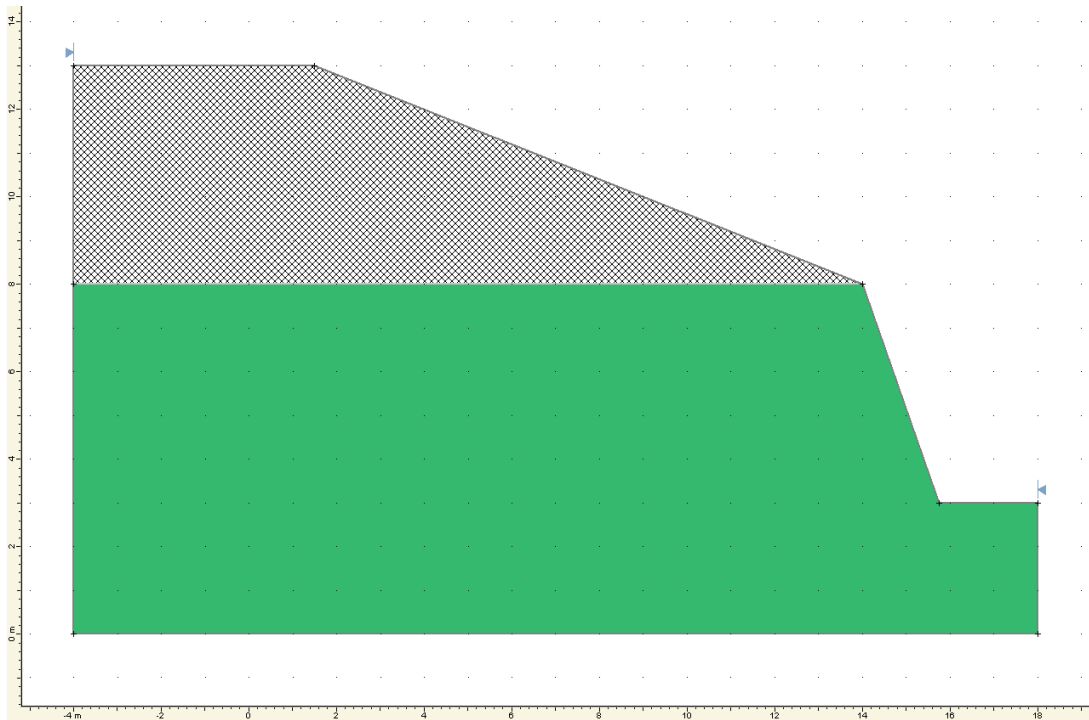
4. **CASO-4.-** Talud de 10,5 metros de altura excavado en terrenos de las unidades T y TA, con inclinación 1H:1V.



Modelo del caso 4.

5. **CASO-5.-** Talud de 10,5 metros de altura excavado en la parte superior sobre rellenos antrópicos (RA), con inclinación 2,5H:1V, y en terrenos terciarios (P), al

1H:2V en su parte inferior. Se obtiene un talud mixto con 5 m de rellenos antrópicos y 5,5 de terrenos terciarios.



Modelo del caso 5.

Con el análisis de los casos mencionados, se puede evaluar la estabilidad de cualquier caso intermedio que se pueda reproducir en cualquier excavación que se realice en las parcelas de la ERAR y zona limítrofes, una vez definidas la actuaciones.

Todo ello considerando, que cualquier talud de menor altura, y similares características, aportaría un factor de seguridad mayor que el obtenido en el caso de análisis presentado, y que cuanto menor sea el espesor de materiales cuaternarios, mayor será el factor de seguridad, puesto que aumentará la proporción relativa de materiales de mejores propiedades resistentes (terciarios en general), frente a los más desfavorables (cuaternarios), como se ha puesto de manifiesto en puntos de descripciones geotécnicas previas

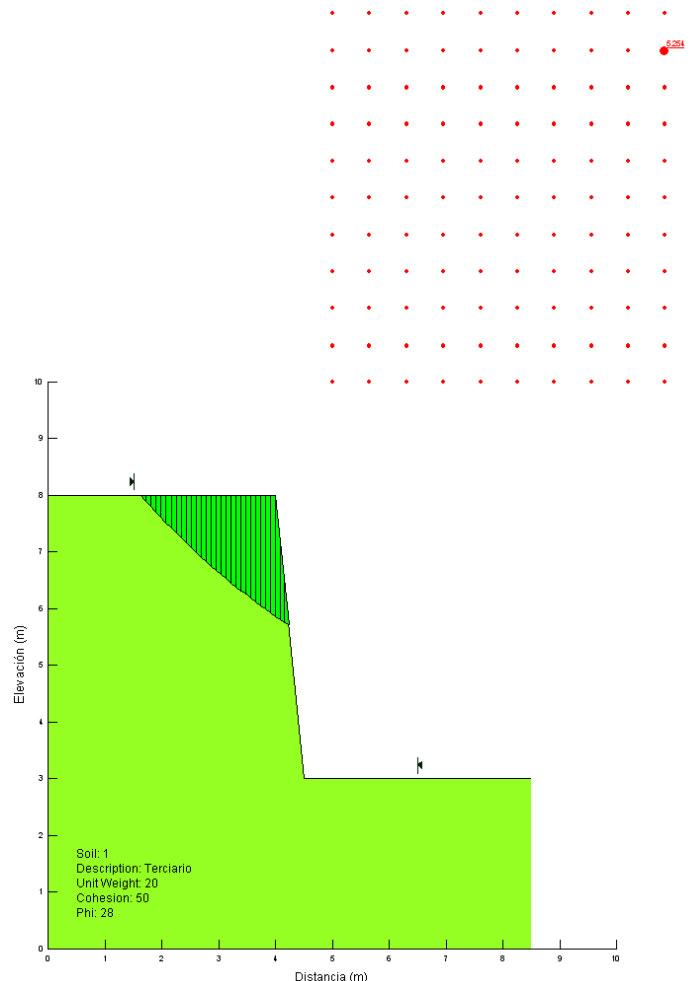
7.3.3. Resultados del análisis sobre los taludes considerados



Los taludes de excavación son taludes temporales, para los cuales es práctica habitual admitir factores de seguridad menores de lo habitual. Se adoptará como factor de seguridad mínimo admisible un factor de 1,2.

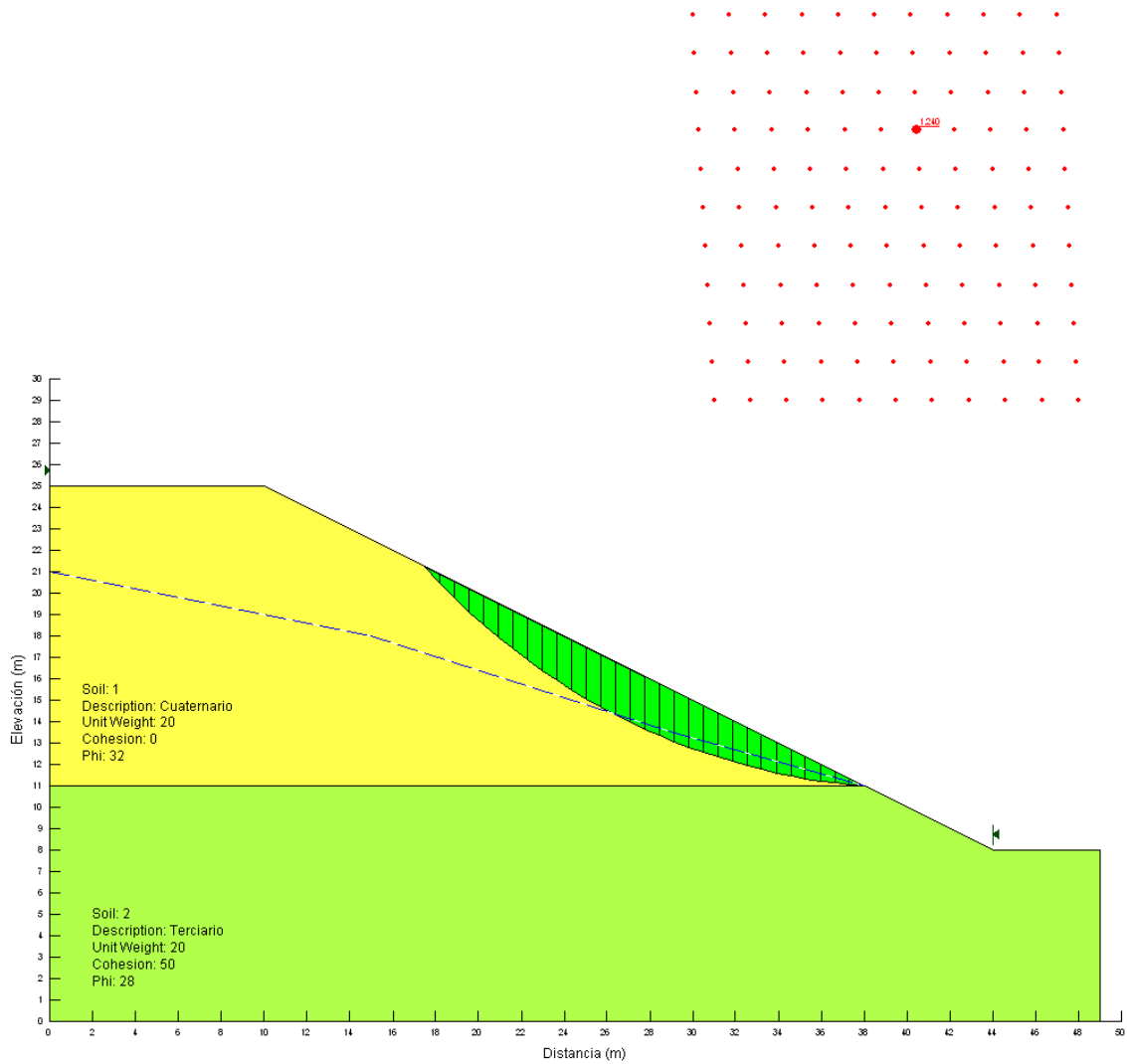
Los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad de los tres casos calculados se comentan a continuación:

- **CASO 1.-** El mínimo factor de seguridad obtenido en esta situación es de 5,254, por lo que el talud resultará estable en cualquier condición, como era de esperar en este tipo de materiales pseudorocosos.



Círculo de rotura pésimo. Caso 1. F.S. 5,254.

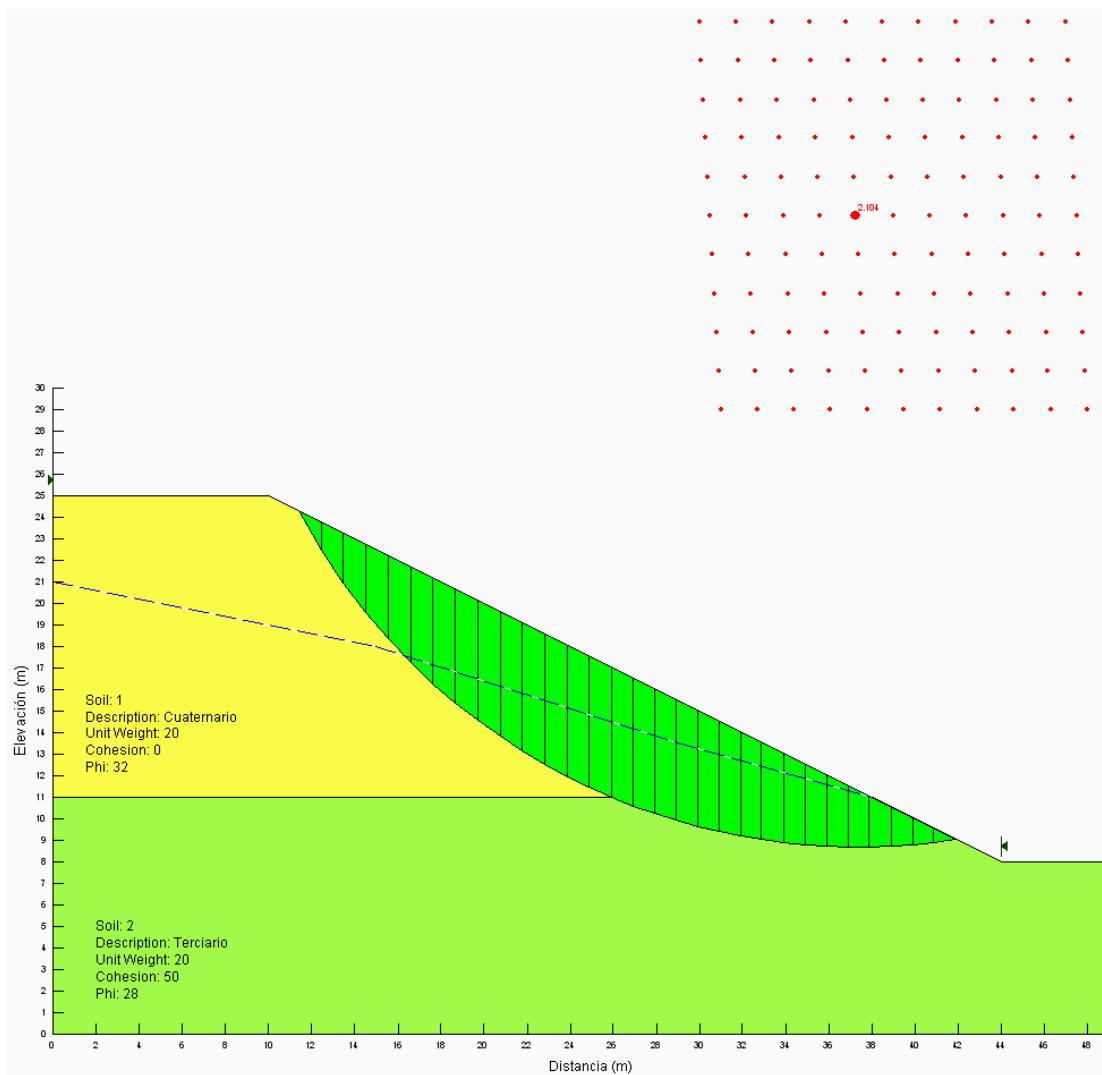
- **CASO 2.** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,240.



**Círculo de rotura pésimo en materiales cuaternarios. Caso 2.
F.S. 1,240.**

Como se puede ver, el círculo de rotura se centra en los materiales cuaternarios, de peores características que el terciario infrayacente.

Para tener una idea completa del análisis, se ha forzado al círculo de rotura a englobar materiales terciarios obteniéndose factores de seguridad en todos los casos mayores a 1,9 como muestra la figura 23.



Círculo de rotura en materiales cuaternarios y terciarios. Caso 2.

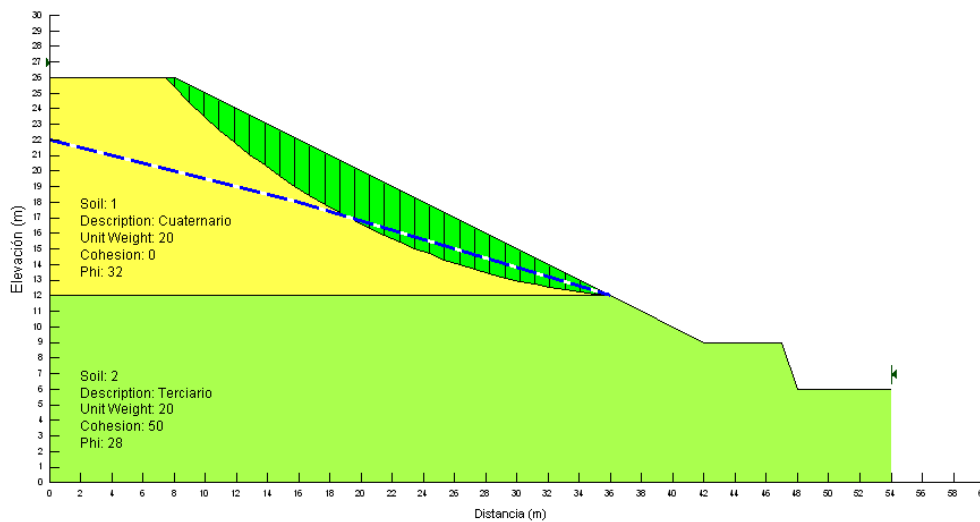
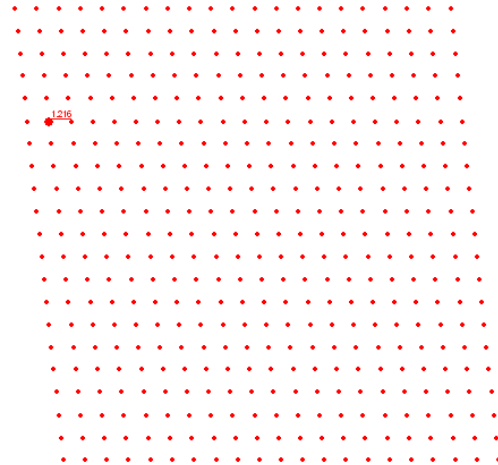
F.S. 2,104.

- **CASO 3..** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,216 que, al igual que en el caso anterior, se corresponde con un círculo de rotura localizado únicamente sobre el cuaternario superior.

Para evaluar la estabilidad global del sistema, se ha analizado el factor de seguridad que se obtiene para un círculo de rotura de la suficiente entidad como

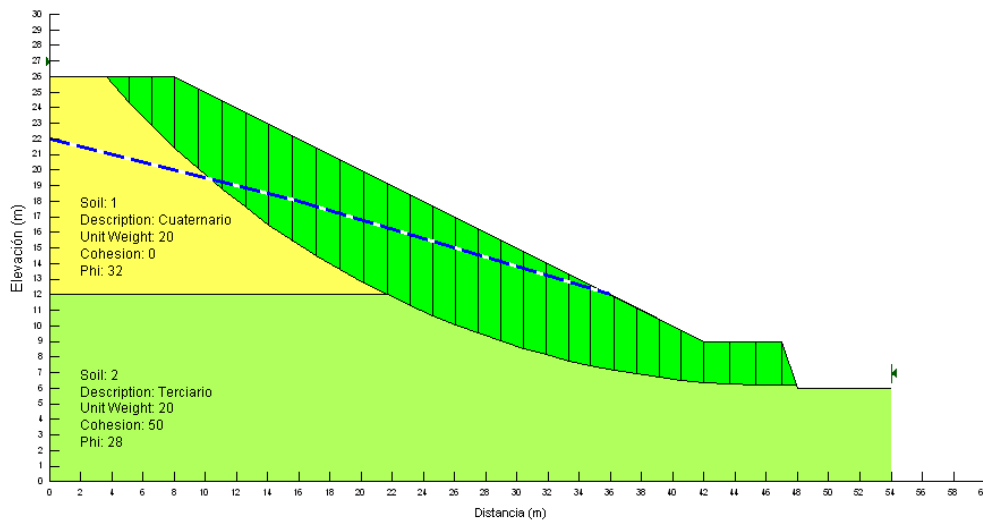
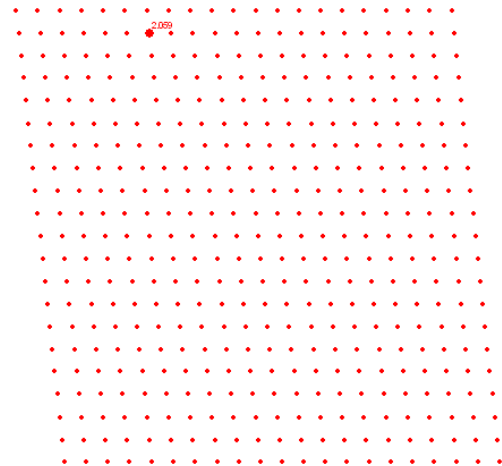


para englobar materiales, tanto terciarios, como cuaternarios, obteniéndose factores de seguridad en torno a 2,0 (figura siguiente).



Círculo de rotura. Caso 3.

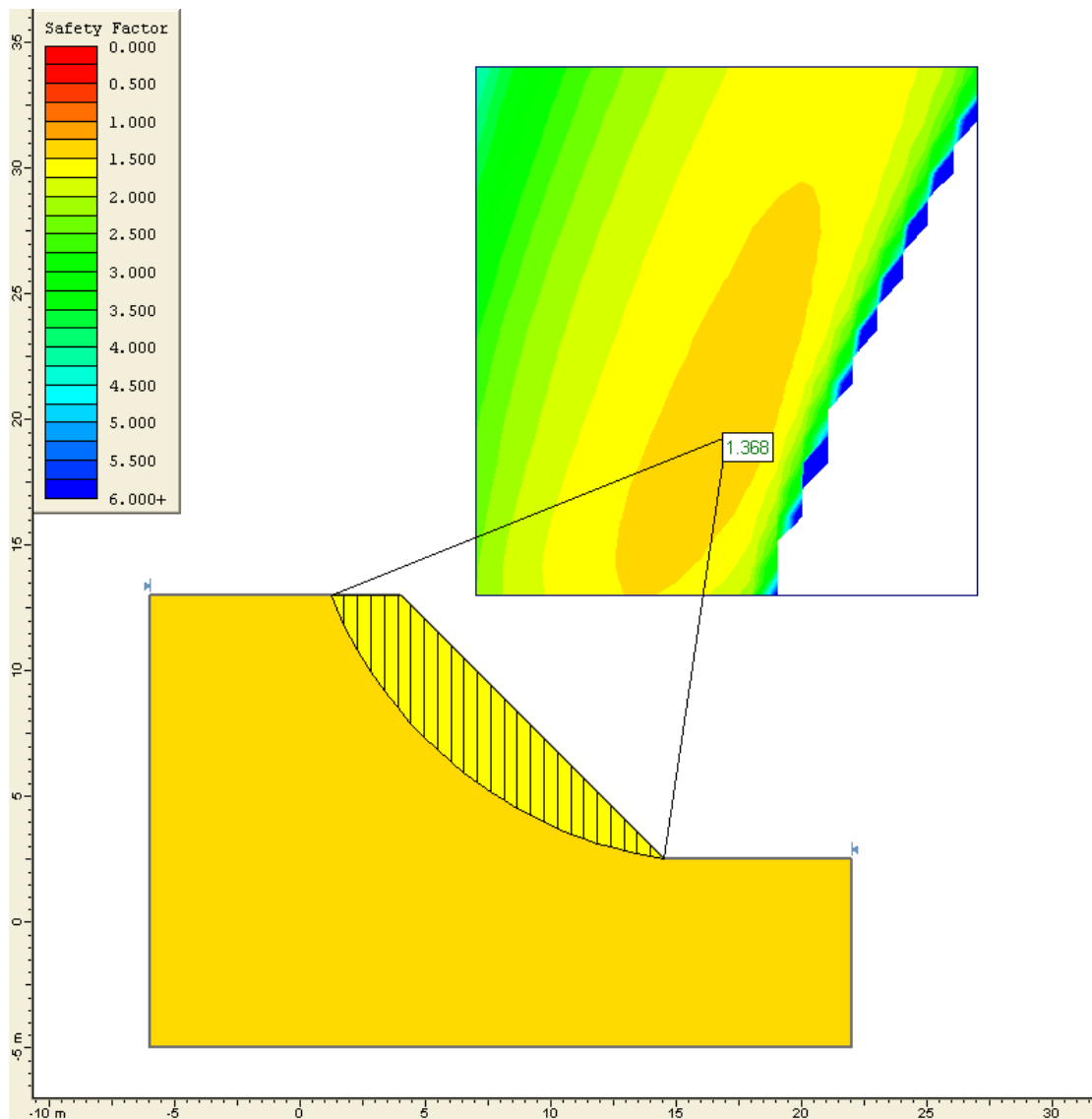
F.S. 1,246.



Círculo de rotura. Caso 3.

F.S. 2,004.

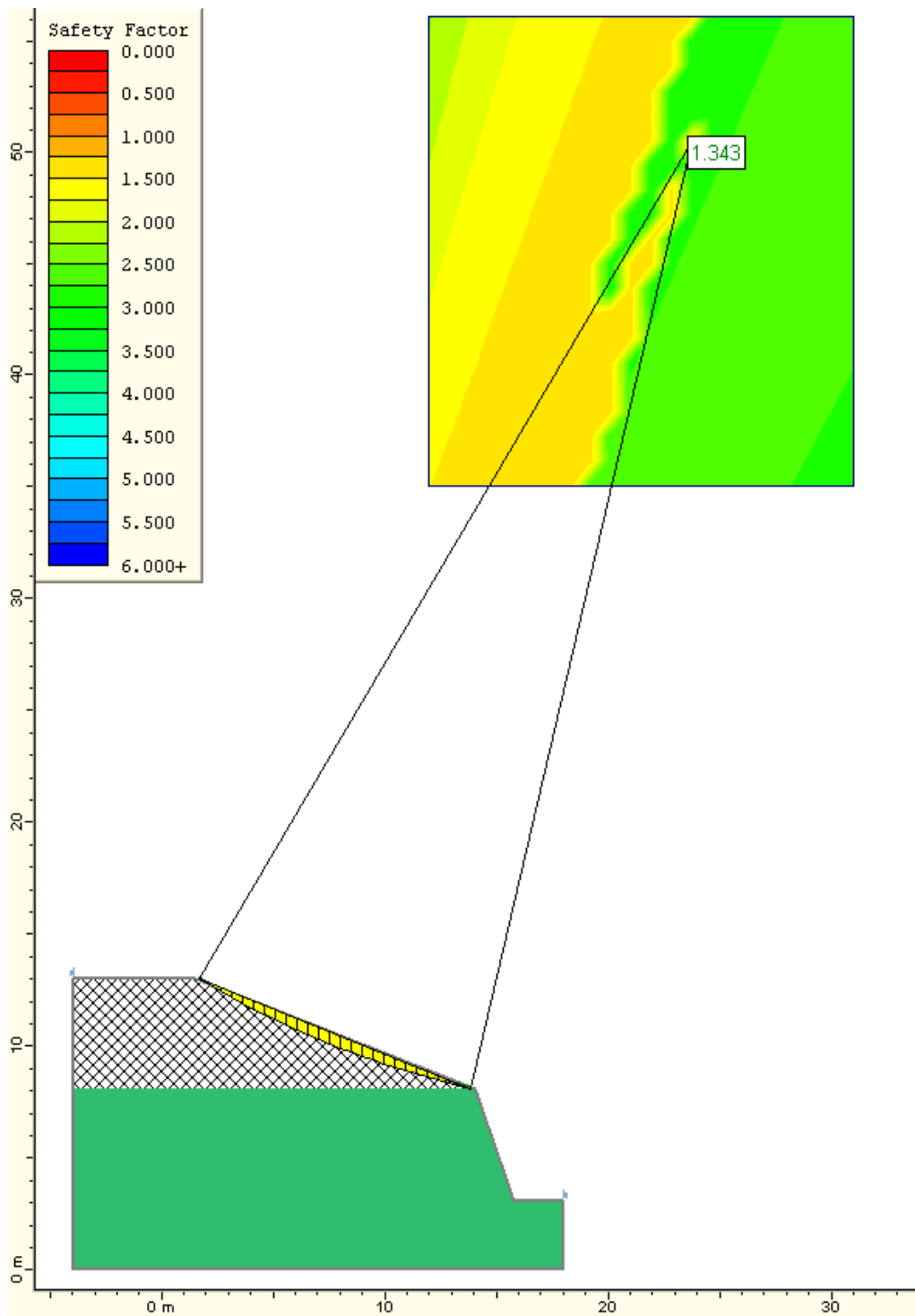
- **CASO 4.-** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,368.



Círculo de rotura. Caso 4.

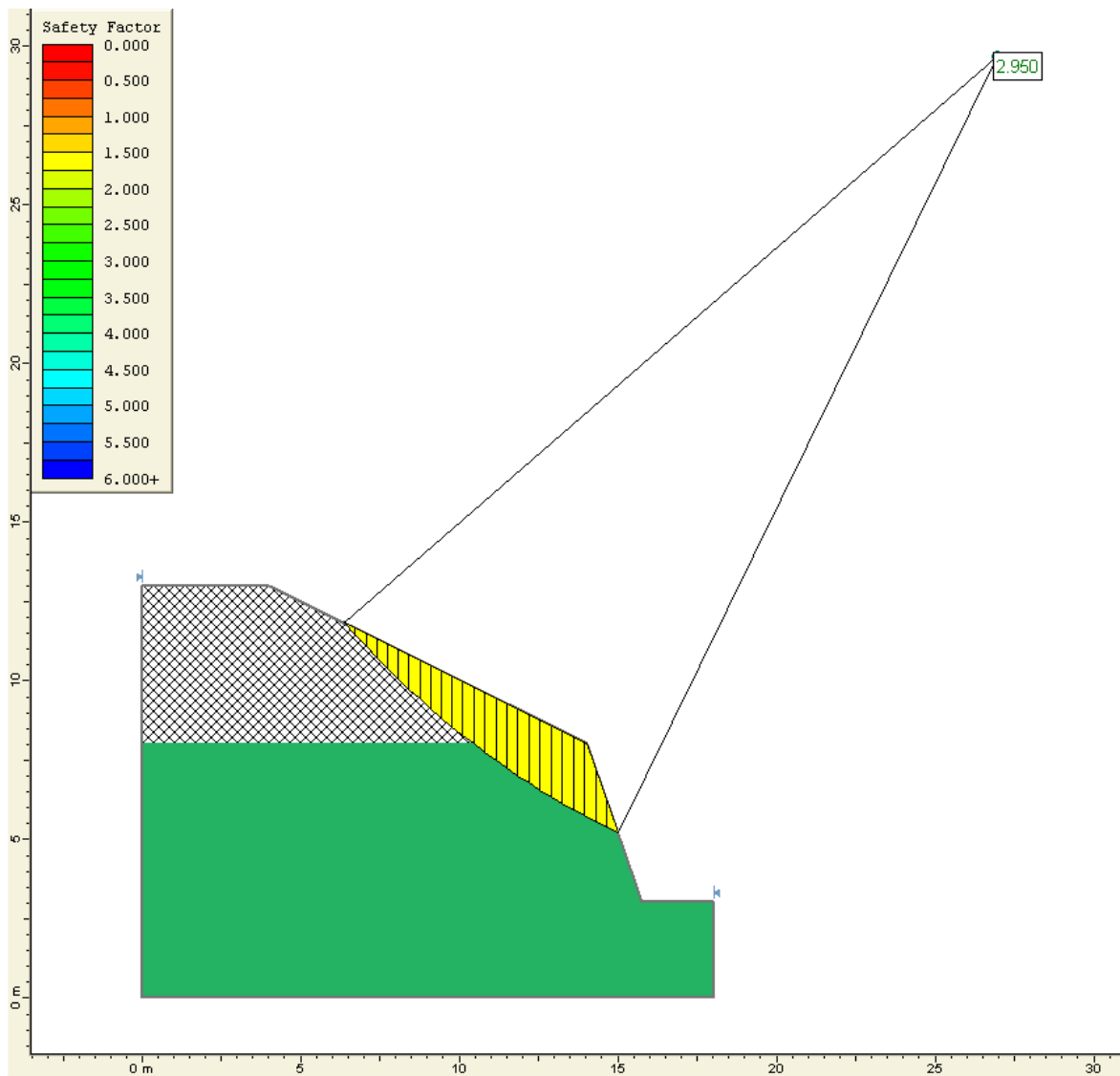
F.S. 1,368.

- CASO 5.-** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,343. Para evaluar la estabilidad global del sistema se ha analizado el factor de seguridad que se obtiene para un círculo de rotura de la suficiente entidad como para englobar materiales tanto terciarios como cuaternarios, obteniéndose factores de seguridad en torno a 3,0 (figura siguiente).



Círculo de rotura. Caso 5.

F.S. 1,343.



Círculo de rotura. Caso 5.

F.S. 2,950.

7.3.4. Resumen y conclusiones del estudio de estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad se ha realizado a partir de la sección tipo, hipotética en principio, y a definir o confirmar con posterioridad, diseñada para las posibles excavaciones de los nuevos elementos a construir en las ERAR de la China, Butarque y Sur.



Para ello se han modelizado cinco situaciones, dos de ellas ampliadas como modificación de seguridad de las inicialmente consideradas, que permitan evaluar la estabilidad del sistema en distintas condiciones de disposición geotécnica de los materiales afectados en las ERAR o zonas aledañas.

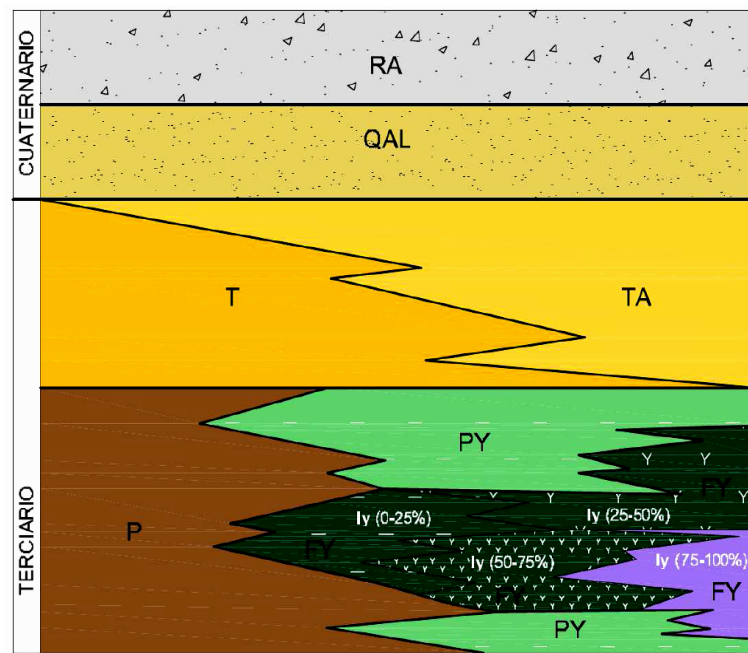
En la siguiente tabla se resumen los factores de seguridad obtenidos en cada caso de análisis considerado:

CASO ESTUDIADO	CARACTERÍSTICAS DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
	H	TALUD	MODELO DE MATERIALES DE EXCAVACIÓN	
CASO 1	2,50 m	1H:5V	Terciario (P)	5,254
CASO 2	17 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,240-2,104
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 3	20 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,246-2,004
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
		1H:5V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 4	10,5 m	1H:1V	10,5 m sobre terciario (T)	1,368
CASO 5	10,5 m	2,5H:1V	5 m sobre RA	1,343-2,950
		1H:2V	5,5 m sobre terciario (P)	

Resumen de los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad

8. RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Los elementos a modificar, o a ejecutar como obra nueva, en las parcelas de las ERAR de la China, Butarque y Sur y sus zonas aledañas, se ejecutarán en primera instancia sobre materiales superficiales pertenecientes a los niveles superiores de la columna tipo definida y adoptada para la zona, encuadrables como rellenos antrópicos (RA) y aluviales cuaternarios (QAL), que son los aflorantes en la zona.



RA	Relleno antrópico residuo de construcción, arena con cantos y escombros.
QAL	Cuaternario aluvial, arcillas arenosas o arenas finas con cantos de origen aluvial.
TA	Arenas arcillosas marrones duras a arcillas con bastante arena marrones muy densas. Formación Tosco Arenoso/Arena Tosquiza.
T	Arcillas de color ocre duras o muy duras. Formación Tosco.
P	Arcillas marrón-rojizas o gris-verdosas duras o muy duras. Sin yeso. Formación Peñuelas .
PY	Arcillas grises, raramente marrones con indicios de yeso pulverulento o mineralización de yeso fibroso en vetas subhorizontales o verticales de espesor centimétrico. Formación peñuelas con yeso.
FY	Interestratificado de arcillas grisáceas y yeso fibroso pulverulento o masivo. La predominancia de arcilla frente a yeso o viceversa es variable. Formación yesífera. Iy= índice de yesos. % estimado "de visu" de yesos frente a las arcillas.

Bajo ellos se ubican a diferente cota, los materiales terciarios, que en este sector, sobre todo en La China Y Butarque son predominantemente de la unidad de Peñuelas (P) y



Peñuelas con yesos (PY), y en la zona de la ERAR Sur, los materiales subyacentes a rellenos, y sobre todo los aluviales de llanura de inundación aflorantes, son la Fm. Yesífera (FY), visible en todo el escarpe Norte de la planta.

En general los materiales pertenecientes a las formaciones arcilloso-arenosas del Tosco (T y TA) son menos potentes o inexistentes, y están más acunadas, en esta zona sur del cauce del Manzanares, que en zonas más al Norte de la cuenca, o de la propia ciudad de Madrid. En algunos casos documentados en las zonas de implantación de las ERAR los rellenos antrópicos y los cuaternarios aluviales descansan directamente sobre las formaciones yesíferas.

La cimentación de los diferentes elementos de las ERAR se hará sobre materiales cuaternarios de origen aluvial (QAL) o sobre sustrato terciario, más concretamente, y preferentemente, sobre la formación yesífera (FY), tanto sobre la subunidad de arcillas con yeso (A+Y, con proporciones del índice de yesos entre 0-50%), como sobre la subunidad yesos con arcilla (Y+A, con proporciones del índice de yesos superiores al 50% de yesos). La formación FY, representada por yesos masivos al 75-100% aflora en algunos puntos como alto del sustrato, por ejemplo en los taludes del cerramiento de la ERAR de La China o en los relieves presentes al Norte de la ERAR Sur. En general no se afecta directamente en las ERAR, aunque es subyacente a los Cuaternarios, Rellenos y las Subunidades de interestratificados de arcillas y yesos.

El detalle exacto de la columna de cimentación en cada planta se representará en perfiles geológico-geotécnicos locales de cada planta una vez se elabore por completo toda la información geotécnica disponible en la siguiente fase del presente Estudio.

A nivel previo, y para cualquier efecto o cálculo, los datos que se presentan a continuación, correspondientes a las características geotécnicas básicas de los materiales que integran la columna geológico-geotécnica adoptada, son los que se recomienda considerar. Ellos se basan en gran cantidad de datos disponibles antecedentes y han sido contrastados con los parámetros geotécnicos adoptados y considerados para cada nivel en grandes obras de infraestructuras construidas en la comunidad de Madrid y zonas próximas a las ERAR:

UNIDAD		Peso Esp. aparente (t/m ³)	Cohesión C' (t/m ²)	Ángulo de rozmt. interno Φ' (°)	Módulo de deform. (subsid.) E (t/m ²)	Coef. de Poisson ν	Módulo de balasto k (t/m ³)
RA		1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000
QAL		2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000
TA	Tosco arenoso	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
	Arena tosquiza	2,05	1,0-1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
T		2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000
P		2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000
PY		2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
FY	A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
	Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

Resumen de propiedades geotécnicas aplicables para los horizontes de cimentación de los elementos de las ERAR a definir.

Como se expone en apartados previos. la posible tipología de las excavaciones a realizar depende en detalle de los perfiles finalmente realizados y los elementos u obras a considerar.

En principio se han estudiado cinco casos de tipologías de excavación que son aplicables a las circunstancias que se deriven del proyecto.

En el caso de afectar a materiales terciarios, se ha diseñado desde el fondo de excavación a superficie: un talud de inclinación 1H:5V los 2,5 m más profundos excavados (la altura que garantice que siempre se está en dichos materiales terciarios); a continuación existe una berma de 5 m de anchura, y el resto del talud se ha diseñado con



inclinación 2H:1V, independientemente de los materiales que conformen la cara del talud (terciarios o cuaternarios).

La estabilidad de dichos taludes temporales ha quedado en todos los casos asegurada, pudiendo considerar estable cualquier situación que pudiera producirse, si se aplican los taludes corregidos, como se observa en el resto de los casos considerados, incluyendo los que involucran a materiales de rellenos antrópicos, que son los que presentan las peores condiciones geotécnicas. Condiciones locales o futuras distintas a las previstas deberán ser estudiadas en detalle en fases posteriores de este Estudio.

Como relleno de zanjas o excavaciones se propone la reutilización de los materiales cuaternarios, tanto aluviales como antrópicos, de carácter mayoritariamente granular, siempre que cumplan con lo prescrito normativamente en cuanto a parámetros geotécnicos de compactación, resistencia y deformabilidad del terreno para rellenos o terraplenes. En casos concretos a definir, se podrá rellenar localmente con materiales de las unidades terciarias, preferentemente las de Tosco, si se excavan, y siempre que cumplan, como el resto, con lo prescrito normativamente en cuanto a parámetros geotécnicos de compactación, resistencia y deformabilidad del terreno para rellenos o terraplenes.

La definición exacta de la diferente capacidad portante del terreno en cada una de las parcelas de las ERAR o aledañas se deriva de la reinterpretación de todos los ensayos de resistencia del terreno disponibles, tanto los realizados en sondeos SPT, como los penetrómetros, (tipo Borros y DPSH).

Una vez definido el esquema hidráulico propuesto y adoptado, al igual que los nuevos elementos a construir, y su disposición en las ERAR, la superposición de perfiles geológicos, con los correspondientes parámetros geotécnicos asignados a cada nivel presente, a las excavaciones a realizar, definirá las condiciones de cimentación concretas en cada caso.



9.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES

El terreno de cimentación que se presenta en todos los elementos del sistema es, a nivel superficial, QAL (aluvial del río), quedando por debajo el sustrato FY de yesos, sobre todo en algunas zonas (cerramiento de EDAR China o en el trazado del segundo subtramo del corredor previsto para las conducciones). Las formaciones de tosco, en todas sus variedades, y peñuelas no son significativas.

Por ello, las cimentaciones se desarrollarán sobre el horizonte QAL cuando se determine cimentar superficialmente, mediante zapatas aisladas o corridas y losas; y se definirán sobre el horizonte, más o menos profundo, FY, cuando el primer horizonte no presente las condiciones adecuadas. En este caso se recomendará la cimentación profunda mediante pilotes que trabajarán fundamentalmente por punta.

Los materiales de relleno antrópico serán descartados de modo general por su irregularidad geométrica y geotécnica. En algún caso se procederá a su saneo puntual, por lo que se rellenaría con hormigón el volumen excavado para saneo y así cimentar superficialmente sobre él.

Otro caso es el que se da en el Tanque de Tormentas, la flotación con niveles freáticos altos y tanque vacío. Se dimensionan así pilotes a tracción que, convenientemente encepados en la solera estructural del tanque, evitan la flotación por el rozamiento en el fuste.

En relación con las conducciones, no se prevé cimentación especial alguna. Se diseñan enterradas en zanja con compactación de fondo, cama de asiento (granular o de hormigón) y relleno con materiales procedentes de la excavación. Las arquetas también serán cimentadas superficialmente.

Se definen también para las conducciones las hincas bajo infraestructuras existentes, mediante la determinación de los horizontes a atravesar que, en general, son el relleno antrópico de la obra bajo la que se pasa (carreteras, línea de ferrocarril), el aluvial del río y con poco espesor, y situado en la parte inferior. Por último, se definen las características del terreno a atravesar en los dos túneles de diámetros 2 y 3 m (interior) previstos para los colectores de pluviales, de longitud media 675 m.



- PARÁMETROS DE CÁLCULO

Para los horizontes geotécnicos que se interviene principalmente: QAL (aluvial) y FY (sustrato terciario de yeso, considerado en su facies A+Y, es decir, arcilla y yeso) se adoptan los siguientes parámetros:

✓ Horizonte QAL (arena arcillosa-limosa)

Densidad aparente 2 t/m^3

Cohesión nula, ángulo de rozamiento interno 32°

Módulo de deformación 1.200 t/m^2 , coeficiente de Poisson 0,32

Módulo de balasto $K_{30} = 5.000 \text{ t/m}^3$

Golpeo SPT N_{30} entre 8 y 25, con valor medio 16

Profundidad media de la superficie de cimentación 2-3,5 m

✓ Horizonte FY (A+Y, sustrato de yeso, roca blanda)

Densidad aparente $2,2 \text{ t/m}^3$

Cohesión $7-10 \text{ t/m}^2$, ángulo de rozamiento interno 28°

Módulo de deformación $25.000-40.000 \text{ t/m}^2$, coeficiente de Poisson 0,27

Módulo de balasto $K_{30} = 40.000 \text{ t/m}^3$

Golpeo SPT N_{30} entre 17 y rechazo

Módulo presiométrico 1.500 kg/cm^2

Resistencia a compresión simple $18-280 \text{ t/m}^2$, valor medio 118 t/m^2

- CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Para el horizonte QAL, en caso de zapatas aisladas o corridas la carga admisible limitante es por razón de asiento, en arenas o gravas arcillo-limosas. Según la formulación clásica de Meyerhof, se está del lado de la seguridad, estimando para cada anchura de zapata B, la siguiente carga admisible q_{adm} :

$$B = 1,5 \text{ m} \quad q_{adm} = 2,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 2,0 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 2,5 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 3,0 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,6 \text{ kg/cm}^2$$

Para el horizonte FY se puede adoptar una carga admisible de 2,5-3 kg/cm².

Para la cimentación mediante losas, solución necesaria para depósitos enterrados, la carga neta es negativa, ya que el peso del terreno excavado es superior al del depósito lleno. Por ello no es necesaria la comprobación por carga de hundimiento. Sólo es necesario comprobar las deformaciones. Para el cálculo de la losa se estima un coeficiente de balasto de la cimentación de valor $K = K_{30} / 4 = 1.250 \text{ t/m}^3$ para el horizonte QAL, y 10.000 t/m^3 para el FY.

- CIMENTACIONES PROFUNDAS

La cimentación profunda tiene por objeto transmitir la carga al sustrato de la formación yesífera FY, cuando son de prever asientos irregulares o de magnitud excesiva, si se cimentara superficialmente en QAL.

Adoptando que serían pilotes de punta, es decir despreciando el rozamiento por el fuste, y considerando la roca blanda con un resistencia a compresión media de 118 t/m^2 y un empotramiento en el sustrato de 2 m (se tantea un pilote de extracción de hormigón con 0,5 m de diámetro equivalente) se evalúa un carga admisible del pilote aislado de:

$$\text{Resistencia por punta } 4,5 \times 118 \times 0,20 = 106,2 \text{ t}$$



Resistencia por fuste $3.14 \times 0,5 \times 2 \times 10 = 31,4 \text{ t}$

Carga admisible $Q = (106,2 + 31,4) / 2,5 = 55,04 \text{ t}$, que equivale para un área de acción de 9 m^2 a una carga de agua de más de 6 m, valor que encaja a nivel de Estudio Informativo en la solución del pilotaje.

Los pilotes a tracción en el Tanque de Tormentas (3 pilotes de sección equivalente a la circular de 0,5 m de diámetro y 12 m de longitud) soportarían un empuje de flotación del orden de $3 \times 12 \times 3,14 \times 0,5 \times 5 = 283 \text{ t}$, que equivalen a una presión de 7 m de altura de agua en 40 m^2 que define una separación entre encepados de tres pilotes en cuadrícula algo superior a los 6 m.

- EMPUJE SOBRE MUROS

El empuje sobre muros se considera con terreno en estado activo, ya que los muros de los depósitos son suficientemente esbeltos para confirmar dicha hipótesis. Tomando el valor anterior del ángulo de rozamiento el coeficiente de empuje activo para el horizonte QAL será:

$$K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi / 2) = 0,31$$

Esta hipótesis responde al hecho de que se consideran, en el cálculo, como no concomitantes, el empuje hidrostático interior y el empuje exterior del terreno, a fin de considerar la peor de las situaciones en ambas caras del muro que delimita los distintos elementos. Bajo esta óptica, a depósito vacío, el empuje a considerar debe ser el activo, mientras que a depósito lleno, dado que el empuje del terreno es estabilizador, no se considera.



10.- ESTUDIOS INFORMATIVOS

El sistema de saneamiento y depuración China – Butarque – Sur se compone, además de las tres EDAR's citadas, de un nuevo Tanque de Tormentas, colectores de pluviales y conducciones de bombeo de fangos, organizados en cuatro Estudios Informativos con los contenidos que se explicitan a continuación. En cada uno de ellos se valoran las obras geotécnicas específicas (hincas, túneles) y las cimentaciones profundas mediante pilotaje.

- ESTUDIO INFORMATIVO I: COLECTORES DE PLUVIALES Y TANQUE DE TORMENTAS

Incluye las siguientes obras:

- ✓ Ampliación del colector de conexión 1, entre los puntos kilométricos 0 y 675.
- ✓ Colector de conexión 2, entre pk 675 y 745
- ✓ Colector Sur Nuevo, tramo 1, entre pk 675 y 2.010
- ✓ Colector Sur Nuevo, tramo 2, en túnel, y Colector Tanque de Tormentas Sur I, tramo 2, en túnel. La longitud media de los dos túneles paralelos es de 675 m aproximadamente. Se desarrollan bajo los ramales del enlace M-40/E-05.
- ✓ Conexión con colector Sur actual, entre pk 2.685 y 2.810.
- ✓ Colector Tanque de Tormentas Sur I, tramo 3, entre pk 2.685 y 3.735.
- ✓ Cámara de encuentro colector Tanque de Tormentas Sur y aliviadero de Abroñigales, entre pk 3.735 y 3.835.
- ✓ Colector Tanque de Tormentas Sur II, entre pk 3835 y 3.900.
- ✓ Tanque de Tormentas Sur II, que presenta una longitud aproximada de 500 m.
- ✓ Colectores de reintegro al río Manzanares, entre pk 4.400 y 4.490

- ESTUDIO INFORMATIVO II: CONDUCCIONES DE BOMBEO DE FANGOS (ENTRE EDAR CHINA Y EDAR BUTARQUE) Y EDAR CHINA

Incluye las siguientes obras:

- ✓ EDAR China



- ✓ Tramo en el enlace M-40/E-05, que se resuelve con cuatro hincas bajo los ramales: hinca 1 entre pk 50 y 95 (45 m), hinca 2 entre pk 175 y 230 (55 m), hinca 3 entre pk 260 y 300 (60 m), e hinca 4 entre pk 440 y 480 (40 m).
- ✓ Tramo entre pk 480 y 3.200 (lateral Sur bajo la M-45)
- ✓ Tramo entre pk 3.200 hasta 3,320, que discurre paralelo y bajo el lateral Sur de la M-45
- ✓ Tramo entre pk 3,320 y 3,900, que discurre por la ribera izquierda del río Manzanares.
- ✓ Tramo de cruce en pasarela sobre el río Manzanares.

- **ESTUDIO INFORMATIVO III: CONDUCCIONES DE BOMBEO DE FANGOS (ENTRE EDAR BUTARQUE Y EDAR SUR) Y EDAR BUTARQUE**

Incluye las siguientes obras:

- ✓ Tramo entre pk 0 y 490
- ✓ Hinca bajo la línea del ferrocarril, entre pk 490 y 570 (80 m)
- ✓ Tramo entre pk 570 y 4.438,31, punto final en EDAR Sur

- **ESTUDIO INFORMATIVO IV: EDAR SUR**

Incluye las obras correspondientes a la EDAR Sur.

11.- CONCLUSIONES

- Geológicamente, la zona de ubicación de las EDAR de la China, Butarque y Sur, del nuevo Tanque de Tormentas, de los colectores de pluviales y de las conducciones de bombeo de fangos, se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo, y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid.

Los materiales presentes se depositaron durante el Mioceno, pudiendo ser incluidos en la Unidad Inferior del Mioceno. En esta unidad, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca. A lo largo del trazado se atraviesan materiales de las facies intermedias y centrales (formación peñuelas y formación yesífera), aunque todos estos materiales están recubiertos por depósitos de origen aluvial o antrópico.

- Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares. El sistema morfogenético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N -S, el que marca la morfología general de la zona. La escorrentía superficial produce acarreamiento en los taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos. El paisaje resulta una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas en las que se han constituido dos niveles de erosión distintos.
- Hidrogeológicamente la zona de estudio pertenece a la Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid – Talavera, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid, el cual es un acuífero multicapas, constituido por una serie de niveles arenosos, más permeables, englobados en una masa arcillosa ó arenoarcillosa que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.



Debido a la cercanía del río Manzanares, las características hidrogeológicas de la zona están condicionadas por su presencia. En la zona de estudio, en profundidad, los materiales arcillosos, y los yesos con arcillas, que forman bases impermeables, son más comunes que los arenosos suprayacentes en la serie, por lo que la presencia de dichos materiales impermeables en el muro de rellenos y cuaternarios de cauces, forma localmente acuíferos colgados.

Normalmente las formaciones arcillosas, al ser impermeables, no presentan nivel de agua, no constituyendo ningún tipo de acuífero activo en la actualidad, pero rellenos antrópicos y gravas de relleno aluvial de cauces están saturados a poca profundidad, si existe conexión en cota con aportes de aguas superficiales o en periodos de recarga importante por lluvias intensas.

- En lo referente a la sismicidad de la zona, según se indica en el mapa recogido en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se ubica en un sector con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g. En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque se tendrá en cuenta el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras proyectadas, no es obligado normativamente.
- La zona de Proyecto se enmarca en una zona Paleontológica hacia el este, la correspondiente a las Terrazas del río Manzanares con una gran potencialidad paleontológica perteneciente al Cuaternario; y en una zona de ámbito de protección específica hacia el Oeste correspondiente a restos fósiles de fauna y flora del Terciario Mioceno. Por todos estos motivos, se deberá realizar un seguimiento paleontológico de los materiales excavados durante la duración de la obra.
- Para definir, en el marco de esta Fase-I del Estudio, las características geológico-geotécnicas básicas de las zonas de implantación y aledañas de las ERAR de la China, Butarque y Sur, se ha dispuesto de multitud de estudios y proyectos antecedentes, además de infinidad de datos de la Base de Datos Geotécnica

GEOMADRID, que se han ido exponiendo y presentando a lo largo del presente informe de Fase-I.

- Se han considerado para este estudio datos de sondeos mecánicos, en el interior de los cuales se han realizado multitud de ensayos de penetración tipo SPT, y ensayos presiométricos a distintas cotas. Se dispone de datos de ensayos de laboratorio sobre testigos parafinados para muestras inalteradas. Adicionalmente se dispone de perfiles y niveles del terreno definidos en calicatas, y muchos perfiles de resistencia del terreno, de la que obtener posteriormente capacidades portantes del terreno para cimentaciones, derivados de penetrómetros dinámicos tipo DPSH y penetrómetros tipo Borros. Igualmente se ha dispuesto de ensayos geofísicos de tomografía sísmica, y de todos los datos de parámetros geotécnicos de numerosos ensayos de laboratorio sobre las muestras disponibles.
- Todo ello ha permitido definir una columna litológica tipo para todo el sector ocupado por las ERAR y zonas de influencia, y correlacionarla perfectamente, identificándola, con los diferentes niveles geotécnicos que tradicionalmente se han definido en las obras e infraestructuras realizadas en Madrid y su entorno. De dichos niveles, Unidades o Formaciones se conoce, y están establecidos en muchos casos, para cada uno de ellos, sus parámetros geotécnicos característicos, habiéndose cotejado los recopilados con los tradicionalmente considerados.
- Geotécnicamente se han diferenciado en la columna tipo considerada para este sector de las ERAR cinco unidades, que de más moderna, a más antigua son: RA o relleno antrópico, QAL o cuaternario aluvial, P o peñuelas, PY o peñuelas yesíferas y FY o formación yesífera cuya descripción es la siguiente:
 - RA. Relleno Antrópico. Compuesta por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.).
 - QAL. Cuaternario Aluvial. Compuesta por arenas limosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, producto de la dinámica fluvial del río Manzanares y sus tributarios por ambas márgenes.
 - TA. Tosco arenoso. Compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición



entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que en la zona de las ERAR parece no presentarse con frecuencia o estar acuñada entre las Peñuelas y los Cuaternarios. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas.

- T. Tosco. Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian de la unidad TA por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.
- P o Formación Peñuelas. Esta unidad está compuesta por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad y duras a muy duras.
- PY o Formación Yesífera. Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negrusco duras a muy duras que contienen yeso bien en nódulos de carácter pulverulento, bien en vetas subverticales de yeso fibroso de espesor centimétrico. La diferencia con la unidad anterior es únicamente el contenido en yeso ya que, respecto al resto de características, son similares.
- FY Formación Yesífera. Se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas-negrucas, y yesos masivos, o sacaroideos, en distintas proporciones, pudiendo ser mayoritaria la fracción arcillosa, o ser mayoritaria la fracción yesífera. Esta unidad se subdivide en la columna tipo considerada en función de un índice denominado índice de yesos, establecido "de visu" como la proporción de yesos entre las arcillas verdes. Así, se diferencia en dicha columna: arcillas con yesos (denominada A+Y) con un índice de yesos entre el 0 y el 50% y yesos con arcillas (Y+A) con más el 50% de índice de yesos.

- Para evaluar de modo orientativo la estabilidad de los taludes de excavación a realizar en los diferentes elementos de tratamiento a proyectar en las ERAR de la China, Butarque y Sur, se han analizado seis casos teóricos hipotéticos.

Dichos casos están basados en los datos previos disponibles, de distribución en planta y profundidad de los diferentes niveles geotécnicos definidos y adoptados en la columna de materiales de las ERAR, y modelizan las

distintas situaciones que podrían darse en cuanto a los factores de seguridad obtenidos. Evidentemente, cualquier otra situación que se derive una vez definido el esquema de actuación, y no se ajuste a estos casos previos, deberá estudiarse en detalle y establecer en nivel de seguridad necesario.

Los resultados es este estudio de estabilidad previo realizado se muestran a continuación:

CASO ESTUDIADO	CARACTERÍSTICAS DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
	H	TALUD	MATERIALES DE EXCAVACIÓN	
CASO 1	2,50 m	1H:5V	Terciario (P)	5,254
CASO 2	17 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,240-2,104
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 3	20 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,246-2,004
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
		1H:5V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 4	10,5 m	1H:1V	10,5 m sobre terciario (T)	1,368
CASO 5	10,5 m	2,5H:1V	5 m sobre RA	1,343-2,950
		1H:2V	5,5 m sobre terciario (P)	

Resumen de los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad de los hipotéticos taludes considerados para excavaciones de los nuevos elementos de las ERAR a construir.

En los taludes de obra, al tratarse de taludes provisionales, es de práctica habitual considerar un factor de seguridad mínimo de 1,2 por lo que se puede concluir que los taludes de excavación serán en todos los casos estables.

En el caso de que alguno de los taludes de obra, ejecución o excavación previa, pase a ser talud definitivo en el ámbito de una ERAR concreta, este estudio de estabilidad de taludes previo deberá rehacer por completo y se le aplicarán



factores de seguridad mayores y conservadores, que en cualquier caso eviten posibles afecciones a la planta.

- Las características geotécnicas medias establecidas y consideradas, que forman parte de la columna tipo geológico-geotécnica adoptada, definidas a partir de todos los datos previos y antecedentes disponibles para cada unidad se recogen en la tabla siguiente superior.
- A efectos de cálculo, se ha optado por asignar al terreno las propiedades geotécnicas utilizadas en distintas obras de infraestructuras, ya que son similares a las obtenidas en la recopilación de datos realizada, y se localizan del lado de la seguridad, estando suficientemente contrastadas (Tabla siguiente inferior).



UNIDADES GEOTÉCNICAS	N ₃₀ SPT	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	Densidad seca (KN/m ³)	Peso específico (g/cm ³)	Hum. Nat. (%)	Lím. Atterberg		Clasificación Casagrande	Ensayos Químicos		RCS (q _u) KPa	Triaxial			Ensayo de hinchamiento Lambe Cambio potencial de volumen	Presión hinchamiento (KPa)	Hinchamiento libre (%)	Excavabilidad	
						LL	IP		M.O. (%)	SO ₃ (%)		Tipo	Φ' (°)	C' (KPa)					
RELLENO ANTRÓPICO .RA.	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
CUATERNARIO ALUVIAL. QAL.	17*	--	--	--	16	42	23	SC-SM	0	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO ARENOSO T	51	--	--	--	11	34	17	SC	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO T	42	--	--	--	19	44	18,5	CL	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
PEÑUELAS. P.	55	867	15	2,63	25	64	36	CH	0,5	0	485	CU	28	60	No crítico	30-100	2	Excavable	
PEÑUELAS YESÍFERAS. PY.	62	804	17	2,60	22	44	19	CL	1	0-14	442	CU	39	83	No crítico	20-160	1,3	Excavable	
FY	ARCILLAS CON YESO (A+Y)	17-R	1.482	18	2,63	16	38	17	CL	1	2-41	1.179	CU	38	51	No crítico	10-80	1,5	Marginal
	YESOS CON ARCILLA (Y+A)	R	4.400	23,6	--	4	--	--	--	--	--	9.400	--	--	--	--	--	--	Marginal

Resumen de características medias establecidas, a partir de todos los datos geotécnicos disponibles de ensayos y muestras, de las distintas unidades geotécnicas diferenciadas.

UNIDAD	Peso aparente (t/m ³)	Cohesión C' (t/m ²)	Ángulo de rozamiento interno Φ' (°)	Módulo de deform. (subsid.) E (t/m ²)	Coficiente de Poisson v	Módulo de balasto k (t/m ³)
RA	1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000
QAL	2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000
TA	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
T	2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000
P	2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000
PY	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

Tabla Resumen de propiedades geotécnicas recomendadas y adoptadas para las distintas unidades y niveles geotécnicos diferenciados, en consonancia con las tradicionalmente atribuidas.



ANEJO Nº6. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD E HIDROLOGIA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	2
2.- DEFINICIÓN Y MARCO LEGAL	3
2.1.- ZONA INUNDABLE CON PROBABILIDAD BAJA O EXCEPCIONAL (T=500 AÑOS).....	3
2.2.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ZFP)	5
2.3.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRÁFICO (DPHC)	9
3.- ANÁLISIS DE LA EDAR	11
3.1.- ACTUAL.....	11
3.2.- NUEVO DISEÑO.....	13
4.- PLUVIOMETRÍA.....	16
4.1.- ESTACIONES METEREOLÓGICAS DISPONIBLES	16
4.2.- PROCESADO DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL.....	18
4.3.- ANÁLISIS DE LAS SEIRES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL .	18
5.- HIDROLOGÍA	20
5.1.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES	20
5.2.- DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN	21
5.2.1.- Intensidad de precipitación	21
5.2.2.- Tiempo de concentración.....	22
5.2.3.- Hietogramas de bloques alternos	22
5.3.- GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA.....	24
5.4.- RESULTADOS.....	24



1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente ANEJO es, por una parte, el estudio de las zonas de inundación de las parcelas en las que se encuentra la estación depuradora de aguas residuales de Sur, y de las posibles parcelas de ampliación de esta.

Para ello, se analiza la situación actual de inundabilidad de las zonas de interés para la ZI con probabilidad baja o excepcional ($T=500$ años), la zona de flujo preferente (ZFP) y el dominio público hidráulico cartográfico (DPHC).

Se utilizan los estudios realizados en la zona del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables (SNCZI).

Por otro lado, también tiene por objeto la obtención de las tormentas de diseño de las diferentes cuencas vertientes a las estaciones depuradoras de aguas residuales, en adelante EDAR, de modo que permitan estudiar la respuesta de la red de saneamiento frente a un episodio de precipitaciones.

En primer lugar, se procesan las series de precipitaciones de las estaciones meteorológicas disponibles en la zona de estudio, con la finalidad de asignar a cada una de las cuencas una lluvia que sea producto de la posición relativa de las estaciones existentes.

Seguidamente, las series obtenidas se analizan con el software CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El análisis arroja unos determinados ajustes a diferentes funciones de distribución, de las cuales se escoge la que mejor represente el comportamiento de la serie de datos disponible. De dicha función de distribución se toma el cuantil asociado al período de retorno para el que se pretende realizar el estudio, que se traduce en la precipitación máxima diaria.

Finalmente, con la precipitación máxima diaria, se obtienen las tormentas de diseño que se implementan en el modelo de las cuencas para obtener su respuesta



2.- DEFINICIÓN Y MARCO LEGAL

2.1.- ZONA INUNDABLE CON PROBABILIDAD BAJA O EXCEPCIONAL (T=500 AÑOS)

Las zonas inundables se definen en la legislación de aguas, suelo y ordenación territorial y Protección Civil, siendo todas ellas coordinadas mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación que transpone la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

El Texto Refundido de la Ley de Aguas introduce el concepto de “zona inundable” en el artículo 11 como *los terrenos que pueden resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos , los cuales conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.*

Esta definición es precisada por el Reglamento del DPH, que define la “zona inundable” en su artículo 14, considerando zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas.

El Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, establece en su artículo 12 que se encontrarán en suelo rural, entre otros, los suelos con riesgos naturales incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística.

En materia de Protección Civil, las inundaciones se regulan mediante la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, siendo las Comunidades Autónomas las que la desarrollan a través de Planes Territoriales de Inundaciones, que son homologados por la Comisión Nacional de Protección Civil identificando y clasificando las áreas inundables del territorio con arreglo a los criterios siguientes:

- a) Zona de inundación frecuente: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno de cincuenta años.
- b) Zonas de inundación ocasional: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno entre cincuenta y cien años.
- c) Zonas de inundación excepcional: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno entre cien y quinientos años.”

Por último, la Comisión Europea aprobó en noviembre de 2007 la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, lo que supone un modelo para gestionar este tipo de riesgos, y que ha sido transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación. En este Real Decreto se define en artículo 3.m como zona inundable a los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de 500 años y establece la necesidad

de identificar las zonas con mayor riesgo de inundación, denominadas como áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIS) y de realizar en ellas mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de los siguientes escenarios:

- a) Alta probabilidad de inundación, cuando proceda.
- b) Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).
- c) Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).

En el caso de que la zona inundable pertenezca a los mapas que se están realizando con motivo de la implantación de esta Directiva Europea, se hace constar en el informe de dicha zona inundable el correspondiente código de ARPSI y, además, en la categoría de Áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) se podrán consultar los servicios de mapas de peligrosidad (calados o niveles de agua) y de riesgo de inundación asociados.

A continuación, se muestran las limitaciones recogidas en el artículo 14 bis referentes a los usos del suelo en zona inundable del Reglamento del DPH:

1. Las nuevas edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables. En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

2. En aquellos suelos que se encuentren a en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá

permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.

2.2.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ZFP)

De acuerdo a su definición, se trata de una zona en la que, con periodos de recurrencia frecuentes, la avenida genera formas erosivas y sedimentarias debido a su gran energía al ser la zona en que se concentra preferentemente el flujo. Estas zonas se delimitan con el objeto de preservar la estructura y funcionamiento del sistema fluvial, dotando al cauce del espacio adicional suficiente para permitir su movilidad natural así como la laminación de caudales y carga sólida transportada, favoreciendo la amortiguación de las avenidas.

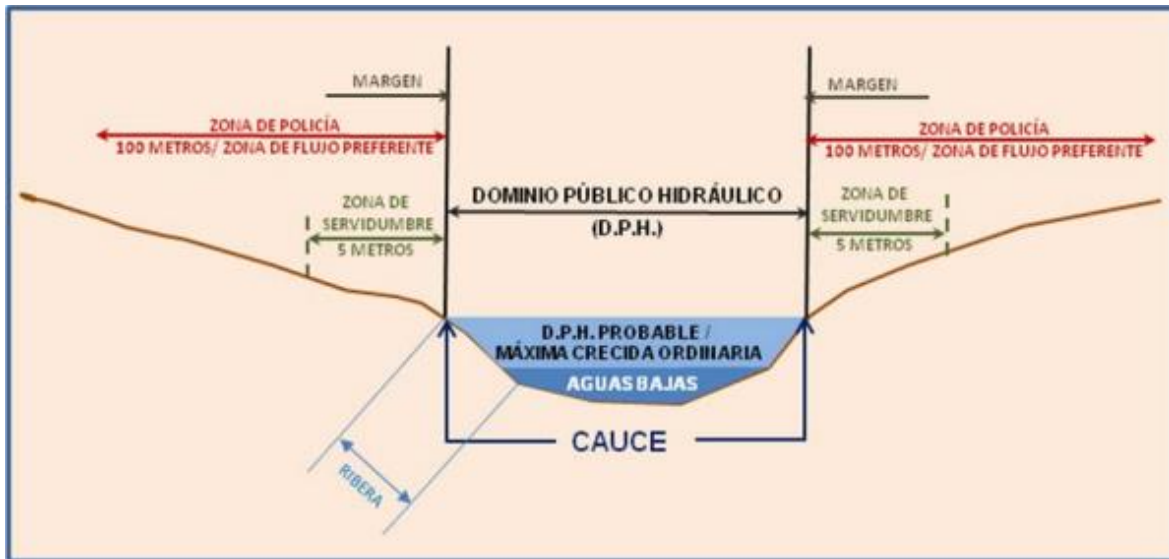
En el Real Decreto 9/2008 por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se define la zona de flujo preferente de la siguiente forma:

“La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m*
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s*
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m² /s*

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río”.



La forma de obtención la zona de flujo preferente viene definida en el artículo 9 del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

La zonificación definida anteriormente implica ciertas limitaciones de uso que se resumen a continuación:

- De acuerdo con el RD 9/2008, en estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el Organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía
- En el caso de que la zona de flujo preferente se haya declarado como Zona de Policía será necesaria la pertinente autorización para realizar las mismas actuaciones que la Zona de Policía (artículo 9):
 - a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno
 - b) Las extracciones de áridos
 - c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional
 - d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del Dominio Público Hidráulico

Según dice el Reglamento del Dominio Público Hidráulico en su artículo 9 bis para la limitación de los usos en suelo rural:

d) Depuradoras de aguas residuales urbanas, salvo en aquellos casos en los que se compruebe que no existe una ubicación alternativa o, en el caso de pequeñas poblaciones, que sus sistemas de depuración sean compatibles con las inundaciones. En estos casos excepcionales, se diseñarán teniendo en cuenta, además de los requisitos previstos en los artículos 246 y 259 ter, el riesgo de inundación existente, incluyendo medidas que eviten los eventuales daños que puedan originarse en sus instalaciones y

garantizando que no se incremente el riesgo de inundación en el entorno inmediato, ni aguas abajo. Además se informará al organismo de cuenca de los puntos de desbordamiento en virtud de la disposición adicional segunda. Quedan exceptuadas las obras de conservación, mejora y protección de las ya existentes.

Excepcionalmente se permite la construcción de pequeñas edificaciones destinadas a usos agrícolas con una superficie máxima de 40 m², la construcción de las obras necesarias asociadas a los aprovechamientos reconocidos por la legislación de aguas, y aquellas otras obras destinadas a la conservación y restauración de construcciones singulares asociadas a usos tradicionales del agua, siempre que se mantenga su uso tradicional y no permitiendo, en ningún caso, un cambio de uso salvo el acondicionamiento museístico, siempre que se reúnan los siguientes requisitos: a) No represente un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas. b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato, ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

Según el artículo 9 ter para las obras y construcciones en suelos en situación básica de suelo urbanizado:

En el suelo que se encuentre en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo urbanizado de acuerdo con el artículo 21.3 y 4 del texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, se podrán realizar nuevas edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie, siempre que se reúnan los siguientes requisitos y sin perjuicio de las normas adicionales que establezcan las comunidades autónomas:

a) No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos.

b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

c) Que no se traten de nuevas instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el

entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión.

d) Que no se trate de nuevos centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.

e) Que no se trate de nuevos parques de bomberos, centros penitenciarios o instalaciones de los servicios de Protección Civil.

f) Las edificaciones de carácter residencial se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, y que se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada y que además dispongan de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta, en la medida de lo posible, su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

Finalmente, según el artículo 9 quáter para el régimen especial en municipios con más de 1/3 de su superficie incluida en la zona de flujo preferente:

1. En los municipios en que al menos un 1/3 de su superficie esté incluida en la zona de flujo preferente o que por la morfología de su territorio tengan una imposibilidad material para orientar sus futuros desarrollos hacia zonas no inundables, se podrá permitir como régimen especial la realización de nuevas edificaciones o usos asociados en la zona de flujo preferente, siempre que cumplan los siguientes requisitos y sin perjuicio de las normas adicionales que establezcan las comunidades autónomas:

a) Estén ubicados fuera de la zona de policía.

b) No incrementen de manera significativa el riesgo de inundación existente. Se considera que se produce un incremento significativo del riesgo de inundación cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

c) No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos, cumpliendo además con lo establecido en el artículo 9 ter. 1.f).

d) No se permitirá la construcción de instalaciones que se encuentren entre las contenidas en el artículo 9 bis.1.a), e) y h), ni grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.

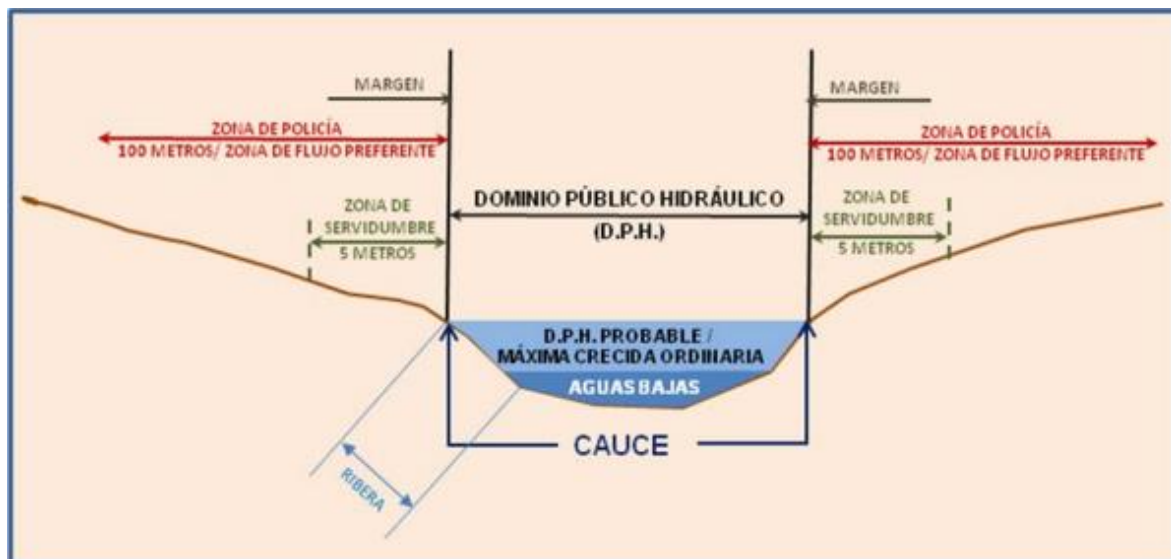
e) No se permitirá, salvo que cuando con carácter excepcional se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, el nuevo establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales para el núcleo urbano

tales como: hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos, parques de bomberos, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil o similares. Para estos casos excepcionales, las infraestructuras requeridas no deberán incrementar de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato ni aguas abajo, de forma que no se produzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables. Igualmente, no condicionarán las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana, ni representarán un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidas, cumpliendo además con lo establecido en el artículo 9 ter.1.f); para ello se realizarán los oportunos estudios hidrológicos e hidráulicos que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma.

2.3.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRÁFICO (DPHC)

El DPH cartográfico es la superficie de terreno correspondiente al álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua cubierta por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, determinada atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles, que ha sido delimitada cartográficamente mediante el Proyecto LINDE en su FASE II o un estudio de características similares en el marco del desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

A partir de la superficie así delimitada se calcula el área correspondiente a la Zona de Servidumbre y a la Zona de Policía según las definiciones incluidas en el RDPH.



En la legislación española se establece que *constituyen el dominio público hidráulico del Estado, entre otros, las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación; los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas y los lechos de los lagos y lagunas; y los de los embalses superficiales en cauces públicos.*



La forma de obtención del DPH cartográfico o probable viene definida en el artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, modificado por el Real Decreto 9/2008 de 11 enero.

Dicho artículo incide en la necesidad de combinar métodos hidrológico-hidráulicos con geomorfológico-históricos, siendo necesario tener en cuenta las características ecológicas de los tramos estudiados.

La obtención de las Zonas de Policía y Servidumbre se define en el artículo 6, siendo asimismo de aplicación el artículo 9.2 en los casos en que la Zona de Policía se amplíe a la Zona de Flujo Preferente.

La zonificación definida anteriormente implica ciertas limitaciones de uso que se resumen a continuación:

- El DPH es de titularidad pública y, por tanto, cualquier uso u aprovechamiento del mismo debe estar sujeto a autorización y/o concesión por parte de las Administraciones Públicas con competencias en materia de Aguas
- En Zona de Servidumbre (cuyo objetivo principal es asegurar las tareas de vigilancia, pesca y salvamento) se podrán plantar especies no arbóreas (para plantaciones arbóreas es necesaria autorización) y no se podrá realizar construcción alguna salvo la que pueda ser necesaria para el uso y conservación del DPH, y deberán contar siempre con la autorización pertinente de las Administraciones Públicas con competencias en materia de Aguas (artículo 7)
- En Zona de Policía es la pertinente autorización para realizar las actuaciones siguientes (artículo 9):
 - a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno
 - b) Las extracciones de áridos
 - c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional
 - d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del Dominio Público Hidráulico

3.- ANÁLISIS DE LA EDAR

3.1.- ACTUAL

Se indican a continuación las afecciones al cauce de las infraestructuras de depuración actuales:

- Se encuentra totalmente dentro de la zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años).
- La EDAR no se ve afectada por la zona de flujo preferente.
- LA EDAR se encuentra parcialmente en la zona de policía del río.



Ilustración 1. EDAR Sur actual. Zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)

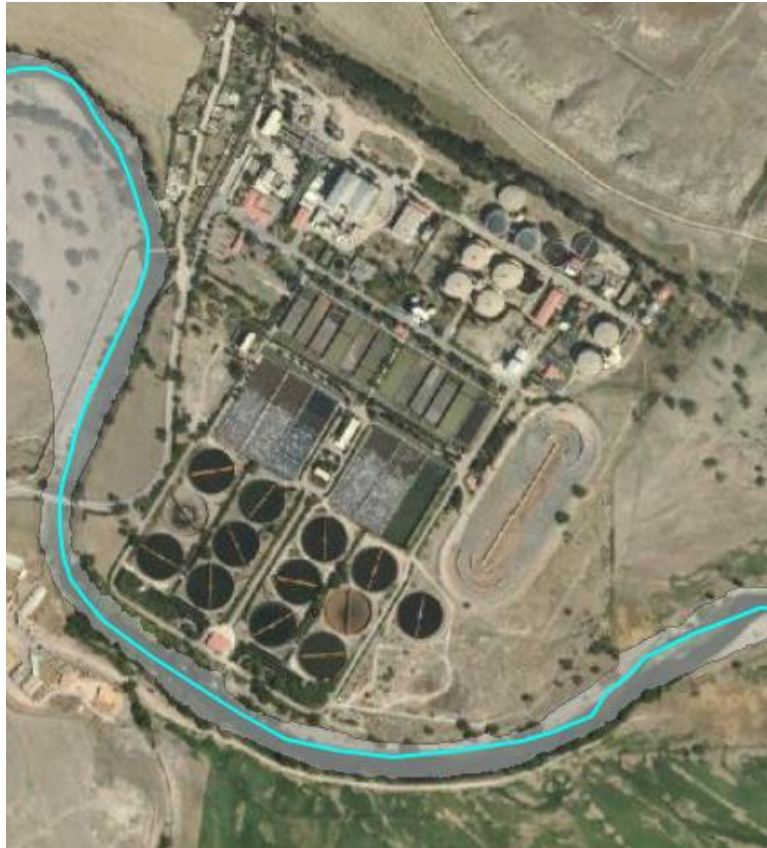


Ilustración 2. EDAR Sur actual. Zona de Flujo Preferente



Ilustración 3 EDAR Sur actual. Dominio Público Hidráulico Cartográfico

3.2.- NUEVO DISEÑO

La nueva planta diseñada finalmente tan solo ocupa una pequeña porción de la parcela propuesta para la ampliación, en concreto 0,72 ha.

Las nuevas instalaciones se ejecutan sobre las actuales por lo que las afecciones van a ser las mismas que en el caso actual, esto es:

- La práctica totalidad de la planta se encuentra en zona inundable
- No existe afección a la Zona de Flujo Preferente
- Parte de las nuevas actuaciones se sitúan en la Zona de Policía
- No existe afección a la Zona de Servidumbre ni a la zona de Dominio Público Hidráulico.



Ilustración 4. EDAR Sur nueva. Zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)



Ilustración 5. EDAR Sur nueva. Zona de Flujo Preferente



Ilustración 6 EDAR Sur nueva. Dominio Público Hidráulico Cartográfico



SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS
DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR

4.- PLUVIOMETRÍA

4.1.- ESTACIONES METEREOLÓGICAS DISPONIBLES

Con el fin de analizar la hidrología de la zona correspondiente a las diferentes cuencas vertientes de las EDAR, se solicitan los datos de precipitaciones de 9 estaciones meteorológicas de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que, o bien pertenecen a la zona de estudio, o bien colindan con ella.

Las estaciones meteorológicas de las que se solicita información y sus localizaciones aparecen en la tabla que se muestra a continuación:

Estación AEMET	Indicativo	Coordenadas		Altitud <i>m</i>
		Latitud	Longitud	
Barajas	3129	40° 28' 00" N	3° 33' 20" O	609
Ciudad Universitaria	3194U	40° 27' 06" N	3° 43' 27" O	664
Cuatro Vientos	3196	40° 22' 32" N	3° 47' 10" O	690
El Goloso	3126Y	40° 33' 41" N	3° 42' 43" O	740
Getafe	3200	40° 17' 58" N	3° 43' 20" O	620
Pozuelo de Alarcón	3194Y	40° 26' 54" N	3° 48' 48" O	665
Retiro	3195	40° 24' 43" N	3° 40' 41" O	667
Soria	3195T	40° 26' 33" N	3° 38' 22" O	694
Torrejón	3175	40° 29' 19" N	3° 26' 37" O	607

Tabla 1. Estaciones meteorológicas de las que se solicita información.

En la Ilustración 7 se encuentran localizadas, mostrándose los distritos de Madrid y Pozuelo de Alarcón, y las cuencas de las EDAR.

Las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio, con los períodos con disponibilidad de datos y el número de años hidrológicos completos que disponen de series de precipitación máxima diaria mensual queda resumido en la tabla que se muestra a continuación:

Estación AEMET	Indicativo	Período	Años completos Serie P _{dmax}
Ciudad Universitaria	3194U	1972-1985, 1997-2017	24
Cuatro Vientos	3196	1945-2017	72
Getafe	3200	1951-2017	66
Retiro	3195	1893-1916, 1919-2017	107
Soria	3195T	1984-1985, 1999-2005, 2009-2017	10

Tabla 2. Estaciones meteorológicas seleccionadas, indicando períodos y años hidrológicos completos de las series de precipitación máxima diaria.

4.2.- PROCESADO DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL

Las series de precipitación máxima diaria mensual de las estaciones meteorológicas seleccionadas cuentan, en algunos casos, con falta de datos en determinados meses, precipitaciones que se han supuesto nulas. Además, en la serie de la estación de Getafe, aparecen precipitaciones negativas que se suponen iguales a 0, ya que cruzando los datos con la estación más próxima, ésta última tiene precipitación igual a 0 en los mismos meses.

4.3.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL

El análisis de las series de precipitación máxima diaria mensual se realiza de los últimos 30 años hidrológicos, es decir del período 1988-2018. Se considera un número de años suficiente para obtener unos resultados que representen la dinámica de las precipitaciones en las zonas objeto del estudio pluviométrico.

Se decide no extender la longitud del período, puesto que la magnitud de las precipitaciones años atrás era notablemente mayor. En caso contrario, los resultados del análisis no representarían correctamente la dinámica de las precipitaciones actuales, por lo que se incurriría en un sobredimensionado de las plantas a diseñar.

Con la finalidad de representar la variabilidad espacial de las precipitaciones que generan caudal de pluviales en cada una de las cuencas vertientes de las EDAR, se realiza un análisis mediante polígonos de Thiessen. Este método toma como hipótesis de partida que la precipitación en un punto cualquiera de la cuenca es la misma que la registrada en el pluviómetro más cercano.

A cada estación se le asigna un área de influencia, que dividida por la total de la cuenca vertiente, genera los porcentajes que ponderan la precipitación de cada estación.



Como se ha mencionado anteriormente, existen meses en los que no se tienen datos de la precipitación máxima diaria mensual en una determinada estación meteorológica, por lo que la ponderación se realiza con los datos de las estaciones restantes disponibles.

- **Cuenca vertiente EDAR Sur**

SUR		
Estación	Área m^2	Ponderación %
Getafe	11.593.353	55,14%
Retiro	9.434116	44,86%
<i>Total</i>	<i>21.029.469</i>	<i>100,00%</i>

Tabla 3. Porcentajes de ponderación de la cuenca EDAR Sur.

5.- HIDROLOGÍA

5.1.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES

Las series de precipitación máxima diaria ponderadas se analizan mediante la herramienta informática CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Mediante esta aplicación se obtienen los cuantiles asociados al período de retorno considerado, en este caso se aplica lo indicado en. La *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano* (CEDEX, 2007) que recomienda que debe ser al menos de 10 años. Para ello, se aportan cuatro funciones de distribución con diferentes metodologías de ajuste de las series ponderadas a las mismas.

Las funciones de distribución obtenidas de la aplicación, y los ajustes asociados por la misma a dichas funciones son los siguientes:

- Gumbel: perteneciente a la familia *Extreme Value*, se caracteriza por ser muy robusta, es decir, concede poca flexibilidad para ajustarse a la serie analizada. Los métodos de ajuste aportados por CHAC son:
 - Método de los Momentos (MOM).
 - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
 - Momentos Ponderados Probabilísticamente (PWM).
- SQRT-ET-max: es la recomendada por el CEDEX, y en la que está basada la monografía *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (1999)* elaborada por el Ministerio de Fomento. El método de ajuste aportado por CHAC es:
 - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
- General Extreme Value (GEV): función utilizada por el CEDEX para el ajuste de las leyes de frecuencia de caudales máximos en el ámbito geográfico de la España peninsular. Los métodos de ajuste aportados por CHAC son:
 - Método de los Momentos (MOM).
 - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
 - Momentos Ponderados Probabilísticamente (PWM).
- LogPearson tipo III (LP III): se utiliza principalmente para análisis de probabilidad de eventos extremos. El método de ajuste aportado por CHAC es:
 - Ajuste individual con sesgo muestral (SESGO).

Los cuantiles obtenidos para un período de retorno de 10 años en la cuenca según la función de distribución y el tipo de ajuste utilizados, se muestran a continuación:

PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS								
F. Distribución	GUMBEL			SQRT	GEV			LP III
Ajuste	MOM	ML	PWM	ML	MOM	ML	PWM	SESGO
Sur	38	37	39	37	38	38	38	38

Tabla 4. Cuantiles obtenidos según función de distribución y tipo de ajuste para período de retorno 10 años.

Tras el análisis de los diferentes ajustes realizados por CHAC, y teniendo en cuenta las recomendaciones presentes en el documento *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (1999)* elaborado por el Ministerio de Fomento, se selecciona la ley SQRT-ET-
Estudio informativo. Anejo nº6 Estudio de inundabilidad e hidrología

max. Esta ley presenta un mejor ajuste a las series de precipitaciones ponderadas además de que es la única que ha sido propuesta específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.

Los cuantiles seleccionados, que se traducen en precipitación máxima diaria son:

- Cuenca Sur: **37 mm**.

5.2.- DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

Una vez obtenidos los cuantiles considerados más representativos de la cuenca y subcuenca de estudio, se está en disposición de crear los hietogramas de las tormentas de diseño que generen el flujo dentro de las mismas.

Los hietogramas se crean siguiendo el método de bloques alternos, para una duración igual al tiempo de concentración de cada cuenca. En primer lugar, se aplica la formulación de Témez (1978) para obtener la intensidad de precipitación para una duración de lluvia determinada y el período de retorno considerado. Seguidamente, se determina la duración total de la tormenta. Y finalmente, se aplica la formulación correspondiente al método de bloques alternos para la formación del hietograma de la tormenta de diseño.

5.2.1.- Intensidad de precipitación

A partir del cuantil obtenido del análisis estadístico que se traduce en precipitación máxima diaria, y siguiendo la metodología expuesta en la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* (MOPU, 1990), se propone la curva IDF basada en la formulación de Témez (1978), cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{i_T(t)}{i_T(d)} = \alpha \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

Donde:

- $i_T(t)$ es la intensidad de precipitación para una duración de lluvia determinada (t) y el período de retorno considerado en mm/h, igual a $P_{dmaxT}/24$
- $i_T(d)$ es la intensidad media diaria para dicho período de retorno en mm/h
- α es el factor de torrencialidad, establecido como la relación entre la intensidad horaria y la intensidad diaria que se obtiene de los mapas de isolíneas de la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* (Ilustración 8)
- t es la duración para la cual se pretende obtener la intensidad en horas.



Ilustración 8. Mapa de isolinias para la obtención del factor de torrencialidad.

5.2.2.- Tiempo de concentración

La duración de las tormentas de diseño se considera igual al tiempo de concentración de cada cuenca, siendo ésta la más desfavorable. Para la obtención del tiempo de concentración se emplea, de nuevo, la formulación propuesta en la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales*:

$$t_c = \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Donde:

- t_c es el tiempo de concentración en horas
- L es la longitud del colector principal por cuenca en km
- J es la pendiente de dicho colector, calculada como la relación entre la diferencia de cota inicial y final y la longitud del colector.

Los resultados por cuenca se muestran en la siguiente tabla:

Cuenca	Longitud (L)		Cota inicio (Z ₁)	Cota final (Z ₂)	ΔZ	Pendiente (J)	Tiempo concentración (t _c)
	m	km	m	m	m	m/m	h
Sur	8.000	8,00	635	548	87	0,0109	3,44

Tabla 5. Cálculo del tiempo de concentración por cuenca.

5.2.3.- Hietogramas de bloques alternos

La distribución temporal de la precipitación se realiza mediante un hietograma de bloques alternos. Este tipo de hietograma asume, para cualquier intervalo de tiempo, la intensidad media más desfavorable.

En primer lugar, se fija el intervalo de tiempo Δt que dura cada uno de los bloques que conforman el hietograma. En este caso se decide discretizar la duración de la tormenta en intervalos de 5 minutos.

Seguidamente, se determina la intensidad que corresponde a cada uno de los n bloques se obtiene haciendo uso de la siguiente expresión:

$$b_k = ki(k\Delta t) - \sum_1^{k-1} b_j$$

Donde:

- b_k es la intensidad de precipitación del bloque k en mm/h (k toma valores entre 1 y el número de bloques que tiene cada uno de los hietogramas en función del tiempo de concentración de la cuenca estudiada)
- $i(k\cdot\Delta t)$ es la intensidad para una tormenta de duración $k\cdot\Delta t$ que se obtiene de las curva IDF, la calculada usando la expresión mencionada anteriormente de la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* en mm/h
- b_j es la intensidad del conjunto de bloques anteriores al que se pretende obtener en mm/h.

Finalmente, se obtiene el volumen de precipitación en mm de cada uno de los bloques, a partir de la duración y la intensidad de los mismos, y se ordenan en una secuencia temporal de forma que el bloque de más intensidad sea el central y los demás se ordenen decrecientemente a derecha e izquierda de éste.

Los hietogramas para cada una de las cuencas y con un período de retorno de 10 años se muestran a continuación:

- **Cuenca Sur**

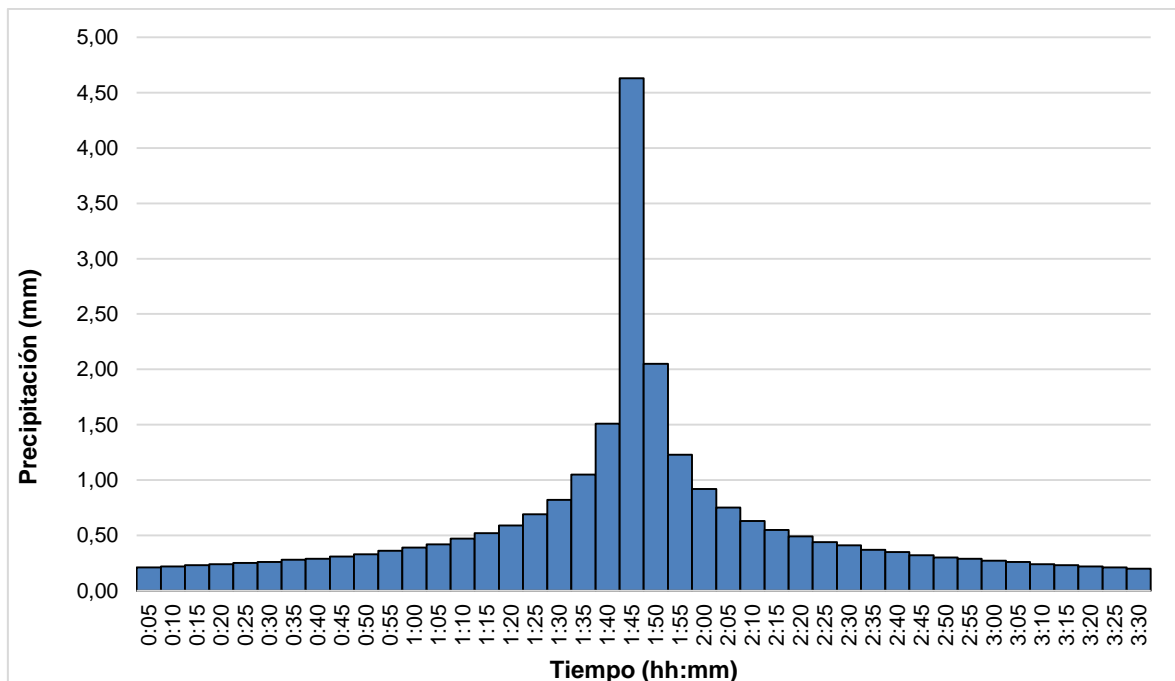


Ilustración 9. Hietograma para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la cuenca Sur.

5.3.- GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA

Con la finalidad de obtener una aproximación de los hidrogramas de respuesta de las diferentes cuencas, se implementa un modelo de simulación en la herramienta informática HEC-HMS (*Hydrologic Modelling System*), desarrollada por el *US Army Corps of Engineers*.

Se genera un modelo para cada una de las cuencas, definiendo en primer lugar los parámetros que permiten caracterizarlas. Estos parámetros vienen definidos en la siguiente tabla:

Cuenca	Área	Tiempo de concentración		Lag Time	Número de curva (CN)	Impermeable
	km ²	h	min	min		%
Sur	21,03	3,44	206	72	71	80

Tabla 6. Parámetros del modelo por cuenca.

El *lag time* viene definido por la siguiente expresión:

$$\text{Lag Time} = 0,35 \cdot t_c$$

donde t_c es el tiempo de concentración en minutos.

Se considera una impermeabilidad en la cuencas del 80 %. en la cuenca de Sur, este porcentaje sería el que se prevé que debería haber en un futuro cuando se desarrollen los planes urbanísticos de la zona.

El número de curva (CN), viene definido por el tipo de cobertura vegetal que se da en las áreas permeables. El manual de la aplicación recomienda hacer uso de los valores propuestos por el SCS (*Soil Conservation Service*) de los EEUU.

Se fija un valor de 71, que se corresponde con la clasificación de Herbáceos o desérticos en pastizales áridos o semiáridos con una cobertura de vegetación de entre el 30 % y el 70 % y un suelo de tipo B (infiltración moderada).

A la cuenca caracterizada se les asigna la tormenta de diseño correspondiente de la obtenida en el apartado anterior.

Puesto que las tormentas de diseño vienen definidas por intervalos de 5 minutos, se configura el modelo para que los hidrogramas de salida también estén definidos con intervalos similares.

5.4.- RESULTADOS

Finalmente, una vez realizadas las simulaciones en la cuencas de estudio, se obtiene el siguiente hidrograma de respuesta en la salida de ella.

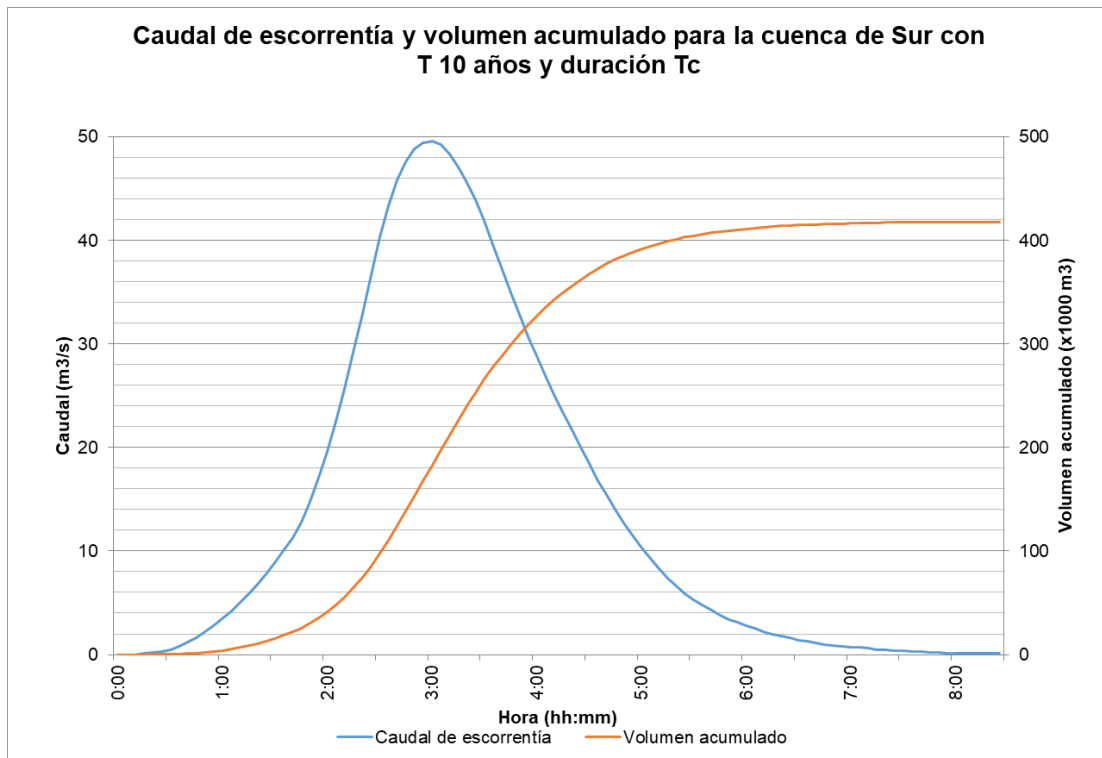


Ilustración 10. Hidrograma de respuesta para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la cuenca Sur.



ANEJO N°7. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.- OBJETO.....	2
1.2.- PROBLEMÁTICA.....	2
2.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO	3
3.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PLANTA	10



1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETO

Una vez realizado el diagnóstico general del sistema de saneamiento objeto de estudio se definen en este anejo los parámetros de vertido que deberá cumplir la nueva EDAR diseñada con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de calidad en el cauce fijados.

1.2.- PROBLEMÁTICA

Como resumen del diagnóstico de las la EDAR Sur se tiene que:

- El Manzanares recibe una carga contaminante, en términos de caudal y concentraciones tal, que obliga a definir los objetivos de calidad de la masa de agua como menos rigurosos. Además, el sistema de saneamiento presenta deficiencias que agravan esta situación.
- La depuradora Sur, no está diseñada para eliminar nutrientes por lo que no puede alcanzar los requerimientos de eliminación de nitrógeno exigidos.
- La depuradora se encuentra al final de su vida útil. Aunque las operaciones de mantenimiento y renovación de equipos consiguen mantenerla en operación, la obsolescencia técnica y antigüedad de las instalaciones no permite realizar un plan a 30 años con los equipos actuales

2.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO

El objetivo principal perseguido con este estudio es el de **alcanzar el buen estado de la masa de agua** del cauce bajo del Manzanares, la **ES030MSPF0427021 “Río Manzanares a su paso por Madrid”**.

La cuantificación de los objetivos se realiza a través de la aplicación de los objetivos marcados en el Plan Hidrológico del Tajo para esta masa de agua. En estos momentos, estos objetivos están clasificados como “menos rigurosos” debido a las características y a la situación actual de la masa de agua.

Anexo V. Plan Hidrológico de la parte española de la DH del TAJO (2015-2021)

Apéndice 8.3. Objetivos medioambientales menos rigurosos.

MASA DE AGUA SUPERFICIAL	CÓDIGO MASA DE AGUA	INDICAD. BIOLÓGICOS	ESTADO ECOLÓGICO				INDIC. HIDROMORFOLÓGICOS	ESTADO QUÍMICO	ESTACIÓN CEMAS DE CONTROL	ESTACIÓN BIOLÓGICA DE CONTROL	
			INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS ⁽¹⁾ (mg/L)								
			NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	DBO ₅ ⁽²⁾	P _T					
Río Guadarrama desde Bargas hasta R. Tajo	ES030MSPF 0401010	Tendencia ascendente de los indicadores hasta alcanzar el buen estado y no deterioro	≤2	≤30	≤6	≤1	Bueno	Bueno	TA62906004	TA62906B04	
Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	ES030MSPF 0402010		≤ 8	35	≤6	≤ 1	Bueno	Bueno	TA58106001	TA58106B01	
R. Guadarrama desde Galapagar hasta A. Batán	ES030MSPF 0403010		≤ 4	40	8	1	Bueno	Bueno	TA533060007	TA53306B07	
Arroyo de los Combos	ES030MSPF 0407021		≤2	≤25	≤6	≤0,8	Bueno	Bueno	TA58106003	TA58106B03	
Arroyo del Soto	ES030MSPF 0408021		≤ 10	25	≤ 8	≤ 1	Bueno	Bueno	TA58106002	TA53306B05	
Arroyo Batán desde el Embalse de Aulencia hasta Río Guadarrama	ES030MSPF 0409021		≤2	≤25	≤6	≤0,6	Bueno	Bueno	TA55806001	TA55806B01	
Arroyo del Plantío	ES030MSPF 0413021		≤ 2	≤ 25	≤ 8	≤0,6	Bueno	Bueno	TA55806002	TA55806B02	
Río Jarama desde Río Tajuña hasta Río Tajo	ES030MSPF 0416021		≤ 10	≤ 25	10	≤1	Bueno	Bueno	TA6050003	TA60505B03	
Río Jarama desde E. del Rey hasta Río Tajuña	ES030MSPF 0417021		≤ 10	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA58205004	TA58205B04	
Río Jarama desde Río Henares hasta E. del Rey	ES030MSPF0 419010		≤ 8	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA566005001	TA566005B01	
Río Jarama desde A. Valdebebas hasta R. Henares	ES030MSPF 0420021		≤ 10	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA55905004	TA55905B04	
Río Manzanares a su paso por Madrid	ES030MSPF 0427021			≤ 10	≤ 25	≤ 10	≤1	Bueno	Bueno	TA58205003	TA55905B03
Arroyo del Culebro	ES030MSPF 0434021		≤ 2	40	15	≤1	Bueno	Bueno	TA58205001	TA58205B01	
Arroyo de Pantueña hasta el R. Jarama	ES030MSPF 0439010		≤ 2	≤ 25	≤ 6	≤1	Bueno	Bueno	TA56005002	TA56605B02	
Arroyo Viñuelas	ES030MSPF 0440021		≤ 10	≤25	≤ 8	≤1	Bueno	Bueno	TA53405006	TA53405B06	
Arroyo Guatén y Arroyo Gansarinos	ES030MSPF 0628021	≤ 8	≤25	≤ 10	≤1	Bueno	Bueno	TA63002001	TA63002B01		
R. Guadiloba desde A. Rivera hasta E. Alcántara	ES030MSPF 1014021	≤8	≤25	≤ 8	≤ 1	Bueno	Bueno	TA67813B04	TA67813B04		
Arroyo Arrocampo	ES030MSPF 1018020	Temperatura							TA67813004	TA67813B04	

Ilustración 1. Masas de agua con objetivos menos rigurosos que fija el Plan Hidrológico del Tajo. En verde, la masa de agua donde se desarrolla el estudio.

Las EDAR tienen que garantizar durante todo su plazo de vida útil el cumplimiento de los parámetros de vertido que se establezcan en cada momento en función del Plan

Hidrológico del Tajo y la normativa general emanada de la Directiva 91/271. Todas las alternativas que se definan tienen que cumplir este objetivo sin excepción y por ello hay que tener en cuenta en el diseño:

- Los parámetros de vertido actuales y los que se prevean que exija la autoridad de cuenca a medio y largo plazo.
- La evolución de los caudales y cargas contaminantes durante el plazo de vida útil de las EDAR de forma que se garantice el cumplimiento de la normativa
- El diseño de las soluciones debe prever posibles ampliaciones o renovaciones de cada una de las plantas ante cambios no previsibles en los condicionantes normativos o en las cargas que deben soportar de forma que esos cambios no representen la obsolescencia de todo el sistema.

Las Autorizaciones de Vertido emitidas por la Confederación Hidrográfica del Tajo para su aplicación en el tercer ciclo hidrológico (a partir del 31/12/21) no se pueden cumplir por las plantas actuales. Los parámetros de vertido serán:

PARÁMETROS DE VERTIDO DE LAS AUTORIZACIONES DE VERTIDO					
	DBO5	SS	DQO	Nt	Pt
LÍMITES ACTUALES (hasta el 31 diciembre 2020)	20	20			1
LÍMITES (a partir de 1 enero 2022)	20	20		10	1

Los parámetros asignados a la masa de agua ES030MSPF0427021 - Río Manzanares a su paso por Madrid que está considerada como "muy modificada" y los parámetros f/q a cumplir son los correspondientes a "objetivos menos rigurosos". A medio plazo es posible que se exija mejorar el estado ambiental de la masa a "buen estado" y para ello es fundamental disponer de plantas capaces de adaptar sus parámetros de vertido a estos nuevos objetivos.

RIO MANZANARES	SALIDA				
	DBO5	NH4	NO3	Pt	PO4
Parámetros del estado ambiental: "OBJETIVOS MENOS RIGUROSOS"	≤10	≤10	≤25	≤1	
Parámetros del estado ambiental: "BUEN ESTADO"		≤0,6	≤25		≤0,5

DIRECTIVA 91/271/CEE

La Directiva 91/271/CEE, modificada por la Directiva 98/15/CE, define los sistemas de recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior.

La Directiva 91/271/CEE establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido.



Posteriormente, la Comisión de las Comunidades Europeas consideró que el cuadro 2 del anejo I de la Directiva 91/271/CEE, relativo a los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización, planteaba problemas de interpretación en algunos Estados miembros por lo que, en fecha 27 de febrero de 1998, adoptó la Directiva 98/15/CE, por la que se modifica la anterior, en lo relativo a las especificaciones del cuadro citado.

La transposición de la Directiva 91/271/CEE al Derecho español, está contenida en el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre (BOE núm. 312, de 30 de diciembre), por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Por su parte, el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo (BOE núm. 77, de 29 de marzo) desarrolló el contenido del anteriormente citado, mediante la incorporación de los Anexos contenidos en la Directiva 91/271/CEE, que no habían sido incorporados inicialmente.

Para incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva 98/15/CE, resultó necesario modificar el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, lo que se llevó a cabo mediante el Real Decreto 2116/1998 de 2 de octubre (BOE núm. 251 de 20 Octubre).

Los requisitos que deben cumplir, tanto los vertidos como las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, para que sean conformes a lo dispuesto en la Directiva 91/271/CEE aparecen descritos en las letras B y D de su Anexo I, y en los cuadros 1 y 2 de este último.

Cuadro 1: Requisitos por los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas sujetos a lo dispuesto en los artículos 4 y 5 de la presente Directiva. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70-90 40 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l ⁽³⁾ 35 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000 e-h) 60 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	90 ⁽³⁾ 90 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000 e-h) 70 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	— Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje — Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 minutos como mínimo, con una aceleración media de 2 800 a 3 200 g), secado a 105 °C y pesaje.

⁽¹⁾ Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

⁽²⁾ Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO 5 y el parámetro sustitutivo.

⁽³⁾ Este requisito es optativo.

Los análisis de vertidos procedentes de fosos de fermentación se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberán superar los 150 mg/l.

Cuadro 2: Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización tal como se identifican en el punto A. a) del anexo II. Según la situación local, se podrán aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicarán el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Fósforo total	2 mg/l (de 10 000 a 100 000 e-h) 1 mg/l (más de 100 000 e-h)	80	Espectrofotometría de absorción molecular
Nitrógeno total ⁽²⁾	15 mg/l (de 10 000 a 100 000 e-h) ⁽³⁾ 10 mg/l (más de 100 000 e-h) ⁽³⁾	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular

⁽¹⁾ Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

⁽²⁾ Nitrógeno total equivale a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito.

⁽³⁾ Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto D.4.c) del anexo I. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, de conformidad con el punto D.1 del anexo I, que se obtiene en mismo nivel de protección. En ese caso, la media diaria no deberá superar los 20 mg/l de nitrógeno total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 °C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.

REAL DECRETO 1620/2007

El 7 de diciembre de 2007 se aprobó el RD de reutilización y se modifica parcialmente el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril mediante la derogación de los artículos 272 y 273 del RDPH que regulaban la reutilización de las aguas.

El Anexo I del RD fija los valores máximos admisibles de los parámetros en función de los usos a los que está destinada el agua regenerada distinguiendo cinco grandes tipos de usos: urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental. Para valorar el cumplimiento de los requerimientos de calidad establece los criterios de conformidad y las medidas de gestión frente a incumplimientos.

CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL ² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1 huevo/10 L	0 (UFC ⁴ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). ⁹ b) Baldeo de calles. ⁹ c) Sistemas contra incendios. ⁹ d) Lavado industrial de vehículos. ⁹	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

¹ Considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros: *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*.

² Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.

³ Su autorización estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso

⁴ Unidades Formadoras de Colonias.

⁵ Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

⁶ ver el Anexo II del RD 849/1986, de 11 de abril.

⁷ ver Anexo IV del RD 907/2007, de 6 de julio.

⁸ Norma de calidad ambiental ver el artículo 245.5.a del RD 849/1986, de 11 de abril, modificado por el RD 606/2003 de 23 de mayo.

⁹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
2.- USOS AGRÍCOLAS¹					
CALIDAD 2.1 ² a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ³ con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

¹ Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad: 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganeso: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Niquel: 0,2 mg/L; Selenio : 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L.
Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula:

$$RAS (meq / L) = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$

² Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

³ Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
CALIDAD 2.2 a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ¹ con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
CALIDAD 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L

¹ Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
3.- USOS INDUSTRIALES					
CALIDAD 3.1¹ a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija limite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L
c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ² con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
CALIDAD 3.2 a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.	1 huevo/10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT	<i>Legionella spp.</i> : Ausencia UFC/L Para su autorización se requerirá: - La aprobación, por la autoridad sanitaria, del Programa específico de control de las instalaciones contemplado en el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. - Uso exclusivamente industrial y en localizaciones que no estén ubicadas en zonas urbanas ni cerca de lugares con actividad pública o comercial.

¹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

² Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
4.- USOS RECREATIVOS					
CALIDAD 4.1 ¹ a) Riego de campos de golf.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Si el riego se aplica directamente a la zona del suelo (goteo, microaspersión) se fijan los criterios del grupo de Calidad 2.3 <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 4.2 a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. P _r : 2 mg P/L (en agua estancada)

¹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
5.- USOS AMBIENTALES					
CALIDAD 5.1 a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N _T ¹ : 10 mg N/L NO ₃ : 25 mg NO ₃ /L
CALIDAD 5.2 a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	Art. 257 a 259 del RD 849/1986
CALIDAD 5.3 a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.
CALIDAD 5.4 a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso				

¹ Nitrógeno total, suma del nitrógeno inorgánico y orgánico presente en la muestra

3.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PLANTA

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en el Apéndice del Modelo de calidad.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el Nitrógeno (en forma de amonio).
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzará el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Estos tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionado las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/L)	
SS	4
DBO ₅	4
DQO	25
NH ₄	0,58
N-NH ₄	0,45
NO ₃	27,9
N-NO ₃	6,30
N _t	7,95
P _t	0,24
PO ₄	0,25
P-PO ₄	0,08



ANEJO Nº8. POBLACIÓN Y CAUDALES

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.....	3
3.- CENSO DE POBLACIÓN	5
4.- PLANEAMIENTO VIGENTE Y DESARROLLOS URBANÍSTICOS	11
5.- ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EN EL AÑO HORIZONTE	12
6.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES UNITARIOS VERTIDOS.....	14
7.- CÁLCULO DE CAUDALES.....	17
7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO	17
7.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA EN TIEMPO SECO	21
7.2.1.- CONDICIONANTES DEL SISTEMA	21
7.2.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA	26
7.3.- CÁLCULO DE COEFICIENTES DE PUNTA	26
7.3.1.- COEFICIENTES DE PUNTA ACTUALES.....	27
7.3.2.- COEFICIENTES DE PUNTA DE CÁLCULO.....	29
7.3.3.- COEFICIENTES DE PUNTA DE VACIADO DE TANQUES DE TORMENTAS	30
8.- CAUDALES NOMINALES Y PUNTA ESTIMADOS	32
9.- CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS.....	33
10.- DATOS DE ANALÍTICAS.....	34
11.- CONCLUSIÓN.....	37



1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente ANEJO es la estimación de los volúmenes de aguas residuales que, a través del sistema de colectores, llegan a las estaciones depuradoras de aguas residuales de Viveros de la Villa, La China, Butarque y Sur. En estos momentos y en el año horizonte del estudio.

Aunque el Anejo se centra en la EDAR Butarque, objeto de este proyecto informativo, las fuertes relaciones entre las diferentes EDAR del sistema Manzanares hacen necesario que el estudio sea en conjunto para todas ellas.

En primer lugar, se analiza la distribución de población en los diferentes distritos, y con el crecimiento que tienen asociado se realiza una prognosis para un año horizonte, en este caso 2050. La caracterización de la población se realiza en base a las estadísticas que se encuentran disponibles en el banco de datos de la web del Ayuntamiento de Madrid, y en el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Seguidamente, una vez realizado el pronóstico, se está en disposición de poder obtener los caudales de aguas residuales que determinan el dimensionamiento de las nuevas EDAR. Para ello, es necesario disponer de la dotación por habitante en Madrid y el coeficiente de punta, que se calcula según diferentes métodos y criterios.

Finalmente, se aportan los datos de cargas contaminantes en los influentes de cada una de las EDAR que forman el sistema objeto de estudio. De este modo, las plantas se tendrían completamente definidas.

2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

El análisis poblacional se desarrolla en base a la distribución de la población en los diferentes distritos a los que afecta la remodelación de las EDAR, teniendo cada uno de ellos un crecimiento asociado, según las estadísticas de los últimos años. Dichos distritos, en su totalidad o parcialmente, conforman las cuencas vertientes de cada una de las EDAR objeto del estudio, quedando éstas delimitadas por el trazado de los colectores presentes en la red de saneamiento.

Se determina qué distritos pertenecen a cada cuenca y la proporción de población asociada para obtener la población que le corresponde a cada una de ellas (Tabla 1). En la Ilustración 1, se observan las cuencas vertientes y los distritos de Madrid.

DISTRITO/MUNICIPIO	VIVEROS	LA CHINA	BUTARQUE	SUR
Arganzuela		100,00%		
Carabanchel			100,00%	
Centro		100,00%		
Chamartín	9,89%	90,11%		
Chamberí		100,00%		
Ciudad Lineal		90,48%		
Fuencarral_El Pardo	74,32%			
Hortaleza		3,64%		
Latina			100,00%	
Moncloa-Aravaca	73,19%	14,60%	37,13%	
Moratalaz		69,43%		
Pozuelo de Alarcón	80,00%		20,00%	
Puente de Vallecas		70,04%		
Retiro		100,00%		
Salamanca		100,00%		
San Blas-Canillejas		0,16%		
Tetuán	47,78%	52,22%		
Usera			100,00%	
Villa de Vallecas		0,84%		36,13%
Villaverde			100,00%	

Tabla 1. Proporción de distritos por cuencas vertientes.



Ilustración 1. Cuencas vertientes de las EDAR y distritos de Madrid



3.- CENSO DE POBLACIÓN

El análisis de la población se realiza exclusivamente en aquellos que vierten de forma total o parcial a las EDAR de Viveros de la Villa, La China, Butarque y Sur, quedando exentos en su totalidad los distritos de Barajas y Vicálvaro que vierten a las EDAR de Rejas, Valdebebas, La Gavia y Suroriental.

Además de los distritos de Madrid, se incorpora el municipio de Pozuelo de Alarcón, ya que en la nueva propuesta de saneamiento parte de sus aguas residuales serán enviadas a la EDAR Butarque.

Los datos de los distritos, que se muestran a continuación (Tabla 2), se han obtenido del banco de datos del Ayuntamiento de Madrid, concretamente de las series anuales de estructura de la población, que incluyen datos del padrón municipal por distritos desde 1986 hasta 2017. En el caso del municipio de Pozuelo de Alarcón, se han obtenido del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Finalmente, se aporta el total de habitantes de los distritos objeto del estudio, mostrando una gráfica (Ilustración 2) donde se aprecian las variaciones a lo largo del período 1986-2017. En la Tabla 3 se observan, claramente, los efectos de las crisis económicas de 1993 y 2008, ya que provocan un descenso acentuado durante unos 5 años en ambos casos.

Atendiendo a estas variaciones, se hace notar que la población en Madrid no es estable, está muy ligada a factores socio-económicos, por lo que en el futuro existe una alta probabilidad de que tenga un comportamiento similar.

	ARGAN ZUELA	CARA BAN CHEL	CEN TRO	CHA MARTÍN	CHAM BERÍ	CIUDAD LINEAL	HORTA LEZA	FUEN CA RRAL- EL PARDO	LATINA	MON CLOA- ARAVA CA	MORA TALAZ	POZUE LO DE ALAR CÓN	PUEN TE DE VALLE CAS	RETIRO	SALAM ANCA	SAN BLAS- CANI LLEJAS	TE TUÁN	USERA	VILLA DE VALLE CAS	VILLA VERDE
Año	Hab.																			
1986	119.398	240.325	143.677	146.770	168.835	226.844	134.938	196.280	282.584	105.910	105.416	35.988	224.970	128.351	166.693	134.080	155.236	124.277	54.962	127.463
1987	120.783	242.887	146.302	150.133	172.721	229.320	137.274	199.415	285.016	108.093	106.082	36.551	226.135	130.613	170.028	135.675	156.959	125.620	56.815	128.412
1988	120.901	241.208	146.495	150.799	172.671	229.571	138.226	201.655	283.224	108.633	106.183	38.889	228.667	131.020	169.275	135.401	156.542	125.399	56.351	127.862
1989	120.690	240.630	147.331	152.065	172.969	229.733	138.854	203.922	281.380	109.280	105.814	40.515	228.945	131.793	169.356	134.927	156.358	125.718	57.070	128.013
1990	121.128	240.854	147.911	152.996	173.039	230.613	140.121	207.239	281.062	110.060	106.360	42.504	229.891	132.439	169.585	134.380	156.254	125.472	58.216	128.402
1991	116.718	234.220	136.125	145.662	160.942	225.474	138.260	206.499	272.240	105.377	105.341	48.328	224.698	127.832	156.082	127.938	147.318	120.582	59.488	124.785
1992	116.960	234.215	136.972	146.214	161.167	225.960	138.789	207.504	271.652	105.826	105.711	50.800	225.282	127.709	156.657	128.762	147.425	120.664	59.856	124.941
1993	118.119	233.935	139.703	147.679	162.457	226.608	140.075	209.849	270.973	107.088	107.184	53.339	227.338	128.817	158.312	128.712	148.052	121.188	60.578	125.286
1994	118.555	233.297	140.186	149.073	162.294	226.387	140.323	210.810	269.366	107.764	107.395	56.149	228.559	129.511	158.676	127.920	147.678	120.904	61.012	125.164
1995	118.774	230.622	139.010	148.960	160.622	225.128	141.308	210.066	267.010	107.579	106.958	57.780	230.313	129.303	157.657	126.475	146.488	119.833	61.142	126.463
1996	114.700	217.868	122.615	135.301	144.889	213.705	140.517	199.253	255.741	102.022	105.456	60.120	224.882	120.445	142.001	119.395	135.367	113.706	60.383	123.476
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	119.514	217.298	125.140	137.503	145.705	215.402	142.419	202.172	254.186	104.333	105.153	62.010	227.629	121.116	143.380	121.676	135.910	113.699	61.403	124.540
1999	122.385	215.390	126.061	137.706	145.682	214.924	143.335	204.000	251.558	105.244	104.589	64.778	226.955	121.652	143.547	125.427	135.742	112.650	61.184	123.861
2000	123.427	213.405	126.708	136.967	144.483	214.807	143.842	203.788	249.105	106.154	104.942	66.298	225.421	121.574	143.090	129.052	135.210	112.180	61.041	123.629
2001	130.829	220.198	133.809	138.941	147.498	223.745	146.493	206.793	253.014	109.637	106.596	68.470	228.548	123.736	146.168	133.247	140.951	116.037	62.132	126.501
2002	137.022	226.138	139.431	139.987	144.700	227.799	148.035	207.748	255.545	112.278	107.405	71.246	232.520	124.888	147.350	137.445	144.700	121.130	62.978	130.417
2003	143.867	233.602	146.443	142.626	151.230	232.846	151.746	210.583	258.667	116.531	108.248	72.662	237.899	126.477	149.264	143.405	149.200	124.665	64.177	135.540
2004	146.402	237.093	150.159	142.735	151.766	233.730	152.483	209.361	259.199	118.297	107.877	75.079	240.917	126.283	151.366	146.963	150.834	129.015	65.162	140.205
2005	146.833	239.782	148.714	141.302	150.810	231.029	153.848	206.688	257.431	118.815	106.858	78.083	241.661	126.058	150.775	148.985	150.379	132.145	65.842	143.388
2006	148.797	246.076	149.718	142.045	150.631	231.364	158.221	209.255	258.761	119.322	106.344	79.581	243.474	125.978	151.254	151.912	152.615	135.876	66.846	146.859
2007	149.577	248.350	141.396	143.778	145.593	226.805	161.661	212.710	256.644	117.356	104.923	79.826	241.907	124.530	146.763	153.128	152.206	136.391	67.163	146.184
2008	152.744	253.678	142.270	145.088	145.934	228.171	168.702	220.085	258.476	118.068	104.494	81.365	244.151	124.258	147.707	155.795	154.470	139.594	73.281	148.252
2009	154.345	256.973	143.674	146.347	145.794	229.290	172.388	225.954	258.012	118.724	103.704	82.428	245.180	123.969	147.961	157.367	156.658	141.189	80.711	149.727



SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR

	ARGAN ZUELA	CARA BAN CHEL	CEN TRO	CHA MARTÍN	CHAM BERÍ	CIUDAD LINEAL	HORTA LEZA	FUEN CA RRAL- EL PARDO	LATINA	MON CLOA- ARAVA CA	MORA TALAZ	POZUE LO DE ALAR CÓN	PUEN TE DE VALLE CAS	RETIRO	SALAM ANCA	SAN BLAS- CANI LLEJAS	TE TUÁN	USERA	VILLA DE VALLE CAS	VILLA VERDE
Año	Hab.																			
2010	154.787	256.645	143.908	146.358	145.144	228.835	174.686	229.758	255.402	118.931	102.671	82.804	244.038	123.159	147.735	158.311	157.527	141.755	88.201	149.736
2011	154.717	254.991	142.876	146.117	143.773	225.789	175.648	231.897	251.569	118.705	101.112	82.916	240.988	122.068	147.380	157.298	156.433	140.263	92.365	148.599
2012	153.923	250.800	139.952	145.162	141.394	222.586	174.640	232.924	246.542	117.057	99.766	83.844	237.612	121.146	146.055	155.992	155.764	138.135	95.076	146.462
2013	154.062	247.404	138.400	144.546	141.085	219.013	173.966	233.852	243.603	117.041	97.965	84.474	233.240	120.252	145.623	155.578	155.684	136.063	97.490	144.286
2014	151.608	242.780	134.271	142.684	138.586	214.256	172.705	232.651	237.953	115.713	96.171	84.360	228.739	118.743	143.598	153.372	152.523	133.655	98.767	142.040
2015	150.177	240.230	131.106	141.435	137.286	211.736	174.343	232.889	234.222	115.901	94.813	84.558	226.135	117.934	142.388	152.447	150.860	132.744	99.636	140.599
2016	151.520	242.000	132.644	142.610	137.532	212.431	177.738	235.482	234.015	116.689	94.607	84.989	227.195	118.559	143.244	153.411	152.545	134.015	102.140	141.442
2017	151.965	243.998	131.928	143.424	137.401	212.529	180.462	238.756	233.808	116.903	94.197	85.605	227.595	118.516	143.800	154.357	153.789	134.791	104.421	142.608

Tabla 2. Población en los distintos distritos de Madrid. Fuente: Ayuntamiento de Madrid e Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Población total	
Año	Hab.
1986	3.022.997
1987	3.064.834
1988	3.068.972
1989	3.075.363
1990	3.088.526
1991	2.983.909
1992	2.993.066
1993	3.015.292
1994	3.021.023
1995	3.011.491
1996	2.851.842
1997	-
1998	2.880.188
1999	2.886.670
2000	2.885.123
2001	2.963.343
2002	3.018.762
2003	3.099.678
2004	3.134.926
2005	3.139.426
2006	3.174.929
2007	3.156.891
2008	3.206.583
2009	3.240.395
2010	3.250.391
2011	3.235.504
2012	3.204.832
2013	3.183.627
2014	3.135.175
2015	3.111.439
2016	3.134.808
2017	3.150.853

Tabla 3. Población total en los distritos del estudio. Fuente: Ayuntamiento de Madrid e Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

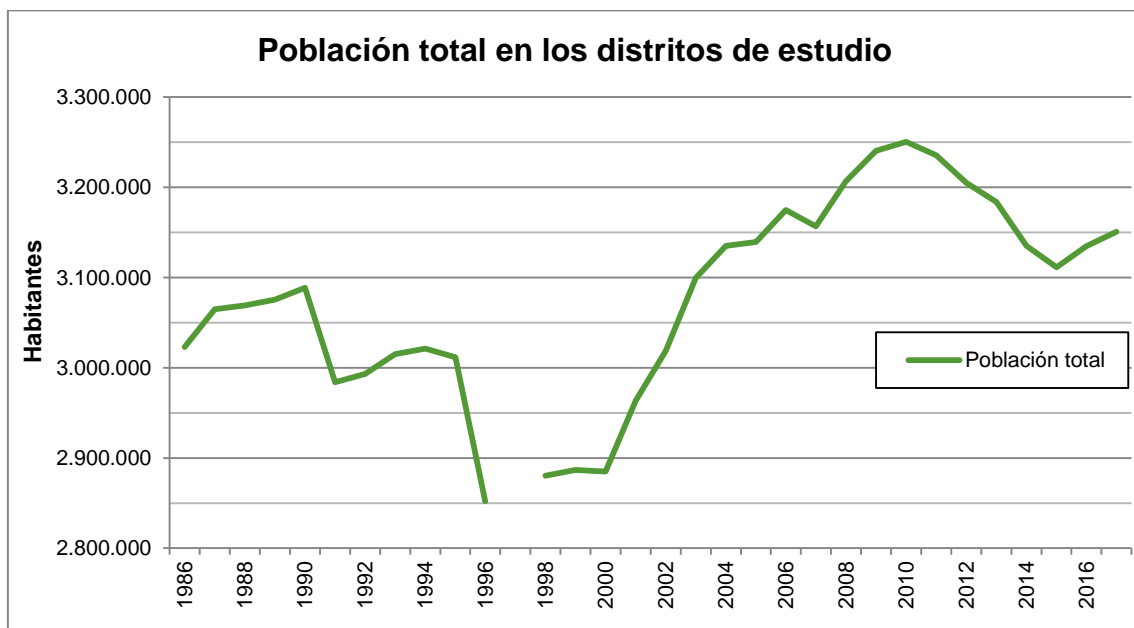


Ilustración 2. Población total en los distritos de estudio de Madrid durante el período 1986-2017.

Dejando de lado las variaciones que se han comentado anteriormente, el crecimiento durante este período ha sido positivo, situándose en el 4,23%, lo que serían unos 130.000 habitantes, un incremento ínfimo. Este incremento de población se ha dado prácticamente en los distritos periféricos, llegando a aumentos del 137,87% en Pozuelo de Alarcón y 89,99% en Villa de Vallecas.

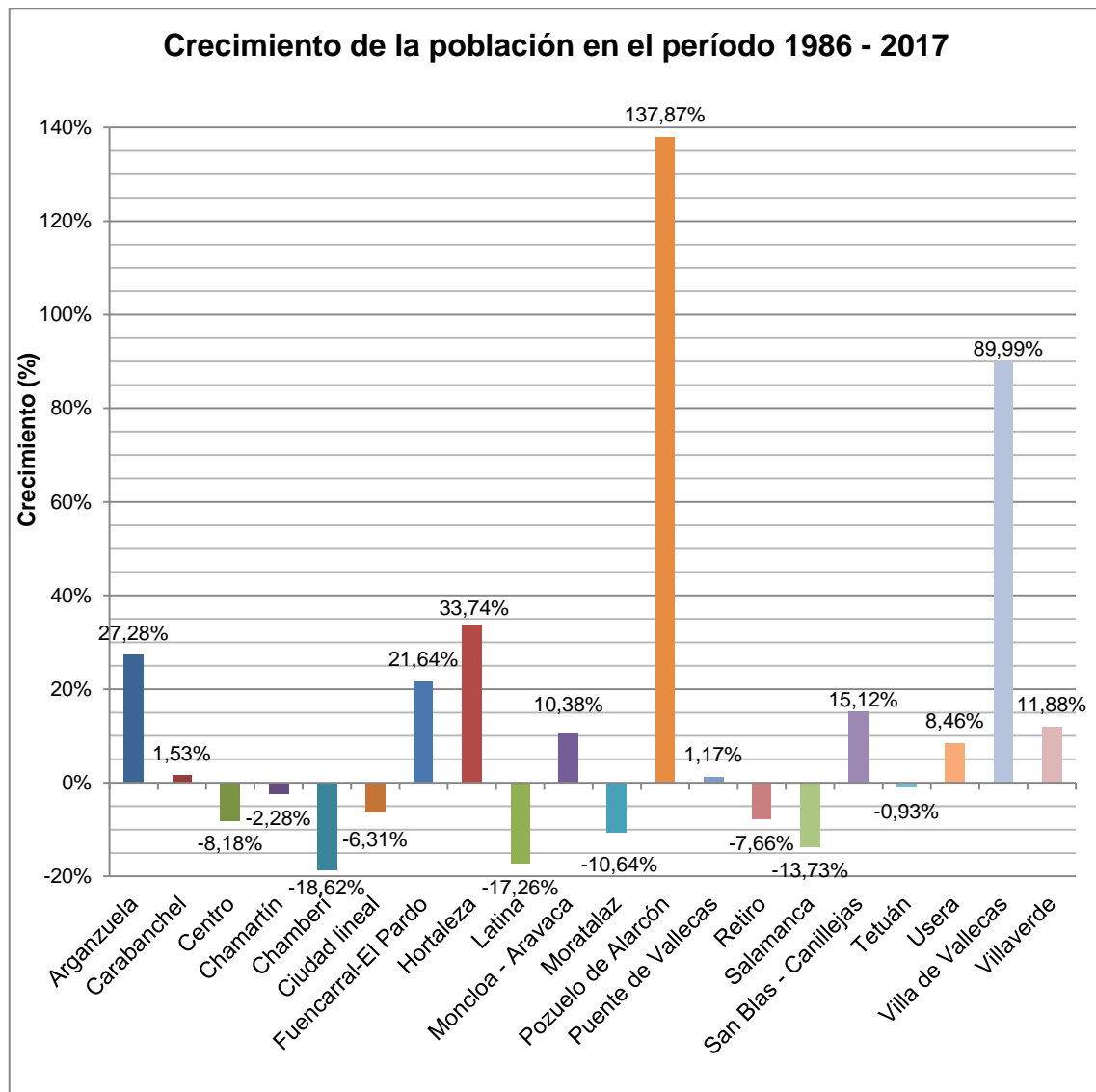


Ilustración 3. Crecimiento de la población por distritos de Madrid durante el período 1986-2017.

Una vez superado el descenso de la población hasta el año 2014, se comienza a observar un ligero crecimiento en el período 2015-2016, del orden del 0,50% de media, que ha sido posible debido a grandes ascensos en el número de habitantes de los distritos periféricos.

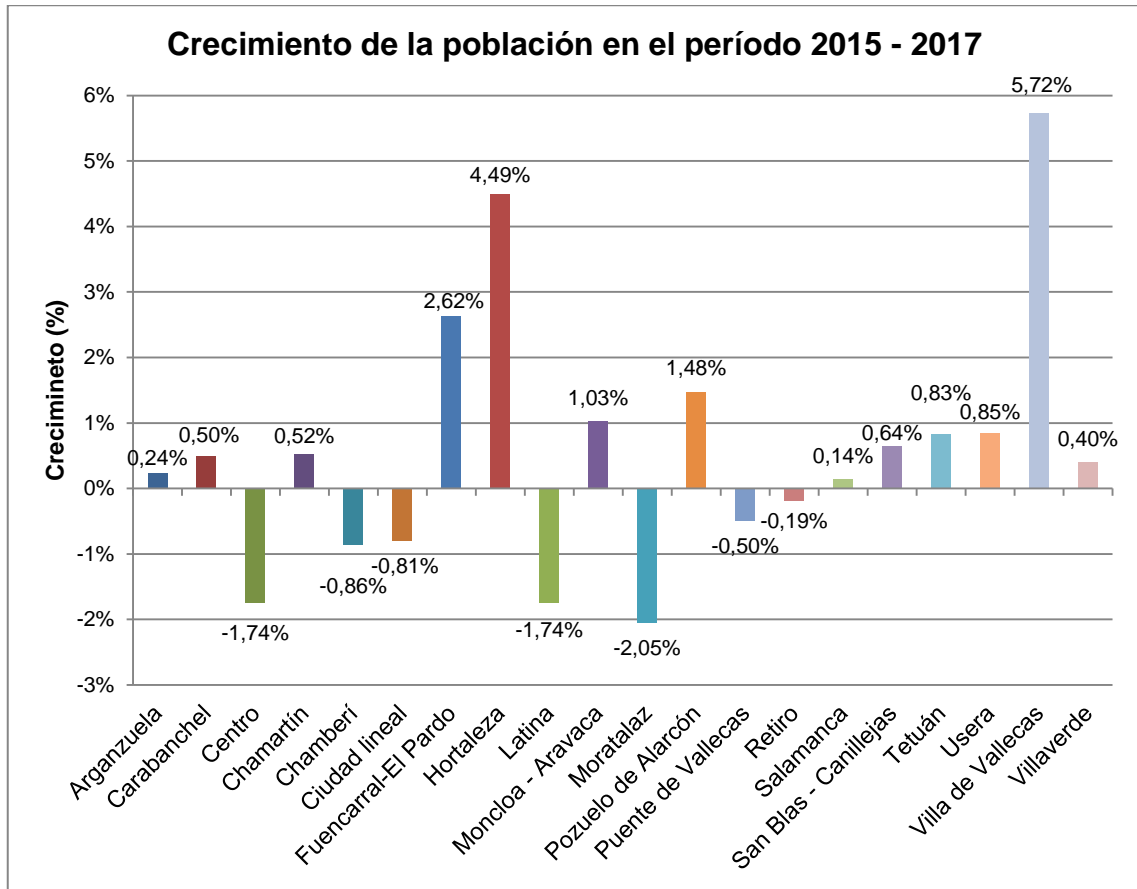


Ilustración 4. Crecimiento de la población por distritos de Madrid durante el período 2015-2017.

4.- PLANEAMIENTO VIGENTE Y DESARROLLOS URBANÍSTICOS

En la planificación urbana de Madrid, existen nuevos desarrollos urbanísticos previstos, aunque en la actualidad se encuentran paralizados en su mayoría. Los siguientes afectarían de lleno en la población servida por las EDAR de estudio:

- **Villaverde–Barrio de Butarque:** Perteneciente a la cuenca vertiente en Butarque. Esta urbanización se encuentra desarrollada parcialmente, de modo que quedarían alrededor de 800 viviendas por construir.
- **Instalaciones Militares de Campamento:** Perteneciente a la cuenca vertiente de Butarque. Se trata de un desarrollo urbanístico paralizado durante un largo período de tiempo, si se ejecutara en su totalidad albergaría un total de 10.700 viviendas.
- **Valdecarros:** perteneciente a la cuenca vertiente de Sur. Este desarrollo urbanístico está en estos momentos sin avances. En principio, se llevaría a cabo gradualmente a continuación de otros desarrollos urbanísticos como son: Los Berrocales y Los Ahijones que se encuentran más desarrollados.

El plan inicial se compone de 48.000 viviendas. Se está planteando por el ayuntamiento una redefinición del desarrollo que implicaría menos viviendas. De cara al estudio, y por estar del lado de la seguridad, se mantienen las cifras originales.

- **Prolongación Castellana:** Perteneciente parcialmente a la cuenca vertiente de Viveros. Cuenta con diferentes zonas residenciales en el Centro Terciario de Negocios y en el Espacio Productivo Malmea, con un total de 1.675 viviendas.
- **Arroyo del Fresno:** Perteneciente a la cuenca vertiente de Viveros. Se encuentra desarrollado parcialmente, se han entregado un total de 1.000 viviendas, por lo que aún quedan por ejecutarse 2.754 más.
- **Área Pozuelo Oeste (ARPO):** Perteneciente a la cuenca vertiente de Viveros en la zona de Pozuelo de Alarcón. Tiene asignadas un total de 5.500 viviendas que en el año horizonte se suponen ejecutadas.

5.- ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EN EL AÑO HORIZONTE

La estimación de la población se fija para el año horizonte 2050, puesto que se consideran 25 años de vida útil de las EDAR, una vez se finalice su construcción, que podría fijarse sobre 2025.

La prognosis está basada en la realizada por el Ayuntamiento de Madrid para el período 2017-2023. Para ello, se ha obtenido el crecimiento interanual empleado en el análisis del ayuntamiento, y se aplica linealmente a la población actual para obtener la del año 2050. Tanto para obtener la tasa de crecimiento del análisis existente, como para la obtención de la población en el año horizonte, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_h = P_o(1 + i)^n$$

Donde P_h es la población al final de n años; P_o es la población inicial; i es la tasa de crecimiento anual en tanto por uno; y n es el número de años para los que se hace la previsión.

Puesto que para el municipio de Pozuelo de Alarcón no existe este tipo de prognosis para el año 2023, se ha tomado como tasa de crecimiento anual la media de los últimos 5 años, 0,40%, ya que tienen una dinámica de crecimiento estable que podría representar el de los próximos años.

A esta previsión, se le incorporan las viviendas de los nuevos desarrollos urbanísticos previstos. Si bien se considera que probablemente se ejecuten con grandes cambios sobre lo establecido en estos momentos, por lo que se estará del lado de la seguridad.

Los habitantes que se van a considerar por cada nueva vivienda construida se toman de las estadísticas del año 2017, 2,5 habitantes por vivienda, aunque como se observa en la Ilustración 5, el número de personas por hogar está disminuyendo constantemente a lo largo de los años, estando del lado de la seguridad nuevamente.

El número de habitantes para el año horizonte se muestran en la Tabla 4.

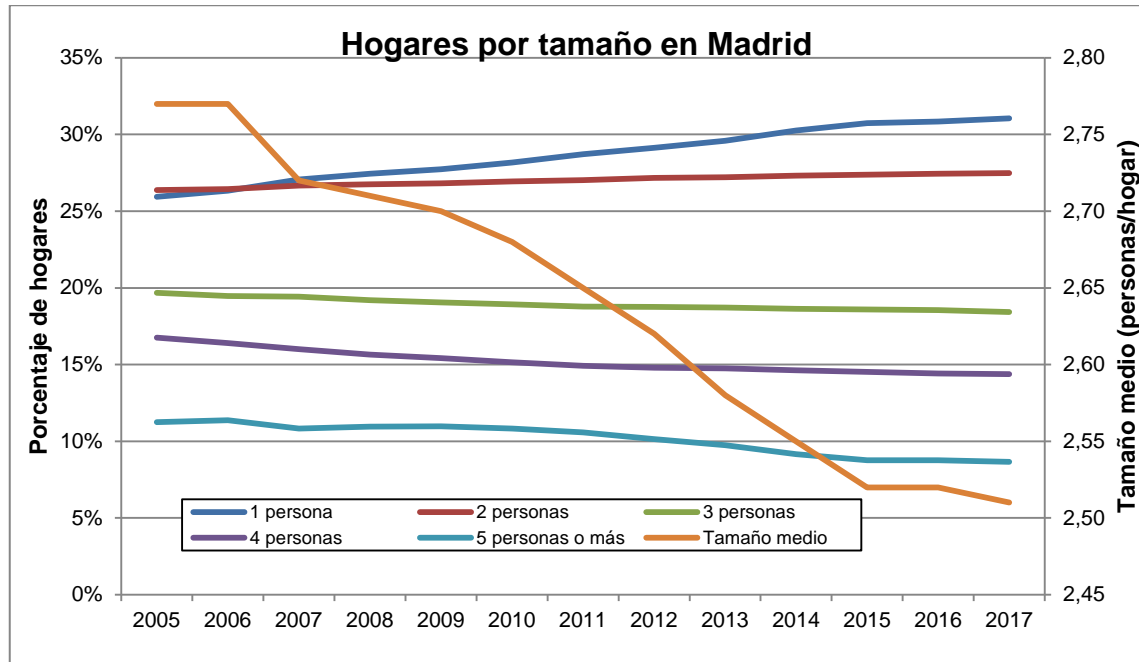


Ilustración 5. Evolución del número de personas por hogar en Madrid durante el período 2005-2017.

Distrito/Municipio	Pob. 2017	Pob. 2023	Crecimiento anual	Desarrollos urbanísticos	Pob. 2050
Total población	3.065.248	3.073.157	0,04%		3.439.276
Arganzuela	151.965	158.458	0,70%	-	191.288
Carabanchel	243.998	247.968	0,27%	-	266.646
Centro	131.928	137.832	0,73%	-	167.848
Chamartín	143.424	142.979	-0,05%	2.510	143.503
Chamberí	137.401	133.448	-0,49%	-	117.023
Ciudad Lineal	212.529	207.757	-0,38%	-	187.573
Fuencarral El Pardo	238.756	240.631	0,13%	8.607	257.858
Hortaleza	180.462	184.808	0,40%	-	205.699
Latina	233.808	226.737	-0,51%	26.857	224.330
Moncloa-Aravaca	116.903	114.105	-0,40%	-	102.318
Moratalaz	94.197	89.927	-0,77%	-	72.982
Pozuelo de Alarcón	85.605	-	0,40%	13.805	97.659
Puente de Vallecas	227.595	220.902	-0,50%	-	193.137
Retiro	118.516	113.022	-0,79%	-	91.287
Salamanca	143.800	139.096	-0,55%	-	119.759
San Blas-Canillejas	154.357	155.188	0,09%	-	158.985
Tetuán	153.789	156.038	0,24%	-	166.572
Usera	134.791	139.465	0,57%	-	162.587
Villa de Vallecas	104.421	122.067	2,64%	120.480	366.939
Villaverde	142.608	142.729	0,01%	2.008	145.284

Tabla 4. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

6.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES UNITARIOS VERTIDOS

Para la determinación del vertido unitario por habitante y día en tiempo seco se recurre a la información facilitada por el Canal de Isabel II, en la que aparece el volumen de agua facturada por distritos entre los años 2012 y 2017.

A efectos del cálculo de la dotación a aplicar en la población horizonte obtenida anteriormente, solamente se tienen en cuenta los 3 últimos años, de 2015 a 2017. Se realiza una comparativa entre dichas dotaciones (Ilustración 6), y finalmente se decide utilizar la correspondiente al año 2017 (Tabla 5), pues los consumos actualmente tienden a disminuir, y se espera que sigan esta dinámica en los próximos años.

Adicionalmente, se aplica un coeficiente que incrementa las dotaciones facturadas para obtener las dotaciones de suministro y finalmente las dotaciones de caudales vertidos a la red.

Así pues, tenemos en cuenta el rendimiento de la red de abastecimiento y el coeficiente de infiltración entre el agua suministrada. Para la obtención de dicho coeficiente se recurre al Informe Anual de 2015 del Canal de Isabel II, en el cual se estima que en los años de 2013 a 2015 el agua medida en los usuarios finales es de en torno al 83% del agua captada.

Además, hay que tener en cuenta que existen pérdidas de la red e infiltraciones del terreno a la red de alcantarillado, y viceversa. No obstante, a efectos del cálculo, se consideran nulas de modo que la determinación del caudal de llegada a las EDAR quedaría del lado de la seguridad.

$$\text{Coeficiente} = \frac{1}{\text{Rendimiento red abastecimiento}}$$

De este modo se determina un ratio entre volumen vertido y volumen facturado de 1,2048. Éste se aplica directamente sobre la dotación obtenida de la facturación, obteniendo el vertido unitario por persona y día (Tabla 5).

En el caso del municipio de Pozuelo de Alarcón no se dispone del volumen facturado aportado por el Canal de Isabel II, por ello se toma como vertido unitario el obtenido para el distrito de Moncloa-Aravaca, pues este distrito presenta similitudes en cuanto a nivel de vida y tipología de edificios existentes.

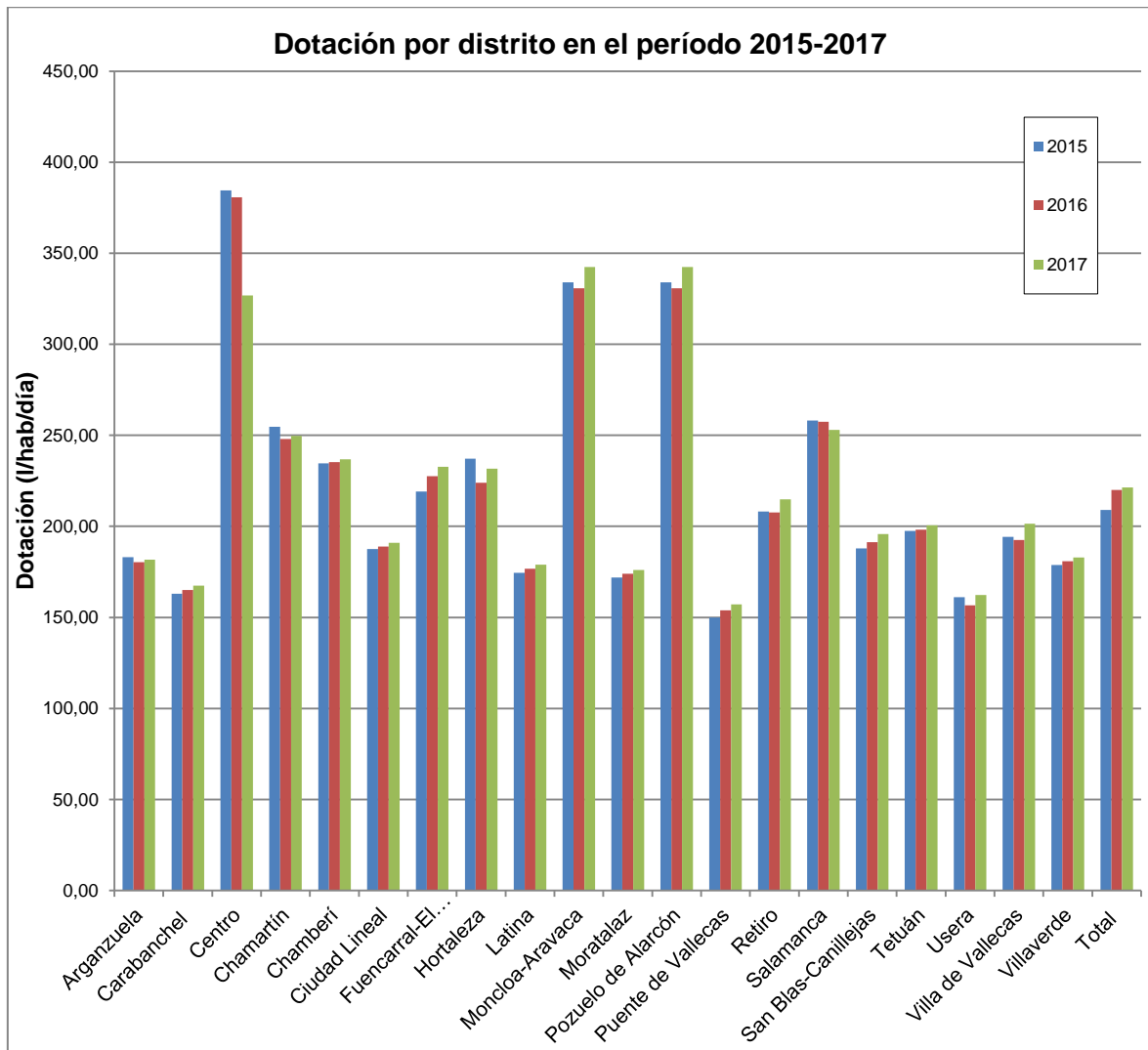


Ilustración 6. Evolución de las dotaciones en los distritos en el período 2015-2017.

	VERTIDOS UNITARIOS			
	2017			
	Facturado m ³ /año	Población nº hab	Fact. Unitaria l/hab/día	Vertido unitario l/hab.día
Arganzuela	8.365.201	151.965	150,81	181,70
Carabanchel	12.379.362	243.998	139,00	167,47
Centro	13.060.685	131.928	271,23	326,78
Chamartín	10.847.253	143.424	207,21	249,65
Chamberí	9.856.946	137.401	196,54	236,80
Ciudad Lineal	12.300.179	212.529	158,56	191,04
Fuencarral-El Pardo	16.834.175	238.756	193,17	232,74
Hortaleza	12.668.956	180.462	192,34	231,73
Latina	12.674.879	233.808	148,52	178,94
Moncloa-Aravaca	12.127.061	116.903	284,21	342,42
Moratalaz	5.025.639	94.197	146,17	176,11
Pozuelo de Alarcón	-	-	284,21	342,42
Puente de Vallecas	10.840.795	227.595	130,50	157,23
Retiro	7.715.260	118.516	178,35	214,88
Salamanca	11.019.264	143.800	209,94	252,94
San Blas-Canillejas	9.157.181	154.357	162,53	195,82
Tetuán	9.344.202	153.789	166,47	200,56
Usera	6.631.022	134.791	134,78	162,39
Villa de Vallecas	6.371.674	104.421	167,18	201,42
Villaverde	7.905.852	142.608	151,88	182,99
Total	195.125.586	3.065.248	183,68	221,30

Tabla 5. Dotación facturada y vertido unitario por distritos en el año 2017.

7.- CÁLCULO DE CAUDALES

7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO

Una vez definida la población en el año horizonte por distritos, la discretización de los distritos en las tres cuencas vertientes de las EDAR y el vertido unitario por habitante y día, se obtienen, en primer lugar, la población servida por cada una de las EDAR (Tabla 6 y Tabla 7) y seguidamente los caudales diarios en tiempo seco y totales por cada cuenca (Tabla 8).

En estas tablas, en cada EDAR, solamente aparecen caracterizados los distritos que pertenecen a su cuenca vertiente.

Distrito/ Municipio	Población 2050	Población							
		Viveros		La China		Butarque		Sur	
Total población	3.439.276		438.447	37,6%	1.292.790	23,9%	822.982	3,9%	132.505
Arganzuela	191.288	0,0%		100,0%	191.288	0,0%		0,0%	
Carabanchel	266.646	0,0%		0,0%		100,0%	266.646	0,0%	
Centro	167.848	0,0%		100,0%	167.848	0,0%		0,0%	
Chamartín	143.503	9,9%	14.192	90,1%	129.311	0,0%		0,0%	
Chamberí	117.023	0,0%		100,0%	117.023	0,0%		0,0%	
Ciudad Lineal	187.573	0,0%		90,5%	169.710	0,0%		0,0%	
Fuencarral-El Pardo	257.858	74,3%	191.647	0,0%		0,0%		0,0%	
Hortaleza	205.699	0,0%		3,6%	7.478	0,0%		0,0%	
Latina	224.330	0,0%		0,0%		100,0%	224.330	0,0%	
Moncloa-Aravaca	102.318	73,2%	74.886	22,3%	22.829	4,5%	4.603	0,0%	
Moratalaz	72.982	0,0%		69,4%	50.672	0,0%		0,0%	
Pozuelo de Alarcón	97.659	80,0%	78.127	0,0%		20,0%	19.532	0,0%	
Puente de Vallecas	193.137	0,0%		70,0%	135.278	0,0%		0,0%	
Retiro	91.287	0,0%		100,0%	91.287	0,0%		0,0%	
Salamanca	119.759	0,0%		100,0%	119.759	0,0%		0,0%	
San Blas-Canillejas	158.985	0,0%		0,2%	247	0,0%		0,0%	
Tetuán	166.572	47,8%	79.595	52,2%	86.977	0,0%		0,0%	
Usera	162.587	0,0%		0,0%		100,0%	162.587	0,0%	
Villa de Vallecas	366.939	0,0%		0,8%	3.083	0,0%		36,1%	132.505
Villaverde	145.284	0,0%		0,0%		100,0%	145.284	0,0%	

Tabla 6. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

Distrito	2050	Total de población servida	
Total población	3.439.276	78,1%	2.686.723
Arganzuela	191.288	100,0%	191.288
Carabanchel	266.646	100,0%	266.646
Centro	167.848	100,0%	167.848
Chamartín	143.503	100,0%	143.503
Chamberí	117.023	100,0%	117.023
Ciudad Lineal	187.573	90,5%	169.710
Fuencarral-El Pardo	257.858	74,3%	191.647
Hortaleza	205.699	3,6%	7.478
Latina	224.330	100,0%	224.330
Moncloa-Aravaca	102.318	100,0%	102.318
Moratalaz	72.982	69,4%	50.672
Pozuelo de Alarcón	97.659	100,0%	97.659
Puente de Vallecas	193.137	70,0%	135.278
Retiro	91.287	100,0%	91.287
Salamanca	119.759	100,0%	119.759
San Blas-Canillejas	158.985	0,2%	247
Tetuán	166.572	100,0%	166.572
Usera	162.587	100,0%	162.587
Villa de Vallecas	366.939	37,0%	135.587
Villaverde	145.284	100,0%	145.284

Tabla 7. Población servida en los distritos del estudio.

Aplicando la dotación unitaria por habitante obtenida para cada distrito a la población conectada a cada EDAR tenemos:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

DISTRITO	CUENCA VIVEROS			CUENCA CHINA			CUENCA BUTARQUE			CUENCA SUR		
	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob 2050	Vertido unitario	Caudal influente
	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día
Arganzuela				191.288	181,70	34.757,66						
Carabanchel							266.646	167,47	44.655,70			
Centro				167.848	326,78	54.849,64						
Chamartín	14.192	249,65	3.542,91	129.311	249,65	32.282,19						
Chamberí				117.023	236,80	27.710,94						
Ciudad Lineal				169.710	191,04	32.421,20						
Fuencarral-El Pardo	191.647	232,74	44.603,49									
Hortaleza				7.478	231,73	1.732,95						
Latina							224.330	178,94	40.142,15			
Moncloa-Aravaca	74.886	342,42	25.642,55	22.829	342,42	7.817,08	4.603	342,42	1.576,01			
Moratalaz				50.672	176,11	8.923,83						
Pozuelo de Alarcón	78.127	342,42	26.752,27				19.532	342,42	6.688,07			
Puente de Vallecas				135.278	157,23	21.269,41						
Retiro				91.287	214,88	19.616,06						
Salamanca				119.759	252,94	30.292,22						
San Blas-Canillejas				247	195,82	48,32						
Tetuán	79.595	200,56	15.963,64	86.977	200,56	17.444,18						
Usera							162.587	162,39	26.401,83			



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

DISTRITO	CUENCA VIVEROS			CUENCA CHINA			CUENCA BUTARQUE			CUENCA SUR		
	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob 2050	Vertido unitario	Caudal influente
	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>
Villa de Vallecas				3.083	201,42	620,92				132.505	201,42	26.688,62
Villaverde							145.284	182,99	26.585,97			
Total	438.447	273,56	116.504,85	1.292.790	225,65	289.786,57	822.982	229,44	146.049,72	132.505	201,42	26.688,62

Tabla 8. Dotación en las cuencas de Viveros, China, Butarque y Sur y caudal diario en tiempo seco en el año horizonte.

Por lo tanto, los caudales influentes en tiempo seco estimados para la población horizonte por cuenca vertiente a cada EDAR son:

		VIVEROS (Cuenca)	LA CHINA (Cuenca)	BUTARQUE (Cuenca)	SUR (Cuenca)	TOTAL
Caudal tº seco	<i>m³/d</i>	116.505	289.787	146.050	26.689	579.030
	<i>m³/s</i>	1,35	3,36	1,70	0,31	6,71

Tabla 9. Caudales diarios en tiempo seco en el año horizonte para cada cuenca.

7.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA EN TIEMPO SECO

Partiendo del análisis realizado anteriormente para cada cuenca vertiente, y teniendo en cuenta los diferentes condicionantes que se dan en el sistema formado por las EDAR estudiadas, se definen los caudales nominales por planta en tiempo seco

7.2.1.- CONDICIONANTES DEL SISTEMA

7.2.1.1.- Limitación de entrada en EDAR Viveros

La EDAR de Viveros de la Villa se incluye en el presente análisis de caudales puesto que, según los datos de explotación, ésta no trata caudales superiores a 75.000 m³/d con el objetivo de eliminar nutrientes. Esto provoca que parte de las aportaciones que se han estimado para su cuenca, se deriven hacia aguas abajo, incorporándose en el sistema objeto de estudio formado por La China, Butarque y Sur. Este caudal derivado sería de 41.505 m³/d.

Teniendo en cuenta la limitación que presenta la EDAR de Viveros, se estima cuáles podrían ser los caudales nominales en cada una de las plantas para la población horizonte.

7.2.1.2.- Limitación de entrada en EDAR La China

La solución que se presenta para La China, presenta una limitación en el caudal influente, tal y como está operando actualmente. Esta limitación vendrá impuesta por los condicionantes presentes en la planta: los mantenimientos del caudal de agua de riego y del caudal mínimo en el río.

El caudal de entrada se limita a 116.000 m³/d, que se corresponden con 30.000 m³/d destinados a mantener el agua de riego de parques y jardines de Madrid, y 86.000 m³/d para mantener el caudal del río Manzanares aguas debajo de La China.

- **Caudales de agua regenerada**

De las plantas que se están estudiando, solamente en la EDAR La China existen instalaciones para la regeneración de aguas residuales, agua que se utiliza para el riego de parques y jardines de la ciudad de Madrid. En la Ilustración 7, se muestran



los caudales bombeados por la estación regeneradora de aguas residuales de La China, por día durante el período del que se disponen datos (2016-2018).

Se observa claramente que los bombeos se concentran durante los meses del verano, e incluso que en el verano de 2017 ha habido una mayor demanda de agua para riego. Esta demanda ha estado entre 20.000 y 25.000 m³/d durante el verano de 2017, **siendo el caudal máximo del período 24.089 m³/d. Es por ello, que para el dimensionamiento de la nueva planta, se toma como caudal de agua regenerada 30.000 m³/d**, quedando del lado de la seguridad en cuanto a disposición de agua para satisfacer la demanda, y entendiendo que la producción de agua regenerada para riego debe de ir al alza en los próximos años.

Durante los inviernos, al bombearse un menor caudal diario de agua regenerada, el caudal del río Manzanares aguas abajo de la EDAR La China se verá incrementado, mejorando el aspecto de este tramo de río.

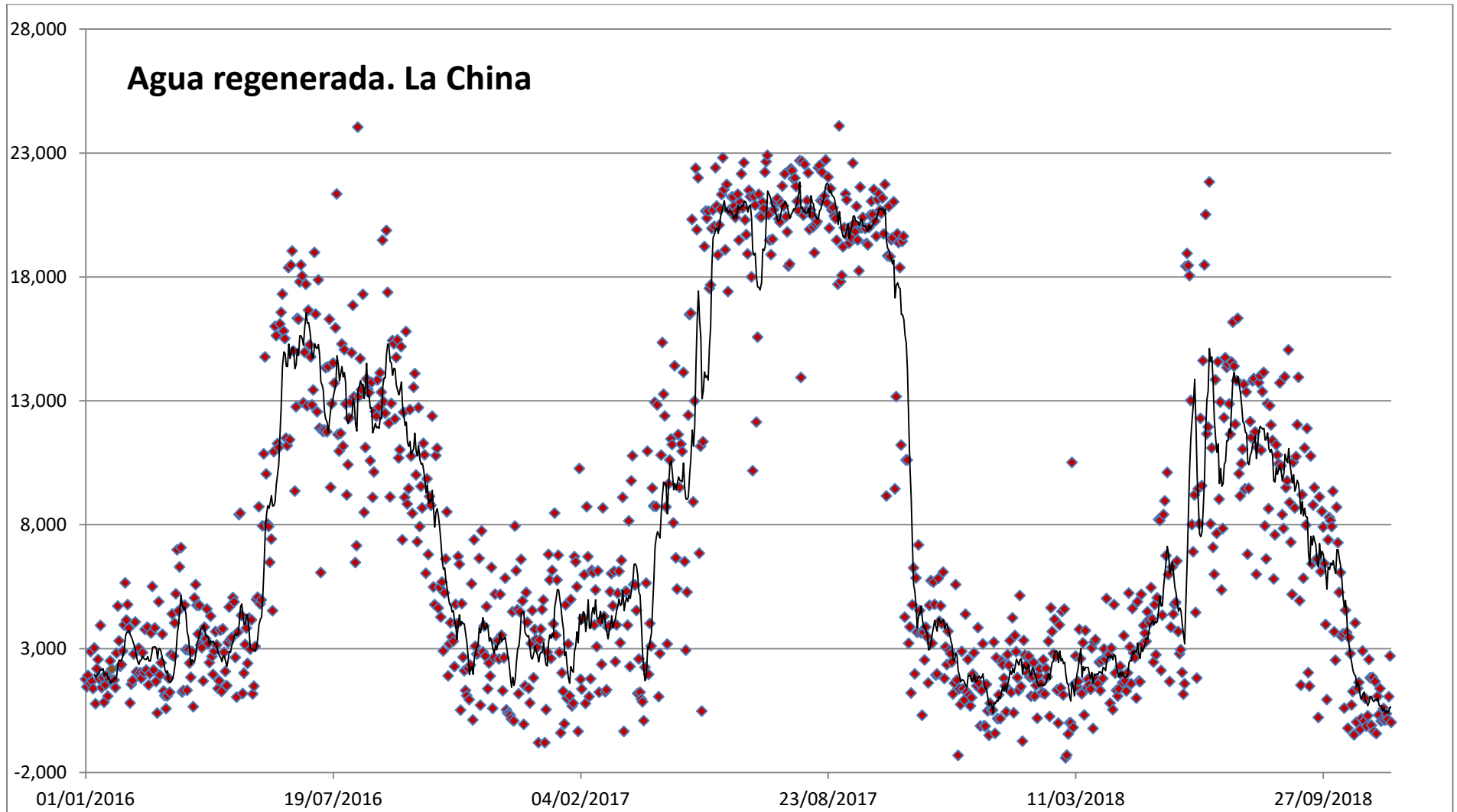


Ilustración 7. Distribución del caudal de agua regenerada de La China por días en el período 2016-2018



- **Caudales efluentes de la planta**

El caudal efluente de la EDAR La China, debe mantenerse o aumentarse de acuerdo a los caudales que vierte al río Manzanares actualmente. El objetivo de este criterio es el de mantener los caudales que circulan por el río en el tramo aguas abajo de la EDAR, de modo que se mantenga o mejore el aspecto de este tramo hasta aguas arriba de la EDAR de Butarque.

Para estar en disposición de fijar un caudal de entrada a La China, es necesario estudiar los efluentes vertidos durante el período del que se disponen datos (2016-2018). En la Ilustración 8, se representa el caudal diario con un tratamiento completo, solamente el caudal efluente, ya que el destinado a riego de parques y jardines se asegura habiendo fijado un caudal para la estación regeneradora de aguas residuales.

Se observa la disminución de los caudales efluentes a partir de junio de 2017, a raíz del cambio de sistema en el tratamiento secundario para pasar a eliminar nitrógeno y fósforo por vía biológica, presentando una media de 85.730 m³/d. Por ello, **se fija el caudal tratado vertido al río por La China en 86.000 m³/d, manteniendo así, el caudal circulante en este tramo del Manzanares.**

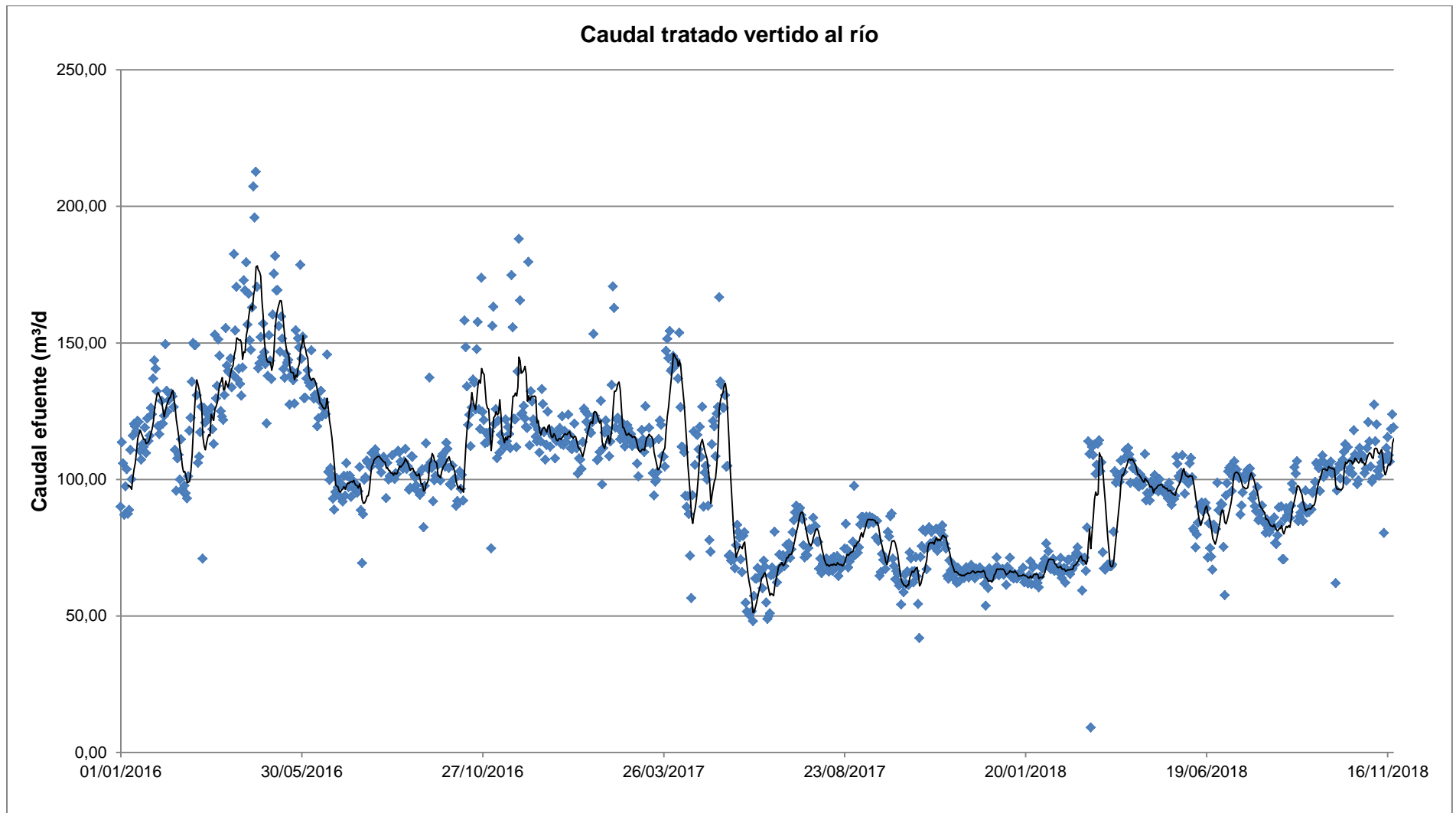


Ilustración 8. Distribución del caudal tratado vertido al río de La China por días en el período 2016-2018

7.2.1.3.- Disposición EDAR en el sistema

La EDAR de Butarque es la única que se encuentra en margen derecha, por lo que debería tener una capacidad suficiente para tratar la totalidad de los caudales de aguas residuales producidos en su cuenca vertiente.

Con este criterio se pretende evitar bombeos innecesarios de una margen a otra, manteniendo el sistema equilibrado en ambas márgenes.

7.2.1.4.- Excesos EDAR Viveros y La China

Tal y como se ha apuntado en apartados anteriores, las EDAR de Viveros y La China tendrán impuestas limitaciones de entrada de caudales, por lo que se producen excesos que circulan hacia aguas abajo.

La EDAR Sur se concibe como una planta de cola, por lo que deberá tener capacidad suficiente para mantener equilibrado el sistema de margen izquierda. Por ello, además de los aportes de aguas residuales de su cuenca vertiente, deberá tratar los excesos de las EDAR Viveros y La China.

7.2.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA

Los caudales nominales quedan definidos en la siguiente tabla, de acuerdo con los condicionantes expuestos anteriormente. Además, en los casos de Viveros y La China, se indican los caudales que derivan hacia aguas abajo, obtenidos como la diferencia entre los caudales que se estiman por cuenca y la limitación existente a la entrada de las plantas.

		VIVEROS (1)	LA CHINA (2)	BUTARQUE (3)	SUR (4)	TOTAL ÁMBITO ESTUDIO (5)
Caudal nominal	(m ³ /d)	75.000	116.000	146.050	241.980	504.030
	(m ³ /s)	0,87	1,34	1,69	2,80	5,83
Caudales derivados	(m ³ /d)	41.505	173.787	0	0	
	(m ³ /s)	0,48	2,01	0,00	0,00	

Tabla 10. Caudales nominales estimados por EDAR.

- (1) Limitación de entrada de 75.000 m³/d.
- (2) Limitación de entrada de 116.000 m³/d (86.000 m³/d de mantener el agua del río + 30.000 m³/d de mantener el caudal de agua regenerada).
- (3) Tratamiento de la totalidad de los caudales que se generan en su cuenca.
- (4) Tratamiento de los caudales de su cuenca + los excesos derivados en Viveros y La China.
- (5) Total de caudales a tratar por las plantas objeto de estudio (cuencas La China, Butarque y Sur + Excesos de viveros)

7.3.- CÁLCULO DE COEFICIENTES DE PUNTA

Una vez definidos los caudales nominales en tiempo seco por planta, se deben de establecer los coeficientes de punta con los que se obtienen los caudales de punta de aguas residuales.

Se calculan tres diferentes, para finalmente escoger el que mejor represente o se adapte al sistema estudiado. Son los siguientes:

- Coeficientes de punta actuales.
- Coeficientes de punta de cálculo.
- Coeficientes de punta de vaciado de tanques de tormentas.

7.3.1.- COEFICIENTES DE PUNTA ACTUALES

La empresa operadora aporta los datos de caudales horarios de aguas residuales influentes a las plantas estudiadas. De este modo, se pueden calcular los coeficientes de punta actuales que se presentan en cada instalación.

Los datos vienen agrupados de la siguiente manera:

- **Lunes-Jueves:** días laborables en los que la jornada laboral y, por tanto, la distribución de caudales, deben ser similares.
- **Viernes:** días laborables en los que una cierta parte de los empleos presentan una jornada laboral reducida, además de ser víspera de día no laborable.
- **Sábados:** días no laborables oficialmente, pero con presencia de actividades económicas, sobre todo del sector servicios. Son víspera de día no laborable.
- **Domingos:** días no laborables oficialmente, pero con presencia de actividades económicas, sobre todo del sector servicios. Son víspera de día laborable.
- **Festivos:** días no laborables para gran parte de los trabajadores, la variación de caudales a lo largo del día es menos acusada.

Para este cálculo, se han empleado los datos horarios correspondientes al año 2017, ya que al ser el más reciente representa de un modo más certero la dinámica de consumos actuales. Para la obtención del coeficiente punta de cada planta, se opera según las siguientes indicaciones:

- Se calcula el coeficiente de punta en cada uno de los grupos mencionados anteriormente como la relación entre el máximo caudal horario en cada grupo y el caudal horario medio ponderado del año completo.
- El coeficiente de punta que se asigna a cada planta es el máximo de los obtenidos en los grupos.
- Se aplican los coeficientes a los caudales nominales en tiempo seco obtenidos anteriormente.

Los coeficientes de punta y los caudales asociados obtenidos para cada EDAR, según la metodología expuesta, son los que aparecen en la siguiente tabla:

	SUR (Cuenca + exceso China y Viveros)
Caudal nominal, Q_m (m ³ /s)	2,80
Coeficiente de punta, C_p	1,80
Caudal punta = $C_p \cdot Q_m$ (m³/s)	5,04

Tabla 11. Coeficiente de punta real y caudal punta asociado.

A continuación, se muestra las curvas horarias obtenidas para las diferentes agrupaciones de días indicadas anteriormente. Además, se aporta una última ilustración, con las curvas horarias medias ponderadas del año 2017 de cada instalación.

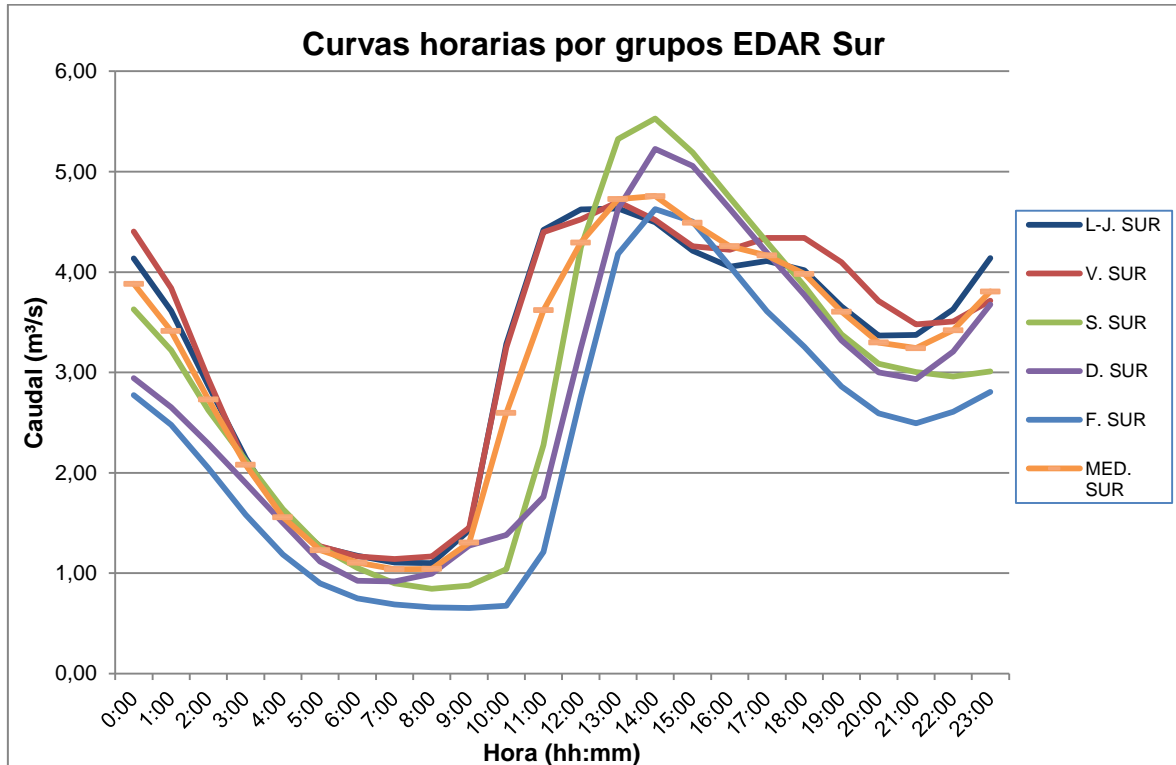


Ilustración 9. Curvas horarias por grupos de días para EDAR Sur.



Ilustración 10. Curvas horarias medias de 2017.

7.3.2.- COEFICIENTES DE PUNTA DE CÁLCULO

Se calculan a continuación los diferentes coeficientes puntas siguiendo las recomendaciones que aparecen en la “*Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*” del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). De las fórmulas que aparecen en él, se decide utilizar las siguientes debido a que su formulación se basa en poblaciones similares a la de estudio:

- **Canal de Isabel II (2005):** Puesto que es una actuación dentro de la zona en la que la entidad lleva a cabo sus funciones, se decide integrarla en el estudio. Basada en el caudal medio.

$$QD_p = 1,6 \cdot (\sqrt{QD_m} + QD_m) < 3 \cdot QD_m$$

donde QD_p es el caudal punta de agua residual en l/s; y QD_m es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en l/s.

- **MOPU (1983):** Formulación propuesta por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, basada en el caudal medio.

$$QD_p = \left(1,15 + \frac{2,575}{QD_m^{0,25}} \right) QD_m$$

donde QD_p es el caudal punta de agua residual en m³/h; y QD_m es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en m³/h.

- **Stanley & Kaufman (1953):** Esta fórmula considera tanto el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) como el número de habitantes de la red de saneamiento considerada.

$$QD_p = \left(1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_h}} \right) QD_m$$

donde QD_p es el caudal punta de agua residual en l/s, QD_m es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en l/s; y P_h es la población en el año horizonte considerado.

Siguiendo la formulación definida anteriormente, se obtienen los diferentes coeficientes de punta para las aguas residuales (Tabla 12 Tabla 12. Coeficientes de punta calculados con diferentes formulaciones.). De ellos, el del Canal de Isabel II, es el que se considera que representaría de un modo más acertado la variabilidad en una ciudad del tamaño de Madrid.

	SUR
Caudal medio (l/s)	2.801
Caudal medio (m ³ /h)	10.083
Población año horizonte	132.505
Canal de Isabel II (2005) en l/s	4.565,79
Coeficiente de punta	1,63
MOPU (1983) en m³/h	3.940,50
Coeficiente de punta	1,41
Stanley & Kaufman (1953) en l/s	5.328,55
Coeficiente de punta	1,90

Tabla 12. Coeficientes de punta calculados con diferentes formulaciones.

SUR (Cuenca + exceso China y Viveros)	
Caudal nominal, Q_m (m^3/s)	2,80
Coefficiente de punta, C_p	1,63
Caudal punta = $C_p \cdot Q_m$ (m^3/s)	4,57

Tabla 13. Caudal punta obtenido con los coeficientes de punta fijados.

7.3.3.- COEFICIENTES DE PUNTA DE VACIADO DE TANQUES DE TORMENTAS

Se fija que el volumen almacenado en los tanques de tormenta de aguas arriba asociados a cada planta se bombee sobre la misma con un caudal que permita vaciarlos en un máximo de días. Implícitamente este criterio exige que la totalidad del volumen del tanque se someta a tratamiento secundario.

Los tanques de tormentas asociados a la EDAR, actuales y futuros, son:

- Tanque de tormentas de ABRONIGALES, con un volumen de almacenamiento de 206.000 m³, y FUTURO TANQUE DE TORMENTAS EN SUR de 400.000 m³.

A continuación, se muestra el número de días en los que se debe vaciar el volumen de los tanques sobre las EDAR, mediante el cual se obtiene el caudal de vaciado. En el caso de Sur, se estima que el caudal de vaciado es el correspondiente a 5 días.

ASIGNACIÓN DE TANQUES DE TORMENTA		SUR
Volumen TT (m^3)	Abroñigales	206.000
	Futuro TT Sur	400.000
Nº de días medio de vaciado		5 días
Caudal de vaciado considerado, Q_v	m^3/d	212.200
	m^3/s	1,40

Tabla 14. Caudal de vaciado sobre cada EDAR de los tanques de tormentas de aguas arriba asignados.

Se define el caudal en tiempo húmedo como el caudal nominal en tiempo seco más el caudal de vaciado de los tanques de tormenta considerado. Por ello, el coeficiente de punta se obtiene como la relación entre el caudal en tiempo húmedo y el caudal nominal en tiempo seco.

PROPUESTA		SUR (Cuenca + derivaciones de cuencas aguas arriba)
Caudal nominal, Q_m (m^3/s)		2,80
Q vaciado consid., Q_v (m^3/s)		1,40
Caudal en tº húmedo	m^3/s	4,20
	m^3/d	363.120
Coefficiente de punta, C_p		1,5

Tabla 15. Caudales en tiempo húmedo y coeficientes de punta.

El caudal procedente de los tanques de tormentas solamente se puede bombear a las EDAR en la magnitud que los caudales horarios de aguas residuales permitan. En horas valle se permitirá un mayor caudal de bombeo, mientras que en las horas puntas, éste se reducirá.

Las curvas horarias de aguas residuales que dictan que caudales se pueden bombear son diferentes a las presentadas anteriormente, ya que las condiciones que se prevén para el futuro sistema, difieren de las actuales. Serán las siguientes:

- La curva horaria actual no muestra la realidad de la dinámica en su cuenca, ya que, actualmente, está tratando los excesos provenientes de Butarque. Por ello, se aplica la curva combinada de La China y Sur, puesto que en la situación futura se espera que solamente trate caudales provenientes de estas cuencas.

Para determinar qué caudales se pueden bombear a las plantas desde los tanques, en primer lugar, se extrapolan los datos de las curvas horarias de cada planta, aplicándolas sobre los caudales nominales en tiempo seco correspondiente, de modo que se obtiene la curva horaria para el caudal nominal definido.

Finalmente, se determina cuál es el caudal medio horario en tiempo húmedo, de modo que el caudal que es posible bombear sobre las plantas cada hora, es la diferencia entre el caudal medio horario en tiempo húmedo, y el caudal de la curva horaria correspondiente.

A continuación, se aportan los gráficos que incluyen curvas horarias asignadas a cada planta, y el caudal punta que deberán tratar. Las áreas encerradas se corresponden con los volúmenes influentes a la planta, desde los tanques de tormentas en azul, y el asociado al caudal nominal en marrón.

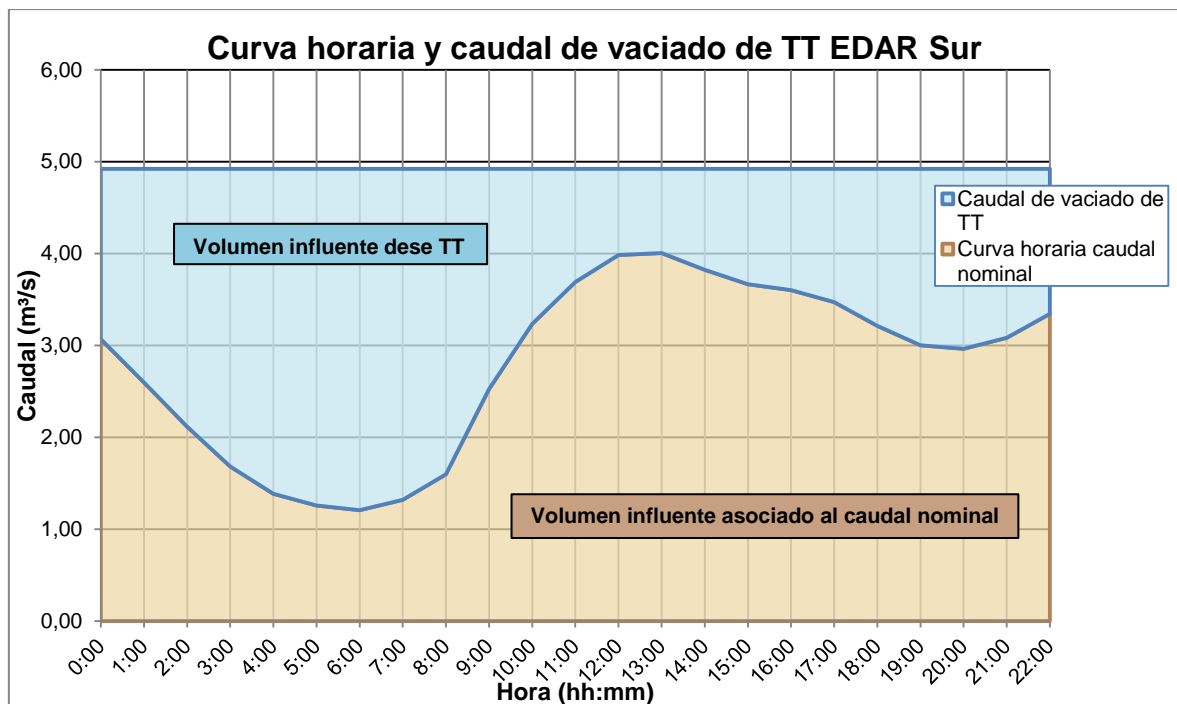


Ilustración 11. Curva horaria y caudal de vaciado de los tanques de tormentas, EDAR Sur.



8.- CAUDALES NOMINALES Y PUNTA ESTIMADOS

El caudal nominal a tratar en cada EDAR viene fijado por sus condiciones de contorno:

En Sur se debe de tratar, tanto el caudal de su cuenca, 26.689 m³/d, como el excedente procedente de Viveros y La China, 215.291 m³/d, además de los caudales sin tratar que vierten las plantas de aguas arriba por averías, sobrecargas o cualquier tipo de incidencia. Por ello, el caudal quedaría fijado en 2,80 m³/s, lo que son 241.980 m³/d.

Los caudales nominales a tratar asignados a cada EDAR pretenden seguir con la magnitud de los caudales registrados actualmente, pero distribuidos de acuerdo al planteamiento de las alternativas realizado con anterioridad.

Los coeficientes de punta que se adoptan para cada EDAR son los correspondientes al criterio del vaciado de los tanques de tormentas, de modo que los caudales nominales en tiempo seco y los caudales punta (en tiempo húmedo) quedarían definidos como:

	SUR	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	2,80	3,00
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	4,92	5,00
Caudal tº seco (m3/d)	241.980	259.200
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	425.180	432.000
Coefficiente de punta, Cp	1,76	

Tabla 16. Caudales estimados en el año horizonte y de diseño.

9.- CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS

Adicionalmente a los caudales nominales y punta obtenidos, se estima un caudal máximo que atenderá a diferentes criterios para cada una de las plantas. Las plantas a dimensionar deben permitir que al caudal máximo se les pueda efectuar un pretratamiento y un tratamiento primario, de modo que se pueda producir el vertido del excedente que no tenga cabida en el tratamiento secundario.

Los criterios aplicados según cada planta son:

- Teniendo en cuenta que el colector que alimenta la EDAR Sur tiene una capacidad para 30 m³/s y que se va a comenzar a instalar un sistema de rejillas y tamices con capacidad de tratamiento de 18 m³/s, se decide que habría que diseñar un pretratamiento y un tratamiento primario con capacidad para 12 m³/s. De este modo, el caudal máximo al que se le realizaría el tratamiento completo serían esos 12 m³/s, quedando el nuevo sistema de rejillas y tamices de 18 m³/s, como un punto de alivio de la red en períodos de precipitaciones.

Los caudales máximos quedan indicados en la siguiente tabla:

	SUR	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	2,80	3,00
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	4,92	5,00
Caudal máximo (m3/s)	12,00	Pret. 30,00 Prim. 14,00
Caudal tº seco (m3/d)	241.980	259.200
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	425.180	432.000
Caudal máximo (m3/d)	1.036.800	Pret. 2.592.000 Prim. 1.209.600
Coefficiente de máximo, Cm	4,28	

Tabla 17. Caudales en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo estimados en el año horizonte y de diseño.

10.- DATOS DE ANALÍTICAS

Para conocer la situación actual del saneamiento es indispensable conocer en detalle los caudales que se generan en el Sistema de Saneamiento del Manzanares y las cargas contaminantes que se producen. Para ello hay que estudiar:

- a) Los caudales en tiempo seco que se generan en las cuencas asociadas a la EDAR Sur.

Estos caudales se han obtenido en el apartado 7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO. Se han calculado a partir de las proyecciones de población y caudales unitarios para el año 2050.

	SUR
Caudal medio vertido (m ³ /d)	26.703
Caudal medio vertido (m ³ /s)	0,31

Tabla 18. Caudales medios diarios en el año horizonte.

- b) Los caudales influentes en la EDAR actual.

En la tabla siguiente figuran las medias de los datos recopilados de las mediciones de los caudalímetros de entrada en la EDAR de Sur:

CAUDALES INFLUENTES	SUR
Media (m ³ /s)	2,81
MAX (m ³ /s)	12,19
MIN (m ³ /s)	1,07
PERCENTILES	
90 %	3,80
50 %	2,42

Tabla 19. Caudales medios influentes.

- c) Las analíticas de los influentes en la EDAR

Se han recopilado los datos de los caudales de entrada y de las analíticas de entrada salida y de proceso de la EDAR de los años 2016, 2017 y 2018 completos. Estos datos han sido suministrados por el Canal de Isabel II que como responsable de la explotación tiene un control de caudales y analíticas de todas las plantas objeto de su encomienda de gestión. En los apartados siguientes figuran los resúmenes de los datos analíticos obtenidos de los influentes

Se controla de forma sistemática: DBO₅, SS, DQO, Nitratos, Nitrógeno total, Fósforo total y Ortofosfatos.

Las aguas residuales que llegan a Sur proceden en su mayor parte de las derivaciones que se producen en la EDAR China y Butarque. Su cuenca propia es muy pequeña y poco urbanizada por lo que no aporta caudales ni cargas contaminantes.

	DBO ₅ mg/l	SS mg/l	DQO mg/l	N-NO ₃ mg/l	Nt mg/l	Pt mg/l	P-PO ₄ mg/l
Nº de datos obtenidos	753,0	760,0	759,0	158,0	156,0	230,0	163,0
Media	309,9	267,0	650,8	0,9	68,2	8,5	5,5
Desviación	66,5	51,0	114,2	0,9	11,0	1,4	1,4
Máximo	512,3	563,0	995,0	5,6	91,0	12,4	8,5
Mínimo	113,0	109,0	255,0	0,1	26,0	3,6	1,5
PERCENTILES							
Percentil 90	396,0	326,0	792,0	2,0	80,0	9,9	7,3
Percentil 50	305,4	264,0	656,0	0,6	70,0	8,7	5,5

Tabla 20. Datos de analíticas de la EDAR Sur.

La tabla de frecuencias de los principales parámetros son las siguientes:

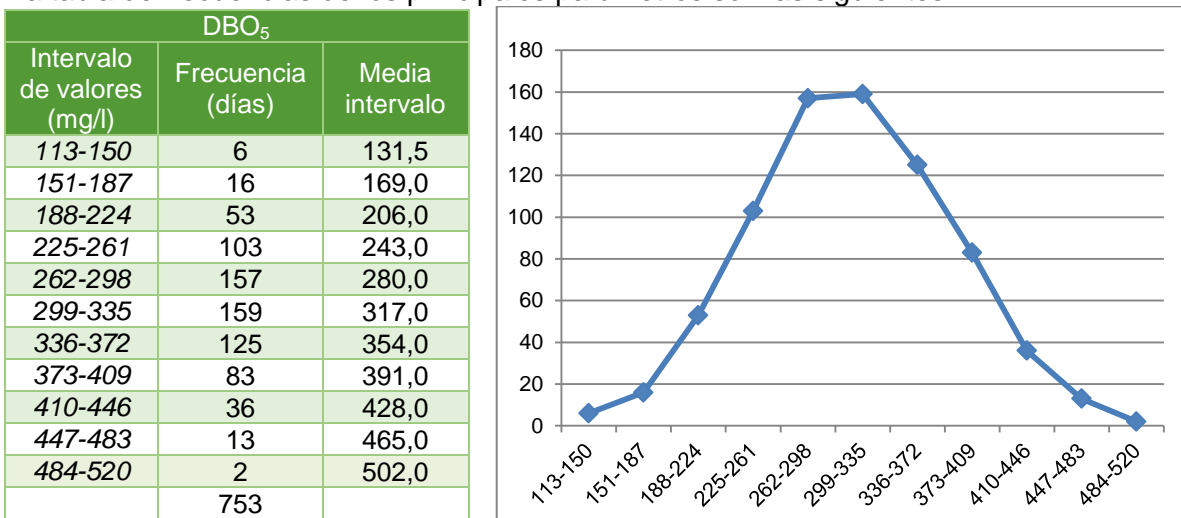


Tabla 21. Frecuencia DBO₅ en la EDAR Sur.

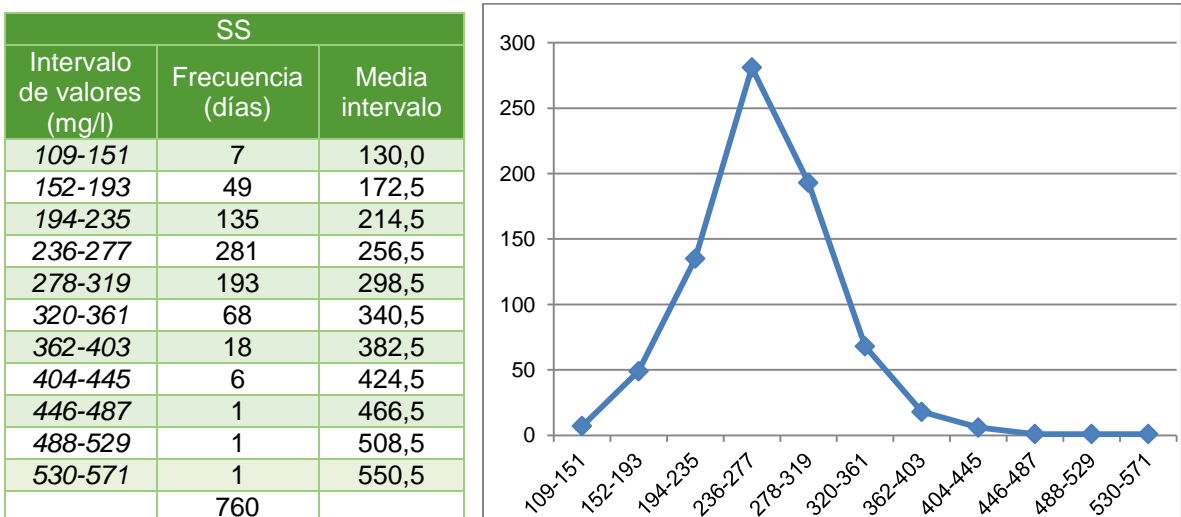


Tabla 22. Frecuencia Sólidos Suspendidos en la EDAR Sur.

DQO		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
255-323	7	289,0
324-391	12	357,5
392-459	25	425,5
460-527	55	493,5
528-595	124	561,5
596-663	178	629,5
664-731	175	697,5
732-799	112	765,5
800-867	63	833,5
868-935	6	901,5
936-1003	2	969,5
	759	

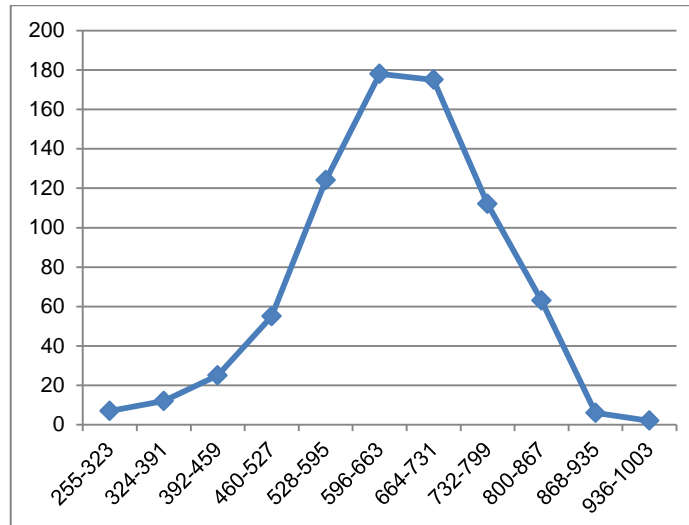


Tabla 23. Frecuencia DQO en la EDAR Sur.

Nt		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
26-33	2	29,65
34-41	1	37,45
42-48	5	44,75
49-55	8	52,05
56-63	21	59,35
64-70	39	66,65
71-77	49	73,95
78-84	27	81,25
85-92	4	88,55
	156	

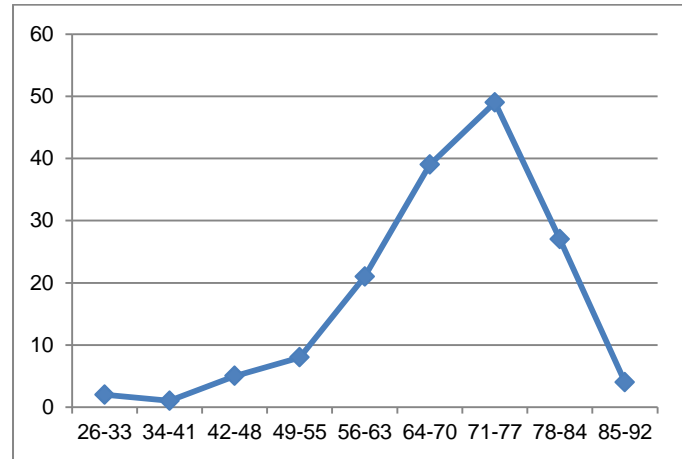


Tabla 24. Frecuencia Nitrógeno Total en la EDAR Sur.

P _t		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
4-5	4	4,10
6-6	6	5,60
7-7	10	6,60
8-8	22	7,60
9-9	73	8,60
10-10	83	9,60
11-11	21	10,60
12-12	8	11,60
13-13	3	12,60
	230	

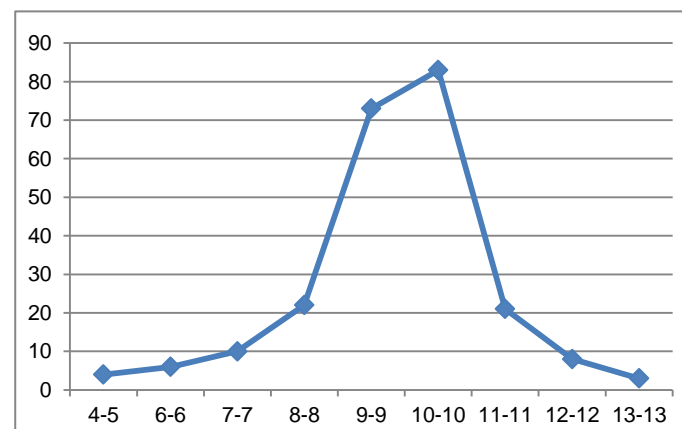


Tabla 25. Frecuencia Fósforo Total en la EDAR Sur.

Se aprecia en las tablas que el influente de la EDAR Sur es la mezcla fundamentalmente de las cuencas de Butarque y China que tienen características distintas.

11.- CONCLUSIÓN

En **Sur** se debe de tratar, tanto el caudal de su cuenca, unos 30.000 m³/d, como el excedente procedente de La China, unos 190.000 m³/d, además de los caudales sin tratar que vierten las plantas de aguas arriba por averías, sobrecargas o cualquier tipo de incidencia. Por ello, **el caudal nominal en tiempo seco obtenido es 2,80 m³/s, lo que son 241.980 m³/d.**

Con la configuración actual, prácticamente no llegan caudales a la EDAR provenientes de su propia cuenca, ya que los estimados se corresponden con desarrollos urbanísticos que se realizarán en el futuro.

El coeficiente de punta (1,5) es el obtenido con el criterio de vaciado de los tanques de tormentas en 5 días. Aun siendo un coeficiente menor, se considera suficiente, pues el requisito de ser EDAR de cola, 250.000 m³/d, queda cubierto por el caudal nominal asignado.

En cuanto al **caudal máximo**, se decide que **habría que diseñar un pretratamiento y un tratamiento primario con capacidad para 12 m³/s.** De este modo, el caudal máximo al que se le realizaría el tratamiento completo serían esos 12 m³/s, quedando el nuevo sistema de rejillas y tamices de 18 m³/s, como un punto de alivio de la red en períodos de precipitaciones.

Los valores de los caudales descritos quedan resumidos en Tabla 26 que se presenta a continuación:

	SUR	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	2,80	3,00
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	4,92	5,00
Caudal máximo (m3/s)	12,00	Pret. 30,00
		Prim. 14,00
Caudal tº seco (m3/d)	241.980	259.200
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	425.180	432.000
Caudal máximo (m3/d)	1.036.800	Pret. 2.592.000
		Prim. 1.209.600
Coeficiente de máximo, Cm	4,28	

Tabla 26. Caudales en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo estimados en el año horizonte y de diseño.



ANEJO N°9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	3
2.1.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS	3
2.1.1.1.- Alternativa de tres plantas (P1).....	5
2.1.1.1.1.- EDAR La China	5
2.1.1.1.2.- EDAR Butarque	6
2.1.1.1.3.- EDAR Sur.....	8
2.1.1.1.4.- A alternativa de 3 plantas. Capacidades.....	9
2.1.1.2.- Alternativa de dos plantas.....	9
2.1.1.3.- Alternativa de una planta..	10
2.2.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA.....	10
2.2.1.- Consideraciones comunes.....	11
2.2.2.- EDAR La China	13
2.2.3.- EDAR Butarque	13
2.2.4.- EDAR Sur.....	13
2.3.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS	14
2.3.1.- Sobre los fangos producidos en China	15
2.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque	16
2.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.	16
2.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR	17
3.- JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	18



1.- INTRODUCCIÓN

En este anejo se describe la alternativa deducida del Estudio de Impacto Ambiental que resuelve tanto la problemática de las EDAR objeto de estudio en todo momento como del sistema formado por estas EDAR y el conjunto de colectores y tanques de tormenta en tiempo de lluvia. Dando de esta forma cumplimiento a los objetivos del estudio fijados anteriormente.

Se trata de un estudio de todo el sistema formado por las EDAR de La China, Butarque y Sur por lo que los aspectos aquí desarrollados son comunes a las 3 plantas.

2.- DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para una mejor comprensión de esta alternativa se han estructurado en tres bloques, en función de las variables sobre las que se actúa.

- Número de plantas
- Tipología de los tratamientos de la línea de aguas.
- Diseño de las líneas de fangos

2.1.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS

El primer factor esencial para definir las alternativas posibles es el número de plantas de tratamiento existentes en cada una de ellas, en sustitución de las actuales EDAR de China, Butarque y Sur.

Una consideración previa es la de que, independientemente del número final de plantas que resulten del estudio, éstas se dispongan en las mismas parcelas actuales, es decir, no se incluyen alternativas de construcción de EDAR en nuevas parcelas, por los siguientes motivos:

- El sistema de colectores, partidores, tanques de tormenta y aliviaderos que transportan los vertidos a las tres plantas está completamente implantado y desarrollado en el tejido urbano de Madrid.

El cambio de las parcelas de las EDAR por otras implicaría la modificación de los colectores existentes por lo que “a priori” en términos de economía y plazo de ejecución es mucho más favorable mantener los puntos de entrada y de vertido al río actuales, siempre que se posible. No considerar los emplazamientos actuales representa un sobrecoste muy elevado en nuevos colectores sin presentar ninguna ventaja operativa.

- En el tramo del río entre La China y Sur no hay parcelas de tamaño suficiente para albergar alguna de las EDAR que mejoren a las actuales en aspectos medioambientales y técnicos. Por este motivo se desechan las opciones que implican utilizar parcelas distintas a las actuales.
- Es mucho más sencillo evaluar el impacto ambiental de las soluciones elegidas, si se mantienen las parcelas actuales. Se trata, esencialmente, de sustituir unas EDAR antiguas por otras más eficientes en las mismas parcelas o contiguas por lo que las afecciones son mucho menores y el trámite de la evaluación ambiental mucho menos complejo.

Sin embargo, si se consideraran en las alternativas posibles ampliaciones de las parcelas actuales porque con los nuevos requerimientos a cumplir y la necesidad de mantener un tratamiento adecuado durante la fase de construcción puede resultar necesario ampliar las parcelas actuales.

Respecto al número de plantas en los que realizar la depuración de las aguas residuales en principio se podrían considerar todas las combinaciones de una a tres plantas pero, realmente, la disposición de las plantas actuales y los condicionantes técnicos, sociales y ambientales existentes indican que no todas las combinaciones tienen sentido, tanto por

imposibilidad física o por complicación excesiva de las conexiones necesarias para concentrar los vertidos en una u otra disposición con todo lo que esto representa de incremento de coste de inversión y plazos de construcción sin mejoras de la calidad del servicio.

Así pues, se plantean tres opciones:

- **P1.** Mantener las tres parcelas actuales: La China, Butarque y Sur,
- **P2.** Concentrar los vertidos en dos instalaciones eliminando La China como planta de depuración de aguas residuales: el sistema se compondría de dos EDAR: Butarque en la margen derecha y Sur en la margen izquierda.
- **P3.** Concentrar todos los vertidos en una única instalación (Sur). Esta solución implica que hay que implantar otro trasvase para poder transportar mayor caudal de aguas residuales de la margen derecha a la izquierda.

Cada una de estas alternativas tiene implicaciones en los tipos de tratamiento aplicables, tamaño de las parcelas necesarias y diseño del sistema de saneamiento (Tanques de tormenta y colectores).

De forma implícita, las tres alternativas planteadas ya implican una selección pues existen otras alternativas que se han descartado porque presentan condicionantes negativos que permiten no ser consideradas sin la necesidad de realizar estudios más detallados.

Se exponen y se analizan a continuación estas alternativas descartadas.

a) Eliminar la EDAR Butarque y mantener las de La China y Sur

No se considera ninguna alternativa que contenga esta disposición del número de plantas debido a que carece de sentido técnico eliminar la única planta de margen derecha del Manzanares que existe en Madrid puesto que complica la operación y aumenta claramente la inversión, sin ninguna mejora a cambio. En cambio, si el planteamiento fuese el de concentrar los vertidos en una única planta (opción esta que si se desarrolla) si tiene sentido pues aparecen a priori una serie de ventajas y desventajas que hay que estudiar detalladamente a través del análisis de alternativas.

Otra consideración es que las soluciones que incluyan la eliminación de alguna de las EDAR deberían empezar con la eliminación la planta de China debido a que es la situada más aguas arriba y, además, es la más problemática desde el punto de vista de las molestias a los residentes próximos.

Mantener China y Sur tiene los inconvenientes de mantener la EDAR La China (P1) y los de eliminar la EDAR Butarque (P3), mientras que sus ventajas son similares a la solución de mantener Butarque y Sur únicamente (P2).

b) Eliminar la planta Sur y mantener China y Butarque

No se considera en ningún caso la eliminación de la planta Sur debido a que esta planta situada al final del sistema de saneamiento de Madrid actúa como EDAR de cola, es decir, como el elemento de seguridad del sistema que asegura el río ante incidencias que se pudiesen presentar en las EDAR de aguas arriba. La eliminación de esta planta



eliminaría este concepto que es requisito indispensable para garantizar la seguridad del sistema.

Además, la cuenca Sur actualmente no tiene prácticamente vertidos propios pero el desarrollo urbanístico de la ciudad hará que en un futuro en su cuenca se construyan viviendas y desarrollos industriales que necesitaran enviar sus aguas residuales a una EDAR.

Así pues, la eliminación de la EDAR Sur implicaría o construir un bombeo para enviar a alguna otra EDAR las aguas residuales y pluviales que se produzcan en la cuenca SUR o tener que construir una EDAR más pequeña en la misma implantación para atender a su propia cuenca. Esto supondría un coste de inversión y operación del sistema absurdo a la vez que empeora la calidad y eficiencia del sistema global.

2.1.1.1.- Alternativa de tres plantas (P1)

Consiste en **mantener tres nuevas plantas en sustitución de las existentes en las mismas parcelas**. Los caudales a tratar en cada una de ellas se obtienen a partir del estudio realizado de población y caudales, de los condicionantes debidos a la estructura del sistema y de los condicionantes ambientales.

Se establece que cada planta debe tratar la suma de los siguientes caudales:

- La totalidad del caudal procedente de su cuenca o en su caso, el caudal que se determine a priori por la aplicación de otros condicionantes en cuyo caso se deberán poder derivar hacia otras plantas situadas aguas abajo la diferencia entre estos caudales.
- Los caudales que se deriven de plantas situadas aguas arriba por las limitaciones que éstas tengan establecidas.
- Toda el agua almacenada en los tanques de tormenta llenos al 100% en un plazo adecuado de tiempo que permita el vaciado y tratamiento sin problemas sépticos. **Se considera un plazo máximo de 5 días (3 en el caso del tanque de La China) sin que se puedan producir interrupciones ni limitaciones de los caudales influentes de agua residual durante el periodo de vaciado.**
- Tratar de forma adecuada los caudales que se viertan desde los tanques de tormenta cuando la dilución del agua en el tanque supere la especificada (en estos momentos está establecida por la CHT en 17:1 respecto del caudal punta en tiempo seco).

Las características principales de la implantación en cada parcela son:

2.1.1.1.1.-EDAR La China

Para la EDAR La China se especifican una serie de particularidades sobre el caudal a tratar y verter al río en ese punto:

1. No tratará todo el caudal procedente de la Cuenca China, la más grande y habitada de Madrid, sino que se limitará a un caudal suficiente para cumplir con estos objetivos:



- Mantener como mínimo el caudal actual del río Manzanares desde el punto de vertido de China.
- Mantener la producción de agua regenerada suficiente para alimentar el bombeo y depósito de regulación que alimenta a la red de agua regenerada de riego de parques y jardines que existe en la misma parcela.

La planta de agua regenerada se remodelará conjuntamente con la EDAR para optimizar el proceso de regeneración.

- Tratar el volumen total del tanque de tormentas de China (136.000 m³) en un plazo fijado de 3 días como máximo. Se fija un plazo más exigente que a los otros tanques por la proximidad al Barrio de S. Fermín y la Caja Mágica

Así pues, se mantiene la implantación actual pero con limitación de caudales a tratar que viene impuesta por las funciones a desempeñar. El resto del agua residual, como sucede ahora, se derivarán a través del colector Sur hasta la EDAR Sur.

2.1.1.1.2.-EDAR Butarque

Esta EDAR es la única de la margen derecha del Manzanares. Además, presenta estas particularidades:

- Asociado al tanque de tormentas de Butarque (359.000 m³) se construyó una nueva instalación de pretratamiento y tratamiento primario diseñada para tratar el vaciado del tanque de tormentas Butarque y el 100% del agua residual que se transporta a través del colector margen derecha.

Es una instalación nueva y con capacidad suficiente que se tendrá que mantener en funcionamiento por su función de tratamiento de las aguas del vaciado del tanque de tormentas. Tiene un caudal nominal en el pretratamiento de 10,50 m³/s y de 7,50 m³/s en el tratamiento primario.

- El influente en Butarque tiene una particularidad que hay que tener en cuenta. El tanque de tormentas de Arroyofresno, asociado a la EDAR de Viveros, tiene una capacidad de 400.000 m³ y por problemas de espacio está situado en la margen derecha enfrente de la EDAR Viveros que está situada en la izquierda



Ilustración 1: EDAR Viveros y TT Arroyofresno

Para su vaciado está conectado mediante bombes a la EDAR de Viveros, al colector de margen izquierda y al colector margen derecha

Por condicionantes que no forman parte del objeto de este estudio, la EDAR de Viveros tiene capacidad de depuración limitada a unos 75.000 m³/d. Este caudal es inferior al vertido diario medio estimado en unos 115.000 m³/d por lo que se produce una derivación caudales en continuo por el colector margen izquierda hacia la EDAR La China. Esta situación imposibilita que se puedan tratar los caudales recogidos en el TT de Arroyofresno en la EDAR de Viveros.

La opción más viable es la de vaciar el tanque de Arroyofresno a través del colector de margen derecha hasta el punto de tratamiento que resulta ser la EDAR Butarque.

Por lo tanto, Butarque se debe diseñar para poder tratar los vaciados de los tanques de Butarque (359.000 m³) y de Arroyofresno (400.000 m³) de forma simultánea.

- Existen dos trasvases entre los colectores de margen derecha e izquierda situados entre China y Butarque La capacidad de los mismos es de 1,5 y 1 m³/s. En la actualidad, se están utilizando para derivar agua residual desde la margen derecha a la izquierda. por falta de capacidad de la planta actual de Butarque. Se considera que su papel debe ser el de meros elementos de regulación para optimizar la operación futura o para solucionar incidencias.

Teniendo en cuenta los condicionantes, en el caso de tres plantas se considera que Butarque debe tener capacidad para tratar:

- El 100 % del agua residual de la cuenca Butarque
- El 100 % de las aguas residuales procedentes de los vaciados de los tanques de tormenta de Arroyofresno y Butarque. Para el cálculo se considera un tiempo máximo de vaciado de los dos simultáneamente de 5 días.

- No se considera la utilización de los trasvases más que para emergencias y averías o para mejorar la gestión conjunta del sistema cuando exista un sistema integral de gestión de la cuenca del Manzanares.

2.1.1.1.3.-EDAR Sur

La EDAR Sur se encuentra al final del sistema y no puede derivar caudales aguas abajo.

- Como la EDAR Viveros y la EDAR La China tienen limitadas sus capacidades de tratamiento la EDAR Sur debe tratar las aguas residuales que estas no pueden tratar. Estas aguas alcanzan la planta a través de los colectores margen izquierda y del bypass Abroñigales los cuales se conectan al colector Sur que alimenta a la EDAR.
- También debe tratar el agua de su cuenca propia. En estos momentos, tras la segregación de la EDAR La Gavia y del Sistema de Saneamiento de Arroyo Culebro se ha reducido prácticamente a cero el vertido de su cuenca. Sin embargo, hay que tener en cuenta que están en diversas fases de planificación y desarrollo una serie de actuaciones urbanísticas (englobadas bajo el nombre de DESARROLLOS DEL SURESTE) que implican que en la cuenca SUR se construirán viviendas y polígonos industriales que necesitarán un punto de depuración de sus aguas residuales.

En principio, en la cuenca SUR está previsto uno de ellos denominado "Valdecarros" que podría representar hasta 132.000 habitantes nuevos. El número final de viviendas e industrias y los plazos de implantación no se conocen todavía pero de cara a la seguridad consideramos que se alcanzará el máximo técnico posible a lo largo de la vida útil de las plantas.

- El tanque de tormentas de Abroñigales de 206.000 m³ se vacía contra la EDAR Sur. La descarga se produce por gravedad en un punto situado aguas arriba del punto de vertido de la EDAR Gavia.
- Tal y como se explica en la descripción del servicio de pluviales, para completar el sistema es necesario construir un nuevo tanque asociado a Sur para evitar vertidos anómalos en el río. La estimación del volumen necesario es de 400.000 m³. La EDAR Sur debe estar preparada para tratar las aguas procedentes de los vaciados de Abroñigales y del nuevo tanque de Sur.
- Otra circunstancia a considerar es que en estos momentos el Canal de Isabel II está implantando un sistema de retirada de gruesos integrado en el aliviadero general de la EDAR compuesto por unos canales con rejas y tamicos con capacidad de 18 m³/s que sumado a los 12 m³/s de capacidad del pretratamiento actual, suman 30 m³/s

Este caudal es el caudal máximo que puede transportar el colector Sur por lo que con esta actuación se adapta la EDAR a la normativa sobre vertidos. Pero, además de esta actuación, es necesario dotar a la EDAR de un pretratamiento y tratamiento primario que pueda tratar como mínimo la capacidad teórica actual de 12 m³/s de forma eficiente

2.1.1.1.4.-A alternativa de 3 plantas. Capacidades

La capacidad de tratamiento total del sistema formado por China, Butarque y Sur resulta:

Implantación		Caudales	Adoptado	
CHINA	En tiempo seco. (QTS)	Limitado para mantener el caudal del río actual y el suministro de agua regenerada	1,5 m³/s	(129.600 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	El criterio de diseño es el de permitir vaciar el TT CHINA en un máximo de 3 días	2,0 m³/s	(172.800 m³/d)
	Máximo (QMAX)	El caudal máximo en pretratamiento coincide con el caudal punta	2,0 m³/s	(172.800 m³/d)
BUTARQUE	En tiempo seco. (QTS)	Caudal aguas residuales en tiempo seco	2,0 m³/s	(172.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT BUTARQUE y TT ARROYOFRESNO en 5 días	3,5 m³/s	(302.400 m³/d)
	Máximo (QMAX)	Se mantienen los caudales del Nuevo Pretrat. Pretratamiento Tratamiento 1º (Dec. lamelar + F/Q)	10,5 m³/s 7,5 m³/s	(907.200 m³/d) (648.000 m³/d)
SUR	En tiempo seco. (QTS)	Caudal aguas residuales en tiempo seco	3,0 m³/s	(259.200 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	5,0 m³/s	(432.000 m³/d)
	Máximo (QMAX)	Se mantendrá el nuevo pretratamiento Pretratamiento. Pretratamiento + Trat. 1º (Dec. lamelar + F/Q):	30,0 m³/s 12,0 m³/s	(2.592.000 m³/d) (1.036.800 m³/d)

Tabla 1. Capacidad de tratamiento de las EDAR en la alternativa de 3 plantas

2.1.1.2.- Alternativa de dos plantas

En esta alternativa se suprime la EDAR La China y se concentran los vertidos actuales de tres plantas a dos. Se mantiene una gran planta por cada margen.

La EDAR Butarque se mantiene con las mismas características que las fijadas para el caso de tres plantas

La EDAR Sur recibe el influente que trataba la EDAR La China en la alternativa de tres plantas.

Los caudales de este grupo de alternativas son:

Implantación		Caudales		
CHINA	En tiempo seco. Q _{TS}	SE ELIMINA LA PLANTA DE LA CHINA		
	En tiempo lluvia. Q _{TLL}			
BUTARQUE	En tiempo seco. Q _{TS}	Caudal aguas residuales en tiempo seco	2,0 m³/s	(172.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. Q _{TLL}	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT BUTARQUE y TT ARROYOFRESNO en 5 días	3,5 m³/s	(302.400 m³/d)
SUR	En tiempo seco. Q _{TS}	Caudal aguas residuales en tiempo seco	4,5 m³/s	(388.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. Q _{TLL}	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT CHINA, TT ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	7,0 m³/s	(604.800 m³/d)

Tabla 2. Caudales medios de diseño por EDAR en la alternativa de 2 plantas.

Respecto a los caudales de pretratamiento y tratamiento primario se mantienen los caudales fijados en la opción de 3 plantas.

2.1.1.3.- Alternativa de una planta..

Finalmente, existe la opción de concentrar todos los vertidos en una única planta. El punto adecuado sería donde está actualmente la EDAR Sur.

Esta alternativa lleva asociada la ampliación del trasvase entre el colector de margen derecha y el colector Sur para permitir el trasvase del 100 % del agua circulante por el colector margen derecha a la otra margen.

Implantación		Caudales		
CHINA	En tiempo seco.	Q _{TS}	SE ELIMINA LA PLANTA DE CHINA	
	En tiempo lluvia.	Q _{TLL}		
BUTARQUE	En tiempo seco.	Q _{TS}	SE ELIMINA LA PLANTA DE BUTARQUE	
	En tiempo lluvia.	Q _{TLL}		
SUR	En tiempo seco.	Q _{TS}	Caudal aguas residuales en tiempo seco	6,50 m³/s (561.600 m³/d)
	En tiempo lluvia.	Q _{TLL}	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de los TT de CHINA, BUTARQUE, ARROYOFRESNO, ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	10,50 m³/s (907.200 m³/d)

Tabla 3. Caudales medios de diseño por EDAR en la alternativa de 1 planta.

Esta solución también implica reconsiderar el funcionamiento del nuevo pretratamiento de Butarque. A priori, se podría mantener el pretratamiento para dar servicio al tanque e tormentas de Butarque aunque este tratamiento debería contar con un proceso biológico y generaría unos fangos por lo que se mantiene como tratamiento únicamente en casos de necesidad.

2.2.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA

El tipo de proceso de depuración es el principal factor que condiciona la superficie y afección de una planta depuradora. Como criterio de selección previo se considera que todas las plantas deben tener procesos de tratamiento que sean sólidos y suficientemente probados en plantas de gran tamaño equivalentes a las EDAR actuales de Sur, Butarque y China (tres de las plantas más grandes de España).

Además de lo señalado se tienen en cuenta estas premisas básicas:

- Se tienen que garantizar la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) a los parámetros de las autorizaciones de vertido que serán exigidos a medio y largo plazo.

- Deben ser sistemas sólidos que puedan adaptarse a los cambios de caudales horarios del influente y pasar del estado en tiempo seco a tiempo de lluvias sin perder rendimiento de depuración.
- Tanto el proceso de forma global como cada equipo individualmente debe tener la máxima eficiencia energética posible
- Deben ser sistemas con costes de inversión y operación dentro de unos límites puesto que la escala de los caudales a tratar puede dar lugar a soluciones inviables.

Para el estudio de alternativas no se considera estudiar procesos concretos sino agrupados en dos familias que denominamos a efectos de clasificación como:

- Tratamientos abiertos o sea, cuyos reactores biológicos se encuentran al aire libre
- Tratamientos cerrados, cuyos reactores se encuentran en espacios cerrados

2.2.1.- Consideraciones comunes

En el sistema existen una serie de consideraciones comunes que afectan y por lo tanto se tendrán en cuenta.

Nitrógeno

El elevado nivel de nitrógeno que presentan las aguas residuales de Madrid es uno de los factores (sino el más importante) a tener en cuenta. Los valores adoptados para el cálculo en los influentes son de 75 mg/l de nitrógeno total cuando hasta hace poco tiempo se consideraba como parámetro habitual en los dimensionamientos que las aguas residuales urbanas tenían un contenido de 50 mg/l de nitrógeno total.

Esta característica afecta al dimensionamiento de las plantas y obligará a incluir en las plantas diversas estrategias para conseguir en todo momento los parámetros de vertido exigidos.

La eliminación de nitrógeno por vía biológica, dentro de los tiempos de edad de fango que se consideran normalmente, exige unos ratios entre la materia carbonosa y la nitrogenada dentro de unos márgenes bastante rígidos. Las aguas residuales de Madrid muy al límite (incluso fuera) de estos intervalos. Para conseguir la tasa de eliminación hay varias estrategias que se integran en los diseños de acuerdo a las características de cada proceso:

- Tratamiento de los retornos de la línea de fangos mediante una planta ANAMMOX para eliminación de nitrógeno
- Permitir enviar el influente directamente a los reactores biológicos saltando el tratamiento primario para mejorar la aportación de materia carbonosa en el reactor
- Adicionar al proceso un material fácilmente biodegradable (típicamente el metanol, aunque hay alternativas como la glicerina) para conseguir la suficiente carga que permita la desnitrificación.

Estas estrategias para la eliminación de nitrógeno no son objeto de alternativas y no son incompatibles entre sí. Lo normal es implantar hasta las tres en la misma planta por lo



que se consideran como parte del equipamiento anexo al proceso de tratamiento básico que se seleccione.

Fósforo

Respecto al fósforo, si la tipología de proceso lo permite, se implantarán procesos de eliminación biológica de fósforo y de recuperación de fósforo de los retornos mediante la producción de estruvita.

Sin embargo, se mantendrá en todos los casos la capacidad de eliminación por vía química adicionando cloruro férrico o sulfato de alúmina como tratamiento complementario o alternativo al biológico. De esta forma se asegura la eliminación de fosforo optimizando el consumo de reactivos para lograrlo

Tratamiento primario

En el tratamiento primario existirá una decantación lamelar con recirculación de fangos y adición de reactivos. Esta configuración presenta múltiples ventajas:

Espacio reducido.

Facilidad de implantación en espacios cerrados.

Posibilidad de funcionar como un proceso físico-químico en momentos concretos.

Con esta configuración se podrá adaptar en cada momento a las características del influente tanto en tiempo seco como de lluvias asegurando que los vertidos en tiempo de lluvia de caudales que superen la capacidad de tratamiento del tratamiento secundario reciban como mínimo un pretratamiento y un tratamiento primario adicional la mayor parte de los episodios de lluvias.

Se dispondrá de un bypass por decantador para aumentar la capacidad de reconfiguración de la planta en función de los influentes

Tratamiento terciario

En todas las plantas se ha incluido un tratamiento terciario para aumentar la calidad del efluente.

En la actualidad en la parcela de la EDAR la China hay una planta de regeneración de agua que trata una parte del agua depurada para obtener agua regenerada con el nivel de calidad exigible para el riego de parques y jardines. Se mantendrá la producción de agua regenerada como línea independiente dentro de la EDAR.

El suministro de agua regenerada para riego se mantendrá. La inclusión de un tratamiento terciario en las EDAR tiene un objetivo y común: las plantas actuales permiten tratar el agua residual a los niveles especificados con las normativas actuales pero la mayor preocupación por la calidad de las aguas y del estado ecológico de los ríos provocara que la normativa evolucione para tener en cuenta parámetros de vertido que ahora no están controlados. **Este es el caso de los contaminantes emergentes.** Para su eliminación es necesario incluir estos tratamientos terciarios.

Para la realización del estudio se define una línea de proceso avanzada que ya se ha implantado en otras plantas de Madrid. Pero se considera que probablemente de cara al



proyecto y ejecución resultaría conveniente implantar la infra estructura necesaria pero no definir el proceso hasta que no se materialicen las normativas a cumplir.

2.2.2.- EDAR La China

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Pretratamiento: Pozo de gruesos, rejas, tamices, desarenador/desengrasador
- Tratamiento 1º: decantadores lamelares con recirculación de fangos y adición de reactivos (coagulantes, microarena, dependiendo de la tecnología que se elija a nivel proyecto)
- Tratamiento 2º (biológico)
 - **Tratamientos Cerrados**
- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O₃/H₂O₂)

2.2.3.- EDAR Butarque

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Pretratamiento y Tratamiento 1º: Se utilizará el PRETRATAMIENTO y PRIMARIO EXISTENTE. Se realizarán las adaptaciones pertinentes para su perfecta integración con el resto de la planta
- Tratamiento. 2º (biológico):
 - **Tratamientos Cerrados**
- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O₃/H₂O₂)

2.2.4.- EDAR Sur

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Aliviadero de entrada con retirada de gruesos para un caudal de 30 m³/s (Existente)
- Pretratamiento: Pozo de gruesos, rejas, tamices, desarenador/desengrasador.
Estará dimensionado para tratar los caudales en tiempo de lluvia, los vaciados del tanque de tormenta de Abroñigales y del futuro Nuevo Tanque Sur. Para mantener la capacidad nominal actual y poder recibir los caudales de salida del AGMI se considera un caudal influente de 12 m³/s
- Tratamiento 1º: decantadores lamelares con recirculación de fangos y adición de reactivos (coagulantes, microarena, dependiendo de la tecnología que se elija a nivel proyecto. Se considera el mismo caudal que el pretratamiento: 12 m³/s
- Tratamiento 2º (biológico): Se consideran una sola opción:

○ **Tratamientos Abiertos**

- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O₃/H₂O₂)
- Redimensionar la minicentral existente a los nuevos caudales.

2.3.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS

En las líneas de agua de las EDAR se elimina la carga contaminante de las aguas residuales para permitir su vertido al medio en las condiciones especificadas por las autorizaciones de vertido. Como residuo se obtienen los fangos que es preciso tratar para poder proceder a su gestión como residuo. Los procesos de la línea de fangos consisten fundamentalmente en la concentración y estabilización de los mismos.

En este proceso de tratamiento se obtiene además biogás (mezcla de metano, CO₂ y vapor de agua) que se utiliza como combustible para generar energía eléctrica o se puede depurar para su inyección en las redes de distribución de gas.

En general, las líneas de fangos de las plantas que se diseñen tendrán características comunes:

- Espesado de fangos primarios mecánicos
- Espesado de fangos secundarios por flotación
- Digestión anaerobia de fangos. En esta fase se produce biogás. Existen equipamientos para maximizar su producción para mejorar la eficiencia energética la EDAR que se tendrán en cuenta en los dimensionamientos.
- Deshidratación de fangos.
- En este caso el almacenamiento y transporte de los fangos deshidratados a la planta de secado térmicos de lodos situada en al EDAR Sur que pertenece al ayuntamiento de Madrid.

El biogás a su vez se trata para su valorización energética.

- Almacenamiento de biogás en gasómetros
- Motogeneración alimentada por el biogás.
- Se estudiará la implantación de una línea de limpieza de gases para transformar el biogás en biometano para su utilización como combustible para vehículos u otra aplicación alternativa

Las plantas se dimensionarán para obtener la máxima cantidad de fangos posible y la obtención del máximo de biogás para obtener energía.

Como las plantas están cerca unas de otras, se plantea la posibilidad de transportar los fangos desde una de ellas a otra. Esta actuación tiene como aspectos positivos:

- Liberar espacio en las plantas.

- Disminuir los problemas de olores en las plantas donde se eliminen la línea de fangos.
- Reducción de costes de la motogeneración al aumentar el tamaño de los equipos motogeneradores.
- Reducir el transporte por carretera de fangos deshidratados.

Esta concentración tiene aspectos que hay que diseñar cuidadosamente para evitar problemas de tratamiento:

- El transporte de los fangos se realizará mediante impulsiones separando los fangos en exceso y fangos primarios pues tienen características diferentes y para optimizar los procesos deben tratarse por separado. De esta forma, se puede eliminar totalmente la línea de fangos en las plantas desde donde se transporten los fangos con la correspondiente reducción de espacio necesario y facilitar la eliminación de las afecciones al entorno

El fluido a transportar (fangos en exceso y primarios) tiene características hidráulicas similares al agua residual por lo que no representa, a priori, complicaciones técnicas, sí que se requiere un estudio muy detallado del bombeo que facilite el mantenimiento y las reparaciones sin provocar paradas de la línea de aguas.

Se dispondrán de conducciones duplicadas para evitar paradas de planta por incidencias en la impulsión. Se implantarán sistemas de limpieza y mantenimiento específicos de forma que no se interrumpa el funcionamiento de las impulsiones.

- Un factor importante a introducir en los cálculos es que el transporte de fangos de una planta a otra modifica la línea de aguas ambas al eliminar los retornos en la planta donde se impulsen los fangos y aumenta los retornos en la planta que los recibe.

Los retornos de la línea de fangos tienen fuertes cargas de nitrógeno y fósforo a eliminar y bajas concentraciones de materia orgánica, por ello, se debe tener en cuenta esta retroalimentación reforzada para dimensionar las líneas de agua.

- Hay que considerar que la eliminación de la línea de fangos impide recuperar energía en dichas plantas y aumenta la producción en la EDAR Sur. La solución que se propone al respecto es la de establecer un sistema de gestión de la energía que consistiría en la venta a la red de los excedentes energéticos en Sur y la compra en las que carezcan de líneas de fangos.

Aunque este proceso puede resultar dificultoso con la legislación actual hay que tener en cuenta que a largo plazo se una estabilidad normativa para llevarla a cabo.

- Las plantas conectadas deben compartir su sistema de control y funcionamiento de forma que la operación de las líneas de aguas tenga en cuenta la operación de la línea de fangos independientemente de su situación física.

2.3.1.- Sobre los fangos producidos en China

Se considera la implantación de una Conducción de fangos a la EDAR Sur.



Consiste en la instalación de una impulsión de los fangos producidos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de China.

No se considera la instalación de una línea de fangos para reducir el tamaño de la EDAR y facilitar la eliminación de olores

2.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque

Esta opción tiene sentido si se mantiene el emplazamiento de la EDAR Butarque (P1 y P2). En este caso se contemplan dos alternativas:

- **Implantar una línea de fangos en la EDAR Butarque.**

Esta alternativa implica implantar una instalación completa de tratamiento de fangos.

- **Conducción de fangos a la EDAR Sur.**

Consiste en instalar una impulsión de fangos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de Butarque.

Los condicionantes de la impulsión son los mismos que los especificados en la impulsión de China a Butarque.

Independientemente de la opción que sea la finalmente adoptada, en el caso de que se mantenga la EDAR de la China, el bombeo de fangos desde esta planta a la EDAR Sur pasará necesariamente por la EDAR de Butarque donde se realizará una estación intermedia entre los dos tramos del bombeo China-Butarque y Butarque-Sur. Tanto la estación intermedia como el segundo tramo del bombeo se dimensionarán en cualquier caso con capacidad para el bombeo de los fangos de China y de Butarque. De esta forma, aunque se planifique una línea de fangos propia en Butarque, se deja abierta la posibilidad (con un coste añadido asumible) de que en un futuro esta planta también envíe los fangos sin tratar a Sur, además de ofrecer también este bombeo en condiciones especiales como averías, mantenimientos o durante la fase de obras.

2.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.

En este caso tan solo se contempla implantar una línea de fangos completa en la EDAR Sur.

Existen 5 variantes en función de las alternativas seleccionadas referidas al número de plantas y el punto de tratamiento de fangos en China y Butarque:

1. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China.
2. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China y en Butarque.
3. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China).
4. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China) y los generados en Butarque.



- Se eliminan La China y Butaque y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China y en Butarque).

2.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR

Las alternativas seleccionadas están agrupadas por los aspectos fundamentales que definen todo el abanico de soluciones al problema planteado.

Alternativas según el número de EDAR:

Se considera que hay que estudiar:

- La renovación de las tres plantas,
- La eliminación la EDAR de La China y concentrar todo la depuración en las otras dos.
- Conservar solo la EDAR Sur y concentrar en ella las aguas residuales a depurar

Alternativas según la tecnología de depuración:

Existen varios tipos de procesos de depuración que pueden ser adecuados en este caso. Para su estudio están clasificados como:

- Tratamientos abiertos con reactores al aire libre.
- Tratamientos cerrados con toda la planta en espacios confinados.

Alternativas según el emplazamiento de la línea de fangos:

De acuerdo a los puntos de implantación de las líneas de fangos tenemos:

- 1 línea de fangos en Butarque y otra en Sur (que trata los fangos de Sur y La China)
- 1 línea de fangos en Sur (que trata los fangos de La China, Butarque y Sur)

Listado de alternativas de depuración

En la tabla siguiente figuran las alternativas que surgen de combinar los criterios enunciados.

ALTERNATIVAS		EDAR		
		LA CHINA	BUTARQUE	SUR
NÚMERO DE PLANTAS	3	SE RENUEVA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	2	SE ELIMINA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	1	SE ELIMINA	SE ELIMINA	SE RENUEVA
TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN		SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS
		SISTEMAS CERRADOS	SISTEMAS CERRADOS	
DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS DE FANGOS (LF)		SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	CON LF	CON LF
			SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	

Tabla 4. Tabla de alternativas en función del número de plantas, de la tipología y del tratamiento de la línea de fangos



3.- JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el Estudio de Impacto Ambiental que acompaña a este documento se realiza una valoración conjunta de todas las alternativas para diferentes EDAR aquí planteadas.

Esta valoración es triple;

- En primer lugar se realiza una valoración previa de las 13 alternativas propuestas (combinando las alternativas en los tres bloques indicados para cada una de las 3 plantas), de esta valoración, obtenida mediante diferentes criterios (técnicos, ambientales, sociales y económicos) se obtienen 4 alternativas como mejor valoradas, de las cuales, la que obtiene una mayor puntuación es la Alternativa 4, que consiste en renovar las 3 plantas en su ubicación actual, con tratamientos cerrados en China y el Butarque y concentrado todas las líneas de fangos en la EDAR Sur.
- De estas 4 alternativas se realiza una valoración de los efectos ambientales con detalle, obteniéndose de nuevo que la alternativa mejor valorada en este caso (la que menor impacto sobre el medio tiene) es la Alternativa 4.
- Finalmente, se vuelve a realizar una valoración de estas 4 alternativas incluyendo los resultados de la valoración ambiental en detalle junto con los criterios técnicos, sociales y económicos de la primera valoración. De nuevo en este caso se obtiene que la alternativa mejor valorada es la Alternativa 4.

Por ello queda justificada que la alternativa finalmente seleccionada y desarrollada en los diferentes proyectos informativos es aquella en la que se realiza una renovación completa de las plantas de China, Butarque y Sur, manteniendo sus ubicaciones actuales (en el caso de Sur es necesario ampliar levemente su ocupación), mediante tratamientos cerrados en las EDAR de La China y Butarque y abiertos en Sur, y concentrando las líneas de fangos de La China y Butarque en la EDAR Sur.



ANEJO Nº10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESOS DE DEPURACIÓN

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.- OBJETO.....	2
1.2.- PROBLEMÁTICA.....	2
1.3.- SOLUCIÓN PLANTEADA.....	2
2.- JUSTIFICACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO DE LA PLANTA.....	3
3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	4
3.1.- LÍNEA DE AGUA.....	4
3.1.1.- Pretratamiento.....	4
3.1.2.- Decantación lamelar.....	5
3.1.3.- Balsa reguladora.....	6
3.1.4.- Reactor biológico.....	6
3.1.5.- Tratamiento terciario.....	7
3.1.6.- Línea de fangos.....	9
3.1.7.- Deshidratación:.....	13
3.1.8.- Tratamiento de retornos.....	14
3.2.- DESODORIZACIÓN.....	14
3.3.- MICROTURBINAS.....	15
3.4.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	15
3.4.1.- Potencia.....	15
3.4.2.- Acometida.....	21
3.5.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	21
4.- BASES DE CÁLCULO.....	24
5.- PRETRATAMIENTO.....	27
6.- TRATAMIENTO PRIMARIO.....	31
7.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	37
8.- TRATAMIENTO TERCIARIO.....	48
9.- LÍNEA DE FANGOS.....	53



1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETO

En los anejos anteriores se ha realizado el diagnóstico general del sistema de saneamiento objeto de estudio. Se han calculado las cargas contaminantes y caudales que hay que tratar y se han definido los parámetros de vertido que sirven de base al dimensionamiento de una planta depuradora.

1.2.- PROBLEMÁTICA

Se describe detalladamente en los anteriores. Del estudio de alternativas realizado se ha determinado que en la parcela en la que actualmente está situada la EDAR se debe situar una nueva planta que cumpla las siguientes características:

- Se tratará de un proceso de depuración que esté totalmente contenido dentro de edificios aislados perfectamente para evitar la propagación de olores y ruidos.
- Su implantación debe tener en cuenta que no se puede detener la depuración de las aguas residuales influentes durante el proceso de construcción.
- Los residuos extraídos en el pretratamiento se recogen en contenedores situados dentro de los edificios no exponiendo su contenido al aire libre en ningún momento
- Los fangos líquidos extraídos de las aguas residuales durante el proceso de depuración en las EDAR La China y Butarque se trasladan para su tratamiento mediante una impulsión para su tratamiento en la nueva instalación que se plantea en la parcela de la EDAR SUR. De esa forma se elimina de la parcela la línea de fangos y la posibilidad de la producción de olores y se reduce al mínimo la superficie necesaria.
- En la EDAR SUR actualmente no se trata el agua para aprovecharla en riego de parques y jardines aunque se bombea agua depurada a las instalaciones medioambientales de Madrid para su utilización como agua de servicio en las plantas y vertederos de RSU. Los niveles de calidad del efluente especificados para el tratamiento de las aguas residuales de Madrid así como la posibilidad de reutilización hace que se mantenga un tratamiento a nivel de agua regenerada.

1.3.- SOLUCIÓN PLANTEADA.

En estos momentos existen varias tecnologías ampliamente desarrolladas que permiten que la nueva EDAR cumpla las especificaciones que se han planteado. Para la realización de este proyecto informativo se considera la denominada FANGOS ACTIVOS CON ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO Y FÓSFORO POR VÍA BIOLÓGICO complementada con un TRATAMIENTO Terciario que permita alcanzar los parámetros de vertido especificados

2.- JUSTIFICACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO DE LA PLANTA

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en el Apéndice del Modelo de calidad.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el Nitrógeno (en forma de amonio).
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzará el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Estos tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionado las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/L)	
SS	4
DBO ₅	4
DQO	25
NH ₄	0,58
N-NH ₄	0,45
NO ₃	27,9
N-NO ₃	6,30
N _t	7,95
P _t	0,24
PO ₄	0,25
P-PO ₄	0,08

Estás agua cumplen los parámetros físico-químicos del agua regenerada y además se deben cumplir los límites bacteriológicos fijados en la normativa para el tipo de uso fijado en Madrid.



3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación se describe el proceso de la nueva EDAR a situar en Sur. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en el nuevo tanque de tormentas que en este Estudio de Soluciones se ha diseñado para situar aguas arriba de Sur y en el de Abroñigales después de un episodio de lluvias con el mismo grado de calidad sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector Sur.

A esto efectos hemos denominado a estos caudales:

NORMAL , equivalente al caudal medio en tiempo seco:	3,00 m³/s
VACIADO : Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en los tanques en un plazo máximo de 5 días sin dejar de atender la curva diaria de influente en la EDAR.	5,00 m³/s

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal VACIADO que resulta superior al caudal punta utilizado en los cálculos habituales de plantas depuradoras.

Para no resultar reiterativos se indica que todas las láminas de agua de todos los elementos se encontraran cubiertas con superficies de PRFV o similar que a su vez se encuentran dentro de edificios cerrados. Este esquema permite optimizar la desodorización al actuar de forma diferenciada en los espacios confinados y en los generales del edificio.

Además en este caso como la línea de fangos trata los fangos generados en las EDAR de La China, Butarque y Sur afecta al dimensionamiento porque la línea de aguas resulta afectada por la recepción de los retornos del tratamiento de todos los fangos y la línea de fangos corresponde no solo a los fangos generados en Sur sino al total.

3.1.- LÍNEA DE AGUA

3.1.1.- Pretratamiento

CANAL DE DESVIO. Conduce el agua desde el colector Sur en un punto inmediatamente antes del punto de embocadura actual hasta el edificio de pretratamiento. De hormigón armado, de 2,5 m de ancho y 3,15 de calado, cubierto y desodorizado.

BYPASS GENERAL. Se mantiene el Bypass general de la planta actual. En estos momentos hay un proyecto de ampliación del mismo para dotarle de canales de desbaste para cumplir la obligación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico que los alivios deben tener sistemas de recogida de gruesos y flotantes. Esta actuación no interfiere con la nueva planta y es necesaria

3.1.1.1.- EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO

Este edificio contiene los pozos de gruesos, canales de desbaste, desarenadores-desengrasadores, recogida y compactación de residuos, arena y grasa, elevación a primarios, contenedores y espacios para instalar el CCM correspondiente.



Se encuentra totalmente desodorizado. Forma un conjunto con el edificio de primarios

POZOS DE GRUESOS: Se trata de dos pozos de gruesos de 11,0 x 5,50 m y 3,60 m de altura recta total del agua. Cada uno de ellos dispone de compuertas en entrada y salida de forma que se puede aislar para mantenimiento y limpieza. Dotados de retirada de residuos mediante cuchara bivalva y se recogen en contenedores

CANALES DE DESBASTE: Parten del canal de reparto de las salidas de los pozos de gruesos. En ellos se implantan las rejas de gruesos y los tamices que se pasan a describir:

Se trata de cuatro canales de 1,54 m de ancho y 16,8 m de largo dotado cada uno de ellos dispone de:

- 1 reja automática de 30 mm, ancho útil de 1,37 cm y descarga en tornillo transportador
- 1 tamiz de escalera de 3 mm. ancho útil de 1,42 cm y descarga en tornillo transportador
- 2 Tornillos transportadores cerrados (uno por rejillas y otro por tamices)
- 2 prensas de residuos (una por rejillas y otra por tamices)

Cada canal y cada equipo se pueden aislar mediante compuertas automáticas

Los residuos se extraen mediante tornillos de transporte perpendiculares a los canales que llevan los residuos sendas prensas de residuos desde donde se cargan los contenedores.

DESARENADO-DESENGRASADO: 5 Equipos de desarenado/desengrasado de 40,0 m de largo 5,70 de ancho y 4,75 m de calado útil. Se conectan mediante compuertas al canal de reparto situado entre los canales de desbaste y los desarenadores.

La extracción de arenas se realiza por 10 bombas situadas en los puentes que se dirigen por canales laterales a 1 concentrador de arenas de 25 l/s

La aireación para desemulsión de grasas y concentración de arenas se efectúa por sendas parrillas de difusores alimentados por 4 soplantes de 2.400 Nm³/h

Se aíslan mediante compuertas motorizadas. Las arenas se extraen mediante una bomba de extracción de arena situada en sendos puentes móviles. Las grasas se extraen en cuatro canales de recogida empujadas por el puente.

Ambos residuos se concentran en sendos equipos y se cargan en contenedores.

ELEVACIÓN A DECANTACIÓN LAMELAR: El agua que ha pasado por el desarenado se concentra en un canal de reparto y mediante un bombeo formado por (3+3) bombas centrifugas sumergidas de 5.400 l/s se eleva al canal de reparto de la decantación primaria.

3.1.2.- Decantación lamelar.

Se encuentra en un edificio unido al de pretratamiento con el que comparte el sistema de desodorización. La decantación primaria se realiza en 8 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes.



El caudal punta conjunto es de 18.882 m³/h y el medio de 11.682 m³/h

Cada decantador está formado por un conjunto de:

- 1 Cámara de coagulación de 10,0 x 10,0 m² de base y 5,80 m de altura útil con 1 agitador vertical de 5,5 kW. Se le dosifica cloruro férrico
- 1 Cámara de floculación de 4,90x 5,50 m² de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 1,5 kW. Se dosifica Polielectrolito aniónico
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 120,0 x 20,0 m y 5,65 m de altura útil. El tiempo de retención resulta de 1,55 h a caudal medio y 0,94 a caudal punta

El cloruro férrico como coagulante que se almacena e 4 depósitos de 60.000 l. El Polielectrolito aniónico que se almacena en palés en el edificio para su preparación y dosificación.

El agua tratada en los primarios se puede dirigir a tres puntos:

- Mediante un colector Ø2000 de 58,6 m para alimentar la balsa de regulación
- Mediante un colector Ø2000 de 58,6 m para alimentar el canal de reparto a los reactores biológicos
- A un aliviadero del primario situado a continuación de la arqueta de entronque con el canal de reparto de biológicos

3.1.3.- Balsa reguladora

El agua sometida al tratamiento primario se puede almacenar en una balsa reguladora para amortiguar la diferencia entre la punta de entrada y el mínimo nocturno.

Para ello se instala una balsa reguladora de tipo carrusel de 63.000 m³. Dispone de 22 agitadores sumergibles de 11 kW de potencia unitaria y ocho aireadores sumergibles, también de 11 kW para evitar la decantación de sólidos en su interior.

Mediante un bombeo la salida de la balsa se conecta al canal de reparto de entrada a los reactores biológicos

3.1.4.- Reactor biológico

El tratamiento previsto es de Fangos Activos. Se ha elegido la configuración denominada Bardenpho que es una de las que permiten la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo y que se adapta bien a las características del agua a tratar y al espacio donde hay que integrar los reactores.

Se adoptan 14 reactores agrupados en tres bloques de 4, 4 y 6 reactores respectivamente. La entrada de todos los reactores se realiza mediante un único canal de reparto en cabecera.

REACTORES

Las características de cada reactor son:

- Volumen unitario: 21.866 m³
- Longitud total útil: 100,05 m
- Ancho útil: 32,0 m



- Calado útil: 4,58 m.

Cada reactor está dividido en 5 zonas separadas por muros permeables mediante ventanas. Las longitudes útiles de cada zona son:

- Zona anaerobia de 9,20 m
- Zona anóxica de 27,0 m
- Zona aeróbica de 32,0 m.
- Zona Post-anóxica de 27,0 m
- Zona de reaireación de 5,0 m

La zona aeróbica de cada reactor está dotada de 9.708 difusores y la de reaireación de 360

La aireación necesaria se la proporcionan 22 soplantes de levitación neumática o magnética de 12.900 Nm³/h y 240 kW. Se ha seleccionado este número que a priori parece tan elevado para poder ajustar mejor la aireación a la carga diaria de entrada al tratarse de una planta con un elevado número de reactores y una fuerte variación diaria por lo que la curva de suministro de aire debe adaptarse a esta situación

Las cámaras anaerobias, anóxicas y post-anóxica están dotadas de 2 agitadores por cámara para evitar la decantación de los fangos en suspensión.

La salida de los reactores está dispuesta que cada reactor está asociado a un decantador secundario pero a través de las conexiones entre las salidas es posible derivar caudales de un reactor al conjunto de reactores. Así se aumenta la flexibilidad de la planta para adaptarse a los cambios en las características de las aguas, a los planes de mantenimiento y a las emergencias

Se dispone de recirculación interna y externa en los reactores.

- La recirculación externa se realiza con 7 bombas centrifugas de 5.400 m³/h
- La recirculación interna se realizan mediante 2 bombeos por reactor. (28 bombas de pared de 4.200 m³/h) que recirculan licor mezcla entre el reactor aerobio y el primer reactor anóxico

DECANTADORES SECUNDARIOS:

14 decantadores circulares de 54 m de diámetro y 4,50 m de calado útil.

Los fangos extraídos se recogen en 4 cámaras desde donde se envían los fangos a recirculación o a espesado

ESTUDIO DE OLORES

En general, se trata de una instalación limpia, sin malos olores debido a que los espacios que generan más olores están confinados y las únicas láminas de agua al aire libre son los reactores y los decantadores secundarios

3.1.5.- Tratamiento terciario

Esta fase del proceso tiene dos cometidos:

- Eliminar el fósforo del efluente hasta el límite especificado



- Filtrar y desinfectar el agua tratada hasta alcanzar el nivel de agua regenerada para riego de parques que se ha determinado (Calidad 1.2 del RD 1620/2007)

Está formado por dos edificios paralelos. Cada uno de ellos se ha dimensionado para tratar la mitad del caudal de diseño. Se encuentran situados a ambos lados del emisario de salida. Se puede tratar el 100% del caudal y a su vez utilizar el emisario como aliviadero si resultase necesario.

Cada uno de los edificios consta del siguiente equipamiento

BOMBEO DE ELEVACIÓN. Desde la arqueta de entrada al terciario situada en el emisario hasta el canal de reparto de los decantadores lamelares: 4+1 bombas de 3.100 m³/h

TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO. Se realiza en 5 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes situados en paralelo alimentados por un canal al que vierte el bombeo de elevación desde la arqueta de entrada.

Se ha incluido en los decantadores la posibilidad de utilizar microsilíce como material de lastrado y reforzar la capacidad de los decantadores si hiciese falta. La utilización de microsilíce para reforzar la decantación se considera como un elemento auxiliar de seguridad. El equipo está dimensionado para trabajar sin requerir de la aportación de la microsilíce

Cada equipo está formado por:

- 1 Cámara de coagulación de 4,0x4,0 m² de base y 4,0 m de altura útil con 1 agitador de 5,5 kW con dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC)
- 1 Cámara de floculación de 6,75x6,75 m² de base y 5,0 m de altura útil con 1 agitador de 1,5 kW con dosificación de Polielectrolito aniónico
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 9,50x9,50 m y 5,40 m de altura útil
- 1 equipo de separación de arena de las purgas mediante hidrociclones para su reutilización

El PAC se almacena en 6 depósitos de 26.500 l y el Polielectrolito aniónico y la microsilíce se almacena en palés en el edificio para su preparación y dosificación

La salida de la línea de decantación está conectada a la línea de filtración mediante un canal de reparto.

FILTRACIÓN. Se realiza en 6 equipos de filtración textil por discos rotativos. Se trata de un proceso continuo que se debe parar en los intervalos definidos por el fabricante para su limpieza. Cada filtro está contenido en un tanque que se puede aislar mediante compuertas para los trabajos de mantenimiento y limpiezas periódicas

Las purgas de los filtros textiles se unen a las de los decantadores lamelares en una arqueta para su impulsión al depósito de regulación de fangos primarios

Cada filtro tiene una capacidad de 1.440 m³/h. Está formado por 32 discos de 2,075 m de diámetro y un área de filtrado efectiva por filtro de 150 m².



El grado de filtración es de 10 micras

DESINFECCIÓN AVANZADA. Consta de dos fases

- **DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO.** Se adiciona en la salida de la filtración textil mediante 6 bombas dosificadoras de membrana de 15 l/h. El reactivo se almacena en un depósito de 26.500 l. Se prevé un consumo de peróxido diario de 1.108 l/día
- **DESINFECCIÓN MEDIANTE ULTRAVIOLETA.** El sistema UV se instalará en 2 canales abiertos de 9.3 m de largo, 1,7 de ancho y 2,4 de profundidad

Estarán situados a continuación de la filtración textil con capacidad para tratar un caudal punta 9.000 m³/h y mínimo de 2 500 m³/h. La cantidad máxima admisible de sólidos totales en suspensión resulta 5 mg/l

Cada canal está dotado de 4 bancadas de 22 lámparas. La transmitancia ultravioleta @ 253,7 nm

Los fangos generados en los decantadores lamelares y en la limpieza de los filtros textiles se acumulan en una arqueta desde donde se impulsan al depósito de fangos primarios.

3.1.6.- Línea de fangos

Como hemos señalado en la EDAR SUR se tratan sus fangos propios y los de las EDAR de La China y de Butarque que se transportan mediante una impulsión doble para fangos primarios y secundarios. La línea de proceso es:

- Espesado mecánico de todos los fangos primarios
- Espesado mecánico de todos los fangos secundarios
- Tratamiento mediante un sistema de HIDROLISIS TERMICA de los fangos secundarios
- Mezcla de los fangos hidrolizados y los primarios en una cámara de mezcla
- Digestión anaerobia de los fangos
- Deshidratación de fangos en centrifugas.
- Transporte de los fangos deshidratados mediante cinta cubierta a la planta de secado térmico de lodos municipal existente en la parcela o a las tolvas de regulación necesarias para almacenar fango durante las paradas de la planta de secado térmico.
- Almacenamiento del biogás producido en gasómetro de membrana.
- Producción de energía eléctrica mediante motogeneradores

3.1.6.1.- ESPESADO DE FANGOS.

El espesado de fangos primarios y de fangos en exceso se realiza en el edificio de espesado. Este edificio tiene dos niveles: en el inferior está la galería de reparto, los depósitos de fangos, salas de bombeos y depósitos de fangos espesados. En la zona superior esta la nave de espesamiento en la que están emplazados las baterías de espesadores mecánicos y equipos auxiliares. Todo el edificio esta desodorizado.

Al edificio de espesado llegan las siguientes conducciones:



- Impulsión de Butarque con los fangos de La China y Butarque. Está formada por una conducción de fangos primarios, otra de fangos secundarios y la tercera de reserva
- Conducción de fangos primarios desde el edificio de decantadores lamelares
- Conducción de fangos de los tratamientos terciarios.
- Conducción con los fangos en exceso del reactor biológico.

Los fangos se almacenan en dos depósitos contiguos rectangulares de hormigón armado subterráneos

- Fangos primarios: 32,20 x 19,52 x 10 m y un volumen de 6.285 m³
- Fangos secundarios: 31,10 x 19,52 x 10 m y un volumen de 6.070 m³

La alimentación se realiza mediante conducciones situadas en una galería auxiliar situada por el lado exterior. Por el lado interior de los depósitos hay una sala donde se sitúan las bombas de tornillo

Fangos primarios

Los fangos primarios se someterán a un tamizado antes de conducirlos al depósito mediante 2 tamices de 3 mm de malla de 286 m³/h

Los fangos se extraen del depósito de regulación mediante 10 bombas de tornillo excéntrico de un caudal de 90 m³/h que están conectadas a los espesadores de tornillo.

Se trata de 10 equipos situados en el piso superior del edificio, cada uno de ellos encima de su bomba de alimentación. Tienen un caudal nominal de 90 m³/h

Los fangos espesados caen por gravedad al depósito de fangos espesados situado debajo de los espesadores mecánicos de tornillo a un depósito de 32,20 x 8 x 10 m y un volumen de 2.568 m³ de hormigón armado contiguo a la galería de bombeos a espesado

Los fangos espesados se impulsan a la cámara de mezcla de fangos mediante una impulsión compuesta por 4 bombas de tornillo excéntrico de 150 m³/h

Este bombeo está situado en una galería contigua al depósito de fangos espesados

Fangos secundarios

El proceso de espesado de los fangos espesadores igual que el de los primarios y está situado en paralelo en el mismo edificio compartiendo las galerías de bombas y la nave de espesadores

Los fangos se extraen del depósito de regulación mediante 10 bombas de tornillo excéntrico de un caudal de 100 m³/h que están conectadas a los espesadores de tornillo.

Se trata de 10 equipos situados en el piso superior del edificio, cada uno de ellos encima de su bomba de alimentación con un caudal nominal de 100 m³/h

Los fangos espesados caen por gravedad al depósito de fangos espesados situado debajo de los espesadores mecánicos de tornillo a un depósito de 31,10 x 8 x 10 m y un volumen de 2.488 m³ de hormigón armado contiguo a la galería de bombeos a espesado



Los fangos espesados se impulsan a la hidrólisis térmica mediante una impulsión compuesta por 6 bombas de tornillo excéntrico de 200 m³/h

Este bombeo está situado en una galería contigua al depósito de fangos espesados

Los retornos de los espesadores se recogen en un colector común para los 20 espesadores y se envían a la planta de tratamiento de retornos para eliminar el exceso de nitrógeno antes de enviarlo a cabecera de planta

3.1.6.2.- HIDROLISIS TERMICA

Los fangos secundarios espesados se tratan en una línea de hidrólisis térmica (THP) posteriormente se mezclan con los primarios y se envían a la digestión anaerobia.

El equipo está formado por un edificio que contiene la Predeshidratación y una estructura que contiene los reactores y equipos auxiliares de la THP

3.1.6.3.- Descripción del proceso de hidrólisis térmica

La hidrólisis térmica (THP) es un pretratamiento de fangos que consiste en aplicar alta presión y temperatura durante un cierto periodo de tiempo. Una vez conseguido la hidrólisis de dichos lodos el proceso continúa con la digestión anaerobia mesofílica de los mismos.

El rango de temperaturas de estos procesos oscila entre 140-200 °C y la presión entre 6-20 bar, durante unos 30 minutos aproximadamente

La THP ocasiona que las células se rompan (lisis) y desintegren, siendo más fácilmente degradables por los microorganismos anaerobios. Algunos sólidos en suspensión se solubilizan y los compuestos orgánicos de cadena larga se descomponen debido a reacciones de hidrólisis. El lodo procedente de la hidrólisis térmica presenta una baja viscosidad y una alta concentración de DQO soluble. De forma general, las ventajas de la hidrólisis térmica se pueden enumerar como:

- Reducción de la viscosidad del fango y no generación de espumas. Esto permite doblar la carga orgánica en el digestor (8-12% MS), reduciendo el volumen del digestor a un tercio o la mitad del volumen de uno convencional.
- Obtención de fangos exentos de patógenos y estabilizados
- Reducción del volumen de lodos digeridos, al mejorar la digestión anaerobia de los fangos, así como la capacidad de deshidratación después de ésta.
- Mejora la deshidratación de los lodos en un 50-100% (se pueden alcanzar sequedades de un 40% MS), lo que hace que disminuya el volumen de lodos producidos.
- Alta eficiencia energética, ya que se puede emplear el calor residual de la cogeneración del biogás para la producción del vapor necesaria para la hidrólisis.
- Aumento de la biodegradabilidad y la producción de biogás en aproximadamente 30- 50%

Algunas posibles desventajas del proceso son:



- Inversión inicial necesaria. No resulta rentable para instalaciones de pequeño tamaño (plantas con una población equivalente inferior a 100.000 he o 3.000 t/año fango).
- Resulta necesario realizar el balance energético global de la instalación para saber si se produce más energía de la que se gasta en el proceso.
- Fango alimentado a la hidrólisis térmica debe tener una sequedad mayor del 12%, lo que implica la necesidad de una deshidratación previa.
- Caudal de retorno con una mayor concentración de amonio y DQO soluble no biodegradable.
- Requiere operadores cualificados en sistemas de alta presión.

Este sistema opera en discontinuo y consta de una serie de tanques/reactores: pulper, reactor de hidrólisis térmica y flash.

El lodo procedente de la depuración de las aguas residuales es previamente deshidratado hasta conseguir un 17-19% de materia seca (MS). Una vez deshidratado se alimenta el pulper. En el pulper el lodo se mezcla y se aumenta la temperatura hasta alcanzar 100 °C durante 1,5 horas. La energía utilizada para calentar el pulper procede del vapor recuperado en los reactores y del depósito de expansión de las siguientes fases del proceso.

Una vez conseguidos los 100 °C, el lodo pasa al reactor donde tendrá lugar la hidrólisis térmica a 165 °C, aproximadamente, y 6-9 bar durante 20-30 minutos. Este lodo esterilizado se introduce en un depósito de expansión, lo que ocasiona la destrucción celular por caída de presión (explosión de vapor). El proceso de descompresión (Flash) reduce la temperatura del lodo hasta 100-105 °C durante 1,5 horas.

El lodo pre-tratado se enfría hasta la temperatura requerida para la digestión anaerobia mesófila (35 °C). Esto se realiza con el agua de dilución, intercambiadores de calor o mezclándolo con materias frías.

Así pues este proceso optimiza el volumen de digestión necesario para digerir los fangos y mejora la producción de energía. La obtención de lodos higienizados no es un objetivo a priori porque el destino final de los mismos es una planta de secado térmico pero es una posibilidad implícita en el sistema que pudiera resultar interesante en un futuro

3.1.6.4.- Predeshidratación

Para alcanzar la concentración de sólidos se deshidratan los fangos secundarios hasta alcanzar una sequedad mínima del 18%.

Para ello se instalan 6+1 Centrifugas de 55 m³/h

3.1.6.5.- Hidrolisis térmica:

Está formada por dos líneas de proceso líneas de 50 tMS/d cada una.

Se alimenta por una conducción de vapor de agua generado en una caldera situada en el edificio de deshidratación calentada con biogás



3.1.6.6.- Cámara de mezcla

Depósito de hormigón armado rectangular de 560 m³ en dos cámaras con agitadores sumergidos donde se unen los fangos primarios y secundarios para alimentar la digestión anaerobia.

3.1.6.7.- Digestión anaerobia

Está formado por un conjunto de 10 digestores anaerobios, cilíndricos de hormigón armado aislados y con agitación mecánica tipo Scaba. Sus dimensiones unitarias son: 24 m de diámetro, 12 m de altura.

El tiempo de retención es de 16 días en tiempo seco y 10 en tiempo de lluvia

Los equipos auxiliares de los digestores se agrupan en tres edificios que dan servicio a 4, 4 y 2 digestores respectivamente donde se implantan los equipos auxiliares de digestores

Equipamiento auxiliar de digestores

- 1 intercambiador por digestor de 840.00 kcal/h
- 1 bomba de agua caliente por intercambiador de 115 m³/h
- 1 bomba de fango a calentar por intercambiador de 163 m³/h
- 5 calderas de biogás de 3.700.000 kcal/h con un sistema de alimentación centrífugo,
- 5+1 dosificadoras de NaOH para regulación del pH en la digestión y un depósito de almacenamiento de 15.000 litros
- 10 bombas de tornillo de 10 m³/h para siembra y vaciado de digestores
- 5+1 bombas de dosificación de cloruro férrico para eliminación de sulfhídrico en el biogás de 120 l/h y 2 depósitos de almacenamiento de 20.000 litros

Los fangos digeridos se envían al edificio de deshidratación donde se encuentra el depósito de regulación y la sala de centrífugas

3.1.7.- Deshidratación:

El edificio de deshidratación está compuesto por un nivel inferior formado el depósito de fangos digeridos de 29,71 m x 8,90 x 9, 60 m y un volumen de 2.538 m³ dotado de agitadores y una galería para las bombas de tornillo de 65 m³/h de impulsión a las centrífugas

La sala de deshidratación contiene:

- 10 Centrífugas de 65 m³/h
- 10 bombas de transporte de fango deshidratado de 10 m³/h
- 5 equipos de preparación de polielectrolito

Los fangos deshidratados se transportan a la planta de secado de lodos municipal situada al lado del edificio.

En el caso de paradas de planta se disponen 5 silos de 200 m³ desodorizados para almacenamiento de fangos y carga de camiones



3.1.8.- Tratamiento de retornos

Eliminación de nitrógeno

Los retornos de la deshidratación y de espesado se tratan en una planta para la reducción de nitrógeno antes de su envío a cabecera de planta. Se estima un caudal de 4.006 m³/día (6.472 m³/d en tiempo de lluvia) y una concentración de NTK de 1.067 mg/l

Para su tratamiento se instala una planta de eliminación de nitrógeno tipo ANAMMOX formada por 3 reactores de 1.230 m³ para un caudal de 6500 m³/d

Eliminación de fósforo

Se mantiene la planta de eliminación de fósforo mediante la producción de estruvita de 2000 kg/d de estruvita

3.1.8.1.- Línea de gas

El gas producido en los 10 digestores se concentra en los tres edificios auxiliares de digestión donde se alimentan las calderas y se envían a los 8 gasómetros de membrana de 4.000 m³. Se incluyen 4 antorchas de seguridad de capacidad unitaria 3000 m³/de gas

El biogás almacenado en los gasómetros se envía al edificio de motogeneración donde están situados 8 motogeneradores de 1.355 kWe para la producción de energía eléctrica

3.2.- DESODORIZACIÓN

El diseño de la desodorización consiste en el confinamiento de las distintas unidades de proceso que se encuentran dentro de los edificios de pretratamiento, primario, biofiltro y terciario mediante cubiertas localizadas.

Así mismo los edificios también disponen de extracción y tratamiento del volumen total de aire alojado para evitar la dispersión de posibles fugas, e incluir la desodorización del canal de entrada al pretratamiento.

Con este planteamiento conseguimos optimizar el caudal de aire a tratar y en consecuencia el consumo energético de toda la unidad de desodorización. Como ventajas adicionales de este diseño, obtenemos la disminución de las emisiones de olor en los distintos ambientes de trabajo, mejorando sustancialmente las condiciones de trabajo del personal de explotación en cuanto a seguridad, salubridad y confort.

El sistema de desodorización está formado por una serie de equipos de desodorización por vía biológica o BIOTRICKLING de 100.000 m³/h y 150.000 m³/h formados por:

- Dos (2) torres de contacto.
- Un (1) ventilador centrífugo s
- Dos (2) bombas de recirculación s
- Almacenamiento en dos depósitos de 1.000 litros de nutrientes, con sus correspondientes bombas de dosificación

La distribución de equipos resulta como sigue:



Nº DE EQUIPOS DE BIOTRICKLING			
EDAR	EDIFICIO	CAPACIDAD EQUIPO m ³ /h	Nº EQUIPOS
SUR	PRETRATAMIENTO	150.000,00	3
	LAMELARES		
	TERCIARIO	100.000,00	2
	ESPEADO	100.000,00	1
	PREDESHIDRATACIÓN	100.000,00	1
	EDIFICIOS DIGESTION	100.000,00	1
	DESHIDRATACIÓN	100.000,00	1
	MOTOGENERACIÓN	100.000,00	1

3.3.- MICROTURBINAS

Se mantienen las 2 turbinas Semi - Kaplan montadas en paralelo existentes en la salida para aprovechar el salto hidráulico neto de 3,20 m y un caudal de 3,5 m³/s y una potencia de 85,15 kW.

3.4.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se considera que la acometida y centro de transformación actuales que suministran a la EDAR de SUR disponen de margen sobrado de potencia para la nueva planta. No necesitan más cambios que la renovación de equipos que se necesite en el momento de acometer las obras.

Se tendrá en cuenta que la EDAR produce energía eléctrica con su motogeneración y con las Miniturbinas de la salida. Como será excedentaria de energía eléctrica habrá que incluir una línea de salida

Se dispondrá de una línea principal desde el CT que conecte los CCM en donde se conectarán los cuadros de todo el equipamiento, el suministro de los edificios y la red de alumbrado

CT	ACTUAL
CCM1	PRETRATAMIENTO Y PRIMARIO
CCM2	REACTOR BIOLÓGICO
CCM3	TERCIARIO
CCM4	ESPEADO DE FANGOS
CCM5	DESHIDRATACIÓN DE FANGOS
CCM6	MOTOGENERACIÓN

3.4.1.- Potencia

La potencia de la planta que resulta según el diseño resulta:



EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
2. PRETRATAMIENTO				
Diseño nuevos pozos de gruesos				
<i>compuertas</i>	6	6	0,40 kW	2,40 kW
2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS				
<i>compuerta</i>	12	12	0,40 kW	4,80 kW
<i>Número de rejas instaladas:</i>	4	4	3,00 kW	12,00 kW
Sistema de evacuación de residuos:				
	1	1	3,00 kW	3,00 kW
Descarga de sólidos:				
	1	1	5,50 kW	5,50 kW
2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS				
<i>Nº de tamices instalados:</i>	4	4	3,00 kW	12,00 kW
Sistema de evacuación de residuos:				
	1	1	3,00 kW	3,00 kW
Sistema de prensado de residuos:				
	1	1	5,50 kW	5,50 kW
2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO				
Nuevo diseño desarenado-desengrasado				
<i>Nº de desarenadores instalados:</i>	5	5	0,25 kW	1,25 kW
<i>Aislamiento:</i>	10	10	0,33 kW	3,30 kW
2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS				
<i>Nº bombas instaladas</i>	10	5	2,20 kW	11,00 kW
<i>nº de instalaciones de lavado</i>	1	1	1,75 kW	1,75 kW
2.2.7. DESEMULSIÓN DE GRASAS				
<i>Nº de soplantes instaladas:</i>	4	3	100,0	300,00 kW
<i>Nº de concentradores:</i>	2	2	1,20 kW	2,40 kW
3. TRATAMIENTO PRIMARIO				
3.1. ELEVACIÓN DE AGUA DECANTADA A PRIMARIOS				
<i>Nº de bombas instaladas:</i>	6	5	105	525,00 kW
Sistema de elevación de bombas:	1	1	7,00 kW	7,00 kW
3.2. NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO				
3.2.1. CÁMARAS DE MEZCLA				
<i>Nº de agitadores</i>	8	8	4,00 kW	32,00 kW
3.2.2 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN				
<i>Nº de agitadores</i>	8	8	4,00 kW	32,00 kW
3.2.3 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS				
Cloruro férrico				
<i>Nº bombas dosificadoras instaladas</i>	16	14	0,20 kW	2,80 kW



EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
ALMACENAMIENTO DE CLORURO FÉRRICO				
Nº de depósitos de almacenamiento:	4	4	1,00 kW	4,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº bombas dosificadoras instaladas	16	14	0,20 kW	2,80 kW
3.2.4 DECANTACIÓN PRIMARIA LAMELAR				
Nº de decantadores instalados:	8	8	12,50 kW	100,00 kW
Compuertas	25	25	0,33 kW	8,25 kW
3.2.6. PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS				
purga de fangos primarios:	8	7	13,25 kW	92,75 kW
3.2.7. CAUDALES A TRATAMIENTO BIOLÓGICO				
3.2.8. Balsa de Regulación				
Agitadores	18	18	10,00 kW	180,00 kW
Bombeo vaciado	5	4	25,25 kW	101,00 kW
4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO				
4.1. REACTOR BIOLÓGICO				
Compuertas	35	35	0,50 kW	17,50 kW
Eliminación de fósforo en biológico				
Nº bombas dosificadoras instaladas	14	14	0,20 kW	2,80 kW
4.4. DOSIFICACIÓN DE METANOL				
Nº de depósitos de almacenamiento:	6	6	0,50 kW	3,00 kW
Nº bombas dosificadoras instaladas	14	7	0,20 kW	1,40 kW
suministro de aire a reactores				
Nº unidades instaladas:	22	19	320,00 kW	6.080,00 kW
4.7. AGITACIÓN				
Zona anaerobia				
Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
Zona anóxica				
Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
Zona post-anóxica				
Nº total de agitadores en funcionamiento:	28	28	2,00 kW	56,00 kW
4.8. RECIRCULACIONES				
Recirculación externa de fangos				
Nº ud instaladas:	7	7	38,00 kW	266,00 kW
Recirculación interna a zona anóxica				
Nº ud instaladas:	28	14	4,20 kW	58,80 kW
4.10. DECANTACION SECUNDARIA				
Nº de decantadores en servicio:	14	14	0,60 kW	8,40 kW
4.11. EXTRACCIÓN DE FLOTANTES				
Nº de bombas previstas:	6	5	1,50 kW	7,50 kW

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
5. TRATAMIENTO TERCIARIO				
5.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO				
compuertas	4	4	0,20 kW	0,80 kW
Nº de bombas instaladas:	10	8	25,00 kW	200,00 kW
Sistema de elevación de bombas: Puente grúa.	8	8	6,00 kW	48,00 kW
5.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO				
5.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA				
Nº de agitadores por línea:	10	10	5,50 kW	55,00 kW
5.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN				
Nº de agitadores por línea:	10	10	1,50 kW	15,00 kW
3.2.4 DECANTACIÓN PRIMARIA LAMELAR				
Nº de decantadores instalados:				
Compuertas	10	10	12,50 kW	125,00 kW
	25	25	0,20 kW	5,00 kW
5.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS				
PAC (17% Al₂O₃)				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
Nº depósitos de almacenamiento:	5	5	0,40 kW	2,00 kW
POLIELECTROLITO ANIÓNICO				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
preparador de polielectrolito	2	2	1,50 kW	3,00 kW
5.4 FILTRACIÓN				
Nº de filtros a instalar:	14	14	1,00 kW	14,00 kW
5.5 OXIDACIÓN AVANZADA				
5.5.1. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO				
Nº de bombas dosificadoras:	6	5	0,20 kW	1,00 kW
Nº de depósitos:	2	2	0,30 kW	0,60 kW
5.5.2. DESINFECCIÓN UV				
Nº de canales:	4	4	22,00 kW	88,00 kW
2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS				
6.1 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS SUR A ESPESADO				
Nº de bombas de purga instaladas:	4	3	1,80 kW	5,40 kW
6.2 TAMIZADO DE FANGOS PRIMARIOS				
Nº de tamices instalados:	2	2	3,00 kW	6,00 kW
6.3 ESPESADORES DE FANGOS PRIMARIOS				
Bomba de tornillo excéntrico				
Nº de unidades instaladas:	10	9	2,70 kW	24,30 kW
Espesadores de tornillo				
Nº de unidades instaladas:	10	9	3,00 kW	27,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº de equipos poli	2	2	0,20 kW	0,40 kW

EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
6.4 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS ESPEADOS A DIGESTIÓN				
Nº de unidades instaladas:	4	3	4,50 kW	13,50 kW
6.5 BOMBEO DE FANGOS EN EXCESO				
Nº unidades instaladas	6	5	8,90 kW	44,50 kW
6.6 ESPEADO DE FANGOS SECUNDARIOS				
Bombeo de fangos secundarios de Sur a flotación				
Nº de unidades instaladas:	10	9	1,80 kW	16,20 kW
Espesadores de tornillo				
Nº de unidades instaladas:	10	9	3,00 kW	27,00 kW
POLIELECTROLITO ANIONICO				
Nº de equipos poli instalados	3	2	0,20 kW	0,40 kW
Bombas dosificadoras de polielectrolito a flotación				
Nº unidades instaladas:	5	4	0,05 kW	0,20 kW
Acondicionamiento de fangos				
Nº de equipos poli:	2	2	0,20 kW	0,40 kW
Electroagitadores depósitos de fangos				
Nº unidades	12	12	2,00 kW	24,00 kW
6.8 BOMBEO A HIDROLISIS TÉRMICA				
Impulsión de fangos espesados homogeneizados a HT				
Nº de bombas instaladas	6	5	1,50 kW	7,50 kW
6.9 HIDRÓLISIS TERMICA				
6.9.1 PREDESHIDRATACIÓN				
6.9.2. EQUIPOS DE PREDESHIDRATACIÓN				
Centrífugas	7	6	15,00 kW	90,00 kW
6.9.3. HIDROLISIS TERMICA				
líneas de trabajo	2	2	5,00 kW	10,00 kW
6.9 CÁMARA DE MEZCLA FANGOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS				
Sistema de homogeneización: Agitadores sumergidos	4	4	1,50 kW	6,00 kW
6.10. DIGESTIÓN DE FANGOS				
6.10.1 DIGESTORES				
Digestores				
Nº de digestores total dispuestos:	10	10	0,10 kW	1,00 kW
CALEFACCIÓN DE FANGOS				
Nº de intercambiadores:	10	10	0,00 kW	0,00 kW
Nuevo diseño bombas agua caliente a intercambiadores				
Nº de bombas de agua	10	10	5,00 kW	50,00 kW
bombas de fango a calentar				
Nº de bombas de fango en servicio:	10	10	3,25 kW	32,50 kW
diseño calderas				
Nº de calderas instaladas:	5	5	0,20 kW	1,00 kW



EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
circuito de seguridad y retorno (anticondensación calderas)				
Nº de bombas en servicio:	10	10	1,20 kW	12,00 kW
6.10.3 SISTEMA DE REGULACIÓN DE pH EN DIGESTIÓN				
Nº de bombas dosificadoras instaladas:	6	6	0,10 kW	0,60 kW
6.10.4 AGITACIÓN DE DIGESTORES				
<i>Agitador mecánico tipo Scaba.</i>	10	10	2,10 kW	21,00 kW
6.10.5 BOMBEO DE SIEMBRA Y VACIADO				
Número de bombas instaladas:	10	10	0,20 kW	2,00 kW
6.10.6 DOSIFICACIÓN DE CLORURO FÉRRICO PARA FIJACIÓN DEL SH2				
Nº de bombas instaladas:	6	5	0,25 kW	1,25 kW
6.15 LÍNEA DE GAS				
Nº de gasómetros:	8	8	0,30 kW	2,40 kW
6.16 ALMACENAMIENTO DE FANGOS DIGERIDOS				
<i>Nº de agitadores instaladas:</i>	4	4	2,50 kW	10,00 kW
6.17 DESHIDRATACIÓN DE FANGOS				
6.17.3.1 BOMBEO DE FANGOS A DESHIDRATACIÓN				
<i>Nº de unidades:</i>	10	9	3,50 kW	31,50 kW
6.17.3.2 INSTALACIONES DE DESHIDRATACIÓN				
Nº de unidades instaladas:	10	9	15,00 kW	135,00 kW
6.17.4 FANGOS DESHIDRATADOS				
Nº de bombas adoptado:	10	9	1,50 kW	13,50 kW
Nº de silos:	5	5	0,10 kW	0,50 kW
6.17.5 ACONDICIONAMIENTO DE FANGOS A CENTRÍFUGAS				
<i>Nº de equipos preparación de poli:</i>	5	4	1,80 kW	7,20 kW
Nº bombas instaladas:	10	9	0,15 kW	1,35 kW
6.18 TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES DE DESHIDRATACIÓN				
6.18.2 BOMBEO A TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES				
Nº de bombas instaladas:	5	4	1,25 kW	5,00 kW
6.18.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE SOBRENADANTES				
Nº de líneas adoptadas:	3	3	10,00 kW	30,00 kW
2.7 COGENERACIÓN				
Nº de motores en servicio:	6	6	1,00 kW	6,00 kW
Alimentación de biogás a motogeneradores				
Nº de supresores instalados:	9	9	0,10 kW	0,90 kW
Desulfuración de gas				
<i>Nº de equipos de desulfuración instalados:</i>	8	8	0,20 kW	1,60 kW



EDAR SUR	nº	nº en uso	Pot. Unit.	P. Total
Iluminación y servicios	1	1	500,00 kW	500,00 kW
Desodorización				
PRETRATAMIENTO+LAMELARES	3	3	25,00 kW	75,00 kW
TERCIARIO	2	2	15,00 kW	30,00 kW
ESPEADO	1	1	15,00 kW	15,00 kW
PREDESHIDRATACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
EDIFICIOS DIGESTION	1	1	15,00 kW	15,00 kW
DESHIDRATACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
MOTOGENERACIÓN	1	1	15,00 kW	15,00 kW
				9.977,40 kW
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD	0,85			8.480,79 kW

La potencia absorbida que resulta es de 8.481 kW

3.4.2.- Acometida

La empresa distribuidora es UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN. La acometida es aérea y es de titularidad de UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN hasta los polos del seccionador general de la subestación de la EDAR Sur.

En estos momentos hay abierto un expediente en UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN para instalación de dos interruptores telemandados en las derivaciones a la EDAR Sur y Arroyo Culebro Cuenca Baja.

Los derechos de acometida reconocidos por la distribuidora son de 5.100 kW. La subestación de la EDAR Sur tiene una potencia de **11.000 kVA**.

Así pues, la acometida actual soporta la nueva instalación.

3.5.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La instalación de control será Sistema de Control Distribuido (DCS), basado en controladores lógicos. Por ello, toda la señalización eléctrica concurrirá en cuadros donde se puedan centralizar todas las señales necesarias para arrancar dicho sistema. Existirá una red de fibra óptica que unirá todos los autómatas en un anillo redundante. La instalación de control tendrá esta estructura:

NIVEL DE SUPERVISIÓN - OPERACIÓN

- Una estación de operación para supervisión y operación de toda la planta. Contará con su impresora de inyección para informes, y su impresora matricial para alarmas.
- Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para emergencias en caso de caída de la tensión.
- El bus de comunicaciones entre estos puestos será del tipo Ethernet Ofimática.
- Un sistema videowall para visualización de la planta a gran escala situado en la sala de control



NIVEL DEL PROCESO

- Un controlador lógico (PLC), asociado a cada Centro de Control de Motores, para gestión de los equipos asociados a él.

PLC 00	ACTUAL
PLC 01	PRETRATAMIENTO Y PRIMARIO
PLC 02	REACTOR BIOLÓGICO
PLC 03	TERCIARIO
PLC 04	ESPEADO DE FANGOS
PLC 05	DESHIDRATACIÓN DE FANGOS
PLC 06	MOTOGENERACIÓN

- El bus de comunicación entre los procesadores y el nivel de supervisión será de tipo Ethernet Industrial y se ejecutará en fibra óptica.
- Los controladores lógicos estarán sobredimensionados para que sigan siendo válidos en ampliaciones o cambios de equipamiento futuros

NIVEL DE CAMPO

Cada PLC tendrá asociadas tantas estaciones remotas como sean necesarias. Cada estación remota se encargará de la adquisición de las señales de entrada y salida correspondientes.

- El bus de comunicación entre los PLC y las estaciones remotas será de tipo Profibus, sobre fibra óptica, y totalmente redundante. Todas las estaciones remotas estarán sobredimensionadas con un 25 % más de las señales necesarias y con los bastidores de capacidad suficiente para asimilar las tarjetas a instalar en un futuro

En la definición de las señales digitales y analógicas de los equipos, se seguirán los criterios siguientes:

- Motores con un solo sentido de giro
 - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
 - Una salida digital para orden de marcha.
 - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores con doble sentido de giro para válvulas o compuertas: dos entradas digitales para indicación de abierta o cerrada.
 - Dos entradas digitales para confirmación de abriendo o cerrando.
 - Una entrada digital para aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
 - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
 - Dos salidas digitales para órdenes de abrir y cerrar.
 - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores regulados por variadores de frecuencia
 - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).



- Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
- Una salida digital para orden de marcha.
- Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Una salida analógica para orden desde el variador de frecuencia.
- Electroválvulas
 - Una salida digital para orden de activación.
 - Una entrada digital para indicación de estado.
- Instrumentación
 - Una entrada digital para indicación de estado.
 - Una entrada analógica para recepción del valor medido.
- Equipos compactos con cuadro propio
 - Tantas entradas digitales como procedan en cada caso; pero, como mínimo, una para confirmación de funcionamiento, más una de aviso de anomalía.

El sistema de control, así como la gestión general de las instalaciones, se realizará mediante esquemas realizados en una programación gráfica y orientada a objetos.

INSTRUMENTACIÓN.

Asociado a la red de control se implantará un conjunto de elementos de medida que cubran todos los parámetros necesarios para controlar la EDAR.

- Estaciones automática de entrada y salida con medida en línea de DBO5, DQO, SS, N y P
- Caudalímetros electromagnéticos.
- Caudalímetros por correlación ultrasónica para canales abiertos o tuberías semillenas:
- Caudalímetros ultrasónicos sobre vertedero
- Medidores de caudal de tipo másico en conducciones de aire y gas
- Medidores de presión
- Medidores de pH
- Medidores de temperatura
- Medidores de oxígeno disuelto
- Medidores de potencial Redox
- Medidores de nitrógeno, nitratos y amonio
- Medidores de fósforo y fosfatos
- Medidores másicos de fangos
- Medidores de nivel tipo radar en depósitos de reactivos, arquetas y canales



4.- BASES DE CÁLCULO

A continuación figuran las bases de cálculo especificadas para el dimensionamiento de la EDAR Sur. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en los tanques de tormentas situados aguas arriba (E nuevo tanque proyectado y el de Abroñigales) después de un episodio de lluvias con el mismo grado de calidad sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector Sur.

A esto efectos hemos denominado a estos caudales:

- NORMALES, equivalente al caudal medio en tiempo seco
- VACIADO: Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en el tanque en un plazo máximo de 3 días sin dejar de atender la curva diaria de influente en la EDAR

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal VACIADO que resulta superior al caudal punta utilizado en los cálculos habituales de plantas depuradoras.

Así pues tenemos:

1. BASES DE PARTIDA		Fangos activos Q Sur	
		normal	vaciado
1.1 CAUDALES DE LLEGADA COLECTORES			
Caudal medio diario:	<i>m³/s</i>	3,0	5,0
	<i>m³/h</i>	10.800	18.000
	<i>m³/día</i>	259.200	432.000
Caudal punta:	<i>m³/s</i>	5,0	5,0
	<i>m³/h</i>	18.000	18.000
	<i>m³/día</i>	432.000	432.000
Caudal máximo a pretratamiento:	<i>m³/s</i>	5,0	5,0
	<i>m³/h</i>	18.000	18.000
Caudal máximo a tratamiento primario:	<i>m³/s</i>	5,0	5,0
	<i>m³/h</i>	18.000	18.000
1.2 CONCENTRACIONES Y CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA EN PLANTA			
Concentraciones de fangos de otras EDAR		La China	Butarque
DBO5	<i>mg/l</i>	450,0	390,0
DQO	<i>mg/l</i>	780,0	950,0
SS	<i>mg/l</i>	384,0	425,0
Nt	<i>mg/l</i>	76,6	75,0
Pt	<i>mg/l</i>	9,5	8,5
Concentraciones			
DBO5	<i>mg/l</i>	450	450



1. BASES DE PARTIDA		Fangos activos Q Sur	
		normal	vaciado
DQO	mg/l	780	780
SS	mg/l	384	384
Nt	mg/l	76,6	76,6
Pt	mg/l	9,5	9,5
Cargas medias			
DBO5	kg/día	116.640	194.400
DQO	kg/día	202.176	336.960
SS	kg/día	99.533	165.888
Nt	kg/día	19.855	33.091
Pt	kg/día	2.462	4.104
1.3 CALIDAD DEL VERTIDO AL RÍO			
DBO5	mg/l	4	4
DQO	mg/l	25	25
SS	mg/l	4	4
Nt	mgN/l	8	8
Pt	mgP/l	0	0
Amonio	mg/l	0,58	0,58
Equivalente a N-NH ⁴⁺ :	mgN/l	0,45	0,45
Nitratos	mg/l	27,9	27,9
Equivalente a N-NO ³⁻ :	mgN/l	6,30	6,30
Fosfatos	mg/l	0,3	0,3
Equivalente a P-PO ₄ :	mgP/l	0,08	0,08
Temperatura			
mínima de diseño:	°C	12	12
máxima de diseño:	°C	25	25
1.4 JUSTIFICACIÓN DE CARGAS CON RETORNOS			
1.4.1 CARGAS DE ENTRADA			
Caudal agua entrada:	m ³ /día	259.200	432.000
DBO5	mg/l	450	450
	kg/día	116.640	194.400
DQO	mg/l	780	780
	kg/día	202.176	336.960
SS	mg/l	384	384
	kg/día	99.533	165.888
N-NTK	mg/l	76,6	76,6
	kg/día	19.855	33.091
P	mg/l	9,5	9,5
	kg/día	2.462	4.104
1.4.2 CAUDALES DE RETORNOS			
Caudal total entrada colectores:	m ³ /día	259.200	432.000
Caudal sobrenadantes:	m ³ /día	21.168	30.854
Porcentaje sobre el caudal de entrada:		8,2%	7,1%



1. BASES DE PARTIDA		Fangos activos Q Sur	
		normal	vaciado
Caudal total agua bruta + retornos:	<i>m³/día</i>	280.368	462.854
1.4.3 CARGAS CONTAMINANTES DE RETORNOS			
Para el cálculo de las cargas contaminantes de retornos, se ha considerado que se dispondrá un tratamiento de eliminación de nitrógeno en la corriente de retornos de deshidratación.			
Concentraciones retornos			
DBO5	<i>mg/l</i>	579	612
DQO	<i>mg/l</i>	936	936
SS	<i>mg/l</i>	998	1.056
N-NTK	<i>mg/l</i>	88	89
P	<i>mg/l</i>	36	36
Cargas retornos			
DBO5	<i>kg/día</i>	12.256	18.883
DQO	<i>kg/día</i>	19.813	28.879
SS	<i>kg/día</i>	21.126	32.582
N-NTK	<i>kg/día</i>	1.863	2.746
P	<i>kg/día</i>	762	1.111
1.4.4 CONTAMINACIÓN TOTAL CON RETORNOS			
Caudal medio diario con retornos:	<i>m³/día</i>	280.368	462.854
	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
Caudal punta diario con retornos:	<i>m³/día</i>	453.168	462.854
	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Cargas incluyendo retornos			
DBO5	<i>mg/l</i>	459,7	460,8
DQO	<i>mg/l</i>	791,8	790,4
SS	<i>mg/l</i>	430,4	428,8
N-NTK	<i>mg/l</i>	77,5	77,4
P	<i>mg/l</i>	11,5	11,3
DBO5	<i>kg/día</i>	128.896	213.283
DQO	<i>kg/día</i>	221.989	365.839
SS	<i>kg/día</i>	120.658	198.470
N-NTK	<i>kg/día</i>	21.718	35.837
P	<i>kg/día</i>	3.224	5.215



5.- PRETRATAMIENTO

2. PREDIMENSIONAMIENTO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
2.1 CAUDALES			
Caudal medio incluso retornos:	m^3/h	11.682	19.286
Caudal punta incluso retornos:	m^3/h	18.882	19.286
Caudal máximo a pretratamiento incluso retornos:	m^3/h	18.882	19.286
Caudal máximo a tratamiento primario:	m^3/h	18.882	19.286
2.2 PRETRATAMIENTO			
Caudal máximo a pretratamiento:	m^3/h	18.882	19.286
2.2.1 OBRA DE LLEGADA			
Caudal medio horario:	m^3/h	11.682	19.286
Caudal punta:	m^3/h	18.882	19.286
Caudal máximo:	m^3/h	18.882	19.286
Diseño nuevos pozos de gruesos			
Número de pozos:	ud	2	2
Dimensiones unitarias del pozo			
Longitud:		11,00	11,00
Ancho:	<i>m</i>	5,50	5,50
Superficie por pozo:	m^2	60,50	60,50
Superficie total:	m^2	121,00	121,00
Altura trapecial:	<i>m</i>	1,00	1,00
Pendiente zona trapecial:	$^\circ$	45	45
Longitud base menor:	<i>m</i>	9,00	9,00
Ancho base menor:	<i>m</i>	3,50	3,50
Volumen parte trapecial:	m^3	45,22	45,22
Altura recta de agua a Qmax:	<i>m</i>	1,81	1,81
Volumen total de agua a Qmax:	m^3	309,45	309,45
Tiempo de retención a Qmax:	<i>min</i>	1,0	1,0
Carga superficial a Qmax:	$m^3/m^2.h$	156	159
Altura recta de agua a Qmed:	<i>m</i>	1,66	1,66
Volumen total de agua a Qmed:	m^3	291,30	291,30
Tiempo de retención a Qmed:	<i>min</i>	1,5	0,9
Carga superficial a Qmed:	$m^3/m^2.h$	96,55	159,39
Sistema de extracción de residuos:		<i>Cuchara bivalva</i>	
Sistema de manipulación:		<i>Puente grúa</i>	
Capacidad:	<i>l</i>	1.000	1.000
2.2.2 PREDESBASTE			
Nuevo diseño predesbaste			
Dado que no existe bombeo de cabecera, no se precisa reja de protección de bombas. Se considera que puede pasarse directamente del pozo de gruesos a los canales de desbaste de gruesos.			
2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS			
Nuevo diseño separación de gruesos			
Caudal medio horario:	m^3/h	11.682	19.286
Caudal máximo diseño:	m^3/h	18.882	19.286



2. PREDIMENSIONAMIENTO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Tipo de reja:	<i>Automática</i>		
Nº de canales de desbaste:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q máx.:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q med:	<i>ud</i>	4	4
Número de rejas instaladas:	<i>ud</i>	4	4
Número de rejas en servicio:	<i>ud</i>	4	4
Caudal máximo por línea:	<i>m³/h</i>	4.721	4.821
Luz libre entre pletinas:	<i>mm</i>	50	50
Ancho pletinas:	<i>mm</i>	12	12
Ancho canal:	<i>m</i>	1,543	1,543
Ancho útil unitario:	<i>m</i>	1,375	1,375
Calado útil a Qmáx.	<i>m</i>	2,00	2,00
Calado útil a Qmed:	<i>m</i>	1,60	1,60
Ángulo de instalación:	<i>º</i>	75	75
Sistema de control:		<i>Por diferencia de nivel y temporizado</i>	
Sistema de evacuación de residuos:		<i>Tornillo transportador</i>	
Descarga de sólidos:		<i>A prensa de residuos</i>	
2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS			
Nuevo diseño separación de finos			
Caudal medio horario:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
Caudal máximo diseño:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
		<i>Tamiz escalera autolimpiable</i>	
Tipo de reja:			
Nº de canales de desbaste:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q máx.:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q med:	<i>ud</i>	4	4
Nº de tamices instalados:	<i>ud</i>	4	4
Caudal máximo por línea:	<i>m³/h</i>	4.721	4.821
Tamaño de rendija:	<i>mm</i>	3	3
Espesor lámina:	<i>mm</i>	3	3
Ancho canal:	<i>m</i>	1,587	1,587
Ancho útil unitario:	<i>m</i>	1,426	1,426
Calado útil a Qmáximo:	<i>m</i>	2,00	2,00
Calado útil a Qmed:	<i>m</i>	1,60	1,60
Ángulo de instalación:	<i>º</i>	50	50
Sistema de aislamiento:		<i>Compuerta motorizada</i>	
Sistema de vaciado del canal:		<i>Válvula de compuerta manual</i>	
Sistema de limpieza:		<i>Automático</i>	
Sistema de control:		<i>Por diferencia de nivel y temporizado</i>	
Sistema de evacuación de residuos:		<i>Tornillo transportador</i>	
Sistema de prensado de residuos:		<i>Prensa de residuos</i>	
Destino residuos:		<i>Contenedor</i>	
2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO			
Nuevo diseño desarenado-desengrasado			
Caudal medio horario:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
	<i>m³/s</i>	3,2	5,4



2. PREDIMENSIONAMIENTO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Caudal máximo:	m^3/h	18.882	19.286
	m^3/s	5,2	5,4
Tipo desarenador-desengrasador:		<i>Rectangular aireado</i>	
Nº de desarenadores instalados:	<i>ud</i>	5	5
Nº desarenadores en servicio Qmax:	<i>ud</i>	5	5
Nº desarenadores en servicio Qmed:	<i>ud</i>	5	5
Dimensiones unitarias:			
.Largo:	<i>m</i>	40,00	40,00
.ancho total:	<i>m</i>	5,70	5,70
.altura líquida total:	<i>m</i>	4,75	4,75
Superficie unitaria:	m^2	228,00	228,00
Superficie de circulación unitaria:	m^2	18,71	18,71
Volumen unitario:	m^3	748,24	748,24
Carga superficial a:			
.Q medio:	$m^3/m^2.h$	10,25	16,92
.Q máximo:	$m^3/m^2.h$	16,92	16,92
Tiempo de retención a :			
.Q medio:	<i>min</i>	19,22	11,64
.Q máximo:	<i>min</i>	11,64	11,64
Aislamiento:		<i>Compuertas motorizadas.</i>	
Sistema de control de nivel:		<i>Vertedero metálico en salida.</i>	
Sistema de vaciado:		<i>Válvulas de compuerta manuales.</i>	
Garantía de eliminación:		<i>95% de las partículas de tamaño superior a 0,2 mm</i>	
2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS			
Caudal diario de agua a pretratamiento:	m^3/d	280.368	462.854
Caudal de diseño: agua+arena por m^3 de agua residual:	l/m^3	35	35
<i>Nota: el criterio de caudal de diseño en l/m^3 se aplica al caudal medio en situación normal.</i>			
Caudal diario agua+arena a retirar:	m^3/d	9.813	16.200
Sistema de extracción:		<i>bombeo de arenas</i>	
Nº bombas instaladas	<i>ud</i>	10	10
Nº bombas funcionamiento	<i>ud</i>	5	5
horas de funcionamiento diseño	<i>h/día</i>	18	18
Caudal unitario necesario:	m^3/h	55	90
Caudal unitario seleccionado:	m^3/h	50	50
Altura manométrica	<i>mca</i>	2	2
Período teórico de bombeo:	<i>h/día</i>	19,6	32,4
Lavado de arenas			
<i>nº de instalaciones de lavado</i>	<i>ud</i>	1	1
Caudal a tratar	<i>l/s</i>	15,1	25,0
Capacidad seleccionada	<i>l/s</i>	25	25
2.2.7. DESEMULSIÓN DE GRASAS			
Sistema aportación aire:		<i>Motosoplantes</i>	
Nº de líneas en funcionamiento a Qmax:	<i>ud</i>	5	5



2. PREDIMENSIONAMIENTO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Nº de aireadores por línea:	<i>ud</i>	5	5
Nº de aireadores totales:	<i>ud</i>	25	25
Potencia unitaria útil:	<i>kW</i>	3,7	3,7
Potencia unitaria útil por línea:	<i>kW</i>	18,5	18,5
Nº de soplantes instaladas:	<i>ud</i>	4	4
Nº de soplantes en funcionamiento:	<i>ud</i>	4	4
Caudal unitario:	<i>Nm³/h</i>	2.400	2.400
Caudal total:	<i>Nm³/h</i>	9.600	9.600
Presión:	<i>mca</i>	5,5	5,5
Potencia unitaria:	<i>kW</i>	132,5	132,5
desemulsión de grasas en canales de desarenado-desengrasado			
Sistema aportación aire:		<i>Turbinas de burbuja fina</i>	
Producción teórica de grasa:	<i>g/m³</i>	30	30
Caudal diario de agua a tratar:	<i>m³/d</i>	280.368	462.854
Contenido de grasas en el agua bruta:	<i>kg/d</i>	8.411	13.886
Eliminación prevista:	<i>%</i>	80%	80%
contenido a retirar cada día	<i>kg/d</i>	6.729	11.108
Concentración de salida prevista:	<i>g/l</i>	9	9
Volumen a retirar al cabo del día:	<i>m³/d</i>	748	1.234
Tiempo de funcionamiento:	<i>h</i>	24	24
Caudal horario:	<i>m³/h</i>	31,15	51,43
Evacuación:		<i>por gravedad concentrador de grasa</i>	
Destino:			
Nº de concentradores:		2	2
Capacidad unitaria necesaria:		16	26
Capacidad unitaria		25	25
Capacidad unitaria dispuesta:		25	25

6.- TRATAMIENTO PRIMARIO

3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Caudal diario:	$m^3/día$	280.368	462.854
Caudal medio:	m^3/h	11.682	19.286
	l/s	3.245	5.357
Caudal punta:	m^3/h	18.882	19.286
	l/s	5.245	5.357
3.1. ELEVACIÓN DE AGUA DECANTADA A PRIMARIOS			
Nuevo diseño de elevación de agua decantada			
Tipo de bombas instaladas:		Bombas centrífugas sumergibles	
Caudal máximo:	m^3/h	18.882	19.286
Caudal medio:	m^3/h	11.376	18.781
Caudal máximo:	m^3/s	5,25	5,36
Caudal medio:	m^3/s	3,16	5,22
Nº de bombas instaladas:	ud	6	6
Nº de bombas en servicio a caudal máximo:	ud	5	5
Nº de bombas en servicio a caudal medio:	ud	3	5
Caudal unitario bomba necesario:	m^3/s	1,05	1,07
Caudal unitario bomba adoptado:	m^3/s	1,5	1,5
Diámetro tubería de impulsión de cada bomba:	mm	800	800
Velocidad en impulsión de cada bomba:	m/s	2,10	2,13
Canal de recogida	ud	1	1
Ancho	m	2,50	2,00
alto	m	1,40	1,40
calado	m	1,20	1,20
Velocidad en canal a Q máx	m/s	1,75	2,23
Altura manométrica:	mca	5,0	5,0
Potencia unitaria instalada:	kW/ud	105	105
Dimensionamiento del nuevo pozo de bombeo			
Nº bombas activas:	ud	3	5
Nº bombas instaladas:	ud	6	6
Caudal bomba seleccionado:	m^3/h	5.400	5.400
Ancho pozo:	m	10,0	10,0
Largo pozo:	m	23,0	23,0
Área pozo:	m^2	230,0	230,0
Arranques por hora:	ud/h	4	4
Duración ciclo:	s	900	900
Volumen ciclo:	m^3	1.350,0	1.350,0
Altura ciclo:	m	5,9	5,9
Altura muerta:	m	0,6	0,6
Separación mín. señales:	m	0,2	0,2
Cota arranque reserva:	m	-0,2	-0,2



3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Cota arranque bomba 1:	<i>m</i>	-0,8	-0,8
Cota parada bomba 1:	<i>m</i>	-6,7	-3,43
Cota fondo bombeo:	<i>m</i>	-7,3	-4,23
Volumen del pozo de bombeo necesario:	<i>m³</i>	1.672,0	724,0
Volumen útil de regulación necesario:	<i>m³</i>	1.534,0	788,9
Medida de nivel:		Redundante, mediante boyas de nivel y medidor ultrasónico.	
Sistema de elevación de bombas:		Puente grúa.	
3.2. NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO			
Se diseña un tratamiento físico-químico para su uso en caso necesario. El cálculo del tratamiento biológico se realiza considerando que no se dosifican reactivos en el tratamiento primario.			
3.2.1. CÁMARAS DE MEZCLA			
Caudal máximo:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Caudal medio:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
Número de líneas:	<i>ud</i>	8	8
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	3,5	3,5
.Ancho:	<i>m</i>	3,5	3,5
.Altura útil:	<i>m</i>	3,5	3,5
Volumen unitario:	<i>m³</i>	42,88	42,88
Volumen total:	<i>m³</i>	343,00	343,00
Tiempo de retención a Q med.	<i>min</i>	1,8	1,1
Tiempo de retención a Q máx.	<i>min</i>	1,1	1,1
Nº de agitadores por línea:		1	1
3.2.2 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN			
Caudal máximo:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Caudal medio:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
Número de líneas:	<i>ud</i>	8	8
Número de cámaras por línea:	<i>ud</i>	1	1
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	10,0	10,0
.Ancho:	<i>m</i>	10,0	10,0
.Altura útil:	<i>m</i>	5,80	5,80
Volumen unitario:	<i>m³</i>	580,00	580,00
Volumen total:	<i>m³</i>	4.640,00	4.640,00
Tiempo de retención a caudal máximo:	<i>min</i>	14,7	14,4
Tiempo de retención a Q medio:	<i>min</i>	23,8	14,4
Nº de agitadores por línea:	<i>ud</i>	1	1
3.2.3 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS			
Cloruro férrico			
Caudal máximo:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Caudal medio:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286



3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Punto de dosificación:		Cámara de mezcla	
Dosis máxima:	mg/l	100,0	100,0
Dosis media:	mg/l	50,0	50,0
Consumo de reactivo máx.:	kg/h	1.888,20	1.928,56
Consumo de reactivo medio:	kg/h	584,10	964,28
Riqueza producto comercial:		40%	40%
Densidad producto comercial:	kg/l	1,42	1,42
Caudal máx. necesario a dosificar:	l/h	3.324,3	3.395
Caudal medio necesario a dosificar:	l/h	1028,3	1697,7
Caudal diario a dosificar:	l/d	24.680	40.744
Nº bombas dosificadoras instaladas	ud	16	16
Nº bombas dosificadoras en funcionamiento	ud	16	16
Caudal unitario necesario	l/h	198	198
Caudal unitario bomba	l/h	345	345
ALMACENAMIENTO DE CLORURO FÉRRICO			
Nº de depósitos de almacenamiento:		8,0	8,0
Volumen depósitos:	l	26.500	26.500
Período de almacenamiento:	d	9,7	5,9
Diámetro	m	4,0	4,0
altura	m	4,8	4,8
Dimensiones cubeto			
nº de cubetos		2	2
nº depósitos por cubeto		2	2
altura. H		1,0	1,0
ancho. B		7,0	7,0
largo. A		15,3	15,3
POLIELECTROLITO ANIONICO			
Caudal máximo:	m³/h	18.882	19.286
Caudal medio:	m³/h	11.682	19.286
Tipo de polímero:		Poliectrolito aniónico en polvo	
Punto de dosificación:		Cámara de floculación	
Dosis de diseño máxima:	mg/l	1,00	1,00
Dosis de diseño media:	mg/l	0,51	0,51
Consumo de reactivo máximo:	kg/h	18,88	19,29
Consumo de reactivo medio:	kg/h	5,96	9,84
Consumo diario de reactivo:	kg/día	142,99	236,06
Concentración solución madre:	kg/m³	5,00	5,00
Caudal máximo necesario a dosificar:	l/h	3.600	3.600
Caudal medio de dosificación:	l/h	1.192	1.967
Tiempo de maduración:	min	60	60
Coefficiente de maduración:		2	2



3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Volumen necesario:	m^3	7.200	7.200
Nº de equipos de preparación:	<i>ud</i>	2	2
Volumen unitario adoptado:		6.000	6.000
Volumen total adoptado:		12.000	12.000
Sistema de dosificación:		Bomba dosificadora de husillo excéntrico	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	<i>ud</i>	16	16
Nº bombas dosificadoras en funcionamiento	<i>ud</i>	16	16
Caudal unitario necesario:	<i>l/h</i>	225,0	225,0
Caudal unitario bomba:	<i>l/h</i>	280,0	280,0
Dilución en línea:	<i>kg/m³</i>	1,00	1,00
Necesidad de agua para dilución en línea (total):	<i>m³/h</i>	14,40	14,40
Necesidad de agua para dilución en línea (por línea)	<i>m³/h</i>	1,80	1,80
Número de rotámetros:	<i>ud</i>	2,00	2,00
Capacidad unitaria necesaria rotámetros:	<i>l/h</i>	7.200,00	7.200,00
Capacidad unitaria adoptada rotámetros:	<i>l/h</i>	16.000,00	16.000,00
3.2.4 DECANTACIÓN PRIMARIA LAMELAR			
Caudal diario i/retornos:	<i>m³/d</i>	280.368	462.854
Caudal medio i/retornos:	<i>m³/h</i>	11.682	19.286
Caudal punta i/retornos:	<i>l/s</i>	5.245	5.357
Tipo de decantador:		lamelar	
Forma:		cuadrada	
Nº de decantadores instalados:		8	8
Nº de decantadores en funcionamiento:		8	8
Caudal máximo por línea	<i>m³/h</i>	2.360	2.411
Tipo de lamelas:		Tubulares hexagonales	
Altura de los bloques:	<i>m</i>	1	1
Longitud entre placas	<i>m</i>	1,15	1,15
Separación entre lamelas:	<i>mm</i>	80	80
Radio hidráulico:	<i>cm</i>	2	2
Superficie útil real por m^3 :	<i>m²/m³</i>	6	6
Dimensiones decantador			
. Ancho:	<i>m</i>	20	20
.Largo:	<i>m</i>	20	20
.Altura útil:	<i>m</i>	5,65	5,65
Superficie decantación unitaria:	<i>m²/m³</i>	400	400
Volumen útil unitario:	<i>m³</i>	2.260	2.260
Superficie ocupada por lamelas por decantador:	<i>m²</i>	323	323
Superficie proyectada de lamelas dispuesta por decantador:	<i>m²</i>	1.938	1.938



3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Carga superficial sobre superficie proyectada de lamelas a Q med:	m^3/h	0,75	1,24
Carga superficial sobre superficie proyectada de lamelas a Q máx:	$m^3/m^2.h$	1,24	1,24
Carga superficial a Qmedio	$m^3/m^2.h$	3,65	6,03
Carga superficial a Q punta	$m^3/m^2.h$	6,03	6,03
Tiempo de retención a:			
Q medio:	h	1,55	0,94
Q punta:	h	0,94	0,94
3.2.5. RENDIMIENTOS			
Rendimientos actuales promedios			
Actual			
Rendimiento en DBO5:		45%	
Rendimiento en DQO:		42%	
Los elevados rendimientos en DBO5 y DQO son indicativos de una elevada proporción de DQO particulada.			
Rendimiento en SS:		61%	
Rendimiento en NTK:		5%	
Rendimiento en P:		0%	
Rendimiento en DBO5:		45%	45%
Rendimiento en DQO:		42%	42%
Rendimiento en SS:		61%	61%
Rendimiento en NTK:		5%	5%
Rendimiento en P:		0%	0%
DBO5 entrada:	mg/l	460	461
DQO entrada:	mg/l	780	780
SS entrada:	mg/l	430	429
N-NTK entrada:	mg/l	77	77
P entrada:	mg/l	11,5	11,3
DBO5 salida:	mg/l	253,0	253,6
DQO salida:	mg/l	452,4	452,4
SS salida:	mg/l	167,7	167,3
N-NTK salida:	mg/l	73,2	73,2
P salida:	mg/l	11,5	11,3
3.2.6. PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS			
Producción de fangos primarios:	$kg/día$	73.541	121.124
Producción extra de fangos primarios debida a la dosificación de reactivos:	$kg/día$	0	0
Nota: Se supone que no se utilizan reactivos			
Producción de fangos primarios TOTAL:	$kg/día$	73.541	121.124
Porcentaje de volátiles supuesto:		75%	75%
Fangos primarios volátiles retenidos:	$kg/día$	55.155	90.843
Fangos primarios minerales retenidos:	$kg/día$	18.385	30.281



3. TRATAMIENTO PRIMARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Producción de fangos primarios total:	<i>kg/día</i>	73.541	121.124
Concentración de la purga:	<i>kg/m³</i>	10,0	10,0
Volumen de fangos:	<i>m³/día</i>	7.354	12.112
3.2.7. CAUDALES A TRATAMIENTO BIOLÓGICO			
Caudal de agua decantada a biológico:	<i>m³/día</i>	273.014	450.742
Caudal punta agua decantada a biológico:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Caudal medio agua decantada a biológico:	<i>m³/h</i>	11.376	18.781
3.2.8. Balsa de Regulación			
Volumen	<i>m³</i>	63.000	63.000
Agitadores	<i>ud</i>	18	18
Llenado:		por gravedad desde canal de alimentación a secundarios	
Q máx a secundarios	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Q medio a secundarios	<i>m³/h</i>	11.376	18.781
tiempo de llenado a q máx	<i>h</i>	3,34	3,27
tiempo de llenado a q med	<i>h</i>	5,54	3,35

7.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO

4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
4.1. REACTOR BIOLÓGICO			
Caudales y contaminación de entrada			
Caudal punta:	<i>m³/h</i>	18.882	19.286
Caudal medio:	<i>m³/h</i>	11.376	18.781
Caudal medio diario:	<i>m³/día</i>	273.014	450.742
Concentración DBO5 entrada a biológico:	<i>ppm</i>	253,0	253,6
Concentración DQO entrada a biológico:	<i>ppm</i>	452,4	452,4
Concentración SS entrada biológico:	<i>ppm</i>	167,7	167,3
Concentración NTK entrada biológico:	<i>ppm</i>	73,2	73,2
Concentración Ptotal entrada biológico	<i>ppm</i>	11,5	11,3
Relación DQO/TKN:	-	6,1	6,2
La relación DQO/TKN del agua residual es baja (< 8), por altas concentraciones de nitrógeno. Es necesario un aporte externo de carbono con la adición de metanol.			
Factor B1=SS/DBO5		0,66	0,66
Contaminación de salida			
Concentración DBO5 salida biológico:	<i>ppm</i>	25	25
DQO	<i>mg/l</i>	125	125
Concentración SS salida biológico:	<i>ppm</i>	35	35
Concentración Nt salida biológico:	<i>ppm</i>	10	10
Concentración Pt salida biológico:	<i>ppm</i>	1	1
Dimensionamiento del reactor biológico			
Peso de DBO5 a la entrada:	<i>kg/d</i>	69.073	114.286
Peso de DBO5 a la salida:	<i>kg/d</i>	6.825	11.269
Peso de DBO5 a eliminar:	<i>kg/d</i>	62.247	103.017
Rendimiento depuración biológica (R):		90,1%	90,1%
Volumen total existente:	<i>m³</i>	95.000	95.000
Nº de líneas existentes:	<i>ud</i>	6	6
Volumen por línea anox. + aerobio:	<i>m³</i>	15.833	15.833
Porcentaje de volumen anóxico considerado sobre volumen anox. + aerobio:		25%	25%
Volumen anóxico por línea:	<i>m³</i>	3.958	3.958
Nº de líneas adoptado para eliminación N y P:	<i>ud</i>	14	14
Tiempo de retención hidráulico en zona anaerobia:	<i>h</i>	1	1
Volumen necesario zona anaerobia total:	<i>m³</i>	11.376	18.781
Volumen total adoptado:	<i>m³</i>	306.124	306.124
Volumen total reactores biológicos en operación:	<i>m³</i>	306.124	306.124



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Concentración de MLSS adoptada:	<i>kg/m³</i>	3,5	4,0
Carga másica (Cm):	<i>kg DBO/kg MLSS.día</i>	0,0645	0,0933
Peso fangos activados	<i>kg</i>	1.071.434	1.224.496
Tasa producción de fangos	<i>kgSS/kgDBO5elim</i>	0,92	1,92
Producción de Fangos en exceso (Fe):	<i>kg fango/día</i>	57.267	94.776
Fangos generados por kg de DBO eliminada:	<i>kg fango /kg DBO</i>	0,92	0,92
La tasa de producción de fangos adoptada tiene en cuenta la dosificación de metanol y sulfato de alúmina.			
Edad del fango dispuesta nuevo diseño (E):	<i>días</i>	18,71	12,92
Temperatura de cálculo:	<i>°C</i>	12	12
Porcentaje de zona preanóxica (sobre anaer. + anox.+aer.):		23%	23%
Porcentaje de zona anaerobia adoptado (sobre anaer. + anox. + aer.):		7,80%	7,80%
Porcentaje de zona anóxica + anaerobia (sobre anaer. + anox. + aer.):		31%	31%
Concentración fangos en exceso:	<i>kg/m³</i>	7,0	8,0
Caudal fangos en exceso:	<i>m³/día</i>	8.181	11.847
Carga volumétrica:	<i>kgDBOin/m³</i>	0,226	0,373
Nº de balsas adoptadas:	<i>ud</i>	14	14
Nº de balsas en servicio:	<i>ud</i>	14	14
Volumen unitario necesario:	<i>m³</i>	21.866	21.866
Eliminación de fósforo en biológico		306.124	306.124
Fósforo de entrada en biológico:	<i>kg/día</i>	3.140	5.093
Fósforo eliminado biológicamente:	<i>mgP/mgDBO entrada</i>	0,01	0,01
Fósforo eliminado biológicamente:	<i>mg/l</i>	2,53	2,54
Fósforo eliminado:	<i>kg/día</i>	691	1.143
Fósforo salida biológico sin dosificación reactivos:	<i>kg/día</i>	2.449	3.951
Concentración de fósforo salida biológico sin dosificación de reactivos:	<i>mg/l</i>	9,0	8,8
Concentración de fósforo salida biológico:	<i>mg/l</i>	1,0	1,0
Concentración de fósforo eliminado con dosificación de reactivos:	<i>mg/l</i>	8,0	7,8
Dimensiones principales por tanque:			
<i>Nota: mediciones aproximadas tanques actuales</i>			
Longitud:	<i>m</i>	108	108
Ancho:	<i>m</i>	32	32



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Zona anóxica:			
Longitud:	<i>m</i>	27	27
Ancho:	<i>m</i>	32,0	32,0
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario:	<i>m</i> ³	3.958	3.958
Zona aerobia:			
Longitud:	<i>m</i>	81	81
Ancho:	<i>m</i>	32,0	32,0
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario:	<i>m</i> ³	11.875	11.875
Se propone mantener las dimensiones unitarias actuales, añadiendo aguas arriba la zona anaerobia y añadiendo aguas abajo una zona de postdesnitrificación y una zona de reaireación.			
Nuevo diseño tanques			
Zona anaerobia			
Volumen unitario zona anaerobia requerido:	<i>m</i> ³	812,5	1.341,5
Longitud útil:	<i>m</i>	9,2	9,2
Ancho:	<i>m</i>	32,0	32,0
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario dispuesto:	<i>m</i> ³	1.349	1.349
Volumen total anaerobio:	<i>m</i> ³	18.886	18.886
Porcentaje zona anaerobia:		6,17%	6,17%
Zona anóxica			
Volumen unitario zona anóxica requerido:	<i>m</i> ³	3.958	3.958
Longitud útil:	<i>m</i>	27	27
Ancho:	<i>m</i>	32,0	32,0
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario dispuesto:	<i>m</i> ³	3.958	3.958
Volumen total anaerobio:	<i>m</i> ³	55.417	55.417
Porcentaje zona anóxica:		18%	18%
Zona aerobia			
Longitud útil:	<i>m</i>	81,00	81,00
Ancho:	<i>m</i>	32	32
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario dispuesto:	<i>m</i> ³	11.875	11.875
Volumen total zona aerobia:	<i>m</i> ³	166.250	166.250
Porcentaje zona aerobia:		54%	54%
Zona post-anóxica			
Volumen unitario zona anóxica requerido:	<i>m</i> ³	3.958	3.958
Longitud útil:	<i>m</i>	27	27
Ancho:	<i>m</i>	32	32
Calado útil:	<i>m</i>	4,58	4,58
Volumen unitario dispuesto:	<i>m</i> ³	3.958	3.958

4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Volumen total zona post-anóxica:	m^3	55.417	55.417
Porcentaje zona post-anóxica:		18%	18%
Zona de reaireación			
Volumen unitario zona reaireación requerido:	m^3	733	733
Longitud útil:	m	5	5
Ancho:	m	32	32
Calado útil:	m	4,58	4,58
Volumen unitario dispuesto:	m^3	733	733
Volumen total zona post-reaireación:	m^3	10.262	10.262
Porcentaje zona post-reaireación:		3,40%	3,40%
Total			
Volumen unitario total adoptado:	m^3	21.873	21.873
Tiempo de retención hidráulico a Q medio:	h	26,9	16,3
Tiempo de retención hidráulico a Q punta:	h	15,9	15,9
Eliminación de fósforo en biológico			
La dosificación de reactivos para eliminación de fósforo en el biológico es una instalación de seguridad. La dosificación habitual propuesta será en el tratamiento terciario.			
P entrada en biológico:	$kg/día$	3.138	5.082
P eliminado por vía biológica:	$kg/día$	1.143,24	1.892,56
P eliminado por vía biológica:	mg/l	4,19	4,2
P salida biológico:	$kg/día$	1.994	3.190
Concentración de Pen efluente:	mg/l	1	1
P a eliminar por vía química:	mg/l	3,19	3,2
Reactivo:			
Dosis de aluminio:	$kgAl/kgPprec$	1,3	1,3
Riqueza de Al en producto comercial:			
Dosis de producto comercial por kg de P precipitado:			
Prod. comercial necesario:	$kg/día$	26.309	43.590
Dosis de producto comercial:			
Dosis de Al:	$mgAl/l$	4,1	4,2
Densidad producto comercial:	kg/l	1,325	1,325
Concentración de Al en producto comercial:	$mgAl/l$	56.975	56.975
Volumen diario teórico producto comercial:	$l/día$	19.856	32.898
4.2. NECESIDADES DE OXIGENACIÓN			
Caudal punta:	m^3/h	19.286	19.286
Caudal medio:	m^3/h	11.375	18.781
Concentración DBOentrada a biológico:	ppm	253	253



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Concentración DBOsalida biológico:	<i>ppm</i>	25	25
Carga másica:	<i>kgDBO/día/k</i>	0,064	0,093
Coeficiente de síntesis celular (a):	<i>kgO2/kgDB</i>	0,65	0,65
Necesidades O2para síntesis celular:	<i>kgO2/día</i>	40.432	66.932
Necesidades O2para síntesis celular:	<i>kgO2/h</i>	1.685	2.789
Coeficiente respiración endógena (b):	<i>kgO2/kgML</i>	0,06	0,06
Peso fangos activados más biopelícula:	<i>kg</i>	1.071.433	1.224.495
Necesidades O2 por respiración endógena:	<i>kgO2/día</i>	64.286	73.470
Necesidades O2 por respiración endógena:	<i>kgO2/h</i>	2.679	3.061
Punta de DBO5:		1	1
Punta de caudal:		1,7	1,03
Punta de polución:		1,7	1,03
Punta de oxígeno:		1,5	1
Necesidades O2 punta para síntesis celular:	<i>kgO2/h</i>	2.527	2.789
Nitrificación			
Coef. decrec. bacterias nitrificantes (bnT):		0,032	0,032
Coef.crecimiento bacterias nitrificantes (unmT):		0,198	0,198
Coef.de saturación para nitrificación (KnT):		0,395	0,395
fx:		24%	24%
(1-fx):		0,76	0,76
NTK entrada decantación primaria:	<i>ppm</i>	77	77
N insoluble en suspensión Ni:	<i>ppm</i>	4	4
N soluble no biodegradable (2%) N1:	<i>ppm</i>	1,5	1,5
N soluble biodegradable, no amonizable (2%) N2:	<i>ppm</i>	1,5	1,5
N en fangos exceso N3:	<i>ppm</i>	15,7	15,75
N amoniacal a la salida de la 1ª zona aerobia:	<i>ppm</i>	0,52	1,06
N amoniacal a la salida de la zona de reaireación Na<:	<i>ppm</i>	0,5	0,5
NTK oxidable N-(Ni+N1+N2+N3+ Na):	<i>ppm</i>	54,29	54,2
Aportación específica por nitrificación:	<i>kgO2/kgNTKox.</i>	4,6	4,6
Necesidades de O2 para nitrificación:	<i>kg/día</i>	68.185	112.379



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
	<i>kg/h</i>	2.841	4.682
SS estimado en efluente:	<i>mg/l</i>	17	17
Concentración de N de sólidos en efluente (6%):	<i>ppm</i>	1,02	1,02
N-NTK efluente:	<i>ppm</i>	4,62	4,62
Desnitrificación			
Concentración de DQO biodegradable Sbi sin aporte de metanol:	<i>ppm</i>	379	380
Relación DQO rápidamente biodegradable fbs:	<i>mg/mg</i>	0,33	0,33
Relación DQO/VSS en la masa de fangos P:	<i>mg/mg</i>	1,5	1,5
Coefficiente de crecimiento de las bacterias heterótrofas Y:	<i>mg VSS / mg DQO</i>	0,45	0,45
Coefficiente de desnitrificación K2:	<i>mg N-NO3H /mgVASS.día</i>	0,05	0,05
Coefficiente de decrecimiento de bacterias heterótrofas bhT:	<i>1/día</i>	0,19	0,19
Porcentaje en volumen de la zona anóxica (fx anóxico):		36%	36%
Edad del fango E:	<i>días</i>	18,71	12,92
Potencial de desnitrificación Dc sin aporte de metanol:	<i>ppm</i>	27,88	26,73
Porcentaje de N desnitrificado sobre NTK oxidable sin aporte de metanol:	<i>%</i>	51,36	49,32
Total nitrógeno desnitrificado (máx. teórico sin aporte de metanol):	<i>ppm</i>	27,88	26,73
Porcentaje de recirculación interna sobre caudal medio:	<i>%</i>	300	300
Recirculación fangos activos:	<i>%</i>	100	100
N-NO3 reducido teórico por recirculación:	<i>ppm</i>	43,44	43,36
N-NO3 reducido real sin aporte de metanol:	<i>ppm</i>	27,88	26,73
Concentración de N- NO3 en efluente sin aporte de metanol:	<i>ppm</i>	26,41	27,47
Concentración de N- NO3 en efluente	<i>ppm</i>	5	5
Concentración de Ntotal en efluente:	<i>ppm</i>	9,62	9,62
4.4. DOSIFICACIÓN DE METANOL			
Concentración de N- NO3 a eliminar con metanol:	<i>ppm</i>	21,41	22,47



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
N-NO3 a eliminar con metanol:	kg/día	5.845	10.129
Dosis necesaria:	kg metanol /kgN	3,6	3,6
Peso de metanol dosificado:	kg/día	21.042	36.464
Densidad metanol:	kg/l	0,79	0,79
Caudal de metanol dosificado:	l/día	26.635	46.157
Almacenamiento de metanol			
Nº de depósitos de almacenamiento:		6	6
Volumen depósitos:	l	65.000	60.000
Período de almacenamiento:	d	14,6	7,8
Diámetro	m	4,0	4,0
altura	m	5,2	4,8
Dimensiones cubeto			
nº de cubetos		3	3
nº depósitos por cubeto		2	2
altura. H		1,2	1,2
ancho. B		7,0	7,0
largo. A		15,3	15,3
Aportación específica por desnitrificación:	kgO2/kgN	2,8	2,8
Aportación O2 por desnitrificación:	kg/h	1.570	2.587
Total necesidades medias O2 nitrificación / desnitrificación:	kg/h	1.271	2.095
4.5. RESUMEN NECESIDADES O2			
Necesidades medias de O2			
Síntesis:	kgO2/d	40.432	66.932
	kgO2/h	1.685	2.789
Respiración:	kgO2/d	64.286	73.470
	kgO2/h	2.679	3.061
Nitrificación:	kgO2/d	68.185	112.379
	kgO2/h	2.841	4.682
Desnitrificación:	kgO2/d	-37.682	-62.094
	kgO2/d	-1.570	-2.587
Nitrificación / desnitrificación:	kgO2/d	30.503	50.285
	kgO2/h	1.271	2.095
Total necesidades medias de O2:	kgO2/d	135.221	190.686
	kgO2/h	5.634	7.945
Necesidades punta de O2			
Síntesis:	kgO2/d	60.647	66.932
	kgO2/h	2.527	2.789
Respiración:	kgO2/d	64.286	73.470
	kgO2/h	2.679	3.061
Nitrificación:	kgO2/d	102.277	112.379
	kgO2/h	4.262	4.682



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Desnitrificación:	<i>kgO2/d</i> <i>kgO2/h</i>	-56.522 -2.355	-62.094 -2.587
Nitrificación/desnitrificación:	<i>kgO2/d</i> <i>kgO2/h</i>	45.755 1.906	50.285 2.095
Total necesidades punta de O2:	<i>kgO2/d</i> <i>kgO2/h</i>	170.688 7.112	190.686 7.945
Ratio O2 requerido medio por kg de DBO eliminada:	<i>kgO2/kgDBOr</i>	2,17	1,85
4.6. APORTE DE AIRE POR DIFUSORES			
Necesidades medias O2:	<i>kgO2/h</i>	5.634,20	7.945,30
Necesidades puntaO2:	<i>kgO2/h</i>	7.112,00	7.945,30
Alfa:		0,6	0,6
Concentración O2 en cubas en condiciones medias (CI):	<i>g/m³</i>	2,0	2,0
Concentración O2 en cubas en condiciones puntas (CI):	<i>g/m³</i>	2,0	2,0
Concentración saturación O2 en agua limpia y temperatura 20°C (Cs):	<i>g/m³</i>	9,17	9,17
Temperatura de cálculo para aireación:	<i>°C</i>	25	25
Concentración saturación O2 en agua limpia y Tª operación (Css):	<i>mg/l</i>	8,38	8,38
Altitud del lugar:	<i>m</i>	555	555
Factor de presión (P):		0,924	0,924
Factor beta:		0,95	0,95
Factor de transferencia en cond.medias (kt):		0,4	0,4
Factor de transferencia en cond.punta (kt):		0,4	0,4
O2 requerido en condiciones medias:	<i>kg/h</i>	14.210	20.039
O2 requerido en condiciones punta:	<i>kg/h</i>	17.937	20.039
Tipo de difusores:		Membrana de burbuja fina	
Eficiencia difusores a Q medio:		27,49	27,49
Eficiencia difusores a Q punta:		26,49	26,49
Coeficiente k (kg O2/Nm³ aire):	<i>kgO2/Nm³ aire</i>	0,3089	0,3089
Caudal de aire necesario en condiciones medias:	<i>Nm³/h</i>	167.350	235.995
Caudal de aire necesario en condiciones	<i>Nm³/h</i>	219.219	244.904



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
puntas:			
Potencia necesaria en condiciones medias:	<i>kW</i>	3.484	4.913
Potencia necesaria en condiciones puntas:	<i>kW</i>	4.564	5.099
Consumo de O ₂ por kWh en cond.medias:	<i>kgO₂/kW</i>	4,08	4,08
Consumo de O ₂ por kWh en cond.puntas:	<i>kgO₂/kW</i>	3,93	3,93
Nuevo diseño de difusores			
Nº de difusores por zona aerobia:	<i>ud</i>	9.708	9.708
Nº de difusores por zona de reaireación:	<i>ud</i>	360	360
Nº total difusores:	<i>ud</i>	10.068	10.068
Caudal por difusor a Q medio:	<i>Nm³/h</i>	1,2	1,7
Caudal por difusor a Qpunta:	<i>Nm³/h</i>	1,6	1,7
<i>Nota: Se ha mantenido el mismo número de difusores por reactor que en los existentes. El caudal por difusor es bajo</i>			
suministro de aire a reactores			
Caudal teórico total:	<i>Nm³/h</i>	219.219	244.904
	<i>Nm³/d</i>	5.261.256	5.877.696
Horas de funcionamiento:	<i>h</i>	20	22
Caudal en tiempo de funcionamiento	<i>Nm³/h</i>	263.063	267.168
Equipo:		Turbosoplantes de levitación neumática	
Nº unidades instaladas:	<i>ud</i>	6 + 6 + 9 + 1	22
Nº unidades en funcionamiento a caudal máximo:	<i>ud</i>	6 + 6 + 9	21
Nº unidades en funcionamiento a caudal medio:	<i>ud</i>	21	21
Caudal unitario equipo	<i>Nm³/h</i>	12.900	12.900
Potencia absorbida unitaria:	<i>kW</i>	221	221
Potencia instalada unitaria:	<i>kW</i>	240	240
Caudal unitario necesario:	<i>Nm³/h</i>	12.527	12.722
Caudal unitario máx.:	<i>Nm³/d</i>	6.811.200	6.811.200
Presión impulsión:	<i>mca</i>	5,1	5,1
4.7. AGITACIÓN			
Equipo:		Agitadores sumergibles	
Zona anaerobia			
Volumen unitario:	<i>m³</i>	1.349	1.349
Nº de agitadores por balsa:	<i>ud</i>	2	2
Nº total de agitadores en funcionamiento:	<i>ud</i>	28	28
Zona anóxica			



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Volumen unitario:	m^3	3.958	3.958
Nº de agitadores por balsa:	<i>ud</i>	2	2
Nº total de agitadores en funcionamiento:	<i>ud</i>	28	28
Zona post-anóxica			
Volumen unitario:	m^3	3.958	3.958
Nº de agitadores por balsa:	<i>ud</i>	2	2
Nº total de agitadores en funcionamiento:	<i>ud</i>	28	28
4.8. RECIRCULACIONES			
Recirculación externa de fangos			
Concentración MLSS:	kg/m^3	3,5	4,0
Concentración fangos recirculación:	kg/m^3	7,0	8,0
Caudal a tratar	m^3/h	11.376	18.781
% necesario de recirculación s/ Q med:	%	100%	100%
Caudal de recirculación teórico:	m^3/h	11.376	18.781
Caudal de recirculación adoptado:	m^3/h	11.376	18.781
Sistema de bombeo:		Bombas centrífugas sumergibles	
Nº ud instaladas:	<i>ud</i>	7	7
Nº ud en servicio:	<i>ud</i>	3	6
Caudal unitario teórico:	m^3/h	3.792	3.130
Caudal unitario instalado:	m^3/h	5.400	5.400
Altura de elevación:	<i>m</i>	2,35	2,35
Destino:		Cámaras anaerobias	
Recirculación interna a zona anóxica			
Porcentaje de recirculación interna sobre caudal medio:	%	300%	300%
Sistema de bombeo:		Bombas de pared	
Nº ud instaladas:	<i>ud</i>	14	14
Nº ud en servicio:	<i>ud</i>	14	14
Caudal unitario teórico:	m^3/h	2.438	2.438
Caudal unitario instalado:	m^3/h	4.200	4.200
Altura de elevación:	<i>m</i>	1	1
Funcionamiento:		Variador de frecuencia y caudalímetro	
Destino:		Zonas anóxicas	
4.10. DECANTACION SECUNDARIA			
Decantación secundaria			
Caudal medio diario:	m^3/h	273.014	450.742
Caudal medio:	m^3/h	11.376	18.781
	<i>l/s</i>	3.160	5.217
Caudal punta:	m^3/h	18.882	19.286
	<i>l/s</i>	5.245	5.357
Tipo de decantador:		de succión	
Forma:		circular	
Caudal medio diario:	m^3/h	273.008	450.748



4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Caudal medio:	m^3/h	11.375	18.781
	l/s	3.160	5.217
Caudal punta:	m^3/h	19.286	19.286
	l/s	5.357	5.357
Tipo de decantador:		de succión	
Forma:		circular	
Nº de decantadores en servicio:	<i>ud</i>	14	14
Dimensiones			
Altura útil h	<i>m</i>	4,5	4,5
Diámetro:	<i>m</i>	54	54
Superficie decantación unitaria:	m^2	2.290	2.290
Volumen útil unitario:	m^3	10.306	10.306
Carga superficial a			
Q medio:	$m^3/m^2.h$	0,35	0,59
Q punta:	$m^3/m^2.h$	0,60	0,60
Tiempo de retención a:			
Q medio:	<i>h</i>	12,7	7,7
Q punta:	<i>h</i>	7,5	7,5
Recogida agua clarificada		Vertedero doble	
Longitud unitaria de vertedero:	<i>m</i>	339,29	339,29
Carga sobre vertedero a:			
Q medio:	$m^3/m.l$	2,6	4,3
Q punta:	$m^3/m.l$	4,4	4,4
Concentración de MLSS adoptada:	kg/m^3	3,5	4,0
Carga de sólidos a:			
Q medio :	$kg/m^2.h$	1,34	2,52
Q punta:	$kg/m^2.h$	2,27	2,59
4.11. EXTRACCIÓN DE FLOTANTES			
Sistema de extracción:		Rasquetas y tolva superficial	
Evacuación		Por gravedad a pozo de bombeo	
Tipo de bombas:		Sumergibles	
Nº de bombas previstas:	<i>ud</i>	6	6
Nº de bombas funcionamiento:	<i>ud</i>	6	6
Caudal unitario:	m^3/h	20	20
Altura manométrica:	<i>mca</i>	6	6
Destino:		Concentrador de grasas	
4.12. CAUDALES AGUA CLARIFICADA A TERCIARIO			
Caudal de fangos en exceso:	$m^3/día$	8.166	11.829
Concentración fangos recirculación:	kg/m^3	7,0	8,0
Masa de fangos en exceso:	$m^3/día$	57.162	94.632
Caudal diario de agua clarificada:	$m^3/día$	264.842	438.919



8.- TRATAMIENTO TERCIARIO

5. TRATAMIENTO TERCIARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
5.1 DATOS DE PARTIDA			
Objetivos del tratamiento terciario: Tratar la totalidad del caudal de salida del tratamiento secundario. Eliminar fósforo hasta los límites exigidos. Reducción de Pt <1 mg/l y fosfatos hasta 0,5 mg/l. Dar calidad de agua exigida en el río Manzanares y para riego.			
Línea de tratamiento prevista: Tratamiento físico-químico con coagulación-floculación (decantación lamelar). Filtración mediante textiles en profundidad. Sistema de oxidación avanzada mediante: peróxido de hidrógeno y UV.			
Caudal a tratamiento terciario			
Caudal total a terciario:	<i>m³/día</i>	264.842	438.919
Características del influente			
Caudal punta de diseño:	<i>m³/h</i>	19.286	19.286
Caudal punta de diseño:	<i>m³/s</i>	5,357	5,357
Caudal medio de diseño:	<i>m³/h</i>	11.035	18.288
Caudal medio de diseño:	<i>m³/s</i>	3,065	5,08
DBO5 <	<i>mg/l</i>	25	25
SST <	<i>mg/l</i>	35	35
Características del agua tratada			
DBO5:	<i>mg/l</i>	5	5
SST:	<i>mg/l</i>	5	5
Turbidez:	<i>ud NTU</i>	2	2
E Coli:	<i>UFC/100 ml</i>	2,2	2,2
Nematodos intestinales:		1	1
Reducción contaminación orgánica persistente media>		95%	95%
5.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO			
Tipo de bombas instaladas:			
Caudal punta:	<i>m³/h</i>	19.286	19.286
Caudal medio:	<i>m³/h</i>	11.035	18.288
Nº de bombas instaladas:		10	10
Nº de bombas activas:		8	8
Caudal unitario:	<i>m³/h</i>	3.100	3.100
Total caudal disponible de bombeo:		24.800	24.800
Las bombas estarán equipadas con variadores electrónicos de velocidad.			
Dimensionamiento del pozo de bombeo			
Nº bombas activas:	<i>ud</i>	10	10
Nº bombas reserva:	<i>ud</i>	2	2

5. TRATAMIENTO TERCIARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Nº bombas instaladas:	ud	8	8
Caudal bomba seleccionado:	m ³ /h	3.100	3.100
Ancho pozo	m	9	9
Largo pozo:	m	19	19
Área pozo	m ²	171	171
Arranques por hora:	ud/h	4	4
Duración ciclo:	s	900	900
Volumen ciclo:	m ³	450	450
Altura ciclo:	m	2,63	2,63
Altura muerta.	m	0,6	0,6
Separación mín. señales:	m	0,2	0,2
Cota arranque reserva:	m	-0,2	-0,2
Cota arranque bomba 1:	m	-0,8	-0,8
Cota parada bomba 1:	m	-3,43	-3,43
Cota fondo bombeo:	m	-4,23	-4,23
Volumen del pozo de bombeo necesario:	m ³	724	724
Volumen útil de regulación necesario:	m ³	621	621
Medida de nivel:		Redundante, mediante boyas de nivel y medidor ultrasónico.	
Altura manométrica:		ver cálculos hidráulicos m.c.a.	
Sistema de elevación de bombas:		Puente grúa.	
5.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO			
5.3.1 OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO			
- Eliminar fósforo hasta los límites exigidos. Reducción de fósforo total hasta 1 mg/l y fosfatos hasta 0,5 mg/l.			
. Pretratamiento de una instalación de filtración, oxidación avanzada y desinfección para dar la calidad de agua exigida en el río Manzanares y para riego.			
5.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA			
Caudal máx.:	m ³ /h	19.286	19.286
Nº de líneas:	ud	10	10
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	m	4	4
.Ancho:	m	4	4
.Altura útil:	m	4	4
Volumen unitario:	m ³	64	64
Volumen total:		640	640
Tiempo de retención a Qmáx.	h	2	2
Nº de agitadores por línea:		1	1
Potencia agitador:	kW	5,5	5,5
5.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN			
Caudal máx.	m ³ /h	19.286	19.286
Caudal medio:	m ³ /h	11.035	18.288
Nº de líneas:	ud	10	10
Nº de cámaras por línea:	ud	2	2
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	m	6,75	6,75
.Ancho:	m	6,75	6,75
.Altura útil:	m	5	5
Volumen unitario:	m ³	228	228
Volumen total:	m ³	4.556	4.556
Tiempo de retención a Qmáx.	h	14,2	14,2
Tiempo de retención a Qmed:	h	24,8	14,9



5. TRATAMIENTO TERCIARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Nº de agitadores por línea:		1	1
Potencia agitador:	<i>kW</i>	1,5	1,5
5.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS			
Se recomienda el uso de sulfato de alúmina o policloruro de aluminio, pues las sales de hierro (como el cloruro férrico) afectan negativamente a la desinfección UV posterior.			
PAC (17% Al₂O₃)			
Caudal máx. de diseño:	<i>m³/h</i>	19.286	19.286
Caudal medio de diseño:	<i>m³/h</i>	11.035	18.288
Punto de dosificación:			
Rango de dosis:	<i>mg Al/l</i>	5-12,5	5-12,5
Dosis máxima:	<i>mg Al/l</i>	12,5	12,5
	<i>mg Al₂O₃/l</i>	24	24
Dosis media:	<i>mg Al/l</i>	8,75	8,75
	<i>mg Al₂O₃/l</i>	17	17
Consumo de reactivo máx.:	<i>kg/h</i>	455	455
Consumo de reactivo medio:	<i>kg/h</i>	182	302
Riqueza producto comercial:		17%	17%
Densidad producto comercial:	<i>kg/l</i>	1,36	1,36
Caudal máx necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	1.969,53	1.969,53
Caudal medio necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	788,87	1.307,38
Caudal diario a dosificar:	<i>l/h</i>	18.933	31.377
Sistema de dosificación:		Bomba dosificadora	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	<i>ud</i>	6	6
dosificadoras en funcionam:	<i>ud</i>	5	5
Caudal unitario necesario:	<i>l/h</i>	393,9	393,9
Caudal unitario bomba:	<i>l/h</i>	500	500
ALMACENAMIENTO DE PAC			
Nº depósitos de almacenamiento:	<i>ud</i>	6	6
Capacidad unitaria depósitos:	<i>l</i>	26.500	26.500
Período de almacenamiento:	<i>h</i>	26,4	15,9
POLIELECTROLITO ANIÓNICO			
Caudal de diseño:	<i>m³/h</i>	19.286	19.286
Tipo de polímero:		Poliectrolito aniónico en polvo	
Punto de dosificación:		Cámara de floculación	
Dosis de diseño	<i>mg/l</i>	1,2	1,2
Consumo de reactivo:	<i>kg/h</i>	23,14	23,14
Consumo diario de reactivo:	<i>kg/día</i>	555,43	555,43
Concentración solución madre:	<i>kg/m³</i>	2,5	2,5
Caudal necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	9.257	9.257
Nº de equipos de preparación:	<i>ud</i>	5	5
Capacidad unitaria necesaria:	<i>l/h</i>	1.851	1.851
Capacidad unitaria adoptada:	<i>l/h</i>	2.200	2.200



5. TRATAMIENTO TERCIARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
Volumen adoptado:	<i>l</i>	3.300	3.300
maduración:	<i>min</i>	45-60	45-60
Sistema de dosificación:		Bombas dosificadoras de tornillo helicoidal	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	<i>ud</i>	15	15
Nº bombas dosificadoras en funcionam:	<i>ud</i>	14	14
Caudal unitario necesario:	<i>l/h</i>	661	661
Caudal unitario bomba:	<i>l/h</i>	700	700
Dilución secundaria			
Dilución en línea:	<i>kg/m³</i>	0,5	0,5
Necesidad de agua para dilución en línea (total):	<i>m³/h</i>	37	37
Necesidad de agua para dilución en línea (por línea):	<i>m³/h</i>	3,7	3,7
Número de rotámetros:	<i>ud</i>	14	14
Capacidad unitaria necesaria rotámetros:	<i>m³/h</i>	2,64	2,64
5.4 FILTRACIÓN			
Caudal máximo de tratamiento:	<i>m³/h</i>	19.286	19.286
Caudal nominal de tratamiento:	<i>m³/h</i>	11.035	18.288
Sistema de filtración:		Filtración continua en filtros textiles de discos rotativos	
Grado de filtración:	<i>micras</i>	10	10
Nº de filtros a instalar:	<i>ud</i>	14	14
Nº de tanques a construir:	<i>ud</i>	14	14
Nº de filtros por tanque:	<i>ud</i>	1	1
Caudal máx. por filtro:	<i>m³/h</i>	1.484	1.484
Caudal total a filtrar:	<i>m³</i>	20.776	20.776
Nº discos por filtro:	<i>ud</i>	35	35
Diámetro del disco:	<i>m</i>	2,075	2,075
Área efectiva por disco:	<i>m²</i>	5,92	5,92
Área efectiva total por filtro:	<i>m²</i>	207,2	207,2
Superficie filtrante unitaria total:	<i>m²</i>	2.901	2.901
Velocidad media de paso por filtro:	<i>m/h</i>	3,8	6,3
Velocidad máx. de paso por filtro:	<i>m/h</i>	6,6	6,6
5.5 OXIDACIÓN AVANZADA			
Sistema de oxidación avanzada, combinando peróxido de hidrógeno y UV: UV + H2O2.			
5.5.1. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO			
Dosificación			
Dosis de H2O2 por ppm de O3 dosificado:	<i>ppm/ppm</i>	0,5	0,5
Dosis de H2O2:	<i>mg/l</i>	2,5	2,5
Caudal medio tratado:	<i>m³/s</i>	3,1	5,1
Consumo horario medio de H2O2:	<i>kg/h</i>	27,6	45,7
Riqueza producto comercial:		50%	50%
Densidad:	<i>kg/l</i>	1,195	1,195
Consumo horario medio de H2O2	<i>l/h</i>	46,2	76,5



5. TRATAMIENTO TERCIARIO		Fangos activos Sur	Fangos activos Sur
		normal	vaciado
comercial:			
Consumo diario de H2O2 comercial:	<i>l/día</i>	1.108	1.836
Consumo diario de H2O2 comercial:	<i>kg/día</i>	1.324	2.195
Tipo:		Bombas dosificadoras de membrana	
Nº de bombas dosificadoras:	<i>ud</i>	6	6
Caudal unitario:	<i>l/h</i>	15	15
Almacenamiento			
Nº de depósitos:	<i>ud</i>	2	2
Capacidad unitaria:	<i>ud</i>	15.000	15.000
5.5.2. DESINFECCIÓN UV			
Caudal máximo:	<i>m³/s</i>	5,36	5,36
Caudal medio:	<i>m³/s</i>	3,07	5,08
Características del agua de entrada:			
Agua procedente de tratamiento terciario físico-químico y filtración.			
SS salida tratamiento terciario:	<i>mg/l</i>	5	5
Garantías de desinfección:			
E Coli	<i>UFC/100 ml</i>	2,2	2,2
Sistema adoptado:		En canal abierto	
Nº de canales:	<i>ud</i>	4	4
Nº de bancadas por canal:	<i>ud</i>	4	4
Nº de lámparas por canal:	<i>ud</i>	22	22
Nº de lámparas por canal:	<i>ud</i>	88	88
Nº de lámparas total	<i>ud</i>	352	352
longitud canal	<i>m</i>	9,3	9,3
anchura	<i>n</i>	1,6	1,6
profundidad	<i>h</i>	2,4	2,4
Potencia máxima	<i>kW</i>	352	352



9.- LÍNEA DE FANGOS

2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Peso diario de fangos primarios:	kg/día	152.774	246.795
Concentración a la entrada:	kg/m ³	10	10
Caudal de entrada diario:	m ³ /día	15.277	24.679
6.1 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS SUR A ESPEADO			
Peso diario de fangos primarios:	kg/día	73.541	121.124
Concentración a la entrada:	kg/m ³	10	10
Caudal de entrada diario:	m ³ /día	7.354	12.112
Nº de bombas de purga instaladas:	ud	4	4
Nº de bombas de purga en servicio:	ud	3	3
Nº de bombas de purga en reserva:	ud	1	1
Caudal unitario:	m ³ /h	400	400
Nº de horas de bombeo al día:	h/día	6,13	10,09
6.2 TAMIZADO DE FANGOS PRIMARIOS			
Caudal horario máximo de fangos a tamizado:	m ³ /h	637	1.028
Nº de tamices instalados:	ud	2	2
Nº tamices en servicio:	ud	1	1
Caudal necesario por tamiz:	m ³ /h	286	286
Es el mismo tamiz que el de pretratamiento			
Caudal unitario adoptado:	m ³ /h	4820,4	4820,4
Paso de malla:	mm	3	3
6.3 ESPEADORES DE FANGOS PRIMARIOS			
Total fangos a espesamiento por gravedad:	kg/día	152.774	246.795
Caudal de entrada fangos primarios total:	m ³ /día	15.277	24.679
	m ³ /h	637	1.028
Concentración de entrada:	kg/m ³	10	10
		1,00%	1,00%
Depósito de regulación			
Volumen	m ³	4.000	4.000
Dimensiones			
largo	m	33	33
ancho	m	20	20
calado	m	6,1	6,1
Tiempo de retención	h	6,28	3,89
Bomba de tornillo excéntrico			
Nº de unidades instaladas:	ud	10	10
Nº de unidades en funcionamiento:	ud	9	10
Caudal unitario	m ³ /h	84,9	85,7
Caudal nominal máximo	m ³ /h	90	90
Contenido sólidos máximo	%	6,5	6,5
Espesadores de tornillo			
Tipo de espesadores:		Mecánico de tornillo tambor	
Forma:			
Nº de unidades instaladas:	ud	10	10



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Nº de unidades en funcionamiento:	ud	9	10
Diámetro tambor:	mm	700	700
luz de paso	mm	0,25	0,25
Longitud	mm	3500	3500
potencia nominal	kW	3	3
funcionamiento	h/día	20	24
Caudal unitario	m³/h	84,9	85,7
Caudal nominal	m³/h	90,0	90,0
Concentración a la salida:	kg/m³	58	58
Rendimiento captura sólidos espesamiento		95%	95%
Peso diario de fangos espesados	kg/día	145.135	234.455
Porcentaje de volátiles:		75%	75%
Caudal fangos espesados:	m³/día	2.502	4.042
Fangos primarios espesados volátiles:	kg/día	108.851	175.841
SS en sobrenadantes	kg/día	7.639	12.340
Caudal sobrenadante:	m³/día	12.775	20.637
Destino sobrenadante:		Planta eliminación nitrógeno	
POLIELECTROLITO ANIONICO			
dosificación en porcentaje de MS	%	0,2	0,2
	kg/tMS	2,00	2,00
cantidad diaria	kg/día	305,5	493,6
Nº de equipos polielectrolito instalados	ud	2	2
Nº de equipos poli	ud	1	2
Capacidad unitaria	kg/h	15,3	10,3
funcionamiento	h/día	20	24
Forma de alimentación:		Bomba dosificadora de tornillo helicoidal	
6.4 BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS ESPESADOS A CÁMARA DE MEZCLA			
Purga de fangos espesados			
Peso diario de fangos espesados:		145.135	234.455
Concentración:	kg/m³	58	58
Caudal fangos espesados:	m³/día	2.502	4.042
Tiempo de extracción teórico:	h	12	12
Caudal horario teórico:	m³/h	209	337
Bomba de tornillo excéntrico			
Nº de unidades instaladas:	ud	4	4
Nº de unidades en funcionamiento:	ud	2	3
Caudal unitario	m³/h	104,3	112,3
Caudal nominal máximo	m³/h	150	150
Contenido sólidos máximo	%	6,5	6,5
6.5 BOMBEO DE FANGOS EN EXCESO			
Peso diario de fangos en exceso:	kg/día	57.162	94.632
Concentración media:	kg/m³	7	8
Caudal diario de fangos en exceso:	m³/día	8.166	11.829
	m³/h	817	986
Sistema de extracción:		Bombas sumergibles y bombas centrífugas verticales	
Caudal unitario/ud	m³/h	4,9	5,9
Nº unidades instaladas	ud	6	6



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Nº unidades en funcionamiento	<i>ud</i>	5	6
Caudal unitario teórico		163,3	164,3
Potencia unitaria	<i>kW</i>	8,9	8,9
Caudal unitario bombas	<i>m³/h</i>	168	168
Tiempo de bombeo con todas las bombas en servicio:	<i>h</i>	10	12
Destino:		Espesamiento de fangos secundarios	
6.6 ESPESADO DE FANGOS SECUNDARIOS			
Fangos secundarios SUR			
Caudal de fangos en exceso:	<i>m³/día</i>	8.166	11.829
Masa de fangos en exceso:	<i>kg/día</i>	57.162	94.632
Fangos secundarios CHINA-BUTARQUE-SUR			
Caudal de fangos en exceso:	<i>m³/día</i>	17.768	25.738
Masa de fangos en exceso:	<i>kg/día</i>	124.374	205.902
Bombeo de fangos secundarios de Sur a flotación			
Tipo de bomba		Bomba de tornillo excéntrico	
Nº de unidades instaladas:	<i>ud</i>	10	10
Nº de unidades en funcionamiento:	<i>ud</i>	9	10
Caudal unitario	<i>m³/h</i>	81,7	82,1
Tiempo de bombeo con todas las bombas en servicio:	<i>h</i>	10	12
Caudal nominal máximo	<i>m³/h</i>	100	100
Contenido sólidos máximo	<i>%</i>	5	5
Depósito de regulación			
Volumen	<i>m³</i>	4.500	4.500
Dimensiones			
largo	<i>m</i>	37	37
ancho	<i>m</i>	20	20
calado	<i>m</i>	6,1	6,1
Tiempo de retención	<i>h</i>	13,23	9,13
Espesadores de tornillo			
Tipo de espesadores:		Mecánico de tornillo tambor	
Forma:			
Nº de unidades instaladas:	<i>ud</i>	10	10
Nº de unidades en funcionamiento:	<i>ud</i>	9	10
Diámetro tambor:	<i>mm</i>	700	700
luz de paso	<i>mm</i>	0,25	0,25
Longitud	<i>mm</i>	3500	3500
potencia nominal	<i>kW</i>	3	3
funcionamiento	<i>h/día</i>	20	24
Caudal unitario	<i>m³/h</i>	88,8	89,4
Caudal nominal	<i>m³/h</i>	90,0	90,0
Concentración a la salida:	<i>kg/m³</i>	45	45
Rendimiento captura sólidos espesamiento		87,0%	87,0%
Peso diario de fangos espesados	<i>kg/día</i>	108.205	179.135
Porcentaje de volátiles:		66%	66%
Caudal fangos espesados:	<i>m³/día</i>	2.405	3.981
Fangos primarios espesados volátiles:	<i>kg/día</i>	71.416	118.229
SS en sobrenadantes	<i>kg/día</i>	16.169	26.767

2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Caudal sobrenadante:	<i>m³/día</i>	15.363	21.757
Destino sobrenadante:		Planta eliminación nitrógeno	
POLIELECTROLITO ANIONICO			
dosificación en porcentaje de MS	%	0,2	0,2
	<i>kg/tMS</i>	2,00	2,00
cantidad diaria	<i>kg/día</i>	216,4	358,3
Nº de equipos poli instalados	<i>ud</i>	3	3
Nº de equipos poli	<i>ud</i>	2	3
Capacidad unitaria	<i>kg/h</i>	5,4	5,0
funcionamiento	<i>h/día</i>	20	24
Forma de alimentación:		Bomba dosificadora de tornillo helicoidal	
Bombas dosificadoras de polielectrolito a flotación			
Nº unidades			
instaladas:	<i>ud</i>	5	5
funcionamiento:	<i>ud</i>	4	4
caudal necesario:	<i>l/h</i>	2,71	3,73
Caudal unitario:	<i>l/h</i>	800	800
Presión máxima:	<i>mca</i>	10	10
Acondicionamiento de fangos			
Caudal diario medio a dosificar:	<i>m³/día</i>	45,58	73,66
Caudal horario a dosificar:			
medio:	<i>m³/h</i>	4,7	5,38
máximo:	<i>m³/h</i>	5,88	6,72
Consumo horario de polielectrolito:			
medio:	<i>kg/h</i>	23,52	26,88
máximo:	<i>kg/h</i>	29,4	33,6
Nº de equipos poli:	<i>ud</i>	2	2
Nº de equipos poli en servicio:	<i>ud</i>	2	2
Capacidad unitaria:	<i>l</i>	5.500	5.500
Sistema de agitación:		Electroagitadores de eje vertical Bomba dosificadora de tornillo helicoidal	
Forma de alimentación:			
Nº unidades			
instaladas:	<i>ud</i>	13	13
funcionamiento:	<i>ud</i>	12	12
Caudal unitario:	<i>l/h</i>	800	800
Presión máxima:	<i>mca</i>	10	10
6.8 BOMBEO A HIDROLISIS TERMICA			
Impulsión de fangos espesados homogeneizados a HT			
Volumen diario de fangos secundarios espesados	<i>m³/d</i>	2.405	3.981
Peso diario de fangos secundarios a hidrolisis		108.205	179.135
Concentración media:		45	45
Nº de bombas instaladas		3	3
Nº de bombas en servicio:		2	2
Tipo de bombas:		Bombas de tornillo helicoidal	
Caudal medio	<i>m³/h</i>	66,8	99,5
Caudal máx. adoptado:	<i>m³/h</i>	200	200

2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Nº de horas de funcionamiento necesarias:	<i>h/día</i>	18	20
Altura manométrica:	<i>mca</i>	10	10
Destino:		HIDROLISIS TERMICA	
6.9 HIDRÓLISIS TERMICA			
6.9.1 PREDESHIDRATACIÓN			
Peso de fangos a deshidratar:	<i>kg/día</i>	108.205	179.135
Concentración de fangos a deshidratar:	<i>kg/m³</i>	45	45
Caudal de fangos:	<i>m³/d</i>	2.405	3.981
Días útiles a la semana:	<i>días</i>	7	7
Horas de funcionamiento:	<i>h</i>	12	12
Peso de fangos a secar por día útil:	<i>kg/día</i>	108.205	179.135
Caudal de fangos a secar por día útil:	<i>m³/día</i>	2.405	3.981
Peso de fangos a secar por hora útil:	<i>kg/h</i>	9.017	14.928
Caudal de fangos a secar por hora útil:	<i>m³/h</i>	200,4	331,7
6.9.2. EQUIPOS DE PREDESHIDRATACIÓN			
Tipo:		Centrífugas	
Capacidad requerida:	<i>m³/h</i>	200,4	331,7
Capacidad unitaria dispuesta:	<i>m³/h</i>	55	55
Nº de unidades requeridas:	<i>ud</i>	3,6	6,0
Nº de unidades en servicio adoptadas:	<i>ud</i>	7	7
Nº de unidades en servicio	<i>ud</i>	6	7
Capacidad unitaria requerida:	<i>m³/h</i>	33,4	47,4
concentración del fango deshidratado:	<i>kg/m³</i>	180,0	180,0
Captación de solidos	<i>%</i>	0,97	0,97
fangos pre deshidratados	<i>kg/d</i>	104.959	173.761
Caudal de fangos pre deshidratados	<i>m³/día</i>	583	965
Caudal retornos	<i>m³/día</i>	1.821	3.015
MS retornos	<i>kg/d</i>	3246,2	5374,0
concentración	<i>kg/m³</i>	1,8	1,8
6.9.3. HIDROLISIS TERMICA			
Caudal medio	<i>TMS/D</i>	50	50
líneas de trabajo	<i>ud</i>	2	2
Volumen reactor	<i>m³</i>	6	6
Dimensiones unitarias			
largo		14,4	14,4
ancho		12,2	12,2
alto		7,5	7,5
6.9 CÁMARA DE MEZCLA FANGOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS			
Fangos primarios	<i>kg/d</i>	145.135	234.455
	<i>m³/d</i>	2.502	4.042
Fangos secundarios	<i>kg/d</i>	104.959	173.761
	<i>m³/d</i>	583	965
Total fangos a digestión	<i>kg/d</i>	250.095	408.216
	<i>m³/d</i>	3.085	5.008
	<i>kg/m³</i>	81,1	81,5
Cámara de mezcla			



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Volumen necesario:	m^3	294	475
Nº de cámaras:	ud	2	2
Longitud:	m	10,0	10,0
Ancho:	m	4,0	4,0
Altura de fango:	m	7,0	7,0
Volumen total adoptado:	m^3	560,0	560,0
Tiempo de retención:	h	4,4	2,7
Sistema de homogeneización:		Agitadores sumergidos	
6.10. DIGESTIÓN DE FANGOS			
6.10.1 DIGESTORES			
Porcentaje de volátiles:		71%	71%
Peso diario de fangos totales:	$kg/día$	250.095	408.216
	$kg/día$	72.527	118.383
Peso diario de fangos volátiles:	$kg/día$	177.567	289.833
Concentración:	kg/m^3	81,1	81,5
Volumen diario de fangos totales:	$m^3/día$	3.085	5.008
Reducción de volátiles:		45%	45%
Peso diario de fangos volátiles eliminados:	$kg/día$	79.905	130.425
Tiempo de retención de diseño:	$días$	20	20
Carga de volátiles:	$kgMV/m^3.día$	1,8	1,8
Volumen necesario por tiempo de retención:	m^3	94.110	152.050
Volumen necesario por carga de volátiles:	m^3	96.826	156.432
Nº de digestores existentes:	ud	6	6
Volumen unitario:	m^3	9.200	9.200
Volumen existente total:	m^3	55.200	55.200
Digestores			
Volumen digestión mínimo necesario:	m^3	52.368	52.368
Tiempo de retención:	d		
Nº de digestores total dispuestos:	ud	10	10
Dimensiones establecidas:			
Diámetro:	m	24,0	24,0
Altura útil:	m	11,0	11,0
Altura total	m	12,0	12,0
Volumen unitario digestores nuevos:	m^3	4.976	4.976
Volumen total establecido		49.763	49.763
Tiempo de retención:		16	10
Nº de digestores en operación:	ud	10	10
Peso diario de fangos salida digestor:	$kg/día$	170.189	277.791
Peso diario de fangos volátiles salida digestor:	$kg/día$	97.662	159.408
Contenido en volátiles del fango digerido:		57%	57%
Caudal diario de fangos salida digestor:	$m^3/día$	3.085	5.008
Concentración de fangos salida digestor:	kg/m^3	55,2	55,5
6.10.2 CALEFACCIÓN DE FANGOS			
NECESIDADES TÉRMICAS DIGESTORES			
Caudal total de fango alimentación a digestores:	$m^3/día$	3.085	5.008

2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Nº total de digestores en servicio:	<i>ud</i>	10	10
Caudal de fango por digestor:	<i>m³/día</i>	308,5	500,8
	<i>m³/h</i>	12,9	20,9
Definición geométrica			
Diámetro del digestor:	<i>m</i>	24	24
Altura cilíndrica de líquido:	<i>m</i>	10,0	10,0
Altura cilíndrica total estimada:	<i>m</i>	11,0	11,0
Altura cilíndrica enterrada estimada:	<i>m</i>	2	2
Altura cilíndrica sobre suelo:	<i>m</i>	9,0	9,0
Altura cónica inferior:	<i>m</i>	1,22	1,22
Superficie de la cúpula:	<i>m²</i>	452,4	452,4
Espesor muros estimado:	<i>m</i>	0,35	0,35
Superficie muro	<i>m²</i>	829,38	829,38
Superficie muro sobre suelo:	<i>m²</i>	678,58	678,58
Superficie muro bajo suelo:	<i>m²</i>	150,80	150,80
Superficie solera:	<i>m²</i>	452,4	452,4
Datos termodinámicos y temperaturas			
Ks para cúpula:	<i>kcal/m²/ h/°C</i>	3	3
Ks para muros por encima del terreno:	<i>kcal/m²/ h/°C</i>	2	2
Ks para muros enterrados:	<i>kcal/m²/ h/°C</i>	1,2	1,2
Ks para solera:	<i>kcal/m²/ h/°C</i>	0,54	0,54
Capacidad calorífica fango fresco:	<i>kcal/m³,º C</i>	1.000	1.000
Temperatura de funcionamiento de los digestores:	<i>°C</i>	35	35
Temperatura mín. fangos frescos:	<i>°C</i>	12	12
Temperatura media fangos frescos:	<i>°C</i>	18,5	18,5
Temperatura media del aire:	<i>°C</i>	14	14
Temperatura mín. del aire:	<i>°C</i>	0	0
Temperatura del suelo:	<i>°C</i>	15	15
Cálculo de pérdidas y necesidades caloríficas (total)			
Volumen fangos	<i>m³</i>	4523,89	4523,89
Pérdidas máx en la cúpula:	<i>kcal/h</i>	475.009	475.009
Pérdidas mínimas en la cúpula:	<i>kcal/h</i>	285.005	285.005
Pérdidas med. en la cúpula:	<i>kcal/h</i>	475.009	475.009
Pérdidas máximas en muro sobre terreno:	<i>kcal/h</i>	475.009	475.009
Pérdidas mín. en muro sobre terreno:	<i>kcal/h</i>	285.005	285.005
Pérdidas medias en muro sobre terreno:	<i>kcal/h</i>	380.007	380.007
Pérdidas en muro bajo terreno:	<i>kcal/h</i>	36.191	36.191
Pérdidas en solera:	<i>kcal/h</i>	48.858	48.858
Pérdidas totales máximas:	<i>kcal/h</i>	1.035.067	1.035.067
Pérdidas totales medias:	<i>kcal/h</i>	940.065	940.065
Calor máx. para el calentamiento de fangos:	<i>kcal/h</i>	3.442.772	3.442.772



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Calor medio para el calentamiento de fangos:	<i>kcal/h</i>	2.121.240	3.442.772
Necesidades térmicas totales máximas:	<i>kcal/h</i>	4.477.839	4.477.839
Necesidades térmicas totales medias:	<i>kcal/h</i>	3.061.305	4.382.837
CALEFACCIÓN DE FANGOS			
Nuevo diseño intercambiadores de calor			
Nº de intercambiadores			
por digestor:	<i>ud</i>	1	1
Nº de digestores:	<i>ud</i>	10	10
Nº de intercambiadores:	<i>ud</i>	10	10
Pérdidas en intercambiador:		10%	10%
Necesidades máx. de intercambio totales:	<i>kcal/h</i>	4.975.376	4.975.376
Necesidades med. de intercambio totales:	<i>kcal/h</i>	3.401.450	4.869.819
Necesidades máx. de intercambio unitarias:	<i>kcal/h</i>	340.145	486.982
Capacidad adoptada intercambiador:	<i>kcal/h</i>	840.000	840.000
Nuevo diseño bombas agua caliente a intercambiadores			
Temperatura de agua de entrada a intercambiador	<i>°C</i>	72	72
Temperatura de agua de salida del intercambiador:	<i>°C</i>	60	60
Salto térmico agua:	<i>°C</i>	12	12
Caudal requerido circuito agua por intercambiador:	<i>m³/h</i>	70	70
Nº de bombas de agua en servicio por intercambiador:	<i>ud</i>	1	1
Caudal requerido bombas agua:	<i>m³/h</i>	70	70
Caudal adoptado bombas agua:	<i>m³/h</i>	115	115
Altura manométrica:	<i>mca</i>	14	14
bombas de fango a calentar			
Temperatura de fango de entrada al intercambiador:	<i>°C</i>	32,0	32,0
Temperatura de fango de salida del intercambiador:	<i>°C</i>	37,5	37,5
Salto térmico fango:	<i>°C</i>	5,5	5,5
Caudal requerido circuito fango total:	<i>m³/h</i>	1.530	1.530
Nº de bombas de fango en servicio:	<i>ud</i>	10	10
Caudal requerido bombas fango:	<i>m³/h</i>	153	153
Caudal adoptado bombas fango:	<i>m³/h</i>	163	163
Altura manométrica:	<i>mca</i>	7	7
diseño calderas			
Necesidades máximas de intercambio:	<i>kcal/h</i>	4.975.376	4.975.376
Necesidades medias de intercambio:	<i>kcal/h</i>	3.401.450	4.869.819
Pérdidas en circuito de agua:		10%	10%
Potencia calorífica requerida máxima en calderas:	<i>kcal/h</i>	5.528.196	5.528.196
Potencia calorífica requerida media en calderas:	<i>kcal/h</i>	3.779.389	5.410.910
Margen de reserva:		25%	25%
Potencia calorífica requerida con margen:	<i>kcal/h</i>	7.370.928	7.370.928



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Nº de calderas instaladas:	ud	5	5
Nº de calderas en funcionamiento:	ud	5	5
Potencia unitaria necesaria:	kcal/h	1.474.186	3.047.341
Potencia unitaria adoptada:	kcal/h	1.916.441	3.656.809
circuito de seguridad y retorno (anticondensación calderas)			
Caudal unitario necesario:	m ³ /h	86,12	86,12
Caudal adoptado:	m ³ /h	100	100
Altura manométrica:	mca	4	4
alimentación de biogás a calderas			
Potencia calorífica instalada en calderas:	kcal/h	9.582.206	18.284.046
Potencia calorífica útil máx. requerida en calderas:	kcal/h	5.528.196	5.528.196
Potencia calorífica útil med. requerida en calderas:	kcal/h	3.779.389	5.410.910
Rendimiento global de combustión:		90%	90%
Potencia calorífica del biogás máx. necesaria:	kcal/h	10.646.896	20.315.607
Potencia calorífica del biogás med. necesaria:	kcal/h	6.142.440	6.142.440
Poder calorífico del biogás:	kcal/Nm ₃	5.000	5.000
Caudal máximo de gas necesario:	Nm ³ /h	2.129	4.063
Caudal medio de gas necesario:	Nm ³ /h	1.228	1.228
Sistema de alimentación de gas a calderas:		supresores centrífugos	
Nº de supresores instalados:	ud	6	6
Nº de supresores en funcionamiento:	ud	5	5
Caudal unitario máx. necesario:	m ³ /h	425,9	812,6
Caudal unitario adoptado:	m ³ /h	245,7	245,7
Presión:	mm.c.a.	500	500
6.10.3 SISTEMA DE REGULACIÓN DE pH EN DIGESTIÓN			
Caudal de fango alimentación a digestores:	m ³ /día	3.085	5.008
Reactivo:			
Densidad sosa comercial al 25%:	kg/l	1,38	1,38
Dosificación de producto comercial:	kg/m ³	2,27	2,27
	kg/día	7.004	11.367
Consumo diario de NaOH:	l/día	5.075	8.237
Nº horas/día de dosificación:	h/día	12	12
Consumo horario:	l/h	422,9	686,4
Volumen almacenamiento:	m ³	15.000	15.000
Nº de bombas dosificadoras instaladas:	ud	6	6
Nº de bombas dosificadoras en servicio:	ud	5	5
Caudal unitario necesario:	l/h	84,6	137,3
Caudal unitario:	l/h	50-500	50-500
Presión manométrica:	kg/cm ²	3	3
Tipo:		Membrana mecánica	
Punto de dosificación:		Cámara de fangos mixtos	



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
6.10.4 AGITACIÓN DE DIGESTORES			
agitador mecánico tipo Scaba.		10	10
6.10.5 BOMBEO DE SIEMBRA Y VACIADO			
Número de bombas instaladas:	ud	10	10
Caudal unitario:	m ³ /h	10	10
Altura manométrica:	mca	18	18
Tipo:		Tornillo helicoidal	
6.10.6 DOSIFICACIÓN DE CLORURO FÉRRICO PARA FIJACIÓN DEL SH2			
Dosis de cloruro férrico:			
media:	g/kgMS	4	4
máxima:	g/kgMS	6	6
pesos diario de fangos frescos a digestores:	kg/día	250.095	408.216
Consumo de cloruro férrico:			
medio:	kg/día	1.000	1.633
máximo:	kg/día	1.501	2.449
Concentración de producto comercial:	gCl3Fe/l	545	545
Volumen diario de producto comercial:	l/día	2.753	4.494
Nº de horas de dosificación para dimensionamiento:	h/día	8	8
Caudal de dosificación máx. necesario:	l/h	344,17	561,76
Nº de bombas instaladas:	ud	6	6
Nº de bombas en funcionamiento:	ud	5	5
Caudal unitario necesario:	l/h	68,8	112,4
Caudal unitario bombas existentes:	l/h	120	120
Nuevo diseño de almacenamiento de cloruro férrico			
Nº de depósitos instalados:	ud	2	2
Capacidad unitaria:	l	26.500	26.500
Autonomía de almacenamiento:	días	7,26	4,45
6.15 LÍNEA DE GAS			
Producción de gas:	Nm ³ /kgSVelim.	1,15	0,90
Producción diaria de gas:	Nm ³ /día	92.216	117.382
Producción horaria media de gas:	Nm ³ /h	3.842	4.891
Tipo de gasómetro:		membrana	
Nº de gasómetros:	ud	8	8
Volumen unitario:	m ³	4.000	4.000
Volumen total:	m ³	32.000	32.000
Tiempo de almacenamiento sobre prod. media requerido:	h	6,0	6,0
Volumen de almacenamiento total requerido:	m ³	23.054	29.346
Diámetro gasómetro:	m	21,5	21,5
Tiempo de almacenamiento sobre producción media:	h	8,33	6,54



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Capacidad de almacenamiento de biogás sobre producción diaria:		34,7%	27,3%
Balance de gas sin recuperación de energía			
Producción diaria de gas:	<i>m³/día</i>	92.216	117.382
Consumo máximo de gas en calderas:	<i>m³/h</i>	2.129	4.063
Consumo medio de gas en calderas:	<i>m³/h</i>	1.228	1.228
Excedente en caso de consumo medio:	<i>m³/h</i>	2.614	3.662
Nuevo diseño antorcha			
Producción diaria de gas:	<i>m³/día</i>	92.216	117.382
Capacidad del quemador sobre producción media de diseño:		2	2
Capacidad quemado necesaria:	<i>m³/h</i>	7.685	9.782
Capacidad unitaria adoptada:	<i>m³/h</i>	3.000	3.000
Nº de antorchas necesario:	<i>ud</i>	4	4
Nº de horas para excedente de gas medio:	<i>h</i>	7,68	9,78
6.16 ALMACENAMIENTO DE FANGOS DIGERIDOS			
Peso diario de fangos digeridos:	<i>kg/día</i>	170.189	277.791
Peso diario de fangos volátiles:	<i>kg/día</i>	97.662	159.408
Porcentaje de volátiles:		57%	57%
Caudal de entrada diario:	<i>m³/día</i>	3.085	5.008
Concentración a la entrada:	<i>kg/m³</i>	55,2	55,5
Caudal horario:	<i>m³/h</i>	128,6	208,7
Forma:		rectangular	
Nº de unidades instaladas:	<i>ud</i>	3	3
Nº de unidades en funcionamiento:	<i>ud</i>	3	3
longitud	<i>m</i>	30	30
ancho		20	20
altura útil		6,5	6,5
altura total		7,0	7,0
Superficie total:	<i>m²</i>	1.145	1.145
Volumen total:	<i>m³</i>	12.600	12.600
Volumen total en servicio:	<i>m³</i>	11.700	11.700
Tiempo de retención:	<i>h</i>	57,8	35,78
Tiempo de retención:	<i>días</i>	2,4	1,5
Caudal sobrenadante:	<i>m³/día</i>	0	0
6.17 DESHIDRATACIÓN DE FANGOS			
6.17.1 FANGOS A DESHIDRATACIÓN			
Peso de fangos a deshidratar:	<i>kg/día</i>	170.189	277.791
Concentración de fangos a deshidratar:	<i>kg/m³</i>	55,2	55,5
Caudal de fangos:	<i>m³/d</i>	3.085	5.008
Días útiles a la semana:	<i>días</i>	7	7
Horas de funcionamiento:	<i>h</i>	12	12
Peso de fangos a secar por día útil:	<i>kg/día</i>	170.189	277.791
Caudal de fangos a secar por día útil:	<i>m³/día</i>	3.085	5.008
Peso de fangos a secar por hora útil:	<i>kg/h</i>	14.182	23.149

2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
Caudal de fangos a secar por hora útil:	<i>m³/h</i>	257,1	417,3
6.17.3 NUEVO DISEÑO EQUIPOS DE DESHIDRATACIÓN			
Capacidad requerida:	<i>m³/h</i>	257,1	417,3
Capacidad unitaria dispuesta:	<i>m³/h</i>	65	65
Nº de unidades requeridas:	<i>ud</i>	4	7
Nº de unidades en servicio adoptadas:	<i>ud</i>	10	10
Capacidad unitaria requerida:	<i>m³/h</i>	25,7	41,7
6.17.3.1 BOMBEO DE FANGOS A DESHIDRATACIÓN			
Tipo:		Bombas de tornillo helicoidal	
Nº de unidades:	<i>ud</i>	10	10
Nº de unidades en funcionamiento:	<i>ud</i>	10	10
Capacidad unitaria necesaria:	<i>m³/h</i>	25,7	41,7
Capacidad unitaria dispuesta:	<i>m³/h</i>	65	65
Altura manométrica:	<i>m.c.a.</i>	20	20
6.17.3.2 INSTALACIONES DE DESHIDRATACIÓN			
Tipo:		Centrífugas	
Nº de unidades instaladas:	<i>ud</i>	10	10
Nº de unidades en funcionamiento:	<i>ud</i>	10	10
Caudal unitario teórico:	<i>m³/h</i>	25,7	41,7
Capacidad unitaria:	<i>m³/h</i>	65	65
Concentración del fango deshidratado:	%	23%	23%
6.17.4 FANGOS DESHIDRATADOS			
Rendimiento de captura de sólidos en centrífugas		97%	97%
Peso de fangos deshidratados (por día útil):	<i>kg/día</i>	165.083,6	269.457,1
Concentración:	<i>kg/m³</i>	230,0	230,0
Volumen fangos deshidratados (por día útil):	<i>m³/d</i>	717,8	1.171,6
Caudal de fangos deshidratados (por hora útil):	<i>m³/h</i>	59,8	97,6
Sobrenadante	<i>m³/h</i>	2.367,7	3.836,1
Densidad:	<i>kg/m³</i>	1.048	1.048
Transporte de fango seco:		Bombas de tornillo helicoidal	
Nº de bombas adoptado:	<i>ud</i>	10	10
Nº de bombas en servicio:	<i>ud</i>	10	10
Caudal de fangos secos por bomba:	<i>m³/h</i>	6,0	9,8
Capacidad unitaria bomba:	<i>m³/h</i>	10	10
almacenamiento de fangos deshidratados			
Almacenamiento fango seco:		Silos	
Tiempo de almacenamiento de diseño:	<i>días</i>	1	1
Nº de silos:	<i>ud</i>	4	4
Capacidad unitaria silo:	<i>m³</i>	200	200
Tiempo de almacenamiento:	<i>días</i>	1,39	0,85
Cinta de conexión a STL	<i>m³/h</i>	65,0	65,0
Destino final fangos:		Secado térmico	



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
6.17.5 ACONDICIONAMIENTO DE FANGOS A CENTRÍFUGAS			
Nuevo diseño acondicionamiento de fangos a deshidratación			
Nº de equipos preparación de poli:	ud	5	5
Nº de equipos poli en servicio:	ud	5	5
Capacidad unitaria:	l	12.000	12.000
Capacidad necesaria:	l	64.147	64.146
Capacidad total:	l	60.000	60.000
Sistema de agitación:		Electroagitador de eje vertical	
Forma de alimentación:		Bomba dosificadora	
Nº unidades instaladas:	ud	10	10
Nº unidades en funcionamiento:	ud	10	10
Caudal unitario necesario:	l/h	4.124	4.124
Caudal unitario adoptado:	l/h	500-5.000	500-5.000
Tipo de bombas:		Tornillo helicoidal	
Presión máxima:	mca	10	10
Necesidad de agua para dilución en línea:	l/h	371.139	371.133
Nº de rotámetros en funcionamiento:	ud	10	10
Capacidad unitaria necesaria rotámetros:	l/h	37.114	37.113
Capacidad adoptada para los rotámetros:	l/h	40.000	40.000
6.18 TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES DE DESHIDRATACIÓN			
6.18.1 DEPÓSITO DE REGULACIÓN DE SOBRENADANTES DE DESHIDRATACIÓN			
Caudal de fangos a secar por hora útil:	m ³ /h	392,13	633,54
Caudal de fangos secos por hora útil:	m ³ /h	58,29	94,17
Caudal de sobrenadantes punta:	m ³ /h	333,84	539,37
Nº días/semana de funcionamiento del tratamiento de sobrenadantes:	días	7	7
Caudal de fangos a secar por día útil:	m ³ /día	4.705,50	7.602,50
Caudal de fangos secos por día útil:	m ³ /día	699,5	1.130,10
Caudal de sobrenadantes por día útil:	m ³ /día	4.006,10	6.472,40
Caudal de fangos secos por día medio:	m ³ /día	699	1.130
Caudal de sobrenadantes por día medio:	m ³ /día	4.006	6.472
Caudal de bombeo a tratamiento de sobrenadantes:	m ³ /h	166,9	269,7
Dimensiones depósito de regulación de sobrenadantes			
Tiempo de retención necesario:	h	12	12
Volumen necesario:	m ³	2.003	3.236
Volumen adoptado:	m ³	3.600	3.600
Profundidad del agua elegida:	m	6	6
Superficie necesaria:	m ²	600	600
MS en fangos deshidratados día medio:	kg/día	160.874	259.913
MS en sobrenadantes día medio:	kg/día	4.975	8.039
Concentración de sólidos en sobrenadantes de centrifugas:	mg/l	1.242	1.242



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
6.18.2 BOMBEO A TRATAMIENTO DE SOBRENADANTES			
Ubicación:		Depósito de almacenamiento de sobrenadantes	
Destino:		Tratamiento de sobrenadantes	
Tipo de bomba:		Bombas centrífugas sumergibles	
Caudal:	<i>m³/h</i>	166,9	269,7
Nº de bombas instaladas:	<i>ud</i>	5	5
Nº de bombas en servicio:	<i>ud</i>	4	4
Caudal unitario necesario:	<i>m³/h</i>	41,7	67,4
Caudal unitario adoptado:	<i>m³/h</i>	70	70
Altura manométrica:	<i>mca</i>	6	6
6.18.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE SOBRENADANTES			
Datos de entrada al reactor del tratamiento de sobrenadantes			
Nº días/semana de funcionamiento:	<i>días</i>	7	7
Nº de horas/día de funcionamiento:	<i>h/día</i>	24	24
Caudal:	<i>m³/día</i>	4.006	6.472
Temperatura:		30	30
DBO5:	<i>mg/l</i>	500	500
SS:	<i>mg/l</i>	1.242	1.242
TKN:	<i>mg/l</i>	1.067	1.067
N-NH4:	<i>mg/l</i>	960	960
Tratamiento biológico			
Proceso:		anammox	
Tipo soporte plástico:		K5	
Volumen reactor necesario:	<i>m³</i>	2.003	3.236
Nº de líneas adoptadas:	<i>ud</i>	3	3
Volumen unitario reactor:	<i>m³</i>	1.230	1.230
Volumen total reactor:	<i>m³</i>	3.690	3.690
Altura nivel agua:	<i>m</i>	8	8
OD:	<i>mg/l</i>	1,5-2,8	1,5-2,9
Temperatura:	<i>°C</i>	30	30
Superficie específica del soporte plástico:	<i>m²/m³</i>	500	500
Volumen de soporte plástico:	<i>m³</i>	1.661	1.661
Porcentaje de llenado:		45%	45%
Necesidades de aireación tratamiento de sobrenadantes			
Requerimiento medio aireación:	<i>Nm³/h</i>	4.443	4.443
Requerimiento punta aireación:	<i>Nm³/h</i>	6.666	6.666
Concentraciones de salida			
Concentración de sólidos en sobrenadantes de	<i>mg/l</i>	1.313	1.313



2.6 TRATAMIENTO DE FANGOS		Fangos activos China + Sur + Butarque	Fangos activos China + Sur + Butarque
		normal	vaciado
tratamiento de retornos:			
Caudal sobrenadante tratamiento de retornos:	<i>m³/día</i>	4.006	6.472
Sólidos en salida tratamiento de retornos:	<i>kg/día</i>	5.262	8.501
DBO5 en salida tratamiento retornos centrífugas	<i>mg/l</i>	480	480
N-NTK en salida tratamiento retornos centrífugas	<i>mg/l</i>	160	160
N-NH4 en salida tratamiento retornos centrífugas	<i>mg/l</i>	109	109
P en salida tratamiento retornos centrífugas	<i>mg/l</i>	60	60
6.19 BALANCE DE SOBRENADANTES			
6.19.1 CAUDALES TOTALES DE SOBRENADANTES			
Sobrenadante espesador primario:	<i>m³/día</i>	12.775	20.637
Sobrenadante espesado secundarios	<i>m³/día</i>	14.077	19.458
Sobrenadante salida tratamiento retornos centrífugas:	<i>m³/día</i>	4.006	6.472
Total sobrenadantes:	<i>m³/día</i>	30.858	46.568
6.19.2 CARGAS EN SOBRENADANTES			
SS en retornos			
Sólidos en sobrenadante espesador primario:	<i>kg/día</i>	7.639	12.340
Sólidos en sobrenadante flotadores:	<i>kg/día</i>	14.815	23.939
Sólidos en salida tratamiento retornos centrífugas	<i>kg/día</i>	5.262	8.501
„	<i>kg/día</i>	27.715	44.779
Concentración SS en retornos:	<i>mg/l</i>	898	962
DBO5 en retornos			
DBO5 en retornos espesamiento:	<i>mg/l</i>	525	568
DBO5 en salida tratamiento retornos centrífugas:	<i>mg/l</i>	480	480
DBO5 en retornos:	<i>mg/l</i>	519	556
N-NTK en retornos			
N-NTK en retornos espesamiento:	<i>mg/l</i>	77	77
N-NTK en salida tratamiento retornos centrífugas:	<i>mg/l</i>	160	160
N-NTK en retornos:	<i>mg/l</i>	88	88
N-NH4 en retornos			
N-NH4 en retornos espesamiento:	<i>mg/l</i>	52	52
N-NH4 en salida tratamiento retornos centrífugas:	<i>mg/l</i>	109	109
N-NH4 en retornos:	<i>mg/l</i>	59	60
P-PO4 en retornos			
P en retornos espesamiento:	<i>mg/l</i>	32	32
P en salida tratamiento retornos centrífugas:	<i>mg/l</i>	60	60
Pt en retornos:	<i>mg/l</i>	36	36



ANEJO N°11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Las medidas correctoras se encuentran definidas y detalladas en el Estudio de Impacto Ambiental. Se indica a continuación un cuadro resumen de las mismas con su valoración que se incluirá en el presupuesto del Proyecto Informativo.

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
m	Vallado perimetral de la zona de obras que evite la ocupación de más superficie de la estrictamente necesaria	750,00	14,00	10.500,00
	EDAR Sur	750,00		
m	Jalonamiento temporal de obra mediante malla de señalización que evite la ocupación de más superficie de la estrictamente necesaria	750,00	1,00	750,00
	EDAR Sur	750,00		
ud	Poda de arbolado para facilitar obras. Señalamiento de pies, corta de ramas, recogida de restos. Incluye aplicación de limpieza de heridas y aplicación de fungicidas en las heridas. No incluye transporte ni gestión de residuos	50,00	15,00	750,00
	EDAR Sur	50,00		
jor	Prospección botánica para localización de ejemplares de flora protegida y para localización de ejemplares de especies exóticas y/o invasoras	2,00	800,00	1.600,00
	EDAR Sur	2,00		
m2	Desbroce de superficies con presencia de especies exóticas y/o invasoras. Selección de individuos, tala, destoconado	68.000,00	0,30	20.400,00
	EDAR Sur	68.000,00		
m3	Excavación y acopio de tierra vegetal. Incluye el tratamiento especial de las tierras con raíces de regalíz (<i>Glycyrrhiza glabra</i>)	22.440,00	1,00	22.440,00
	EDAR Sur	22.440,00		
m2	Descompactación de superficies de obra para favorecer la formación de suelo y la instalación de cobertura vegetal	10.000,00	0,30	3.000,00
	EDAR Sur	10.000,00		
m2	Reperfilado y adecuación topográfica de los rellenos para evitar favorecer procesos de erosión y escorrentía	10.000,00	1,00	10.000,00
	EDAR Sur	10.000,00		
m2	Siembra manual. En las zonas inaccesibles a la maquinaria y que queden fuera del ámbito del ajardinamiento	10.000,00	1,00	10.000,00
	EDAR Sur	10.000,00		
m2	Integración paisajística de las infraestructuras. Incluye las actuaciones de jardinería de las instalaciones de la EDAR o del tanque de tormentas, así como las actuaciones de restauración de las márgenes del río Manzanares en los puntos de vertido del efluente. Movimiento de tierras, construcción de jardión, pavimentación, red de pluviales y riego, alumbrado, ajardinamiento, equipo y mobiliario	51.000,00	40,00	2.040.000,00
	EDAR Sur	51.000,00		

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
ud	Tratamientos frente a la galeruca del olmo (Galeruca luteola) para la mejora del hábitat del Milano negro. Combinación de tratamientos de control biológico (Bacillus thuringiensis), captura mecánica (trampas de captura) y endoterapia	60,00	60,00	3.600,00
	EDAR Sur	60,00		
ud	Retirada de nido de Cigüeña común (Ciconia ciconia) existente dentro de las instalaciones de la EDAR. Incluye aseguramiento con cesta, descuelgue con grúa	40,00	50,00	2.000,00
	EDAR Sur	40,00		
ud	Montaje de estructura para favorecer nidificación de Cigüeña común (Ciconia ciconia) dentro de las instalaciones de la EDAR	40,00	40,00	1.600,00
	EDAR Sur	40,00		
ud	Trampas y operativo de vigilancia epidemiológica. Instalación durante las obras en la parte de las EDAR que sigan en funcionamiento de trampas y operativos de vigilancia epidemiológica sobre el vector de la leishmaniasis (phlebotomos -Phlebotomus perniciosus-)	1,00	8.000,00	8.000,00
	EDAR Sur	1,00		
ud	Cajas-nido para favorecer la población de quirópteros y avifauna frente a mosquitos y otros vectores	45,00	35,00	1.575,00
	EDAR Sur	45,00		
km	Actuación sobre población de espiga de agua (Potamogeton pectinatus) para reducir hábitat de mosca negra y con ello su presencia	48,00	80,00	3.840,00
	EDAR Sur	48,00		
km	Actuación sobre población de mosca negra con tratamientos con insecticida biológico Bacillus thuringiensis var. israelensis serotipo H-14 (Bti). Dos tratamientos en primavera y dos tratamientos en verano mientras duren las obras	48,00	90,00	4.320,00
	EDAR Sur	48,00		
ud	Ahuyentador de gaviotas por sonidos. Con cambios constantes de frecuencia, duración y el patrón de los sonidos que emiten	10,00	400,00	4.000,00
	EDAR Sur	10,00		
ud	Halcón Espantapájaros para evitar presencia de gaviotas. Incluye un mástil de 5 ó 7 m, que se ancla al suelo. En la parte alta del mástil hay una cometa que simula la forma de un halcón	10,00	100,00	1.000,00
	EDAR Sur	10,00		
m	Barrera de retención de sedimentos para evitar el arrastre de sólidos derivados de la obra al Manzanares u otros cauces próximos	1,00	2,00	2,00
	EDAR Sur	1,00		
ud	Redacción de Proyecto de ejecución de "Aprovechamiento de fuentes de energía renovables" en los edificios e instalaciones de la EDAR. Incluye Memoria, Planos, Pliegos de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y Estudio de Seguridad y Salud Laboral	1,00	15.000,00	15.000,00



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
		EDAR Sur	1,00	
ud	Instalación paneles solares de varias unidades cada uno y los inversores correspondientes y otros equipos necesarios. Incluye porcentaje de tecnología a base de ventanas fotovoltaicas	750,00	2.700,00	2.025.000,00
		EDAR Sur	750,00	
m2	Reposición de daños en vías pecuarias. Incluye equipo básico de limpieza y recogida de basuras en Cañada Real Galiana y retirada de edificaciones abandonadas. No incluye transporte ni gestión de los residuos	12.000,00	0,50	6.000,00
		EDAR Sur	12.000,00	
ha	Prospección arqueológica y/o paleontológica. Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	1,00	1.500,00	1.500,00
		EDAR Sur	1,00	
m3	Excavación arqueológica y/o paleontológica (sondeos, catas, etc). Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	100,00	200,00	20.000,00
		EDAR Sur	100,00	
mes	Seguimiento arqueológico y/o paleontológico. Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	6,00	3.000,00	18.000,00
		EDAR Sur	6,00	
h	Riego a aplicar durante las demoliciones para reducir emisión de polvo que pueda llevar a los barrios colindantes	396,00	1,00	396,00
		EDAR Sur	396,00	
ud	Informe de Situación del Suelo conforme al Real Decreto 9/2005 por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y a la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid. Incluye ejecución de calcatas, ensayos de conductividad e infiltración e instalación de piezómetros	1,00	14.000,00	14.000,00
		EDAR Sur	1,00	
m3	Machaqueo a pie de obra de los RCD de naturaleza pétreo, con medios mecánicos, con capacidad para tratar de 100 a 400 t/h, y carga sobre camión, para obtención de árido reciclado procedente de RCD. Incluye zona de clasificación y acopio	40.000,00	1,00	40.000,00
		EDAR Sur	40.000,00	
ha	Actuaciones derivadas de Proyecto de Mejora de Zona C dentro del ENP PR Sureste. Incluye preparación del suelo, distribución de planta, siembra, plantación, protección de plantaciones y mantenimiento de plantaciones. Y otras actuaciones necesarias para lograr los objetivos de mejora	4,00	8.000,00	32.000,00
		Zona C dentro del ENP	4,00	



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
	Actuaciones derivadas de Proyecto de Reforestación en compensación por superficie forestal ocupada.			
ha	Incluye preparación del suelo, distribución de planta, siembra, plantación, protección de plantaciones y mantenimiento de plantaciones	4,00	8.000,00	32.000,00
	Zona a reforestar	4,00		
TOTAL CAPÍTULO MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS				4.353.273 €



ANEJO Nº12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- PROCEDIMIENTO	2
3.- SUPERFICIES AFECTADAS	2
4.- RELACIÓN DE PARCELAS AFECTADAS	4
APÉNDICES	5
APÉNDICE 1. FICHA DE LAS PARCELAS	6



1.- INTRODUCCIÓN

Para conseguir la definición precisa de los bienes y derechos afectados y poder ocuparlos, se ha desarrollado el presente anejo, en el que se recoge la relación concreta e individualizada de los mencionados bienes y derechos afectados, con la descripción material de los mismos.

Estos se muestran en los planos y cuadros que se adjuntan.

Para la correcta ejecución de las Obras contenidas en el presente proyecto, se definen tres tipos de afectación: la ocupación definitiva, la servidumbre y la Ocupación Temporal.

Ocupación definitiva

Se incluyen en este apartado los terrenos ocupados por la EDAR y sus elementos funcionales.

Servidumbre

Se define como imposición de servidumbre, las correspondientes franjas de terrenos sobre los que es imprescindible imponer una serie de gravámenes, al objeto de limitar el ejercicio del pleno dominio del inmueble.

Las obras definidas en este proyecto no suponen ninguna imposición de servidumbres.

Ocupación temporal

Se definen de este modo aquellas franjas de terrenos que resultan estrictamente necesarios ocupar, para llevar a cabo la correcta ejecución de las obras contenidas en el proyecto y por un espacio de tiempo determinado, generalmente coincidente con el período de finalización de ejecución de las mismas.

Las obras definidas en este proyecto no suponen ninguna imposición de ocupación temporal.

2.- PROCEDIMIENTO

Definido el trazado de la alternativa a proyectar, se ha volcado dicha información sobre los planos parcelarios.

A partir de este momento se han podido identificar las parcelas afectadas, y así poder recopilar toda la información no protegida obtenida de la SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO.

3.- SUPERFICIES AFECTADAS

Se ha determinado que la superficie total afectada corresponde a toda la extensión de la parcela donde se encuentra situada la EDAR Sur y a la parcela colindante aguas abajo de la depuradora.



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Nº ORDEN	AFECCION	Referencia catastral	Localización	Polígono	Parcela	Clase	Uso	Ocupación definitiva (m2)	Servidumbre acueducto (m2)	Ocupación temporal (m2)
1	EDAR SUR	002300100VK46D0001EE	CM CAÑADA REAL DS 17(P); 28909 GETAFE (MADRID)			Rústico	Edif. Singular	365.000		
2	EDAR SUR	28065A009000040000YP	Polígono 9 Parcela 4; TORRECIL. GETAFE (MADRID)	9	4	Rústico	Agrario	7200		



4.- RELACIÓN DE PARCELAS AFECTADAS

En las fichas que se adjunta en el Apéndice nº 1 se recoge toda la información disponible sobre las parcelas, incluyendo:

- Identificación catastral.
- Superficie de ocupación.
- Naturaleza del suelo.
- Uso del suelo.
- Superficie construida



APÉNDICES



APÉNDICE 1. FICHA DE LAS PARCELAS



CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
002300100VK46D0001EE

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

CM CAÑADA REAL DS 17[P]

28909 GETAFE [MADRID]

USO PRINCIPAL

Edif. Singular

AÑO CONSTRUCCIÓN

1970

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

100,00000

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]

104.372

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

CM CAÑADA REAL DS 17[P] DEPURADORA AYT0 MADRID

GETAFE [MADRID]

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]

104.372

SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m²]

364.996

TIPO DE FINCA

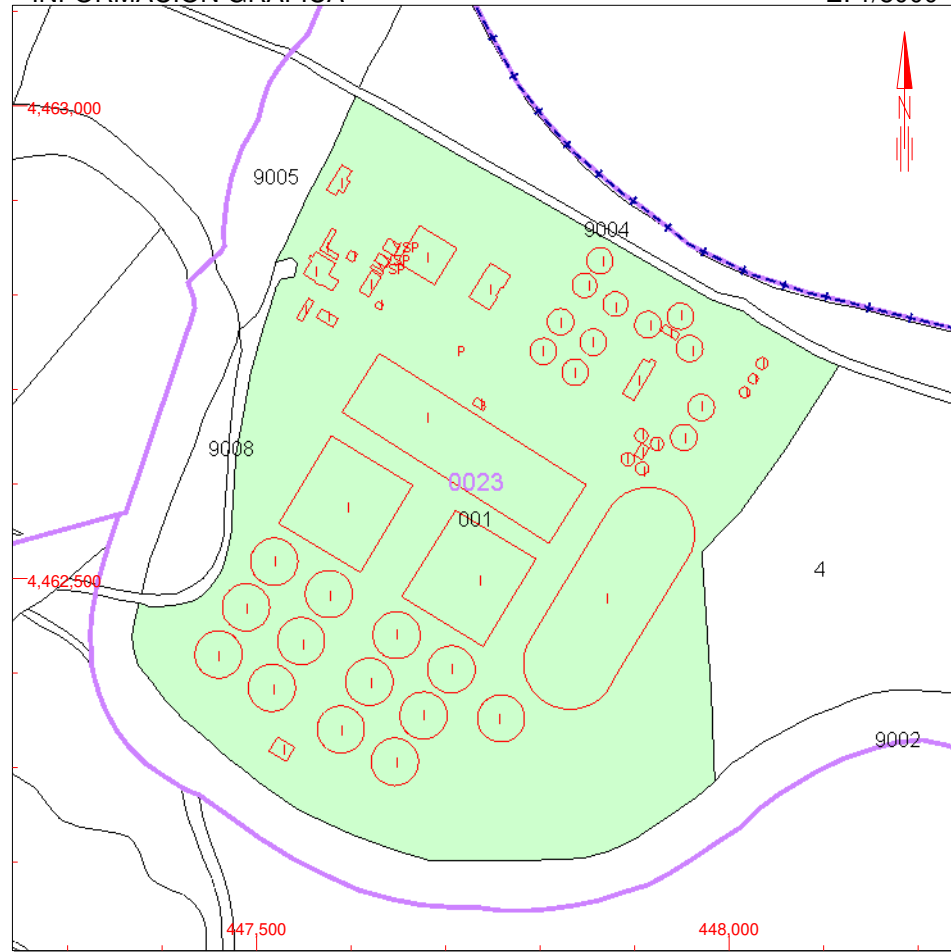
Parcela construida sin división horizontal

CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m ²
AGRARIO	00	00	01	89.271
ALMACEN	00	00	02	14.093
OFICINA	00	00	03	819
SOPORT. 50%	00	00	05	189

INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/8000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 448,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 7 de Mayo de 2020



CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
28065A009000040000YP

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN
Polígono 9 Parcela 4
TORRECIL. GETAFE [MADRID]

USO PRINCIPAL **Agrario** AÑO CONSTRUCCIÓN **--**

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN **100,00000** SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²) **--**

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN
Polígono 9 Parcela 4
TORRECIL. GETAFE [MADRID]

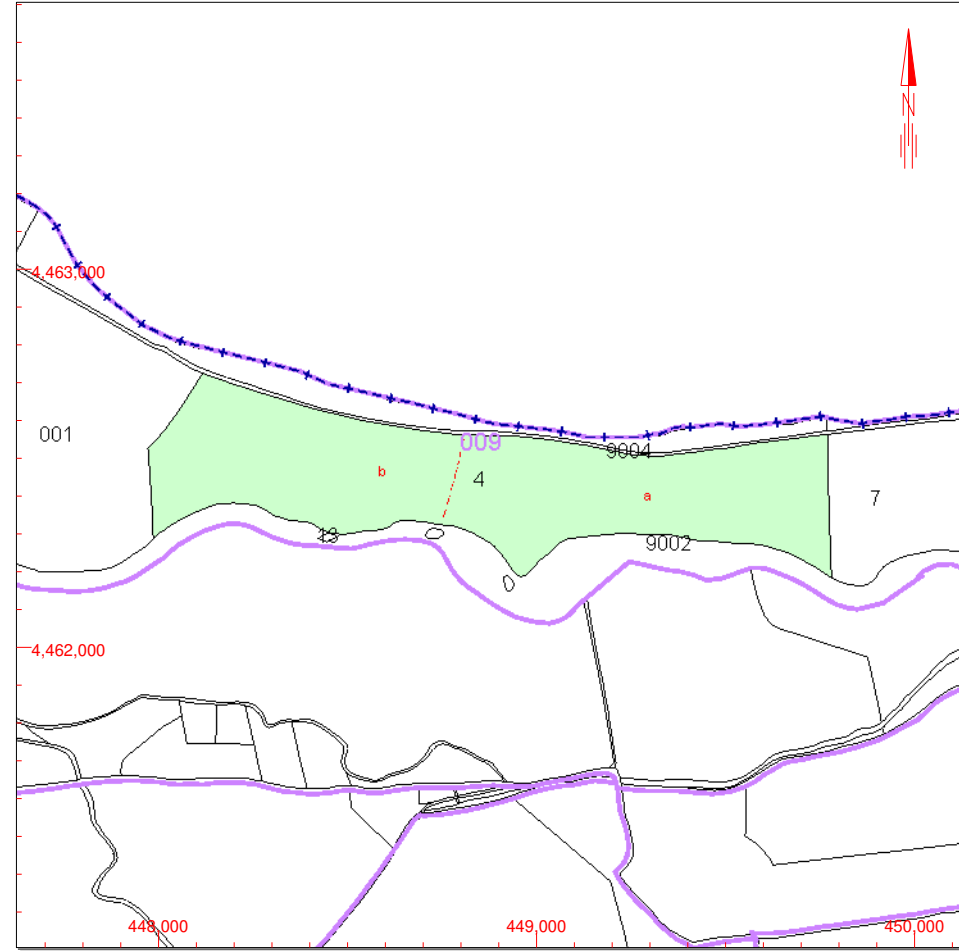
SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²) **--** SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m²) **500.404** TIPO DE FINCA **--**

CULTIVO

Subparcela	CC	Cultivo	IP	Superficie m ²
a	PR	Prado o Praderas de regadío	00	269.873
b	PD	Prados o praderas	00	234.579

INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/20000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 450,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 7 de Mayo de 2020



ANEJO N°13. SERVICIOS AFECTADOS



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Todas las obras incluidas en este estudio informativo se realizan dentro de la propia parcela de la actual EDAR Sur y en una pequeña parte de la parcela colindante aguas abajo donde no se ha detectado la existencia de servicios.

Por ello no se espera la afección a ningún servicio propietario de un tercero.



ANEJO Nº14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	2
2.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	3
2.2.- GENERALIDADES.....	4
2.3.- CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS.....	4
2.4.- RELACIÓN DE RESIDUOS QUE POTENCIALMENTE SE GENERARÁN EN LA OBRA	4
2.5.- ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR.....	6
2.6.- GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	8
2.6.1.- Prevención de generar residuos	8
2.6.2.- Evitar la construcción de construcciones temporales in situ.....	8
2.6.3.- Gestión de los residuos generados.....	8
2.7.- MEDIDAS DE SEGREGACIÓN Y CLASIFICACIÓN IN SITU PREVISTAS EN OBRA	10
2.8.- MEDIDAS A ADOPTAR PARA LA PREVENCIÓN DE RCD.....	10
2.9.- PLANO DE ACOPIO E INSTALACIONES PREVISTAS	12
2.10.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EL CONTRATISTA... 14	
2.10.1.- Para el poseedor de los residuos en obra (art. 5-RD 105/2008)	14
2.10.2.- Condiciones de carácter particular.....	16
2.11.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO.....	18
3.- LISTADO DE GESTORES AUTORIZADOS	20



1.- INTRODUCCIÓN

Por gestión de residuos se entiende la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los mismos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

En consecuencia, el estudio de gestión de residuos se estructura según las etapas y objetivos siguientes:

En primer lugar, se identifican los materiales presentes en obra y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra. Esta clasificación se toma con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 y sus modificaciones posteriores.

Para cada tipo específico de residuo generado se hace una estimación de su cantidad. En esta fase conviene también tener en consideración datos provenientes de la experiencia acumulada en obras previas por la empresa constructora, según su propia forma de trabajar y los medios auxiliares de que se sirven.

A continuación se definen los agentes intervinientes en el proceso, tanto los responsables de obra en materia de gestión de residuos como los gestores externos a la misma que intervendrán en las operaciones de reutilización secundaria.

Finalmente se definen las operaciones de gestión necesarias para cada tipo de residuo generado, en función de su origen, peligrosidad y posible destino

Estas operaciones comprenden fundamentalmente las siguientes fases: recogida selectiva de residuos generados, reducción de los mismos, operaciones de segregación y separación en la misma obra, almacenamiento, entrega y transporte a gestor autorizado, posibles tratamientos posteriores de valorización y vertido controlado.

Al final de este estudio se incluye un presupuesto o valoración del coste de gestión previsto - alquiler de contenedores, costes de transporte, tasas y cánones de vertido aplicables, así como los de la gestión misma.

En definitiva, el objeto del presente estudio es determinar qué residuos se generan, quién es el responsable de ellos en cada momento y qué se hace con lo generado.

2.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

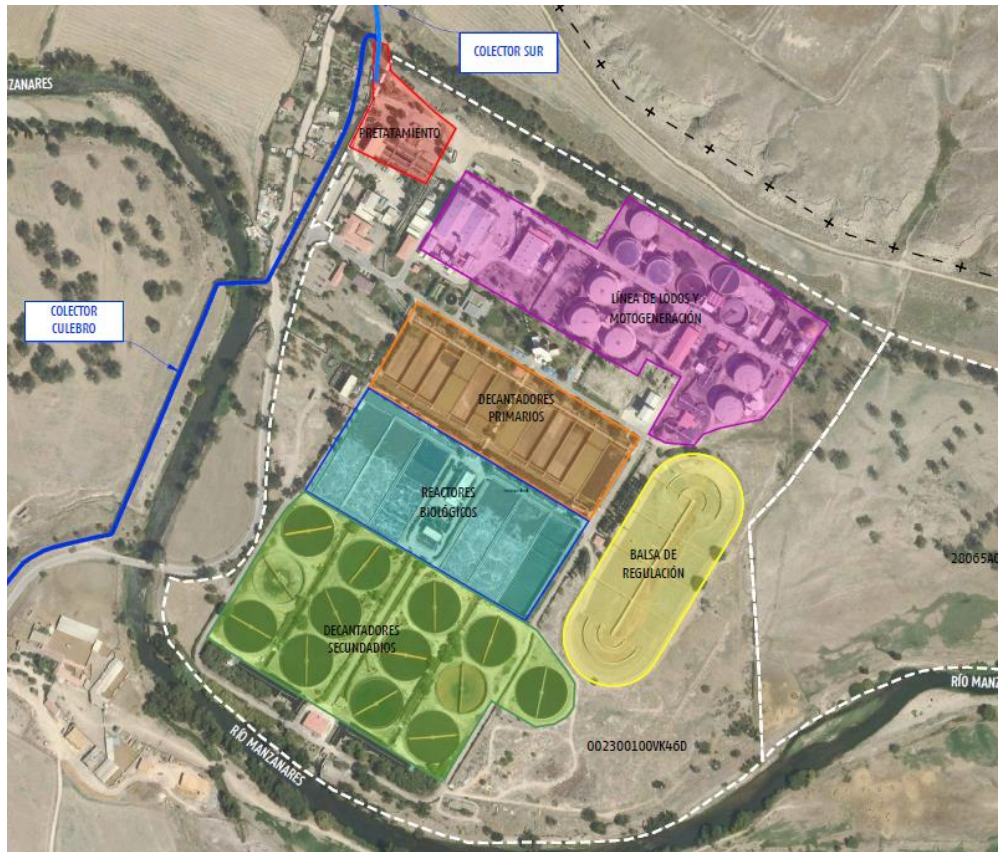
De acuerdo con el RD 105/2008, se presenta el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, conforme a lo dispuesto en el art. 4, con el siguiente contenido:

- 1.- Estimación de los residuos que se van a generar (según Orden MAM/304/2002).
- 2.- Gestión de los residuos de construcción y demolición.
- 3.- Medidas para la segregación y clasificación in situ previstas en obra.
- 4.- Plano de acopios e instalaciones previstas.
- 5.- Prescripciones al contratista.
- 6.- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCD.

2.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Se hace en este apartado una estimación de los residuos que se van a generar, con identificación de los mismos, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos (LER) publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero.

Para poder ejecutar las obras de renovación de la estación depuradora de aguas residuales será necesario ejecutar previamente la demolición de las siguientes instalaciones y edificaciones existentes:



Demolición de la obra civil y Retirada por gestor autorizado de residuos metálicos, plásticos y RTP de los siguientes equipamientos:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento biológico
- Decantación secundaria
- Línea de fangos
- Línea de gas
- Otros

Levantado y retirada de parte del pavimento existente



2.2.- GENERALIDADES

Se tendrán en cuenta a la hora de evaluar la generación de residuos, la demolición de edificaciones existentes, los movimientos de tierras necesarios para la ejecución de la obra y los residuos que se generarán durante la ejecución de la obra.

Es necesario identificar los trabajos previstos en la obra y las demoliciones con el fin de contemplar el tipo y el volumen de residuos que se producirán, organizar los contenedores y/o acopios e ir adaptando esas decisiones a medida que avanza la ejecución de los trabajos.

Se deberá planificar en cada fase de la obra la manera adecuada de gestionar los residuos, decidiendo su tratamiento antes de generar dichos residuos.

2.3.- CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS

RCDs de Nivel I.- Residuos generados resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de las obras. Tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

RCDs de Nivel II.- Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la edificación y de la implantación de servicios (abastecimiento, saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

La inclusión de un material en la lista no significa, sin embargo, que dicho material sea un residuo en todas las circunstancias. Un material sólo se considera residuo cuando se ajusta a la definición de residuo de la Ley 22/2011, de 28 de julio, es decir, cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor.

2.4.- RELACIÓN DE RESIDUOS QUE POTENCIALMENTE SE GENERARÁN EN LA OBRA

Según Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

A.1.: RCDs Nivel I		
TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN		
x	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

A.2.: RCDs Nivel II		
	RCD: Naturaleza no pétreo	
	1. Asfalto	
x	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
	2. Madera	
x	17 02 01	Madera
	3. Metales	
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
x	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 06	Metales mezclados
x	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
	4. Papel	
x	20 01 01	Papel
	5. Plástico	
x	17 02 03	Plástico
	6. Vidrio	
x	17 02 02	Vidrio
	7. Yeso	
x	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01
A.2.: RCDs Nivel II		
	RCD: Naturaleza pétreo	
	1. Arena Grava y otros áridos	
x	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
	2. Hormigón	
x	17 01 01	Hormigón
	3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	
x	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
x	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.
	4. Piedra	
x	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03
A.2.: RCDs Nivel II		
	RCD: Potencialmente peligrosos y otros	
	1. Basuras	
x	20 02 01	Residuos biodegradables
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
A.2.: RCDs Nivel II		
	2. Potencialmente peligrosos y otros	
	17 01 06	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas



	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
x	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
x	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
x	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
x	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
x	16 06 03	Pilas botón
x	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
x	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
x	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
x	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
x	15 01 11	Aerosoles vacíos
	16 06 01	Baterías de plomo
x	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03

2.5.- ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

Para la estimación de los residuos a generar, se tendrán en cuenta tanto los residuos generados por las demoliciones y edificación, así como los residuos que se generan durante la ejecución de la propia obra.

En ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos basados en la experiencia en este tipo de obras, de forma que se considera que el volumen de residuos generados será de 0,02 m³ por cada m² de obra a ejecutar, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 t/m³.

	Nueva Obra	
Superficie Construida total	434.996	m ²
Volumen de residuos (S x 0,02 obra nueva)	8.700	m ³
Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 T/m³)	0,90	t/m ³
Toneladas de residuos	7.830	t

Estimación de volumen de tierras

En base a los valores del movimiento de tierras previstos la estimación de tierras excedentarias es de 49015 m³, que se llevarán a vertedero:

Estimación de volumen de tierras procedentes de la excavación		
Tierras no reutilizables	40846	m ³
Total (con coef de paso 1,2)	49015	m ³

RCDs Nivel I			
	t	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (t/m³) (0,5-1,5)	m³ Volumen de Residuos
1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN			
Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto	53917	1,1	49015

RCDs Nivel II							
	%	t	d (t/m ³)	Volumen (m ³)		VOLUMEN TOTAL (m ³)	TONELADAS TOTALES
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso estimado	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	Residuos por superficie de obra a ejecutar	Residuos procedentes de demoliciones	m ³ volumen total de residuos generados	Toneladas totales de residuos generados
RCD: Naturaleza no pétreo							
1. Mezclas bituminosas	3	245.70	1.3	180,69	806,67	987,36	1.283,57
2. Madera	6	491.40	0.6	782,99	3.495,58	4278,57	2.567,14
3. Metales	9	737.09	1.5	469,80	4.651,43	5121,23	7.681,84
4. Papel	10	818.99	0.9	869,99	3.883,97	4753,97	4.278,57
5. Plástico	20	1,637.99	0.9	1.739,98	47.867,07	49607,05	44.646,35
6. Vidrio	0.5	40.95	1.5	26,10	116,52	142,62	213,93
7. Yeso	0.5	40.95	1.2	32,62	145,65	178,27	213,93
TOTAL estimación	49	4,013.06		4.102,18	60.966,89	65069,07	60.885,32
RCD: Naturaleza pétreo							
1. Arena, grava y otros áridos	13	1,064.69	1.5	678,59	3.029,50	3708,09	5.562,14
2. Hormigón	15	1,228.49	1.5	782,99	200.495,62	201278,61	301.917,91
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	3	245.70	1.5	156,60	40.798,24	40954,84	61.432,26
4. Piedra	11	1,000.99	1.5	574,19	2.563,42	3137,62	4.706,43
TOTAL estimación	42	3,539.87		2.192,38	246.886,78	249079,16	373.618,73
RCD: Potencialmente peligrosos y otros							
1. Basuras	6	491.40	0.9	522,00	2.330,38	2852,38	2.567,14



2. Potencialmente peligrosos y otros	3	245.70	0.5	469,80	2.097,35	2567,14	1.283,57
TOTAL estimación	9	737.09		991,79	4.427,73	5419,52	3.850,71

2.6.- GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

2.6.1.- Prevención de generar residuos

Se deberá evitar, en la medida de lo posible, la generación de residuos, de forma que se facilite la protección del medio ambiente, entendiéndose como una medida global que minimice los impactos de una obra de estas características.

2.6.2.- Evitar la construcción de construcciones temporales in situ

Se recomienda la utilización de elementos prefabricados y reutilizables para las instalaciones auxiliares y construcciones asociadas, evitando construcciones in situ que se deban incorporar, a la finalización de las obras, a los residuos de demolición a revalorizar.

2.6.3.- Gestión de los residuos generados

El proceso de valoración de residuos generados en la obra implica la estimación de volúmenes, las pautas para la recogida, almacenamientos y separación en caso necesario y el traslado por gestores autorizados.

A continuación se incluye una tabla en la que se muestra una relación de los residuos que se puedan generar en una obra, así como el tratamiento y destino a que se deberán someter cada uno de ellos.

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán, en todo caso, autorizadas por la Consejería competente para la gestión de residuos no peligrosos.

1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN		Tratamiento	Destino	Cantidad (m ³)
17.05.04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17.05.03	Sin tratamiento específico	Gestor autorizado	49.015,44
RCD: Naturaleza no pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad (m ³)
1. Asfalto				
17.03.02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17.03.01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	987,36
2. Madera				
17.02.01	Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNP	4.278,57
3. Metales				
17.04.05	Hierro y acero	Reciclado	Gestor autorizado RNP	5.121,23
4. Papel				
20.01.01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNP	4.753,97
5. Plástico				



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

17.02.03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	49.607,05
6. Vidrio				
17.02.02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	142,62
7. Yeso				
17.08.02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	178,27

RCD: Naturaleza pétreo		Tratamiento	Destino	
1. Arena, grava y otros áridos				
01.04.08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01.04.07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	3.708,09
2. Hormigón				
17.01.01	Hormigón	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RCD	201.278,61
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos				
17.01.02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	40.954,84
17.01.03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	
17.01.07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17.01.06	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RCD	
4. Piedra				
17.09.04	RCDs mezclados distintos a los de los códigos 17.09.01, 02 y 03	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	3.137,62

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		Tratamiento	Destino	Cantidad (m ³)
1. Basuras				
20.02.01	Residuos biodegradables	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU	2.852,38
20.03.01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU	
2. Potencialmente peligrosos y otros				
15.02.02	Absorbentes contaminados (trapos,...)	Depósito/ tratamiento	Gestor autorizado RPs	2.567,14
13.02.05	Aceites usados, (minerales no clorados de motor,...)	Depósito/ tratamiento		
16.06.04	Pilas alcalinas y salinas	Depósito/ tratamiento		
16.06.03	Pilas botón	Depósito/ tratamiento		
15.01.10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	Depósito/ tratamiento		
08.01.11	Sobrantes de pinturas o barnices	Depósito/ tratamiento		
14.06.03	Sobrantes de disolventes no halogenados	Depósito/ tratamiento		
07.07.01	Sobrantes de desencofrantes	Depósito/ tratamiento		

15.01.11	Aerosoles vacíos	Depósito/ tratamiento		
13.07.03	Hidrocarburos con agua	Depósito/ tratamiento		

2.7.- MEDIDAS DE SEGREGACIÓN Y CLASIFICACIÓN IN SITU PREVISTAS EN OBRA

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Madera	1 t
Metal	2 t
Papel y cartón	0,5 t
Plástico	0,5t
Vidrio	1 t
Hormigón	80 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	40 t

RCDs NIVEL II		Hay que separar
TONELADAS TOTALES		
Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	Toneladas totales de Residuos generados	
RCD: Naturaleza no pétreo		
Madera	2567,14	SI
Metales	7681,84	SI
Papel	4278,57	SI
Plástico	44646,35	SI
Vidrio	213,93	SI
RCD: Naturaleza pétreo		
Hormigón	301917,91	SI
Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	61432,26	SI

Como se puede observar en la tabla, se deberán separar en fracciones todos los distintos tipos de RCD.

2.8.- MEDIDAS A ADOPTAR PARA LA PREVENCIÓN DE RCD

Para mejorar la gestión de residuos de tierras

- Se incorporan al terreno de la propia obra
- Se depositan en predios cercanos o vecinos, con autorización del propietario

Para gestionar correctamente los escombros minerales o vegetales

- Los escombros vegetales se acopian en terreno con pendiente < 2%
- Los escombros vegetales se acopian a > 100 m de curso de agua



- Se planifica la demolición para poder clasificar los escombros
- Se reciclan los escombros
- Se planifica el desbroce eliminando las especies de mayor a menor tamaño
- Se conservan las ramas pequeñas y las hojas sobrantes para revegetar
- Escombros vegetales se trasladan a planta de compostaje

Para gestionar correctamente los residuos de chatarra

- Los acopios de chatarra férrica o de plomo no vierten escorrentías a cauce público
- Se acopian separadamente y se reciclan

Para gestionar correctamente los residuos de madera

- Se acopian separadamente y se reciclan, reutilizan o llevan a vertedero autorizado
- Los acopios de madera están protegidos de golpes o daños

Para gestionar correctamente los residuos de aceites minerales y sintéticos

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA
- Se recogen en envases sólidos y resistentes, sin defectos estructurales ni fugas
- Se depositan en bidones, que se trasladan cerrados desde el taller hasta el almacén
- Se almacenan en cisterna de 3.000 l reconocible y con letrero etiquetado
- Se almacenan evitando mezclas con agua, con residuos oleaginosos, o con policlorofenilos, u otros RP
- Se avisa al GA cuando la cisterna está $\frac{3}{4}$ llena, o a los cinco meses de almacenamiento
- Se evitan vertidos en cauces o en alcantarillado
- Se evitan depósitos en el suelo
- Se evitan tratamientos que afecten a la atmósfera
- Se inscriben en la Hoja de control interno de RP
- Se reduce la cantidad generada reduciendo la frecuencia de cambio de aceite
- Se reduce la cantidad generada manteniendo las máquinas en buen estado
- Se reduce la cantidad generada usando las máquinas en su rango de mayor eficiencia

Para gestionar correctamente los residuos de fluorescentes o mercuroluminiscentes

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA
- Se evita su rotura
- Se almacenan en envases dedicados
- Se reduce su número por aumento de la vida útil mediante:
 - Buen mantenimiento
 - Uso en el rango de mayor eficiencia
 - Mejora tecnológica

Para gestionar correctamente los residuos con amianto

- Los materiales con amianto se retiran al principio de las operaciones

- Se desmontan como se montaron, sin brusquedades
- Se desatornillan las placas de amiantocemento y se retiran suspendiéndolas de eslingas a una grúa
- Se toman precauciones en operaciones con golpes, roturas, taladros, corte y uso de instrumental mecánico
- Los operarios utilizan mascarilla filtrante para partículas, y guantes de protección química
- Los operarios utilizan una plataforma elevada para desmontar placas de cubierta
- Se envasan los RP con amianto en sacos de 2 capas de polipropileno etiquetados y herméticos
- Se envasan los RP con amianto en el lugar en que se producen, antes de trasladarlos al almacén de RP
- Se prepara un plan de actuación antes de comenzar los trabajos

Para gestionar correctamente los residuos de baterías y acumuladores

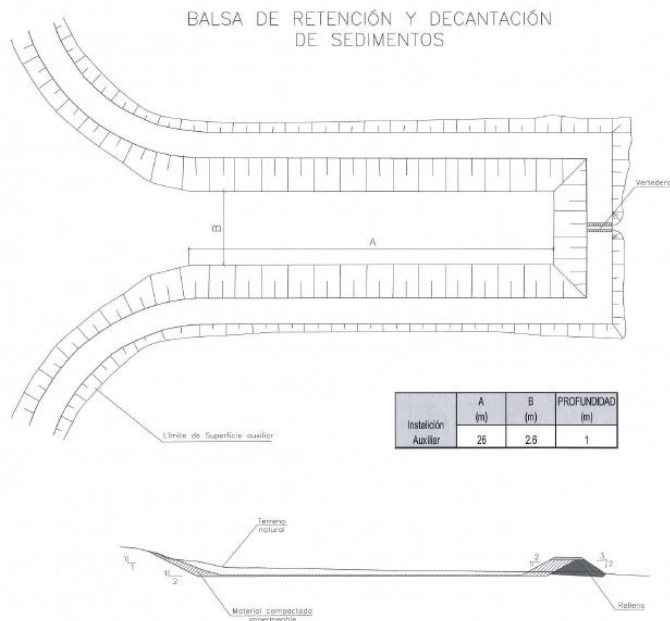
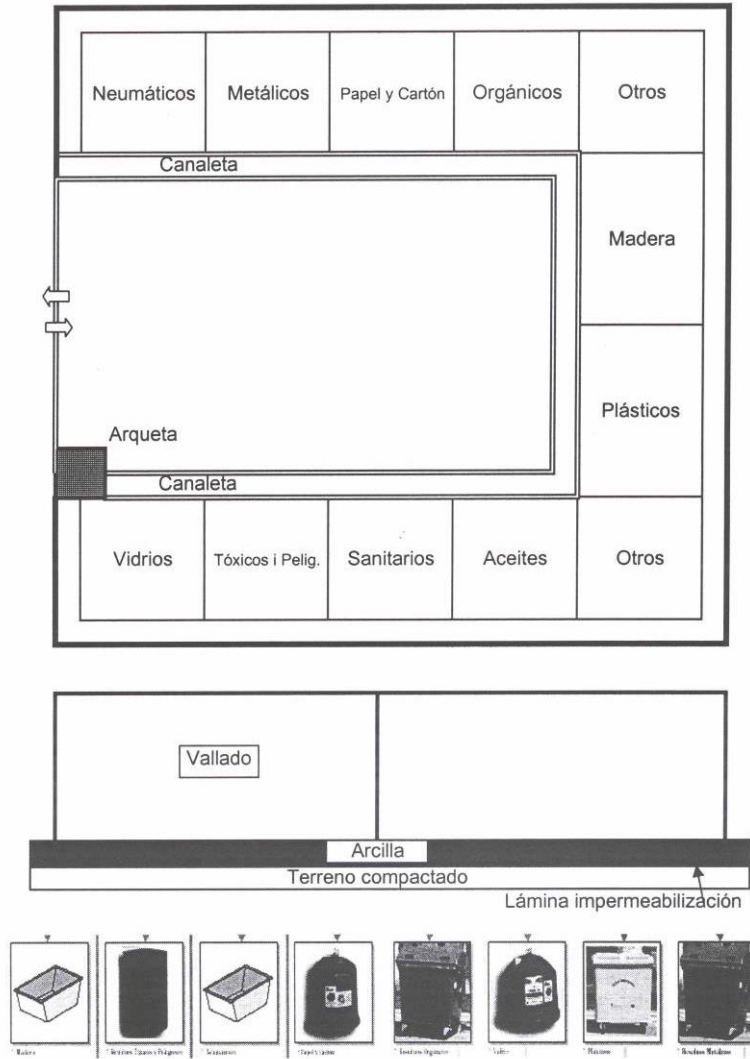
- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA
- Se evita su rotura
- Se almacenan en envases dedicados

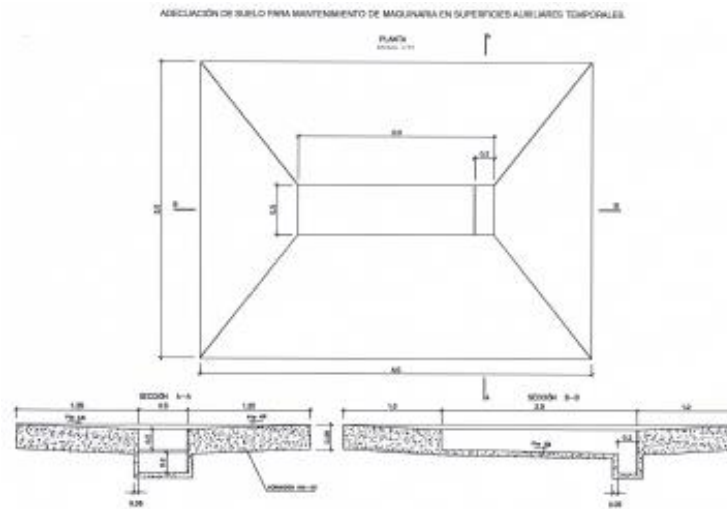
2.9.- PLANO DE ACOPIO E INSTALACIONES PREVISTAS

Se presenta en este apartado un croquis con las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de demolición dentro de la obra.

Un esquema básico de las instalaciones puede ser el siguiente:







Estas instalaciones podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

Otras instalaciones:

- Bajantes de escombros
- Acopios y / o contenedores de los distintos tipos de RD (tierras, pétreos, maderas, plásticos, metales, vidrios, cartones...)
- Zonas o contenedor para lavado de canaletas / cubetos de hormigón
- Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos
- Contenedores para residuos urbanos
- Ubicación de planta móvil de reciclaje “in situ”
- Ubicación de materiales reciclados como áridos, materiales cerámicos o tierras a reutilizar

2.10.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EL CONTRATISTA

2.10.1.- Para el poseedor de los residuos en obra (art. 5-RD 105/2008)

La figura del poseedor de los residuos en la obra es fundamental para una eficaz gestión de los mismos, puesto que está a su alcance tomar las decisiones para la mejor gestión de los residuos y las medidas preventivas para minimizar y reducir los residuos que se originan.

En síntesis, los principios que debe observar son los siguientes:

- Presentar ante el promotor un Plan que refleje cómo llevará a cabo esta gestión, si decide asumirla él mismo, o en su defecto, si no es así, estará obligado a entregarlos a un Gestor de Residuos acreditándolo fehacientemente. Si se los entrega a un intermediario que únicamente ejerza funciones de recogida para entregarlos posteriormente a un Gestor, debe igualmente poder acreditar quien es el Gestor final de estos residuos.



- Este Plan, debe ser aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por la Propiedad, pasando entonces a ser otro documento contractual de la obra.
- Mientras se encuentren los residuos en su poder, los debe mantener en condiciones de higiene y seguridad, así como evitar la mezcla de las distintas fracciones ya seleccionadas, si esta selección hubiere sido necesaria, pues además establece el articulado a partir de qué valores se ha de proceder a esta clasificación de forma individualizada.

Esta clasificación, que es obligatoria una vez se han sobrepasado determinados valores conforme al material de residuo que sea, puede ser dispensada por la Consejería de forma excepcional.

Ya en su momento, la Ley 10/1998 de 21 de Abril, de Residuos, en su artículo 14, mencionaba la posibilidad de eximir de la exigencia a determinadas actividades que pudieran realizar esta valorización o de la eliminación de estos residuos no peligrosos en los centros de producción, siempre que las autonomías dictaran normas generales sobre cada tipo de actividad, en las que se fijen los tipos y cantidades de residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada.

Si él no pudiera por falta de espacio, debe obtener igualmente por parte del Gestor final, un documento que acredite que él lo ha realizado en lugar del Poseedor de los residuos.

- Debe sufragar los costes de gestión, y entregar al Productor (Promotor), los certificados y demás documentación acreditativa.
- En todo momento cumplirá las normas y órdenes dictadas.
- Todo el personal de la obra, del cual es el responsable, conocerá sus obligaciones acerca de la manipulación de los residuos de obra.
- Es necesario disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.
- Las iniciativas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos en la obra han de ser coordinadas debidamente.
- Animar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos.
- Facilitar la difusión, entre todo el personal de la obra, de las iniciativas e ideas que surgen en la propia obra para la mejor gestión de los residuos.
- Informar a los técnicos redactores del proyecto acerca de las posibilidades de aplicación de los residuos en la propia obra o en otra.
- Debe seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.
- Los contenedores deben estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores obra conozcan dónde deben depositar los residuos.
- Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares.

El personal de la obra es responsable de cumplir correctamente todas aquellas órdenes y normas que el responsable de la gestión de los residuos disponga. Pero, además, se



puede servir de su experiencia práctica en la aplicación de esas prescripciones para mejorarlas o proponer otras nuevas.

Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible.
- Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.
- Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.

Gestión de residuos de construcción y demolición

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.

Certificación de los medios empleados

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Consejería.

Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

2.10.2.- Condiciones de carácter particular

Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes.

Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...).



Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan.

El depósito temporal de los escombros en acopios deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.

Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.

En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.

La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.

Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería que tenga atribuciones para ello, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente.

Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.

La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirá conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales.

Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.

Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.

Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.

Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.

2.11.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO

A continuación se calcula el coste previsto para la gestión de residuos:

TIPOLOGÍA RCD		Estimación (m ³)	Precio gestión en Planta/ Vertedero/ Cantera/ Gestor (€/m ³)	Importe (€)
A.1.: RCDs Nivel I				
1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN				
17.05.04	Tierras y piedras distintas a las del código 17.03.01	49.015,44	2	98.030,88
A.2.: RCDs Nivel II				
RCD: Naturaleza no pétreo				
1. Asfalto				
17.03.02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17.03.01	987,36	10,5	10.367,30
2. Madera				
17.02.01	Madera	4.278,57	5	21.392,84
3. Metales				
17.04.05	Hierro y acero	5.121,23	10	51.212,26
4. Papel				
20.01.01	Papel	4.753,97	4	19.015,86
5. Plástico				
17.02.03	Plástico	49.607,05	4	198.428,22
6. Vidrio				
17.02.02	Vidrio	142,62	4	570,48
7. Yeso				
17.08.02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17.08.01	178,27	4	713,09
RCD: Naturaleza pétreo				
1. Arena, grava y otros áridos				
01.04.08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01.04.07	3.708,09	8	29.664,74
2. Hormigón				
17.01.01	Hormigón	201.278,61	10	2.012.786,08
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos				
17.01.02	Ladrillos	40.954,84	8	327.638,69
17.01.03	Tejas y materiales cerámicos			
17.01.07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintos a			



	los especificados en el código 17.01.06			
4. Piedra				
17.09.04	RCDs mezclados distintos a los de los códigos 17.09.01, 02 y 03	3.137,62	9	28.238,55
RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
1. Basuras				
20.02.01	Residuos biodegradables	2.852,38	9	25.671,41
20.03.01	Mezcla de residuos municipales			
2. Potencialmente peligrosos y otros				
15.02.02	Absorbentes contaminados (trapos...)	2.567,14	17	43.641,40
13.02.05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)			
16.06.04	Pilas alcalinas y salinas			
16.06.03	Pilas botón			
15.01.10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado			
08.01.11	Sobrantes de pinturas o barnices			
14.06.03	Sobrantes de disolventes no halogenados			
07.07.01	Sobrantes de desencofrantes			
15.01.11	Aerosoles vacíos			
13.07.03	Hidrocarburos con agua			
Otros conceptos				
	Ud Almacén de residuos peligrosos	2	2.500,00	5.000,00
	Mes coste de alquiler de contenedor de residuos no inertes	12	78.76	945.12
	Mes coste de alquiler de contenedor de plásticos	12	78.76	945.12
TOTAL PRESUPUESTO GESTIÓN DE RESIDUOS				2.874.262,06



3.- LISTADO DE GESTORES AUTORIZADOS

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A. CARRETERA POVEDA A VELILLA SAN ANTONIO, Km. 1400 28500 Arganda del Rey - Madrid	A81940371 2800008663	918700791 918700462	13G04A1400019164X VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
CCR LAS MULAS, S.L. CAMINO MULA, S/N 28945 Fuenlabrada - Madrid	B84550995 2800024977	B84550995 2800024977	B84550995/MD/21/07122 VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RCD Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS INERTES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
COMUNIDAD DE MADRID - MEDIO AMBIENTE CARRETERA DE VALDILECHA, Km. 4,5 28500 Arganda del Rey - Madrid	S2800192C 2800034507	918704699	13G04A1400025270K VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
CONTENEDORES NIDO, S.L. AVENIDA DE LA FRONTERA, 2 28990 Torrejón de Velasco - Madrid	B82321811 2800099741	603503008	13G04A1400021873M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"
CONTRA, S.A. AVENIDA DE LA INDUSTRIA, 2 28970 Humanes de Madrid - Madrid	A78949856 2800018711	916900113 916901444	13G05A1400005967S CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
"DERSA RECICLAJE Y GESTIÓN, S.L. CALLE DE LA LAGUNA DEL MARQUESADO, 16 28021 Madrid"	B83416263 2800028354	917230265 917230266	"13G04A1400008834F VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
"HERMANOS SANJUÁN, S.A. CARRETERA M-616 (ALCOBENDAS), Km. 6,7 28049 Madrid"	A79203154 2800029714	917353395	13G04A1400019021M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"
MACOTRAN, S.L. CARRETERA VILLAVERDE A VALLECAS, 277 28031 Madrid	B78507472 2800021934	913453180 913455715	13G05A1400019979C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RIFER, S.L. LUGAR POL IND LOS OLIVOS, NAVE, 12 28950 Moraleja de Enmedio - Madrid	B81934952 2800073591	916005104	13G05A1400007693Q ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
MATERIALES Y AZULEJOS PETRI, S.L. CALLE DEL PUERTO DE USED, 22 28031 Madrid	B81615015 2800028754	620912969	13G05A1400015804P ALMACENAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
NORTOBRAMA, SL CARRETERA M856 VILLAVICIOSA MÓSTOLES, Km. 2,2 28670 Villaviciosa de Odón - Madrid	B86329448 2800085715	916659283 916657764	13G04A1400019826M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
"RECICLAJE Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SLU (REYCLAR) CALLE DE LOS EMBAJADORES, 458 28053 Madrid"	B84288208 2800068304	917866175	13G05A1400011676C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
RECICLAJES EN OBRA, S.L. "POLÍGONO 5, PARCELA, 14 28032 Madrid"	B84010198 2800064596	917425577 913203773	13G04A1400015196K "VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II."



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR SUR

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
SAINT GOBAIN DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN, S.L. AVENIDA DE AMÉRICA, 32 28922 Alcorcón - Madrid	B82706136 2800027363	916211400 916211410	13G05A1400009775M ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
SAINT GOBAIN DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN, S.L. CALLE DE LA FUNDICIÓN, 6 28529 Rivas-Vaciamadrid - Madrid	B82706136 2800062202	914854000 914854010	13G05A1400007414J ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
SAINT-GOBAIN PLACO IBÉRICA, S.A. CARRETERA M506- KM, Km. 36,7 28330 San Martín de la Vega - Madrid	A50021518 2800068012	918087200 914057671	13G04A1400019675S VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
SALMEDINA TRATAMIENTOS DE RESIDUOS INERTES," S.L. CAMINO ACEITEROS, 101 28052 Madrid"	B82899550 2800021215	912121050 912121099	13G04A1400013482D "VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS INERTES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN."
SELECCIÓN Y RECICLADO, S.L. CALLE DE CARPINTEROS, 9 28939 Arroyomolinos - Madrid	B84121086 2800027199	629200472 916165569	13G04A1400005899Q VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
SUMINISTROS RUFINO NAVARRO, S.L. CALLE AZUFRE, 2 28850 Torrejón de Ardoz - Madrid	B80175813 2800072675	916566007 916562191	13G05A1400007030C ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
TECNOLOGÍA Y RECICLADO, S.L. (TEC-REC, S.L.) "CARRETERA VALDEMINGOMEZ, Km. 0,7 28051 Madrid"	B83128454 2800015396	913326508 916522781	13G04A1400000859J VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
TRANSPORTE Y CLASIFICACIÓN DE RCD, S.L. "CAMINO DE LA LEÑA, 12 SUBPARCELA 14 28031 Madrid"	B84041920 2800031429	916524173 916238005	13G05A1400019721S CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
TRYOB OBRAS Y SERVICIOS, S.L. CALLE DE LOS CALABOZOS, 4-6 28108 Alcobendas - Madrid	B84952985 2800065178	902100695 915079595	13G05A1400020600C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN