

DOCUMENTO:

Anejo nº 17. Justificación de procedimientos constructivos

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN..... 5

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA..... 5

2.1 ACTUACIÓN Nº 1. Instalaciones generales y trabajos preliminares..... 5

2.2 ACTUACIÓN Nº 2. Línea de media tensión y abastecimiento..... 12

2.3 ACTUACIÓN Nº 3. Movimiento de tierras..... 12

2.4 ACTUACIÓN Nº 4. Estructuras..... 12

2.5 ACTUACIÓN Nº 5. Edificaciones..... 13

2.6 ACTUACIÓN Nº 6. Equipos..... 13

2.7 ACTUACIÓN Nº 7. Instalaciones eléctricas y sistemas de control..... 14

2.8 ACTUACIÓN Nº 8: Urbanización, alumbrado, integración paisajística, remates, etc.14

2.9 ACTUACIÓN Nº 9: Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha de la EDAR..... 14

3 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PRINCIPALES..... 14

3.1 Permisos y Autorizaciones..... 14

3.2 Canalizaciones de abastecimiento y energía eléctrica..... 15

3.3 Movimiento de Tierras..... 15

3.4 Redes de tuberías y servicios..... 15

3.5 Depósitos de hormigón armado y edificaciones. Encofrado, acero para armar y hormigón en estructuras (hormigón estructural y edificación)..... 15

3.6 Equipos electromecánicos..... 15

3.7 Principales procesos constructivos..... 16

3.7.1 Excavaciones..... 16

3.7.2 Rellenos..... 19

3.7.3 Redes de tuberías y servicios..... 20

3.7.4 Encofrados, acero y hormigón en estructuras (Hormigón estructural)..... 26

3.7.5 Edificios..... 29

3.7.6 Tratamientos superficiales continuos..... 30

3.7.7 Extendido y compactación de bases granulares..... 30

3.7.8 Zahorra artificial..... 30

3.7.9 Riego de adherencia..... 30

3.7.10 Extendido mezclas bituminosas..... 31

3.7.11 Instalación de equipos electromecánicos..... 32

1 INTRODUCCIÓN.

En el presente Anejo se recoge una descripción de las actividades principales consideradas para la ejecución de los trabajos y la selección de los principales procesos constructivos considerados para ejecutar la obra, los que denominaremos como procedimientos constructivos críticos.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

La totalidad de las actividades que conforman el Proyecto han sido analizadas para definir una sistemática de ejecución en cada caso y diseñar así los equipos base que la deben acometer, tanto desde el punto de vista material como humano.

A continuación, se agrupa el alcance de los trabajos en actividades de alto nivel y se plantea una secuencia lógica de ejecución que, en todo caso, puede verse alterada de acuerdo con los criterios de la dirección facultativa de las obras y los desarrollos de diseño de la empresa constructora adjudicataria.

2.1 ACTUACIÓN N° 1. Instalaciones generales y trabajos preliminares.

Una vez firmada el acta de replanteo comienza a contar el plazo de ejecución de las obras comenzado así los trabajos de construcción de la nueva EDAR.

Como primer trabajo se realizará la delimitación de la zona de obras, y se señalizará convenientemente los lugares de cruce de camiones en las carreteras aledañas.

Los trabajos de topografía y replanteo general comenzarán una vez definidos los equipos de trabajo y los puntos de inicio de las obras, conforme con el programa de obras.

Se llevará a cabo la implantación en la zona de las instalaciones generales de obra. Para ello previamente será necesario señalar el camino existente de acceso a la parcela de la nueva EDAR.

El área necesaria para las **instalaciones generales** será aproximadamente de 500 m² de superficie, entre las **instalaciones auxiliares** y las **zonas de acopios**. En la parcela prevista existe terreno suficiente para estas instalaciones provisionales.

Zonas de acopios. Para realizar los acopios que resulten necesarios para ejecutar la obra en estudio, se contempla emplear dos zonas de acopios: la primera de ellas cubierta, que constituirá el almacén de obra, donde se acopiarán todos aquellos materiales que no se puedan acopiar al aire libre, y una segunda zona que quedará al aire libre.

Almacén: Se dispondrá para la ejecución de la obra en estudio de una caseta de al menos 100 m², que se empleará como almacén, donde se almacenarán todos aquellos equipos y material eléctrico que requieran acopiarse a cubierto hasta su puesta en obra.

Casetas: Se colocarán casetas para el personal de la obra y para la administración. Junto a estas casetas se habilitarán una zona de aparcamiento.

Comedor. Será necesario instalar comedores, ya que la distancia del lugar de ejecución de la obra a los restaurantes de la zona hace recomendable esta instalación para evitar pérdidas de tiempo en las reincorporaciones al trabajo.

Vestuarios y aseos. Se ha previsto instalar casetas de obra como vestuario y aseo de los trabajadores de obra. Estas casetas también harán la función de botiquín.

A la vez que se ejecutan las instalaciones generales, se podrían comenzar los trabajos previos para la localización de servicios afectados. Las autorizaciones necesarias deben solicitarse nada más firmarse el Acta de Replanteo. No obstante, mientras llegan, se realizarán los estudios necesarios para conocer exactamente la localización de todos aquellos servicios que se encuentran enterrados y que afectarán directamente a las obras, mediante catas y principalmente mediante geo-radar (sistema para detectar estructuras por debajo del nivel del suelo sin necesidad de abrir).

Se incluyen a continuación los planos de instalaciones de obra, expropiaciones y secciones del movimiento de tierras:

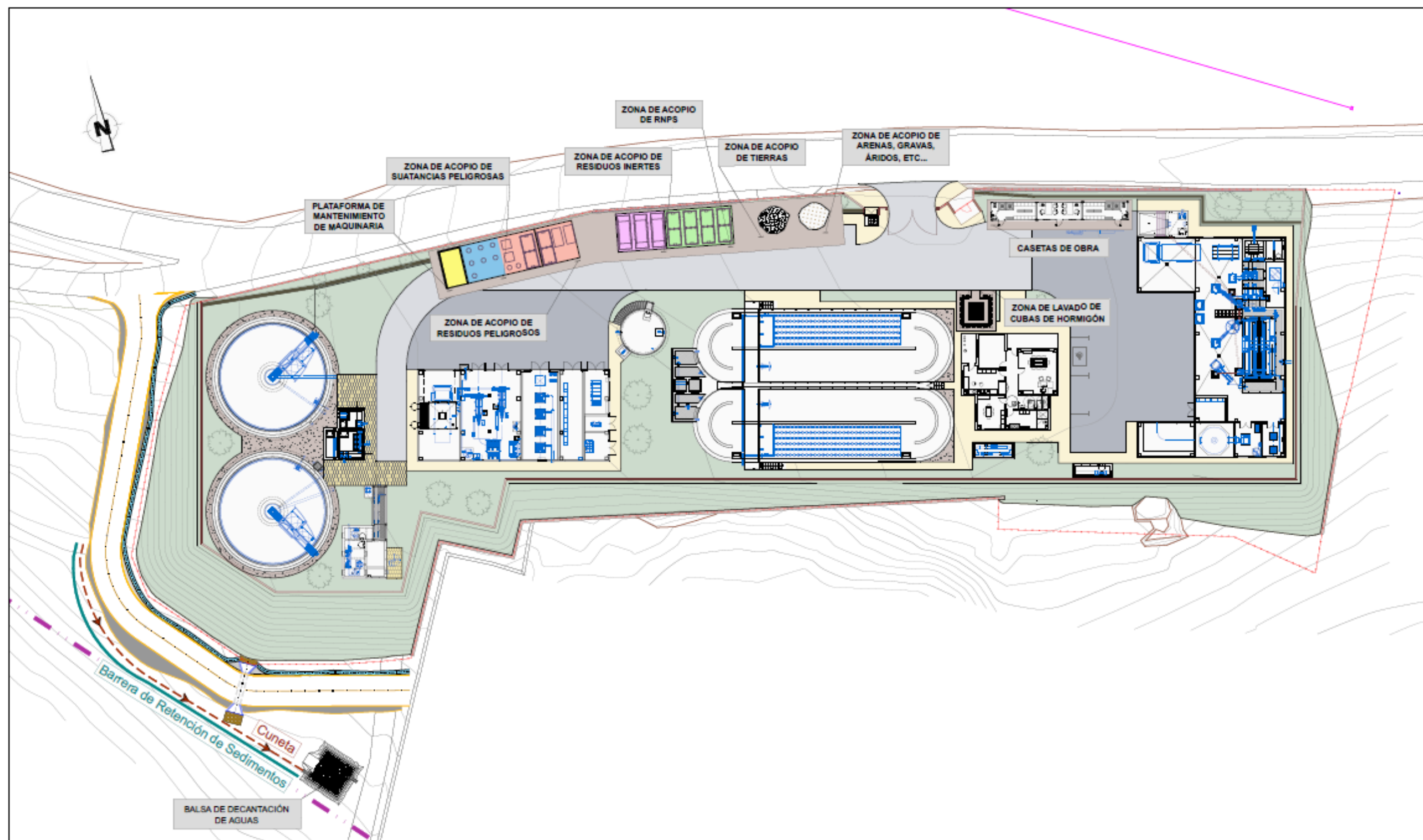


Imagen 1. Plano de Instalaciones de obra y gestión de residuos

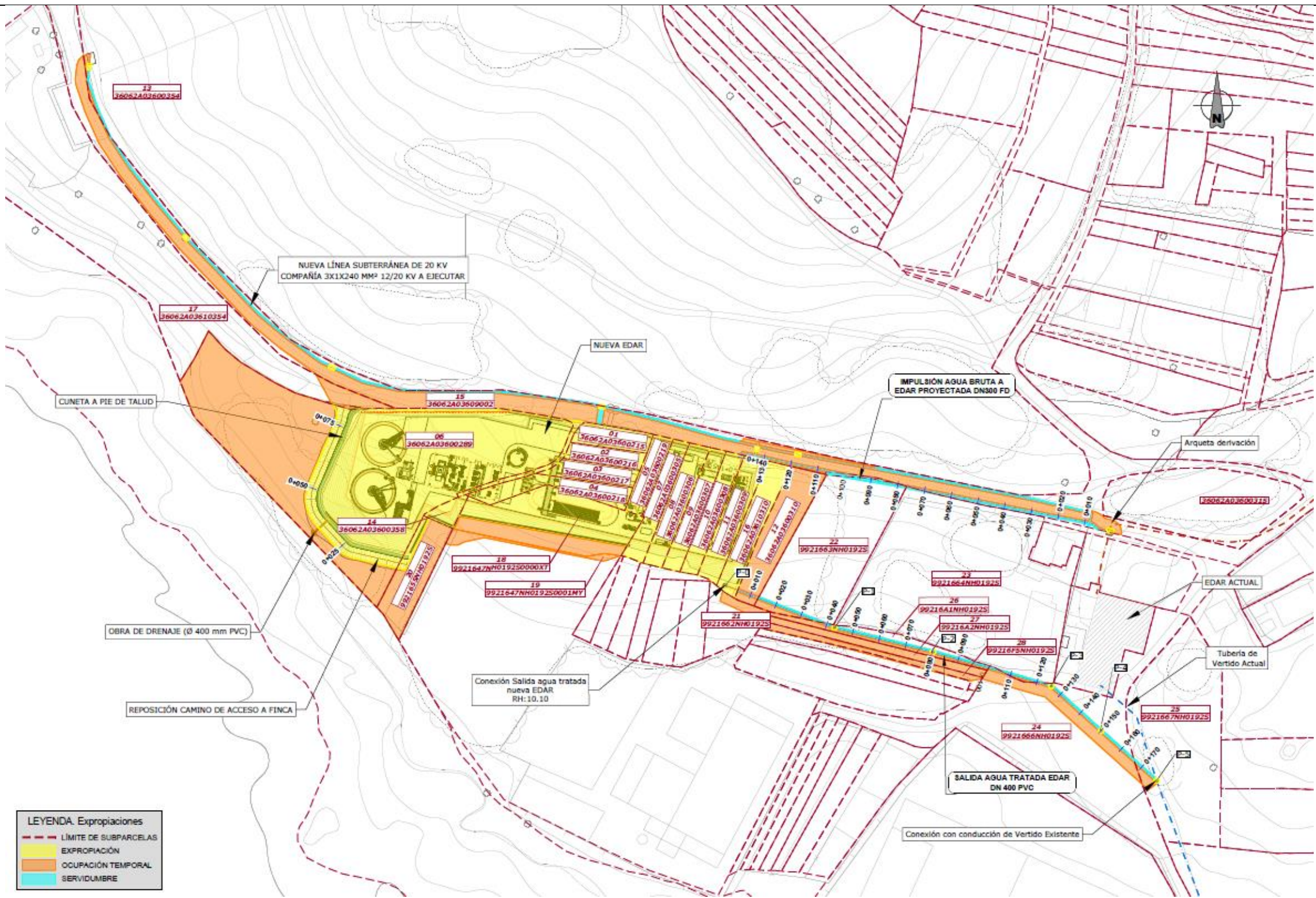


Imagen 2.Plano de Expropiaciones

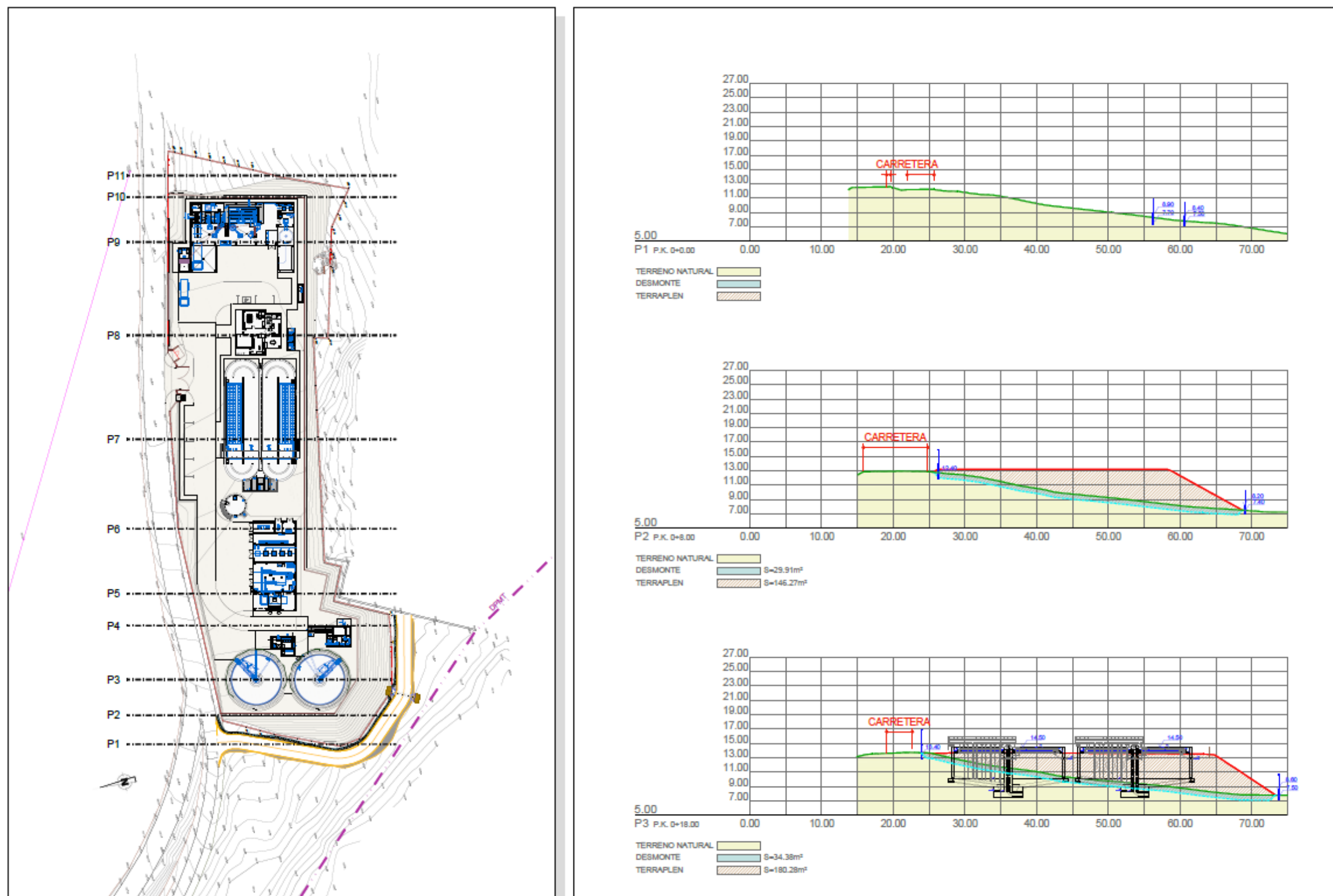


Imagen 3.Plano de movimiento de tierras. Perfiles 1-3

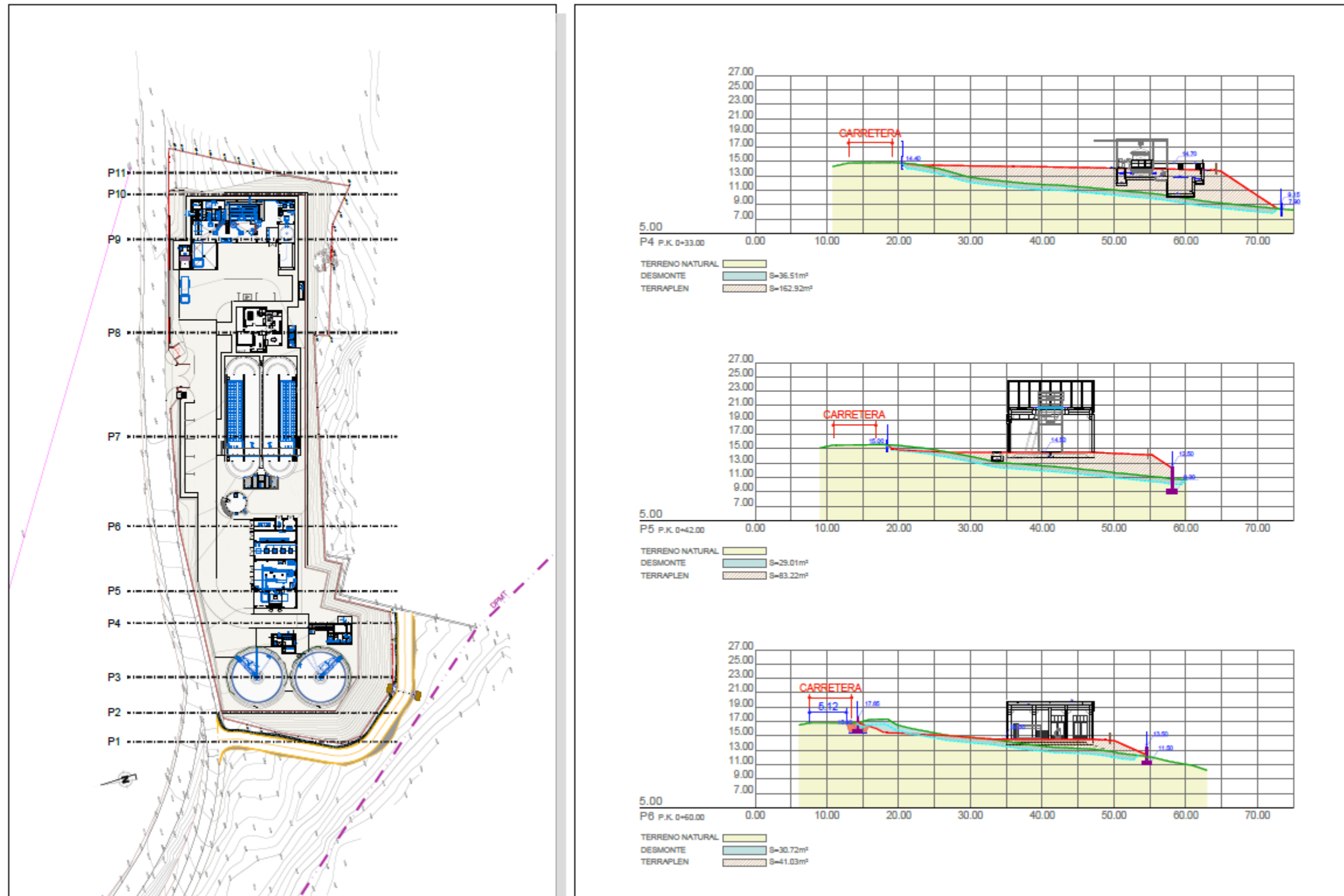


Imagen 4.Plano de movimiento de tierras. Perfiles 4-6

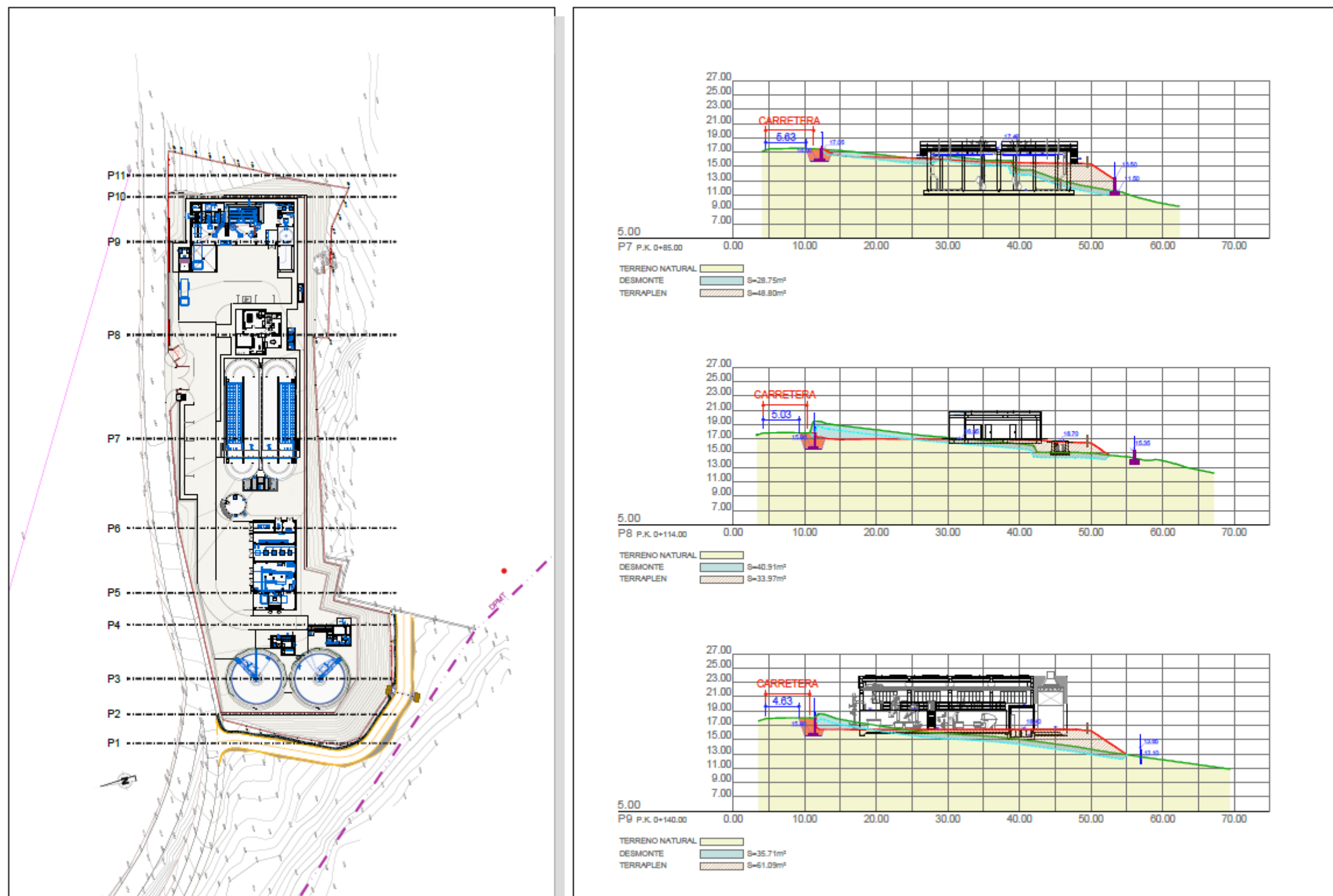


Imagen 5.Plano de movimiento de tierras. Perfiles 7-9

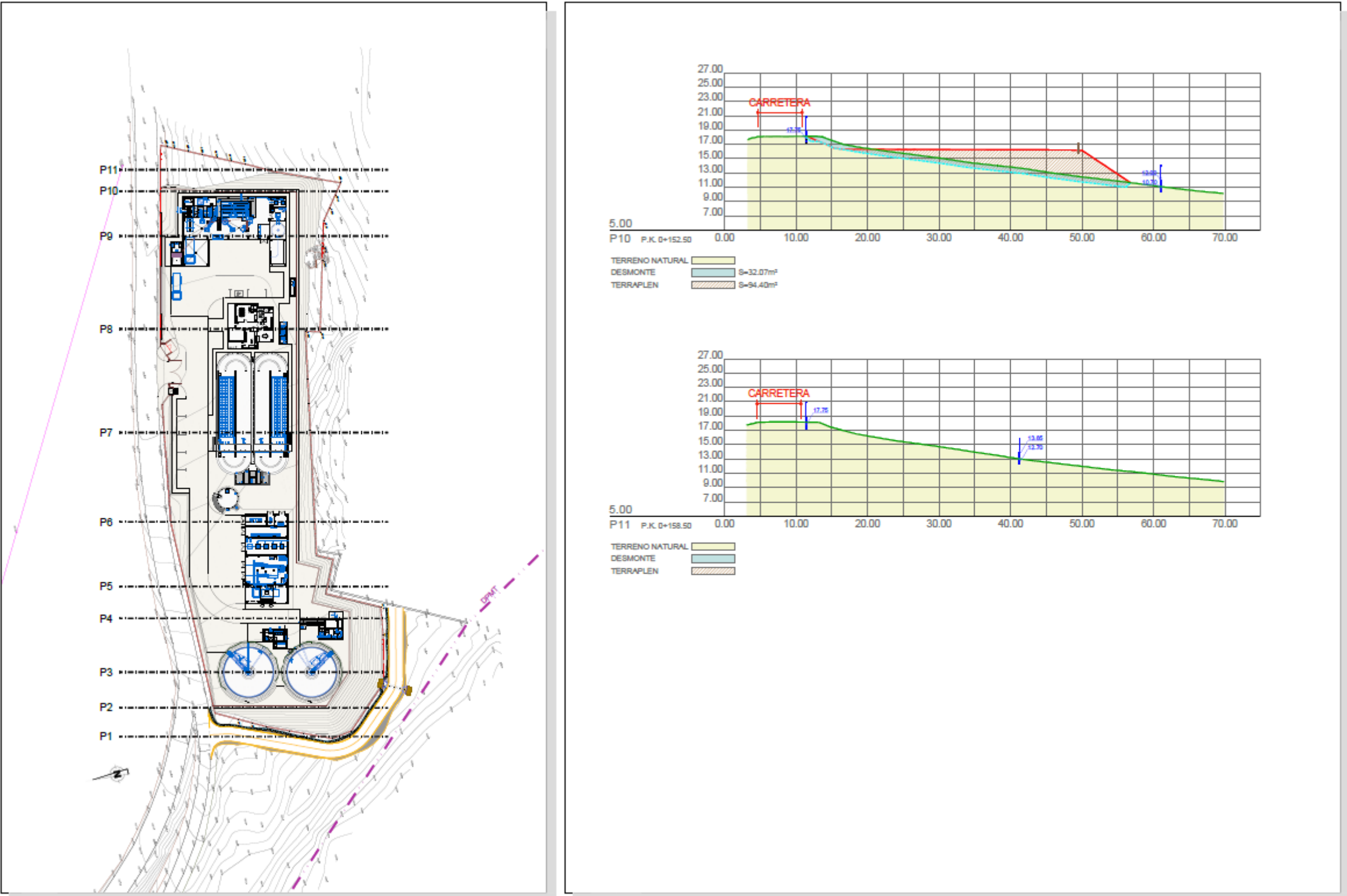


Imagen 6.Plano de movimiento de tierras. Perfiles 10-11

2.2 ACTUACIÓN Nº 2. Línea de media tensión y abastecimiento.

El siguiente paso será la ejecución de las obras necesarias para realizar las conexiones eléctricas de la línea de Media Tensión desde el centro de seccionamiento hasta el centro de transformación situado a la entrada de la parcela, así como la tubería de acometida de agua.

Para la acometida de media tensión se realizará directamente la instalación subterránea definitiva de la línea de alta tensión (AT) con un centro de seccionamiento y un centro de transformación provisional para fase de obra.

Para la acometida de agua potable se procederá de igual forma. Se realizará la toma y conexión a la tubería de abastecimiento de PE DN-63 mm, cruzando el camino de acceso, y se montará una acometida provisional, con llave y contador, en el punto aproximado donde se montará la acometida definitiva, en armario empotrado en el cerramiento.

Terminados los trabajos preliminares, así como el acceso y el retranqueo de los servicios afectados, se pueden comenzar las obras de ejecución de la EDAR. Al tratarse de una obra totalmente nueva y por ello no existiendo interferencias de ninguna clase, el criterio seguido para la realización de los procesos constructivos, así como para la realización del plan de obra, es la adecuación de los trabajos para conseguir en todo momento los mayores rendimientos posibles de los equipos que trabajan en la construcción de la EDAR, realizando trabajos de manera homogénea y continuada para evitar que queden actividades sin finalizar, lo que provocaría traslados de equipos no necesarios con el consiguiente retraso en las actividades.

2.3 ACTUACIÓN Nº 3. Movimiento de tierras.

Se considera adecuada la realización de viales para crear un sentido de circulación de los camiones que facilitará el tránsito y mejorará los rendimientos.

Los trabajos de excavación se realizarán en el siguiente orden:

1. Decantación-Tratamiento terciario
2. Pretratamiento-Obra de descarga de fosas sépticas
3. Reactores biológicos-Arqueta Caudalímetro-Canal Parshall
4. Arqueta de fangos

Durante la excavación de estos elementos, se realizará la colocación de las tuberías de transporte de agua entre elementos.

Y simultáneamente se construirán los muros de contención de tierras según sea necesario para realizar los rellenos.

2.4 ACTUACIÓN Nº 4. Estructuras.

Según se van terminando los movimientos de tierras se procederá a la ejecución de los elementos estructurales. Para ello se seguirá el mismo orden indicado para el movimiento de tierras. No se dejarán las excavaciones abiertas, sino que según se van terminando, inmediatamente entrarán los equipos de estructuras para asegurarlas y comenzar con su trabajo.

Esto exigirá coordinar la finalización de los movimientos de tierras con el inicio de las estructuras para la ejecución de los muros de contención de tierras.

El orden para la ejecución de estas estructuras es:

1. Hormigón de limpieza.
2. Encofrado.
3. Colocación de acero.
4. Hormigonado
5. Desencofrado
6. Remates y acabados.

Para garantizar la correcta ejecución de estas actividades, resulta fundamental la coordinación entre los diferentes grupos de trabajo. Así, los equipos de hormigonado, colocación de acero y encofrado deben ponerse de acuerdo para que en el momento de comenzar con su trabajo tengan todo el material dispuesto para evitar retrasos.

Los pedidos de material deben hacerse con la suficiente antelación, al menos 2 semanas antes de la ejecución del trabajo.

El encofrado se dimensionará en función de las necesidades exactas de cada parte estructural. Se realizará el pedido individualmente para cubrir las necesidades particulares de cada tajo. Se tendrán en obra todos los paneles necesarios para la producción prevista, no minimizando el material necesario para su reutilización por motivos económicos. Los encofrados llegarán a obra al menos una semana antes y se comprobarán y seleccionarán por tajos antes de acercarlos a los lugares de ejecución.

Es especialmente delicado el suministro del acero, ya que independientemente de su elaboración en taller de obra o de su suministro elaborado (ambas opciones se darán a un tiempo), debe estar en la finalizado en obra con la antelación suficiente (3 días) para que los responsables de estructuras y calidad puedan comprobar las longitudes, formas y diámetros, evitando así que en el momento del montaje se descubran piezas no adecuadas y teniendo así capacidad de rectificación antes de la colocación en obra. El material para cada uno de los tajos se almacenará en la zona de acopio, estando debidamente marcado y separado por tajos, lo que garantiza que el acero que llegue al tajo es justo el que el equipo de colocación necesita en ese preciso momento. De esta forma, se evita además el trasiego innecesario de camiones, ya que esto trae consigo las molestias a otros tajos y retrasos. Las ventajas de este protocolo son:

- Capacidad de reacción ante posibles errores antes del momento de colocación.
- Se evita que los equipos de ferralla pierdan tiempo en identificar las piezas necesarias.
- El reparto del material a tajo se hace de forma controlada y eficiente, evitando movimientos de material innecesarios.
- Se evitan molestias y retrasos al resto de los tajos abiertos.

El reparto de material desde el suministrador y la comprobación de este se hace directamente en la zona de acopio, por lo que en el lugar de ejecución de la obra no hay más movimientos que los estrictamente necesarios.

En cuanto al suministro de hormigón, el responsable de las estructuras se pondrá en contacto el día antes del hormigonado con el suministrador para la recepción del material, marcando el tiempo de suministro en función de las necesidades de ejecución y evitando de esta manera que las cubas tengan un tiempo de espera demasiado alto (lo que supone una menor calidad del hormigón y varias cubas en la obra entorpeciendo el resto de los

trabajos), o por el contrario, que la llegada de la cuba más tarde de lo necesario provoque esperas poco recomendadas para el acabado final de la estructura y los tiempos de parada retrasen el tiempo planificado.

2.5 ACTUACIÓN N° 5. Edificaciones.

En la planta que nos ocupa tenemos varios tipos de edificios. Distinguimos dos tipologías en la EDAR, una la destinada a usos industriales y otra más “especial” destinada al edificio de control. Los edificios previstos en la ejecución de esta depuradora son:

- Edificio de control.
- Edificio de pretratamiento.
- Edificio de soplantes y deshidratación.
- Centro de seccionamiento.

La edificación destinada a usos industriales se resuelve mediante la utilización como material de los exteriores de las fachadas de placas de hormigón.

Las actividades principales para la ejecución de los edificios son:

- Cimentaciones y soleras.
- Excavaciones de cimentaciones.
- Hormigón de limpieza.
- Encofrado
- Colocación de acero.
- Hormigonado.
- Desencofrado.
- Ejecución de soleras.
- Ejecución de cubiertas.
- Colocación de placas alveolares.
- Cerramiento mediante panales prefabricados de hormigón.
- Ejecución de muros de ladrillos y colocación de lana de roca (en edificios con tratamiento especial para ruidos tales como cuarto de soplantes en el edificio de pretratamiento, edificio de soplantes, etc.).
- Particiones interiores.
- Pavimento autonivelante.
- Suelo técnico para elevación de zonas eléctricas.
- Colocación de puertas y ventanas.
- Ejecución de zonas de anclaje.
- Colocación de perfiles metálicos.
- Remates y acabados

Para la ejecución de estas unidades de obra, además de lo anteriormente descrito en la parte de estructuras respecto al encofrado, acero y hormigonado, debido a la tipología de edificios planteada, resulta de especial interés la buena gestión de los elementos prefabricados. Una de las principales ventajas de la utilización de este material es que se reducen considerablemente los plazos de ejecución. Estos plazos se ven reducidos ya que la ejecución de los cerramientos se realiza en factorías, pudiendo hacerse esta fabricación en el mismo tiempo que la ejecución de cimentación y elementos de espera de los prefabricados del edificio. Para que sea lo más eficaz posible, es necesario realizar el pedido de estos elementos con el tiempo suficiente para tener todo el material en obra justo cuando la parte de ejecución “in situ” lo requiera. Una de las condiciones para el prefabricador será que los elementos necesarios para la realización de los edificios estén disponibles en la factoría 10 días antes de

su colocación en las condiciones necesarias de acabado, permitiendo así su revisión por el personal de la obra antes de su suministro.

El prefabricador pondrá a disposición del personal de obra un plano con la numeración de cada una de las piezas a colocar, así como su peso exacto. Esto permitirá coordinar con el suministrador las piezas que se colocarán así como las grúas necesarias y poder planificar los movimientos de estas durante la ejecución teniendo en cuenta el resto de los trabajos que simultáneamente se realizarán en la planta.

El suministro de las piezas se realizará en perfecta coordinación con el prefabricador, para que las piezas lleguen en el orden preciso y según se suministren sean colocadas evitando así un tráfico excesivo de camiones en el lugar de las obras y el acopio de piezas en zona de obra, ya que acopiar este tipo de piezas supone un espacio considerable en la zona de acopio, además de un riesgo innecesario al tener que manipularlas pudiendo provocarse roturas que provoquen la fabricación de nuevas piezas con el consiguiente retraso. El transporte de las piezas se contratará directamente con el prefabricador ya que de esta manera se asegura que los transportistas son especializados en la carga, transporte y descarga de estos materiales, minimizando los riesgos durante el transporte.

Otra de las partes de las edificaciones a las que se les prestará especial atención es la colocación de puertas y ventanas. La ejecución de estas, aunque parezca una actividad secundaria, no debe ser así ya que se han diseñado para servir como barrera tanto de ruidos como de olores. Por ello, la colocación debe ser perfecta, ya que holguras no deseadas hacen que el esfuerzo de diseño y económico de los elementos empleados deje de ser eficaz. Para que esto no suceda, se debe ser muy escrupuloso desde la ejecución de los huecos, para que se ajusten exactamente a los proyectados, como en la toma de medidas para la ejecución de los elementos de cierre, así como en la fabricación de dichos elementos, asegurándonos así que encajen perfectamente.

2.6 ACTUACIÓN N° 6. Equipos.

La instalación de los equipos requiere personal muy especializado para que la colocación sea muy precisa y evitar así la avería de equipos por un mal montaje. Se deberá contar con personal especializado en la obra para garantizar la seguridad necesaria en esta parte tan importante en la construcción de la EDAR.

Otra parte fundamental en cuanto a los equipos es la correcta gestión de los pedidos para asegurar el suministro en el momento adecuado de todos y cada uno de los equipos. Se prestará especial atención a los equipos más específicos, entre los que se encuentra la tecnología para el tratamiento terciario, deshidratación y desodorización. Se contará con las empresas especializadas en estas tecnologías desde la redacción del proyecto, para llevar a cabo el diseño conjuntamente según las necesidades del proyecto aprovechando al máximo la tecnología existente, lo que reducirá los problemas a la hora de la fabricación de las piezas específicas y se evitaban sorpresas a la hora de su instalación.

La programación se ajustará teniendo en cuenta los compromisos de suministro a los que las empresas se comprometan con el licitador. Se controlará por parte del personal responsable de equipos de la empresa constructora desde el momento del pedido los progresos en la fabricación y el cumplimiento de los plazos parciales que las empresas suministradoras pacten con la empresa constructora, siendo esta la que los marquen los hitos en función del Programa de Trabajos.

Los equipos se irán instalando según se vaya finalizando la obra civil de los lugares donde han de colocarse.

2.7 ACTUACIÓN Nº 7. Instalaciones eléctricas y sistemas de control.

Como ya hemos explicado anteriormente, al principio de los trabajos se realizará la conexión con el nuevo centro de seccionamiento que se instalará en el lugar marcado en el proyecto. Esta adecuación ha de hacerse de manera coordinada con la empresa local de suministro eléctrico, COMPAÑÍA DE ELECTRIFICACIÓN, S.L., a la que se deben solicitar los permisos adecuados y según los tiempos que esta marque para tener todas las autorizaciones necesarias en el momento justo del enganche a la Red de Media Tensión.

En cuanto a la instalación interior de la EDAR se realizará cuando los trabajos relativos a las estructuras estén terminados para evitar roturas en estos elementos tan delicados. Junto con las instalaciones eléctricas se dotará a los edificios del alumbrado interior marcado en el proyecto constructivo.

Los sistemas de control y automatismos necesarios se colocarán también en esta fase.

2.8 ACTUACIÓN Nº 8: Urbanización, alumbrado, integración paisajística, remates, etc.

Para finalizar se dotará a la planta de todos los servicios auxiliares necesarios:

- Red de abastecimiento.
- Saneamiento.
- Red de pluviales.
- Red de riego.
- Alumbrado.

Por otra parte, se ejecutarán las obras de urbanización correspondientes:

- Ejecución de viales.
- Ejecución de aceras.
- Aparcamiento.
- Elementos de direccionamiento de tráfico.

También se ejecutarán los trabajos de cerramiento y jardinería, así como las actuaciones medioambientales previstas:

- Plantaciones.
- Sembrado de zonas verdes.
- Ejecución de cerramiento de la parcela.

Por último, se ejecutarán los remates y acabados necesarios para la entrega de la planta por parte de la empresa constructora a Acuaes.

2.9 ACTUACIÓN Nº 9: Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha de la EDAR.

Una vez se den por terminadas todas las actividades incluidas en el presente Proyecto, se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento y la puesta en marcha de la planta. Para estas actividades se han previsto 6 meses.

3 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PRINCIPALES

La selección de los procedimientos constructivos que se denominan como ‘críticos’ desde el punto de vista de la ejecución de las obras, se realiza en función de los siguientes criterios:

- la dificultad que entraña su ejecución.
- su volumen de medición.
- su localización.
- su tecnología.

Se han considerado procesos constructivos completos, que incluyen cada uno varias unidades de ejecución. Como ejemplo, la construcción de un muro de un decantador o del tanque biológico incluye la cimentación, el encofrado, el acero para armar, el proceso de hormigonado y curado, y el posterior desencofrado; además, incluye los pasatubos embebidos y los diferentes elementos de apoyo a la instalación de los equipos electromecánicos correspondientes. Los procesos son aplicables a muchos de los elementos de la EDAR, aunque se han separado aquellos que por su singularidad consideramos que merecen capítulo aparte (caso de los digestores).

Los procesos constructivos principales seleccionados, que se pueden dividir en obra civil y equipos, aunque estén íntimamente relacionados en su ejecución, de acuerdo con los criterios anteriormente indicados, son los siguientes:

3.1 Permisos y Autorizaciones.

La solicitud de permisos y autorizaciones para la ejecución de las obras y las actuaciones que requieran de ellos (servicios afectados) tendrán prioridad absoluta desde el día de la firma del acta de replanteo. Se nombrará a una persona conocedora de los trámites necesarios y con la formación técnica adecuada para poder gestionar los tramites y colaborar técnicamente con las partes implicadas para conseguir de la manera más eficaz posible toda la documentación necesaria para la ejecución lo más ajustada posible al tiempo mínimo de los plazos necesarios para la obtención de los permisos y autorizaciones. A continuación, se enumeran los principales permisos y autorizaciones:

- Solicitud de autorización de corta de vegetación.
- Autorización uso de caminos para accesos a la obra, y posibles desvíos en caso de afección grave a la movilidad. En el “Anejo 16. Servicios afectados” se ha previsto la reposición integra del tramo afectado. Tal como se recoge en los planos la construcción los muros de contención de tierras en la fachada orientada hacia el camino podrá afectar a este, cortando la circulación en un carril. Se han previsto en los presupuestos las partidas necesarias para su aplicación durante las obras si fuere necesario, señalización, balizamiento, y señalistas.
- Solicitud de vertido en fosa séptica.
- Comunicación de achique del agua procedente del nivel freático y posterior vertido al mar.
- Comunicación del seguimiento del Plan de Control de Ruidos.
- Informe medición ruidos en fase preoperacional incluidos en informe trimestral del Plan de Vigilancia Ambiental.
- Solicitud de autorización para uso de maquinaria cuyo funcionamiento genere o pueda generar fuego en el monte o a menos de 400 metros durante la época de peligro alto.
- Comunicación de ejecución de trabajos en época de riesgo alto de incendios.

- Solicitud de Autorización de Proyecto de control y seguimiento del patrimonio arqueológico.
- Proyecto de control y seguimiento del patrimonio arqueológico para obras.
- Solicitud de aprobación del Proyecto de revegetación, restauración e integración paisajística.
- Proyecto de revegetación, restauración e integración paisajística
- Solicitud Aprobación del Plan de gestión de residuos de construcción y demolición
- Plan de gestión de residuos de construcción y demolición
- Comunicación previa de Industrias o Actividades Productoras de Residuos.
- Solicitud de autorización para ejecutar obras en viales de titularidad municipal.
- Diligencia de Libro de Incidencias.
- Diligencia de Libro de subcontratación.
- Diligencia del Libro de Visitas.
- Informe favorable del coordinador de seguridad y salud al PSS.
- Acta de aprobación del PSS por parte de la propiedad.
- Apertura del centro de trabajo junto con el PSS.
- Contrato de servicio de prevención ajeno o acuerdo de adhesión al servicio de prevención propio mancomunado.
- Registro de empresas acreditadas (REA).
- Solicitud de inscripción en el registro de empresas acreditadas. Documentación reglamentaria.
- Licencia de obra ambiental.
- Licencia de Aprovechamiento de suelo rústico.
- Aprobación de la localización de las instalaciones auxiliares de carácter temporal.
- Comunicación del inicio de las obras.
- Solicitud de legalización de la instalación de grúa torre.
- Proyecto de instalación de grúa torre.

3.2 Canalizaciones de abastecimiento y energía eléctrica.

Aunque desde el punto de vista de la ejecución, esta unidad de obra no presenta ninguna dificultad extraordinaria, sí resulta importante desde el punto de vista de confort y seguridad para los usuarios de la zona. Como ya se ha explicado en este Anejo, se garantizará el acceso en condiciones de seguridad para los trabajadores y las condiciones de tráfico necesarias para los usuarios del camino afectado por las obras de abastecimiento de agua potable y electricidad.

Para garantizar el cumplimiento de plazo de esta unidad crítica se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se controlará que diariamente se consiguen los rendimientos previstos; en caso contrario se reforzarán los equipos hasta que se corrijan los desfases.
- El suministro de materiales se realizará con camiones pequeños provistos de pluma, de forma que para su descarga cada día se llevará solo el material necesario incluso en varias entregas. Esto asegurará el mejor acceso a la zona de obra y evitará el acopio innecesario de materiales, ya que el espacio es muy reducido tanto para acopio como para tráfico.
- El control de tráfico se hará de manera exhaustiva, aunque sea un tráfico prácticamente reducido a las necesidades de obra. Un accidente resultaría uno de los factores de retraso más acusado.

3.3 Movimiento de Tierras.

Esta unidad consta de dos partes; por una parte, la excavación y por otra, el relleno. Aunque ninguna de las dos supone un peso importante dentro del global de la obra, sí que las hemos considerado críticas ya que suponen el principio de las actuaciones en la parcela.

Para garantizar el cumplimiento de plazo de esta unidad crítica se tomarán las siguientes medidas:

- Se controlará que diariamente se consiguen los rendimientos previstos; en caso contrario se reforzarán los equipos hasta que se corrijan los desfases.
- Se tendrá maquinaria específica para el caso de que aparezca roca en lugares no previstos después de la realización del estudio geotécnico.
- La selección del material para la realización de los rellenos se hará junto con la excavación para que en el momento de puesta en obra esté perfectamente seleccionado y comprobado el material.
- Se controlarán con especial cuidado los rellenos, ya que una mala compactación podría dar lugar a asentamientos no deseados. Se ha optado por realizar los rellenos independientemente de si es necesario la excavación posterior en lugares concretos, ya que la compactación de grandes superficies produce resultados mucho mejores que rellenos de pequeña entidad.

3.4 Redes de tuberías y servicios.

Seguidamente se describirán exhaustivamente los pasos para la correcta ejecución de estas unidades, pero no debemos considerar estas actividades como críticas, debido tanto a la profundidad a la que discurren como por los pequeños diámetros previstos, con un máximo de 400 mm.

Se prestará especial atención a los refuerzos de la zanja durante su ejecución, y se tendrá material extra para el caso de tener que reforzar la zanja en lugares en los que no se preveía. Se tendrá un equipo para la extracción de agua en el caso de ser necesario el agotamiento de agua. El material deberá estar en el lugar de acopio con antelación a su colocación para evitar retrasos y mantener las zanjas abiertas el menor tiempo posible.

3.5 Depósitos de hormigón armado y edificaciones. Encofrado, acero para armar y hormigón en estructuras (hormigón estructural y edificación).

Esta unidad se ha considerado crítica ya que consiste en una de las unidades de mayor volumen de la obra y que se ejecuta en diferentes tajos.

Se empleará personal con experiencia en estos trabajos, ya que, aunque a primera vista parecen unidades estructurales corrientes, en ellas hay que ajustar equipos de características muy específicas, por lo que hay que ser muy escrupuloso con las formas y medidas de los planos.

Por otra parte, estas estructuras son “repetitivas” en la construcción de las EDAR, por lo que la experiencia de los operarios se considera fundamental, ya que haberte enfrentado a problemas de ejecución y la búsqueda de soluciones te hace experimentado.

En cuanto a los elementos prefabricados para las edificaciones se contará en todo momento con la experiencia de la empresa fabricante en cuanto a transporte y montaje. Se pactarán los plazos de entrega y se realizará un seguimiento de la fabricación de las piezas incluso con visitas a la factoría para asegurar los plazos de suministro.

3.6 Equipos electromecánicos

Durante la instalación de los principales equipos electromecánicos proyectados se contará con personal con amplia experiencia en el montaje e instalación de estos equipos, lo que minimiza los riesgos de retraso, ya que la experiencia da al personal capacidad de prever los problemas incluso antes de que ocurran y en caso de que se presenten, la capacidad de solución de una manera eficaz y rápida.

Uno de los puntos críticos es el suministro de los equipos, sobre todo aquellos que por sus características y la tecnología empleada les hace especiales y cuya fabricación se realizará de manera específica para la obra.

Para minimizar los riesgos y evitar retrasos se tomarán las siguientes medidas:

- Se contará con las empresas suministradoras de estos equipos desde la redacción del proyecto para ajustar las necesidades de la planta a la fabricación de los equipos.
- Se mantendrá comunicación constante con la empresa suministradora para seguir los progresos de fabricación y asegurar el suministro a tiempo.
- El suministro se contratará directamente con el fabricante del equipo, ya que ellos mantienen contacto con transportistas experimentados en este tipo de entregas.
- Se realizará un plan de actuación en el caso de avería en el transporte de los equipos. En él se ha de prever entre otras consideraciones la posibilidad de tener otro camión de similares características y una grúa de capacidad suficiente para la carga en el nuevo camión y el equipo pueda seguir ruta.
- En la obra se tendrá los medios necesarios para la descarga y colocación de los equipos. Para ello se coordinará con el fabricante la entrega y se solicitará la información necesaria para la descarga y manipulación con garantías de los equipos. Se estudiarán los movimientos de las grúas y los camiones durante la descarga e instalación para no interferir con el resto de las actuaciones de la obra.

Además de estas actividades críticas, en aquellas que no se han considerado en esta lista, se seguirá un control para evitar desviaciones de tiempo, controlando los suministros, acopios y manipulación de materiales.

3.7 Principales procesos constructivos

A continuación, se desarrollan de manera más general los procesos constructivos más relevantes en la construcción de la EDAR de A Illa de Arousa:

3.7.1 Excavaciones

Las necesidades de la obra implican realizar excavaciones en todo tipo de terrenos, tanto excavación en tierras como en tránsito y roca (con un carro perforador, para acometer la excavación mediante voladuras o con medios mecánicos en terrenos ripables).

Según el estudio geotécnico, en los sondeos realizados se distinguen básicamente granodioritas con distintos grados de alteración. Aunque en principio, por la profundidad a la que se presentan, no parece vayan a ser excavadas las de menor grado de alteración (grado II-I, con resistencia a compresión simple mayor de 65 MPa y RQD por encima del 60%), sí serán objeto de esta actividad la de grado de alteración IV-III, por debajo de una profundidad de 1,50 metros en el sondeo S-1 (emplazamiento de los decantadores secundarios) y de 1,55 metros en el sondeo S-2 (donde se ubica el reactor biológico).

Este material presenta una resistencia a compresión simple de 25 MPa y un RQD estimado de entre el 30% y el 40%.

Para determinar el procedimiento de excavación se hace uso del criterio de excavabilidad de Franklin (1971), traducido y ampliado por García V. (2004).

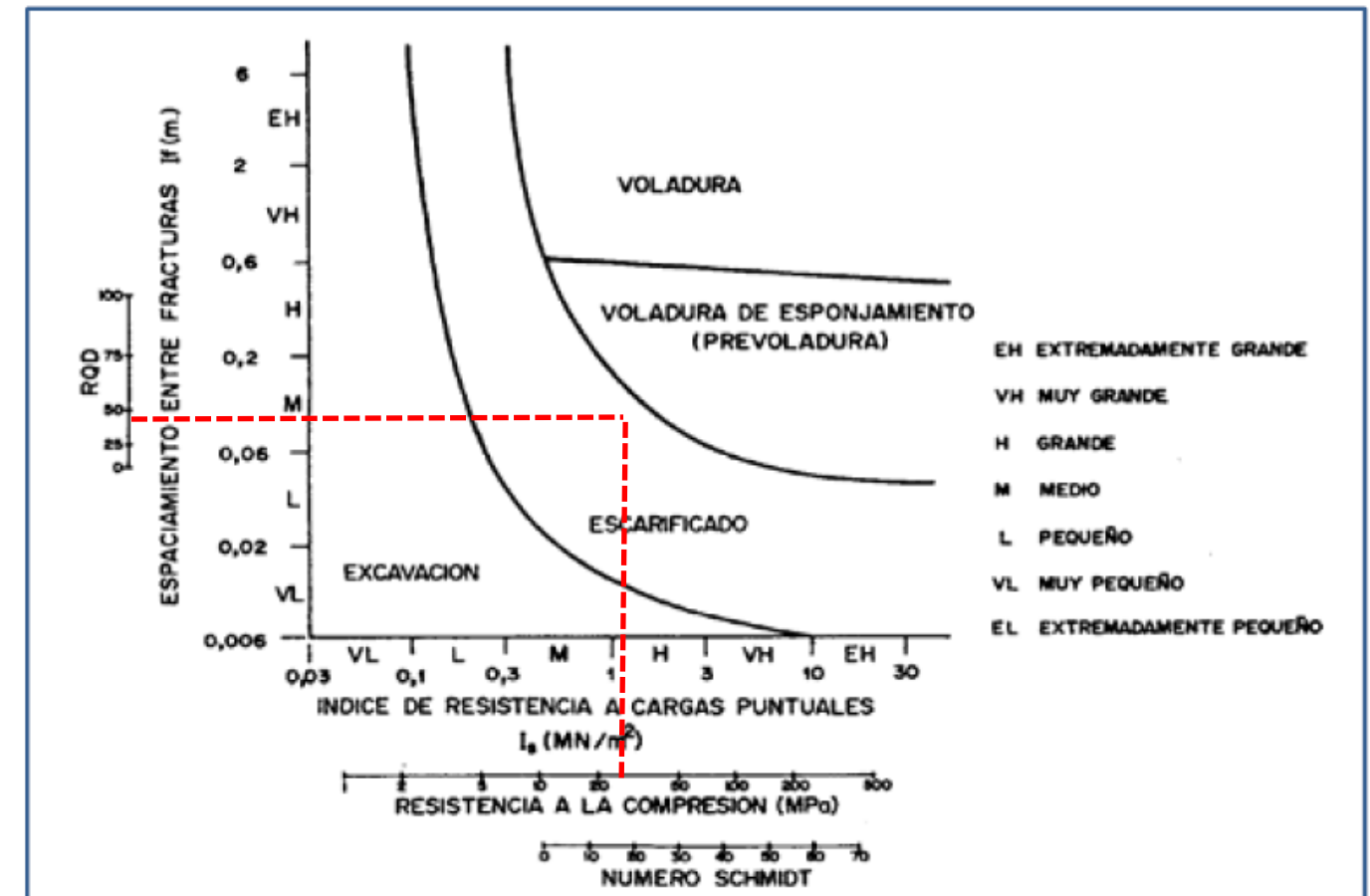


Imagen 7. Diagrama de excavabilidad de Franklin (1971), traducido y ampliado por García V. (2004)

Como se observa, para estos valores se encuentra en las proximidades de la zona de prevoladura, por lo que puede resultar necesaria para llevar a cabo la excavación en algunas zonas en función del material atravesado y de que se puedan afinar los parámetros estimados.

Se explican seguidamente los procedimientos constructivos correspondientes a estas actividades.

3.7.1.1 Despeje y desbroce de la zona de relleno

En primer lugar, se realiza el despeje y desbroce de la zona. A continuación, se efectúa el escarificado y compactado del terreno en caso de relleno.

En el caso de que sea necesario excavación esta se ejecutará después del despeje sin necesidad de actividades previas.

Luego debe efectuarse la extracción y retiro de todo el material inadecuado hasta la profundidad que se indique en los planos o la que se observe necesaria en el sitio, contando con la aprobación de la D.F.

Durante los trabajos se realizarán las inspecciones en la zona para comprobar la existencia de agua y realizar el tratamiento de achique si fuese necesario.

Debe preverse el acceso de camiones y preparar el sector destinado antes de comenzar con los trabajos de vertido de relleno o de excavación.

3.7.1.2 Excavación mediante voladura

Teniendo en cuenta las características del material a excavar, puede ser necesaria la ejecución de prevoladuras o voladuras de esponjamiento.

Se conoce con este nombre la operación de trocear la roca sin producir su desplazamiento y volteo, con el objetivo de arrancarla seguidamente con medios mecánicos de ripado: tractores, bulldozer, palas-cargadoras, excavadoras, etc.

Su campo de aplicación suele ser en obras donde las voladuras convencionales pueden presentar riesgos respecto a niveles de vibraciones no admisibles, onda aérea y proyecciones, especialmente.

Requieren de unas características geológicas dadas, como son: una roca lo más homogénea posible, una estratificación que, en el caso de su existencia, tenga una disposición que se aproxime a la horizontalidad y una red de diaclasado, juntas y fracturas poco densa.

El tipo de roca debe calificarse como blando-semiduro, con valores de las resistencias a la compresión simple en el entorno de los 80 MPa.

Independientemente del medio mecánico que se vaya a utilizar para removilizar la roca fragmentada, como parámetros de orientación de las variables básicas, pueden adoptarse las siguientes:

- El diámetro de perforación suele estar comprendido entre 2" y 4".
- Existe la tendencia a elegir equipos de perforación de martillo en cabeza.
- El esquema de perforación suele ser con mallas cuadradas.
- La sobreperforación se estima del orden de 0,03 a 0,05 veces la piedra.
- El consumo específico suele estar comprendido entre 80 y 250 g/m³, dependiendo de las características de los equipos de arranque y de las características geomecánicas de la roca.

Durante la ejecución de los trabajos se tomarán las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia del terreno no excavado. En especial, se adoptarán las medidas necesarias para evitar la inestabilidad de taludes en roca debida a voladuras inadecuadas.

Los detonadores son los artificios que se emplean para provocar la detonación de los explosivos. Podrán ser ordinarios y eléctricos.

- Detonadores ordinarios. Se inician por medio de una mecha de seguridad. Están constituidos por un casquillo metálico de aluminio que contiene una carga base y otra primaria de un explosivo muy sensible. Se clasifican, según su potencia, con una numeración del 1 al 8. Sin embargo, los de pequeña potencia provocan un número considerable de fallos por lo cual deberán usarse los números 6 y 8.
- Detonadores eléctricos. Son los que utilizan energía eléctrica para su encendido, para lo cual se adapta a un detonador ordinario del número 8 un artificio eléctrico o inflamador, que no es más que una resistencia calibrada, la cual, al pasar la corriente, inflama una serie de capas de distintas composiciones.

Todos los detonadores eléctricos deben estar cortocircuitados hasta su uso.

La mecha es el medio por el que se transmite el fuego a un detonador ordinario o directamente a un explosivo. Esta constituido por un núcleo de pólvora rodeada de varias capas de materiales diversos para hacerla

resistencia a la humedad, abrasión y esfuerzos mecánicos. El tiempo de combustión es 10 ± 10 s/m. Estas marchas se conocen como mechas de seguridad.

Las fuentes de energía utilizadas para el encendido de los detonadores eléctricos son los explosores. Serán de condensador basado en una dinamo, accionada por una manivela, que carga un condensador, produciéndose seguidamente su descarga, cuando la diferencia de potencial entre sus placas es la adecuada.

Para el uso de explosivos se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- No se podrán disparar más de diez (10) barrenos a la vez encendidos con mecha.
- Los explosivos sobrantes de la pega se guardarán en polvorín.
- Antes de iniciar la carga de barrenos se suspenderán los trabajos de perforación y se mantendrán en el tajo sólo las personas necesarias, retirándose todas las demás.
- Antes de la voladura se advertirá de la misma por medio de señales acústicas y se comprobará que todo el personal está en lugar seguro, colocando vigilantes en los posibles accesos que no darán paso hasta que el encargado lo autorice por medio de otras señales acústicas.
- Se procurará hacer coincidir las voladuras con las horas de descanso de los obreros, bien al mediodía o por la tarde.
- En las pegas eléctricas se comprobará previamente los circuitos y se realizará el disparo con explosor, prohibiéndose el uso de baterías y red de alumbrado para estos menesteres.
- El lugar desde donde se realice el disparo será marcado por el encargado.

La unión de los detonadores a los cartuchos se efectúa perforando éstos con un punzón especial. A continuación, se introduce el detonador completamente de manera que quede cubierto por la pasta explosiva.

El cordón detonante no explotará con llama; será necesario utilizar un detonador (ordinario o eléctrico) simplemente atándolo con una cuerda a aquél. Dos trozos de cordón detonante pueden empalmarse sin problemas con una cuerda o cinta engomada, con tal de que las porciones en contacto no sean inferiores a 20 cm. En caso de varios tiros simultáneos, se tenderán a ramal principal al que se conectarán los ramales que van a las cargas. La dirección con que salgan estos ramales debe ser la misma que lleve la onda detonante.

Los detonadores eléctricos deben ser manipulados con cuidado. No se usará en estas operaciones calzado ni guantes de goma y es necesario descargarse a tierra antes de tocarlos para evitar riesgos derivados de la electricidad estática. Hasta el momento de su uso no se deben deshacer las madejas y los terminales deben estar en cortocircuito hasta su conexión. No se llevarán los detonadores al frente hasta que la perforación esté terminada, todas las máquinas paradas, cerrada las tuberías de aire y cortadas todas las fuentes de energía próximas. Se evitará que los extremos de los cables toquen el terreno o tuberías, carriles, etc. Las conexiones de los detonadores a la línea de tiro se efectuarán de la manera más cuidadosa posible, a fin de evitar aumentos de resistencia del circuito, siendo preferible el uso de conectadores rápidos. Queda prohibido:

- Cortar cartuchos.
- Introducirlos con violencia y aplastarlos con el atacador.
- Deshacerlos o quitarles la envoltura, excepto en sus extremos, para la colocación del detonador y para favorecer la propagación de la detonación, si fuera preciso.
- Utilizar atacadores que no sean de madera.

En cada barreno no puede colocarse más que un sólo cartucho cebado y éste con un sólo detonador.

El cartucho cebo no debe ser preparado más que inmediatamente antes de la carga.

Todo cartucho cebado que no se utilice debe ser privado de su detonador, realizando personalmente la operación el mismo artillero que preparó el cebo.

El detonador debe ser lo suficientemente enérgico para asegurar la explosión del cartucho cebo aún al aire libre.

En el caso de pega con mecha, el detonador deberá colocarse siempre en el extremo de la carga del barreno próximo a la boca, introduciéndole aproximadamente en dos tercios de su longitud en el cartucho cebo.

En el caso de pega eléctrica, el detonador embebido en el cartucho cebo puede colocarse indistintamente en el extremo posterior o en el extremo anterior de la carga, pero siempre con el fondo del detonador dirigido hacia la carga. Queda prohibido cualquier otra colocación del detonador o del cartucho cebo.

El retacado debe evitar toda proyección por la boca del barreno. Se ejecutará con materiales aprobados, con exclusión de papel, trapos o polvo combustible o carbonoso, recomendándose los cartuchos de arena en exteriores y de plástico con agua en interiores.

En el retacado con cartuchos de material plástico o pulverulento, el tapón de obturación debe llenar la sección entera del taladro y ocupar una longitud al menos de un tercio de la profundidad total, con un mínimo de 0,20 metros, y sin que sea necesario exceder de 0,50 metros.

3.7.1.3 Excavación de material ripable

Trabajando con excavadoras, éstas se sitúan en un plano superior al de los camiones, entre dos y tres metros. El trabajo lo realiza arrancando el material y cargando en una sola operación con un giro de 90º o menor si es posible. Un camión esperará mientras carga otro, ya que el coste de la excavadora es del orden de al menos dos veces el de un camión.

Cuando se utiliza bulldozer y pala cargadora, el bulldozer excava y empuja las tierras, dejándolas en montón. A continuación, las palas atacan el montón, cargando los productos en camiones.

En zonas bastante planas o a lo sumo onduladas se utilizan con ventaja las traíllas remolcadas por tractores que arrancan, cargan y transportan el material. Si se requieren rendimientos mayores se acude a las traíllas autopropulsadas o mototraíllas, que no sólo tienen una capacidad mucho mayor, sino que además admiten terrenos más duros y consiguen un grado de llenado mejor. Una traílla puede ayudar a la anterior en el arranque y carga, con lo cual la potencia en esta operación se duplica.

En las zonas de roca con un menor grado de alteración puede ser necesario realizar un escarificado previo del terreno mediante escarificador. Se trata de un equipo que lleva en su parte posterior un bastidor, accionado hidráulicamente, provisto de uno o varios dientes rompedores. Con el avance del tractor y accionado mediante cilindros hidráulicos, el diente escarificador o “ripper”, provisto en su extremo de una uña dirigida hacia abajo, penetra y desgarr el terreno cuando éste es excesivamente duro o cohesivo para ser removido con la hoja frontal.



La excavación se realizará en uno o varios bancos de 2 metros de profundidad aproximadamente, dependiendo de la altura y estabilidad de los mismos y de las dimensiones en planta.

Los taludes se dejarán con su perfil aproximado y si las características lo permiten, terminado. De no ser así, se reperfilarán con motoniveladora, poniendo especial esmero en los acuerdos de taludes.

Si por alguna causa hubiese que ampliar trincheras, se realizará con una máquina que alcance todo el talud, lo cual no siempre es factible, obligando a la ejecución de bermas de una dimensión que permita el trabajo de las máquinas. La causa más habitual de estas actuaciones es una mala ejecución de la excavación y la falta de comprobación topográfica en su momento.

La excavación no llegará hasta la cota de rasante definitiva. Los últimos 30/50 cm se reperfilarán a posteriori con motoniveladora, evitando su deterioro por descompresión y paso del tráfico pesado.

En cualquier caso, hay que mantener la zona en óptimas condiciones de drenaje. Para ello se dejarán las plataformas de trabajo en pendientes en torno al 4%, evitando que se produzca erosión en los taludes, desviando y conduciendo las aguas que puedan incidir sobre los taludes y perfilando las oportunas cunetas.

Durante toda la ejecución se vigilará la estabilidad de los taludes y la aparición de grietas indeseables o materiales de calidad inferior a la esperada, en orden a su tratamiento específico.

Antes y durante la excavación se determinarán las características del material extraído para establecer su uso en otras partes de la obra.

La tierra vegetal que no se hubiera extraído en el desbroce se acopiará aparte para su posterior uso, cuidando de que en el transcurso del tiempo no se estropee por falta de aireación o drenaje.

Antes de cargar el material para su inmediata utilización se medirá la humedad para corregirla acercándola a la óptima.

3.7.1.4 Excavación mediante martillo neumático

El resto de las pequeñas excavaciones en roca en las cimentaciones de las unidades de tratamiento de la EDAR que lo precisen se realizará con dicho equipo dejando el material ya excavado, o en caso de pequeños volúmenes se recurrirá al empleo de un equipo de excavación en roca por medios mecánicos mediante martillo hidráulico.

Para el movimiento de tierras tras las excavaciones se precederá de forma similar que con el material procedente de material ripable

3.7.2 Rellenos

3.7.2.1 Rellenos y compactación

El material a utilizar en los rellenos de trasdós procederá de la excavación, y después de ser seleccionado. será transportado a obra en camiones bañera.

Los rellenos bajo cimentaciones se ejecutarán con zahorra artificial ZA-25, compactada al 100%.

3.7.2.2 Construcción del núcleo de terraplén

Se realiza el vertido del material de préstamos en montones, calculando la distancia para que no se mezclen, todo esto, para que el extendido tenga el espesor de tongada necesario. Se irá extendiendo en tongadas, cuidando que el espesor se mantenga, para darle la compactación en toda la profundidad.

En el caso en que los materiales no sean uniformes, se utilizarán maquinarias adecuadas para lograr tongadas regulares y parejas.

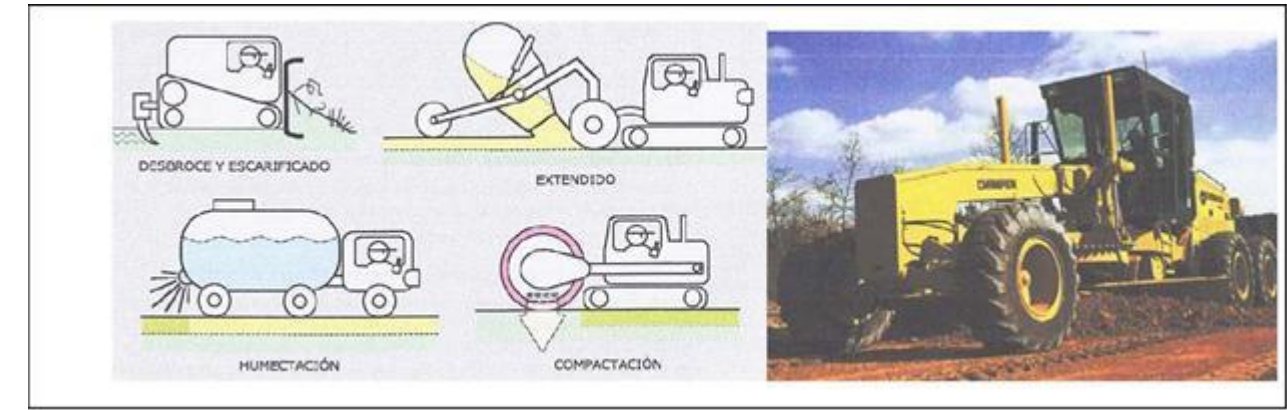
Se verificará que la capa superior de cada tongada tenga la pendiente necesaria para la evacuación del agua sin que se erosione.

Se humedecerá la superficie agregando agua hasta que se tenga la densidad necesaria o desecar la tongada, realizando el oreo del material por escarificado o mezcla con otro material más seco.

Luego se procede a realizar la compactación mecánica, pasando el rodillo la cantidad de veces que sea necesario hasta obtener una densidad superior a la obtenida en el ensayo Próctor normal.

En proximidad a obras de fábrica o en zonas reducidas, deberá compactarse con los medios adecuados a cada caso, tratando que las densidades no sean menores que cuando se usan equipos pesados.

En el caso en que se utilicen rodillos vibrantes, deberá finalizar la compactación con las últimas pasadas sin vibrar, para dejar la superficie regularizada y sellarla.



3.7.2.3 Construcción de la coronación de terraplén

Una vez construido el terraplén se realizará el acabado geométrico del mismo, reperfilando los taludes y la superficie donde posteriormente se asentará los elementos, empleándose motoniveladora. También se realiza la última pasada con la compactadora (sin aplicar vibración) con el fin de corregir posibles irregularidades producidas por el paso de la maquinaria y sellar la superficie.

Precauciones:

- Los trabajos de replanteo se realizarán periódicamente a medida que sube el terraplén.
- Después del compactado, se efectuará la toma de los perfiles de fondo.
- Se hará el replanteo tomando los puntos de eje a una distancia no menor a 20 metros con su correspondiente identificación.
- Se realizará el replanteo con estaquillado de los pies del terraplén con estaca de pie y otra más desplazada de seguridad.
- Cuando se realice el estaquillado de pie de cada tongada, deberá realizarse el extendido cubriéndola para tener un borde bien compactado.
- En zonas de poca capacidad portante, se comenzará el vertido de capas con el espesor suficiente para poder soportar las cargas de los equipos.
- Cuando se efectúe la compactación, se evitará el tráfico sobre las capas en ejecución. Si es necesario el paso, debe distribuirse el tráfico para que las huellas de las rodadas no se concentren en el mismo lugar.
- Durante épocas de lluvias, se finalizará la jornada habiendo extendido la tongada, compactándola y permitiendo que se escurran las aguas. Si las lluvias son muy fuertes, se interrumpirán los trabajos sobre terraplén compactado y no se permitirá el tráfico hasta que esté seco.

3.7.2.4 Compactación del terraplén

Una vez aceptada la superficie de asiento se procederá a la extensión del material, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El extendido se realizará con motoniveladora con sistema de nivelación láser.

Todas las operaciones de aportación de agua deberán tener lugar antes de iniciar la compactación. Habrá que disponer de una cisterna. Después, la única admisible será la destinada a lograr, en superficie, la humedad necesaria para la ejecución de la tongada siguiente.



Conseguida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación de la tongada con un rodillo, que continuará dando pasadas hasta alcanzar una densidad no inferior a la correspondiente al 95 % del ensayo del Proctor Modificado. La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba.



La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión del relleno se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos 15 cm de la anterior

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas a la capa granular en el resto de la tongada

3.7.3 Redes de tuberías y servicios

La construcción de las diferentes redes de tuberías y servicios a construir o modificar incluyen las siguientes operaciones.

3.7.3.1 Excavación en zanja

La ejecución de las zanjas de las diferentes redes de tuberías proyectadas en la ampliación de la EDAR se ajustará al siguiente proceso constructivo:

De cada zanja se marcará sobre el terreno su situación y límites, que no deberán exceder de los que han servido de base para la redacción del Proyecto.

Las tierras procedentes de las excavaciones se depositarán a una distancia mínima de un metro y medio (1,5 m) del borde de las zanjas y a un solo lado de éstas y sin formar cordón continuo, dejando los pasos necesarios para el tránsito general, todo lo cual se hará utilizando pasarelas rígidas sobre las zanjas.

Se tomarán las precauciones precisas para evitar que las aguas inunden las zanjas abiertas. Las zanjas se abrirán con el talud de seguridad adecuado.

Deberán respetarse cuantos servicios y servidumbres se descubran al abrir las zanjas, disponiéndose los apeos necesarios.

Los agotamientos que sean necesarios se realizarán reuniendo las aguas en pocillos contruidos fuera de la línea de la zanja

La preparación del fondo de las zanjas requerirá las operaciones siguientes: rectificado del perfil longitudinal, recorte de las partes salientes que se acusen tanto en planta como en alzado, relleno con arena de las depresiones y apisonado general para preparar el asiento de la obra posterior.

Durante el tiempo que permanezcan abiertas las zanjas se establecerán señales de peligro.

El proceso constructivo, cuyo croquis se adjunta en la figura, comprende las siguientes operaciones:



- Replanteo y nivelación del terreno original.
- Excavación y extracción de los materiales y limpieza del fondo de la excavación: mediante retro excavadora sobre cadenas de alto rendimiento para las zanjas de gran profundidad y con retro pala excavadora (mixta) en las zanjas más someras.
- Carga, transporte y descarga en las zonas de utilización, de almacenaje provisional o vertedero.
- Conservación adecuada de los materiales.
- Agotamientos y drenajes que sean necesarios.



3.7.3.2 Calidad del terreno

Tanto el terreno del fondo de la zanja como el del relleno deben tener una capacidad de soporte suficiente.

Cuando el subsuelo no tenga la capacidad resistente necesaria, el material de excavación deberá ser sustituido por el material de relleno necesario.

Los valores de los módulos de deformación varían para distintos tipos de terreno, en función de diferentes grados de compactación, según la clasificación de la Directriz alemana ATV A-127.

- Grupo 1.- No cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas sueltas (porcentaje de finos $\geq 0,06$ mm inferior al 5%)
- Grupo 2.- Poco cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas poco arcillosas o limosas (porcentaje de finos $\geq 0,06$ mm entre el 5% y el 15%)
- Grupo 3.- Medianamente cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas arcillosas o limosas (porcentaje de finos $\geq 0,06$ mm entre el 15% y el 40%) y los limos poco plásticos.
- Grupo 4.- Cohesivos. Se incluyen en este grupo las arcillas, los limos y los suelos con mezclas de componentes orgánicos.

No se recomienda utilizar como relleno materiales con alto contenido de componentes orgánicos, ni instalar las tuberías en suelos orgánicos sin tomar precauciones especiales (empleo de geotextiles, etc.).

Si el terreno sobre el que se excava la zanja es poco adecuado (arcillas, margas turbas, etc.) para la instalación de tuberías se puede mejorar el comportamiento del entorno tubo-suelo con la aportación de un material de relleno de mayor calidad (mayor capacidad portante).

Si a pesar de esto aún no es suficiente, habrá que pensar en estabilizar el conjunto tubo-suelo con la colocación de geotextiles que eviten la contaminación o pérdida de los materiales granulares de aportación, en el terreno adyacente.

En estos casos se consultará con los fabricantes o especialistas en estos productos, quienes aportarán la alternativa más adecuada a cada situación particular.

3.7.3.3 Entibación cuajada con paneles metálicos.

En la realización de las zanjas, será necesario ejecutar la zanja mediante métodos de sostenimiento (apuntalamientos) para así asegurar la estabilidad de las paredes y disminuir el volumen de excavación. Este método permite excavar paredes totalmente verticales de hasta 6-8 metros, evitando la realización de taludes.

Este procedimiento es necesario en los tramos que:

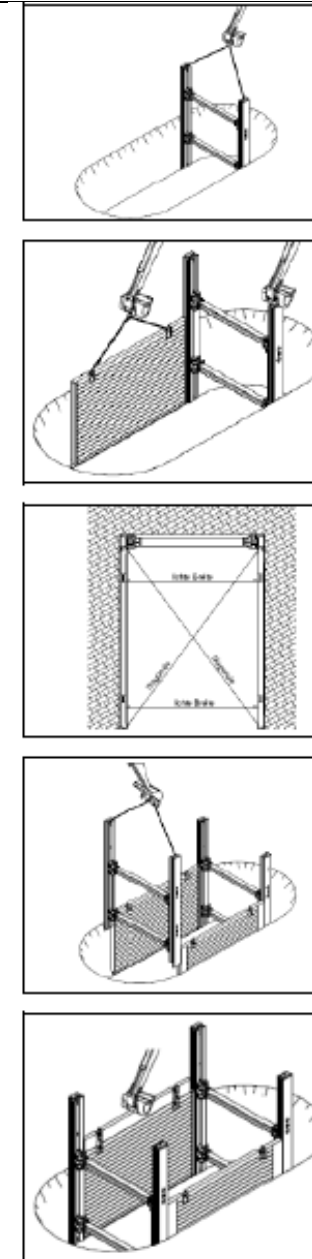
- No existe espacio a los lados de la zanja para poder hacer la zanja en talud.
- El estudio geotécnico realizado atestigua que no resulta viable la excavación en zanja con taludes ya que el material existente baja el nivel del terreno actual no es suficientemente estable.
- Para proteger los servicios afectados en la zona.

En las zanjas entibadas, el panel de entibación se profundizará no menos de 0,50 m por debajo de la rasante de la zanja, a fin de prevenir el sifonamiento o tubificación del fondo. En el caso que no se lograra estabilizar el fondo de la zanja por exceso de nivel freático o por escasa cohesión local del suelo, habrá que rebajar el freático en trasdós mediante técnicas de agotamiento.



El proceso constructivo para la realización de entibaciones de zanjas incluirá las siguientes operaciones:

- Colocación del primer perfil metálico: Después de medir la línea de zanja, se excava la capa inicial de suelo para introducir el primer perfil metálico con la ayuda de una grúa. Una vez colocados los perfiles, éstos van a servir de guía para los paneles.
- Inserción de los paneles: Con el uso de la grúa, se insertan los paneles en las guías instaladas anteriormente. Después se desplazarán hasta llegar al fondo de la excavación.
- Alineación de los paneles: La primera unidad de anclaje se alinea de manera precisa con la finalidad de que los paneles discurran paralelamente al eje de la zanja. Es importante que la distancia entre los paneles sea el mismo en los dos extremos.
- Colocación del segundo perfil metálico: Después de la instalación del segundo perfil, las cavidades entre la pared de la excavación y los paneles serán llenadas y compactadas.
- Descenso de la unidad de anclaje: Antes del proceso de descenso propiamente dicho, se excava el terreno bajo los paneles. El perfil metálico y el panel se presionan sucesivamente hasta llegar al fondo de



la excavación. Se emplearán guías protectoras sobre los paneles con la finalidad de evitar que sufran daños. La presión se realizará de manera uniforme, evitando golpes.

- Inserción de paneles superiores: Dependiendo de la profundidad requerida, se insertarán perfiles y paneles superiores hasta que los paneles de base hayan bajado al fondo de la excavación. Los paneles de base y superior se han de unir mediante los correspondientes ensamblajes.
- Instalación de los siguientes paneles: El siguiente panel se instalará cuando la unidad anterior haya bajado completamente al fondo de la zanja, los perfiles de desplazamiento se hayan posicionado verticalmente y se hayan fijado con la finalidad de proporcionar la resistencia estructural requerida. La instalación se realizará siguiendo las instrucciones descritas en los pasos anteriores. Los paneles siguientes se alinearán con la primera unidad, instalada con precisión.
- Colocación de la tubería: La colocación de la tubería podrá comenzar una vez se llegue a la profundidad requerida.

3.7.3.4 Fondo de la zanja

El fondo de la zanja deberá seguir el perfil previsto, con la pendiente y la profundidad o altura de la zanja especificadas en proyecto para cada instalación y tipo de tubo.

El fondo de la zanja deberá tener asegurada su estabilidad. Cuando, por cualquier causa el fondo de zanja haya sido desestabilizado (aflojado o removido), se deberá rasantear con material adecuado, compactándolo regularmente, previendo las regatas necesarias para la colocación de las juntas de unión. Cuando el suelo sea de poca consistencia o haya condiciones de humedad, el Director del Proyecto puede especificar trabajos adicionales.

El material de la cama nunca debe ser de grano fino con plasticidad media o alta, ni materiales procedentes de suelos orgánicos.

En un suelo arenoso y exento de terrones y piedras, y con el fondo de zanja correctamente acondicionado, según se ha indicado anteriormente, el Director de Obra podrá autorizar el apoyo directo de los tubos sobre el fondo de la zanja, que se habrá aflojado en una profundidad de unos 10 cm. Después debe añadirse terreno arenoso al menos hasta la altura de relleno conveniente para garantizar un apoyo adecuado a los tubos.

Se recomienda que los 20 mm superiores de la cama se dejen sin compactar de modo que el tubo asiente bien cuando se coloque.

Las características del material de relleno serán las siguientes:

- No deberá contener piedras con un tamaño superior a 30 mm. En tubos de diámetros pequeños, el diámetro del grano será más fino.
- Hay que usar un material de relleno que permita ser compactado sin problemas y tenga capacidad portante suficiente.
- Compactando el material hasta el 95% del Próctor Normal deberá garantizarse una rigidez mínima de 4 N/mm².

En terrenos con nivel freático alto se utilizará material granular suelto, libre de finos, de tamaño de grano comprendido entre 8 y 16 mm para diámetros de tubería hasta 400 mm, y de 16 a 32 mm para diámetros mayores.

El espesor de la cama sobre la que se apoya el tubo debe ser de, al menos, 10 cm (más 0,1 x DN) y estará debidamente compactado.

Para garantizar que el tubo apoya en un ángulo de entre 90º y 120º, la zanja de apoyo del tubo deberá ser compactada por debajo de la generatriz de apoyo del tubo mediante compactadores adecuados (por ejemplo, compactadores de mano o pequeños de aire comprimido). El tubo debe apoyar en la cama, en toda su longitud con excepción de las zonas de alojamiento de las juntas entre tubos.

Antes de bajar el tubo a la zanja es necesario realizar una sobreexcavación para el alojamiento de la junta en el fondo de la zanja y permitir el correcto ensamblaje asegurando que el peso del tubo lo soporta el propio tubo y no el manguito.

Esta sobreexcavación no será más larga de lo necesario. Aproximadamente será tres veces el ancho del manguito y debe rellenarse, al hacer el tapado, con material de igual densidad que el resto del relleno alrededor del tubo.

3.7.3.5 Compactación

Mediante la compactación del relleno que cubre a la tubería, se genera una presión lateral de las tierras sobre la tubería, que produce un reparto de cargas, minimizando los valores que tiene que soportar el tubo.

El material a compactar deberá ser terraplenado hasta una altura de 30 cm sobre el vértice del tubo. La compactación se debe realizar por capas de 30 cm como máximo.

Hay que compactar por debajo de la tubería y a ambos lados simultáneamente para impedir movimientos de la tubería.

En la compactación del relleno de la zanja, desde la cama hasta 30 cm sobre la generatriz superior del tubo, se deben usar pisonos vibradores mecánicos ligeros (peso máximo en funcionamiento de 0,30 kN), o placas vibratorias ligeras (peso máximo en régimen de funcionamiento de 1 kN), y con los espesores adecuados de las capas de tierra a compactar. Las características del material de relleno serán las siguientes:

- Que no existan componentes de piedra de granulometría mayor de 50 mm.
- El material a compactar tendrá capacidad portante suficiente y no será aglutinable (cohesivo).
- Con una compactación del 92% del proctor normal debe quedar garantizada una rigidez mínima de 3 N/mm².

Apisonador por vibración mediano.

- a) Peso en régimen de funcionamiento aproximadamente 0,30 kN (para compactar el relleno inicial y el relleno lateral UZ y RZ).
- b) Peso en régimen de funcionamiento aproximadamente 0,60 kN (para compactar la cama de apoyo y el relleno principal SZ y WZ).

3.7.3.6 Rellenos de zanjas

El relleno de las zanjas es la última operación que se realiza, y tiene por objeto proteger las conducciones y evitar que las zanjas permanezcan abiertas mucho tiempo, con el consiguiente problema de seguridad.



El relleno de las zanjas se debe realizar en dos etapas. Una primera o relleno parcial antes de las pruebas en obra, y una segunda etapa o terraplenado definitivo después de las pruebas en obra.

El material utilizado para el relleno parcial debe ser situado de manera uniforme en la zanja.

El material de relleno de la zona alrededor del tubo y hasta 30 cm sobre su clave debe depositarse en la zanja uniformemente a cada lado de los tubos en capas de unos 15 cm de espesor, cuidadosamente consolidadas lateralmente, con el fin de obtener una buena sujeción del tubo, exenta de cavidades.

Debe prestarse especial atención al rellenar la zanja en la zona del tubo, asegurándose de que no hay coqueras bajo los riñones del tubo.

El relleno parcial debe dejar las juntas visibles y comprender un espesor mínimo de 30 cm por encima de la generatriz superior de los tubos de diámetro igual o inferior a 200 mm y del orden de los 50 cm para los diámetros superiores.

La instalación de las tuberías, el relleno de las zanjas y la compactación de las distintas zonas de la zanja deben realizarse con las debidas precauciones para evitar dañar a los tubos, prohibiéndose el uso de palas mecánicas para depositar el material de relleno parcial en la zanja. En general, si se utiliza el producto de la excavación como relleno, la densidad y humedad del relleno una vez compactado debe ser lo más próxima posible a las del suelo original.

Cuando las pruebas de presión en obra sean satisfactorias, se procederá al relleno de las juntas para completar el relleno de la zona del tubo.

Para terminar el relleno hasta la rasante del suelo, se pueden utilizar materiales ordinarios en los que se hayan eliminado los terrones y piedras gruesas. Este relleno será completado por capas de alrededor de 30 cm de espesor, niveladas y cuidadosamente apisonadas.

Como se ha indicado anteriormente, en el relleno y compactación de la zanja, desde la cama hasta 30 cm sobre la generatriz superior del tubo, se deben usar pisones mecánicos ligeros (peso máximo en funcionamiento de 0,30 kN), o placas vibratorias ligeras (peso máximo en régimen de funcionamiento de 1 kN), con tongadas de espesor máximo 30 cm.

Para alturas de 0,3 m a 1 m sobre el vértice del tubo es posible compactar con un pisón vibratorio mediano (peso máximo en régimen de funcionamiento de 0,6 kN) o una placa vibratoria (peso máximo en régimen de funcionamiento de 5 kN).

Los compactadores pesados se permiten a partir de una altura de relleno sobre la generatriz superior de la tubería de aproximadamente 1 metro. En tanto las obras no hayan terminado se deberán evitar cargas mayores

(por ejemplo, tránsito de vehículos pesados, incluidos los de obra). Estas sobrecargas no están contempladas normalmente en los cálculos de proyecto.

3.7.3.7 Suministro, acopio, instalación y pruebas de tuberías

3.7.3.7.1 Recomendaciones generales

- Utilizar maquinaria de elevación de potencia suficiente. Guiar el izado al principio y al final de éste.
- Maniobrar con suavidad.
- Evitar balanceos, choques, o roces de los tubos con las paredes, el suelo y los teleros.

Estas medidas son aún más importantes cuando los tubos son de grandes dimensiones o cuando llevan revestimientos especiales.

3.7.3.7.2 Izado

Izado de los paquetes de Ø 60 a 300 mm:

El izado de dos o más paquetes de forma conjunta no es posible a menos que se tomen precauciones particulares.

En ningún caso se manipularán los paquetes con ganchos o ventosas. Los flejes de embalaje no están diseñados para soportar la carga.

Izado de los tubos Ø > 300 mm:

Izado por los extremos: Se emplearán ganchos adecuadamente revestidos de una protección de tipo poliamida.

Izado por la caña: Se utilizarán correas lisas y anchas que se mantendrán aisladas por una barra de carga a fin de evitar su deslizamiento accidental. Queda prohibido el empleo de eslingas metálicas, ya que podrían dañar los revestimientos. Es posible utilizar en obra sólo una correa. En este caso, se tomará el tubo por su centro de gravedad, con la correa bien apretada sobre el mismo para impedir su deslizamiento.

3.7.3.7.3 Transporte

Es necesario observar algunas reglas simples de apuntalamiento o de estiba para reducir al mínimo el riesgo de incidentes durante el transporte.

Los vehículos deben ser apropiados para el transporte y las operaciones de carga y descarga de los tubos y accesorios de fundición dúctil.

Conviene respetar las siguientes reglas básicas:

- Evitar todo contacto entre los elementos de la canalización y las superficies metálicas (para no dañar los revestimientos).
- Evitar el contacto directo de los tubos con la base del remolque (colocando los tubos en posición horizontal sobre dos series paralelas de tablones de madera de buena calidad fijados a la base).
- Facilitar la carga y descarga de los tubos en condiciones de seguridad (utilizando correas textiles o ganchos adaptados; evitar las eslingas metálicas).
- Garantizar una buena resistencia de la carga durante el transporte.

- Utilizar vehículos o remolques que tengan un equipo lateral obligatorio para estabilizar la carga (presencia de teleros suficientemente dimensionados a cada lado de la base).
- Colocar la carga con ayuda de correas textiles y sistemas de tensores de palanca.

3.7.3.7.4 Descarga

En obra, y salvo prescripciones en contra, se dispondrán los tubos a lo largo de la zanja por el lado opuesto a los depósitos del material extraído, y con los enchufes orientados en el sentido del montaje.

Se evitará:

- Arrastrar los tubos por el suelo, ya que esto dañaría el revestimiento exterior.
- Dejar caer los tubos al suelo, ni incluso interponiendo neumáticos o arena.
- Descargar los tubos en lugares que presenten riesgos, como por ejemplo, pasos frecuentes de maquinaria, utilización de explosivos (riesgo de proyección de piedras), etc.
- Depositar los tubos sobre grandes piedras.

3.7.3.7.5 Almacenamiento

El almacenamiento de los tubos y uniones en la obra debe permitir una gestión adecuada de las piezas y facilitar las eventuales reparaciones.

El almacenamiento de los tubos y accesorios debe efectuarse sobre un suelo plano y sin piedras.

3.7.3.8 Tubos

Tubos Ø 60 a 300 mm:

Los tubos son entregados en paquetes, que pueden ser almacenados en pilas, sobre piezas intercalares. La altura no deberá superar los 2,50 m. Entre dos paquetes unidos, los tubos se colocarán en sentido contrario, y alineados para evitar cualquier contacto puntual entre los tubos.

Tubos Ø 350 a 2.000 mm:

Los tubos son suministrados a granel. El almacenamiento se realizará de la siguiente forma: Los tubos de una misma hilera se colocan en sentido contrario con respecto a los de la hilera inferior (sin piezas intercalares entre hileras).

La primera fila se apoyará sobre maderos de 120 mm de ancho.

El número máximo de hileras no debe superar los valores siguientes:



DN	Número de hileras	DN	Número de hileras
350	18	1 000	3
400	16	1 100	3
450	14	1 200	2
500	12	1 400	2
600	10	1 500	2
700	7	1 600	2
800	6	1 800	2
900	5	2 000	2

3.7.3.8.1 Accesorios

Los accesorios se almacenarán por tipo y por diámetro, sobre maderos o planchas, evitando apilarlos. En caso contrario, habrá que diseñar una buena protección, para no dañar el revestimiento epoxi.

3.7.3.9 Montaje en zanja

El montaje en la zanja sobre el material de asiento se realizará con ayuda de la grúa de un camión. Los tubos se presentan en la zanja aproximadamente en su posición definitiva emboquillándose posteriormente con ayuda de tráctel.



Una vez emboquillado el tubo se realizará el relleno secundario cubriendo los riñones de la tubería y compactando para evitar desplazamientos posteriores.

3.7.3.9.1 Tuberías de hormigón en masa o armado.

Para el montaje de los tubos de hormigón en masa o armado con junta flexible y estanca, se seguirán las fases que se enumeran a continuación:

Preparación de las boquillas: Se seguirá el siguiente proceso: limpiar cuidadosamente las boquillas y colocar la goma en la boquilla macho.

Ajustar la goma, igualando las tensiones (esta operación se puede hacer con las manos, con un destornillador, etc.).

Enchufe: Una vez bajado el tubo al fondo de la zanja según las recomendaciones indicadas en la descarga de los tubos, se procederá a la operación del enchufe.

El tubo a enchufar suspendido de una eslinga se colocará en contacto con el tubo ya montado, estando concéntrico y alineado con él. Durante esta operación el tubo a enchufar no debe estar apoyado en el fondo de la zanja.

A continuación, se alinearán las dos boquillas de los dos tubos a enchufar.

Antes del enchufe, se comprobará que la goma está en contacto con el hormigón en toda la circunferencia. Asimismo, habrá que asegurarse de que los dos tubos están alineados correctamente.

Mediante un tráctel o sistema adecuado se procederá al enchufe, con movimientos sucesivos y moderados, verificando durante esta operación que la goma no se descoloque.

Con el tubo enchufado se comprobará por el exterior, con una lámina de acero, que la goma esté en su sitio. Caso de no estar seguros de su posicionamiento, se comprobará por el interior, mediante una galga especial, que la goma esté bien colocada.

Seguidamente se dejará el tubo sobre el fondo de la zanja, liberando las tensiones del tráctel y de la eslinga.

En caso de cualquier problema durante el montaje, se deberá soltar el tráctel, comprobando que la goma y las boquillas estén bien, y se volverá a enchufar.

En caso de que la goma no se recupere o tenga cortes superficiales, se procederá a cambiarla por una nueva.

Se recomienda como sentido de montaje que la boquilla macho del tubo a montar entre en la boquilla hembra (campana) del tubo ya montado.

3.7.3.9.2 Tuberías de PE o PVC.

La unión, tanto de tubos como de accesorios, podrá ser del tipo flexible mediante una junta tipo enchufe con una embocadura en la que irá alojada una junta anular elastomérica de estanqueidad. La profundidad mínima de embocamiento para longitudes de los tubos deberá estar conforme a la Norma UNE-EN 1452-2:1999. Los extremos macho de los tubos deberán acabar en chaflán, de acuerdo con la Norma ISO 2045. La goma de la junta y la boca correspondiente deben limpiarse y recubrirse con lubricante antes del acople, debiéndose realizar el montaje inmediatamente para evitar que se seque el lubricante.

El corte de los tubos se efectuará por medios adecuados, que no dañen los elementos aprovechables, siempre normalmente a su eje y achaflanado.

Las desviaciones máximas entre ejes de tubos o piezas especiales no sobrepasarán las máximas admitidas para cada tipo de tubería. En cualquier caso, las juntas deben enchufarse con los tubos alineados y conformar las desviaciones una vez colocados.

3.7.3.10 Pruebas de las conducciones.

En función de que las tuberías instaladas trabajen o no a presión son preceptivas las dos pruebas siguientes en la tubería instalada en la zanja:

- Prueba de presión interior (en el caso de tuberías forzadas o a presión).

- Prueba de estanqueidad (siempre).

3.7.3.10.1 Pruebas de presión interior.

A.1. Tras el montaje de la tubería impulsión, prolongación de la impulsión a la EDAR actual, de se procederá a prueba de presión interna de prueba

A.2. Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las juntas descubiertas.

A.3. Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo hacia arriba una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo objeto de la prueba se encuentre comunicado en la forma debida.

A.4. La bomba para la presión hidráulica podrá ser manual o mecánica, pero en este último caso deberá estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provista de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por ACUAES o previamente comprobado por él.

A.5. Los puntos extremos del tramo que se quiere probar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser fácilmente desmontables para poder continuar el montaje de la tubería. Se comprobará cuidadosamente que las llaves intermedias en el tramo en prueba, de existir, se encuentren bien abiertas. Los cambios de dirección, piezas especiales, etc., deberán estar anclados y sus fábricas con la resistencia debida.

A.6. La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión (*). La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la misma no supere un (1) kilogramo por centímetro cuadrado y minuto.

(*) La presión máxima de trabajo (Pt) de una tubería es la suma de la máxima presión de servicio más las sobrepresiones, incluido el golpe de ariete.

A.7. Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior a raíz cuadrada de p quintos ($\sqrt{p/5}$), siendo p la presión de prueba en zanja en kilogramos por centímetro cuadrado. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo, de forma que al final se consiga que el descenso de presión no sobrepase la magnitud indicada.

A.8. En el caso de tuberías de hormigón, previamente a la prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos veinticuatro (24) horas.

A.9. En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, la empresa adjudicataria propondrá, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar las juntas con idéntica seguridad. La Dirección Facultativa podrá rechazar el sistema de prueba propuesto si considera que no ofrece suficiente garantía.

3.7.3.10.2 Prueba de estanqueidad.

B.1. Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse la de estanqueidad.

B.2. La presión de prueba de estanqueidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería objeto de la prueba.

B.3. La pérdida se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanqueidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

B.4. La duración de la prueba de estanqueidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula: $-V = K L D$ En la cual: V = pérdida total en la prueba en litros L = longitud del tramo objeto de la prueba, en metros. D = diámetro interior, en metros. K = coeficiente dependiente del material según la siguiente tabla:

- Hormigón en masa K = 1,000
- Hormigón armado con o sin camisa K = 0,400
- Hormigón pretensado K = 0,250
- Fibrocemento K = 0,350
- Fundición K = 0,30
- Acero K = 0,350
- Plástico K = 0,350

B.5. De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, la empresa adjudicataria, a sus expensas, repasará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo viene obligado a repasar cualquier pérdida de agua apreciable, aun cuando el total sea inferior al admisible.

3.7.4 Encofrados, acero y hormigón en estructuras (Hormigón estructural)

3.7.4.1 Encofrado

La construcción de las diferentes estructuras de la estación depuradora de aguas residuales requiere el empleo de encofrados específicos, de tipo circular, de tipo recto, de tablero fenólico, trepante, etc. En este apartado de encofrado describimos los previstos para los principales depósitos, entre los que destacamos los espesadores de fangos, el nuevo reactor biológico (rectangular) y los digestores de fangos (encofrado trepante en muros y encofrado con cimbrado en cúpula), que consideramos los más importantes. Los demás se construirán con procedimientos similares.

El sistema de encofrado de los alzados de los espesadores de fangos será del tipo circular modular, en dos fases, una hasta la altura del muro interior y otra hasta el final del mismo, incluyendo el canal de rebose. Los encofrados a utilizar serán especiales, a dos caras, con la curvatura adecuada al radio de los espesadores de fangos. Dada la altura de los muros prevista se utilizará un módulo de encofrado interior y el canal de rebose se realizará en una segunda fase.

En los depósitos circulares de la EDAR, como es el caso de los espesadores de fangos, se utilizará un sistema de encofrado circular adaptado al radio de los mismos.

El otro depósito cuyo proceso constructivo se quiere destacar es el reactor biológico. Se construirá en primer lugar la solera, teniendo en cuenta en su hormigonado las juntas de dilatación previstas.

Para ejecutar el encofrado se utilizarán encofrados modulares, tipo PERI o similar, colocados con grúa. La superficie interna de los mismos se impregnará con líquido desencoformante. Se comprobará la planeidad del encofrado y la rigidización del mismo mediante los elementos auxiliares correspondientes.

El proceso de encofrado seguirá la siguiente secuencia:

- Excavación emplazamiento y solera.
- Hormigón de limpieza.
- Montaje sistemas de redes de tuberías y encofrado y acero de la solera.
- Hormigonado de solera, en fases según juntas de dilatación previstas.
- Colocación encofrado muros.
- Hormigonado de muros.

Para este tipo de depósitos de planta rectangular, se utilizarán sistemas tradicionales de encofrados modulares, como el sistema PERI TRIO o similar. Se adjunta foto de sistema y colocación de encofrado.



3.7.4.2 Ferralla

Previo a la elaboración y montaje del acero corrugado, la Oficina Técnica de la obra realizará el despiece de las armaduras representadas en los planos, a partir de las dimensiones de los elementos estructurales de hormigón armado y de las longitudes precisas para el montaje: separadores, pates, etc., teniendo en cuenta los recubrimientos, las longitudes de anclaje y las longitudes de empalmes por solapes, indicadas en los planos y en su defecto calculadas según EHE.

3.7.4.3 Elaboración de armaduras

Las armaduras se elaborarán en el taller de ferralla externo o en el taller de ferralla de obra, a partir de los planos de despiece (planillas).

El corte de barras se realizará con cizallas adecuadas.

Las armaduras se elaborarán en el Taller de ferralla externo o en el taller de ferralla de obra, a partir de los Planos de Despiece (planillas). El corte de barras se realizará con cizallas adecuadas.

El doblado de las armaduras en bancos de doblado se realizará en frío y a velocidad moderada, empleando mandriles del diámetro indicado a continuación:

Las armaduras se cortarán y doblarán con las dimensiones y forma especificada en los Planos de despiece.

Las armaduras serán del tipo de acero especificado en los planos de despiece y se atarán en paquetes, etiquetados de forma que quede perfectamente identificado el elemento estructural al que se destinan y las piezas de la armadura elaborada, indicando:

- El número del plano de despiece y el detalle al que corresponden.
- El tipo de acero, número de barras y diámetros.
- La armadura a la que pertenecen: armadura principal, cercos, refuerzos, etc.
- Su situación en el elemento estructural: longitudinal o transversal, superior o inferior, vertical y horizontal, trasdós o intradós, etc.

En la zona de almacenaje de armadura, o en el propio tajo de obra según los casos, se realizará la recepción de la armadura elaborada en el taller de ferralla externo o en el taller de ferralla de obra, comprobando que cumplen satisfactoriamente los siguientes aspectos:

- Se agrupan en paquetes con etiquetas de identificación.
- Se identifica el elemento estructural al que pertenecen.
- Se indica la armadura a la que pertenecen: armadura principal, cercos, refuerzos, etc.
- Se especifica su situación en el elemento estructural: longitudinal o transversal, superior o inferior, vertical y horizontal, trasdós o intradós, etc.
- Se comprueba el tipo de acero.
- Se comprueba que el diámetro y el número de piezas se corresponde con el indicado en el plano de despiece.

En la recepción de la armadura elaborada en el taller de ferralla externo se comprobará además el fabricante a través de las marcas mecanizadas del acero.

Si el montaje de la armadura se realiza en el taller de ferralla, la recepción indicada anteriormente se efectuará directamente sobre el elemento montado en lugar de sobre los paquetes.

Una vez elaborada se enviará la armadura a la zona de almacenaje de armadura, destinada previamente al respecto en el área de acopio de obra.

Las áreas de acopio estarán ubicadas en una explanada de dimensiones suficientes, provista de un sistema de drenaje adecuado para cada caso.



Montaje de ferralla

El montaje de las piezas que forman la armadura de elementos estructurales se podrá realizar en el taller de ferralla, siempre que se cumplan los siguientes requisitos:

- La configuración de este no impida la colocación de elementos completos.
- La rigidez del elemento montado permita su transporte sin deformaciones.
- Las dimensiones del elemento montado (peso o volumen) no impida su transporte, izado o colocación in situ.

El replanteo se realizará mediante líneas topográficas pintadas con tiza, o marcas topográficas fijadas, en los encofrados o elementos estructurales hormigonados, la cota del hormigón de limpieza y la cota de la armadura superior y de la superficie superior del hormigón, la situación en planta, la separación entre las barras el final de barras, y demás señales que aseguren la correcta colocación de las armaduras según los Planos del Proyecto.

Las barras despiezadas se limpiarán previamente a su colocación, cuando sea necesario para eliminar la suciedad, las materias o sustancias adheridas que afecten a la adherencia, los óxidos no adherentes, las grasas, las pinturas y las etiquetas que tengan.

El tipo de acero de las barras, el número de capas, el número de barras por capa, la separación entre barras y los diámetros de las armaduras de cada elemento estructural (armadura principal, cercos o estribos, refuerzos, etc.), y la situación de las armaduras en el elemento estructural (longitudinal o transversal, superior o inferior, vertical y horizontal, trasdós o intradós, de refuerzos de esquinas, bordes o huecos, etc.), se colocarán según se establece en los Planos de armaduras del Proyecto.

Se replanteará topográficamente la situación de las juntas de dilatación.

Se interrumpirán las armaduras en las juntas de dilatación de la forma indicada en los detalles de los Planos de armadura.



Se colocarán los soportes de la armadura superior de losas, mediante horquillas, pates o pasadores en número y a una separación adecuada, que proporcionen la rigidez suficiente para soportar el peso de los operarios durante la puesta en obra del hormigón, sin que se desplace verticalmente la armadura: hundimientos y levantamientos.

Se colocarán separadores entre las diferentes capas de la armadura principal, mediante horquillas, pates o pasadores, en número y a una separación adecuada, que proporcionen la rigidez suficiente para impedir el desplazamiento relativo entre éstas, durante la puesta en obra del hormigón.

Se colocarán los separadores y calzos de mortero o plástico, firmemente sujetos a las barras para que no se muevan durante la puesta en obra del hormigón, de un tamaño que asegure el recubrimiento establecido en los

Planos de Proyecto, y a una separación adecuada a la rigidez de la armadura, que asegure el mantenimiento del espesor del recubrimiento durante la puesta en obra del hormigón.

Se dejará el espacio libre entre las armaduras y la marca de la superficie exterior del hormigón del espesor correspondiente al recubrimiento previsto en los planos de armadura para el elemento estructural.

La armadura colocada y montada se fijará respecto a los encofrados, de modo que se impida el desplazamiento de la armadura respecto al encofrado, durante la puesta en obra del hormigón.

Se colocarán las esperas de forma que no sea preciso desplazarlas (grifado) para realizar correctamente los empalmes por solape con las armaduras de los elementos estructurales de las siguientes fases del hormigonado, con los recubrimientos adecuados.

Se replanteará la situación de los elementos embebidos: manguitos pasantes, perfiles metálicos, placas de anclaje, pernos de anclajes, bandas de estanqueidad, etc., especificado en los Planos vigentes, y se colocarán firmemente sujetas en el lugar exacto, desplazando o cortando las armaduras cuando sea necesario.

Los cortes de armaduras y los refuerzos suplementarios para huecos o elementos embebidos se realizarán según detalles constructivos expresamente preparados por la Oficina Técnica de Obra para cada caso.

Finalizada la colocación de las armaduras y previamente a la puesta en obra del hormigón, se realizará la limpieza del fondo del encofrado. Si por la geometría del elemento estructural el fondo del encofrado quedase inaccesible al final del montaje, se realizará la limpieza en fases anteriores.

3.7.4.4 Hormigonado

Previa a la ejecución del hormigonado, se comprobarán los montajes de la armadura y encofrados correspondientes a la unidad a hormigonar, según lo indicado en los procedimientos específicos, corrigiendo las posibles deficiencias observadas.

Se presentará especial interés en la colocación de materiales sintéticos, normalmente porexpan, que aseguren la pérdida de contacto, el hueco o la posibilidad de deformaciones independiente para dos superficies de hormigón en contacto. Su colocación se realizará siempre una vez finalizado el hormigonado de una de las partes y pendiente la siguiente.

Una vez terminada y aprobada toda la ferralla, se colocará en todas las superficies que van a recibir hormigón marcas de llenado o berenjenos para ajustar el nivel de este a las referencias definitivas derivadas de los planos de proyecto. Los encofrados recuperables se apuntalarán convenientemente, de tal manera que no existan asientos ni movimientos diferenciales derivados del apoyo en rellenos o terrenos movidos. Así mismo, se unirán caras paralelas de encofrado mediante latiguillos de acero para que no exista desplazamiento relativo entre ambas y una vez tensos, se asegurará mediante arriostramiento y acuíñamiento de puntales, que los encofrados están suficientemente anclados frente a posibles empujes ascendentes.

Una vez comprobadas todas las prescripciones anteriores se debe garantizar la presencia de suficientes vibradores en perfecto uso y ajustados para el material a verter, la presencia del Laboratorio de Calidad para el control de calidad del hormigón. Terminadas las labores de reparación o corrección de desconformidades detectadas en fases intermedias de ejecución o montaje de la unidad, se autorizará el vertido del hormigón.

Se establecerán con suficiente antelación planes para realizar el hormigonado de cada elemento incluyendo su recepción, puesta en obra y curado.

La resistencia característica de los hormigones estructurales no deberá ser inferior a 200 kg/cm² y no se admitirá la colocación en obra de mezclas con principios de fraguado o con indicios de adición de agua para mejorar su manejabilidad, así como aquellas que no se compacten.

El vertido del hormigón se realizará de modo que:

- Se evitará la disgregación del mismo
- Se evitará que la caída directa produzca desplazamientos del encofrado, de las armaduras, o de los embebidos.
- Separación entre puntos de vertido: El recorrido del hormigón al vibrar será inferior a 2 metros.
- Se limitará la altura de caída libre a 2 metros para evitar la segregación de áridos.
- El espesor de tongada será inferior a la profundidad que alcancen los vibradores.
- El efecto de vibración se debe extender a toda la masa de hormigón. Si por alguna razón el hormigonado sufre una interrupción, se cuidará de que la junta creada se sitúe en una zona no perjudicial de esfuerzos definitivos y lo más irregular posible al reanudar el vertido.
- El acabado de superficies se deberá realizar manualmente o por regleado para dejar una superficie lo más lisa posible.

En caso de hormigón bombeado se deben haber tomado antes las siguientes medidas:

- Se determinará en el plan de hormigonado el huso granulométrico, el contenido mínimo de cemento y la relación agua/cemento necesaria.
- El tamaño máximo del árido no debe exceder de 1/4 del diámetro de la tubería si ésta es metálica y 1/3 si es de plástico. Durante la colocación debe evitarse la proyección directa del chorro de hormigón sobre las armaduras.

En el caso de hormigonado sobre hormigón fraguado:

- Se eliminarán los áridos sueltos del hormigón derramado de la fase anterior y la lechada superficial. Se dejará la superficie limpia pero rugosa.
- No se hormigonará sobre o contra superficies que hayan sufrido daño de las heladas, eliminándose las zonas superficiales dañadas.

En el caso de hormigonado sobre el terreno, que se podrá realizar siempre que se autorice, y se cumplan los siguientes puntos:

- Fondo de excavación sin charcos ni inundado.
- Se excavará hasta la cota de planos, eliminando los terrenos sueltos o inadecuados.
- Se compactará el fondo antes del hormigonado.
- Se verterá el hormigón de limpieza indicado en planos.

En el caso de hormigonado sobre elementos estructurales:

- Las vigas y losas se hormigonan en todo su espesor.
- La situación de las juntas de construcción se analizará y fijará previamente en el Plan de Hormigonado de la obra, para determinar los volúmenes de los pedidos de hormigón.
- En vigas las juntas de hormigonado, en el caso que fueran necesarias, se situarán entre 1/4 y 1/5 de la luz.

- En las zonas próximas a los apoyos, los planos de las juntas de construcción inclinados (45º) quedarán orientados sensiblemente perpendiculares a las compresiones producidas por los esfuerzos de cortante. En caso contrario, se destruirá la parte de hormigón necesaria, hasta darle la orientación apropiada.

Las juntas de dilatación se situarán y ejecutarán con la forma apropiada, según se especifica en los Planos de Proyecto.

Previamente al hormigonado del otro lado de la junta de dilatación, se colocarán materiales comprensibles de espesor suficiente para proporcionar la anchura libre de junta prevista en planos.

Para el caso de hormigonado en tiempo frío:

- Se calificará la situación climatológica como "tiempo frío" cuando durante tres (3) o más días sucesivos, la temperatura media diaria del emplazamiento es inferior a +5ºC.
- Se colocará permanentemente un termómetro a la intemperie en superficies no favorecidas por el soleamiento, y se efectuarán varias medidas de la temperatura al día, al menos dos (2), que se registrarán en un gráfico en obra.
- La temperatura de la masa de hormigón en la puesta en obra no será inferior a +5ºC.
- No se verterá hormigón sobre encofrados a temperatura inferior a 0ºC.
- Entre +5ºC y -5ºC se utilizarán hormigones de cemento de alta resistencia inicial, y con un contenido de cemento superior a 300 kg/m³.
- Entre +5ºC y -5ºC se adoptarán medidas de protección del hormigón vertido contra la helada en función del espesor del cemento estructural (recubrimientos con láminas de espuma de poliuretano, polivinilo, etc.)
- Entre +5ºC y -5ºC el plazo de desencofrado no será inferior a 3 días.
- Dado que a -10ºC se paraliza el fraguado, se suspenderá el hormigonado por debajo de -5ºC, salvo que se adopten medidas especiales de protección que se establecerán en un Procedimiento de Ejecución específico.
- El empleo de aditivos anticongelantes y acelerantes o de aireantes se realizará tras determinar la dosificación y la influencia favorable de los aditivos en el efecto de las bajas temperaturas en el desarrollo de la resistencia inicial, mediante ensayos concretos en Laboratorio con el hormigón a emplear en obra.

Para el caso de hormigonado en tiempo caluroso:

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso deben adoptarse medidas para impedir la evaporación del agua de amasado, especialmente durante el transporte y reducir en su caso la temperatura de la masa. Una vez colocado el hormigón se protegerá del calor mediante un método que permita conservar la humedad, o por el aporte de agua. Se deben extremar las medidas de curado. No se puede hormigonar por encima de los 40ºC. En temperaturas próximas se regará abundantemente encofrados y superficies de hormigón.

Curado del hormigón:

En general el proceso de curado con agua será diario, debiendo prolongarse hasta que el hormigón haya adquirido por lo menos el 50% de la resistencia, aumentándose hasta el 70% en épocas de excesivo calor o si el hormigón estuviera en contacto con aguas agresivas.

Los defectos observados después del desencofrado como pueden ser coqueras, áridos lavados o armaduras vistas, se repararán mediante mezclas de cemento, procediendo a su curado de manera inmediata.

Acabado superficial:

La superficie del hormigón vertido se tratará adecuadamente antes del fraguado, cuando así se requiera para algún elemento estructural en Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

3.7.5 Edificios

Se pretende que los sistemas constructivos y los materiales a emplear muestren el conjunto como una industria contemporánea que exprese las formas más avanzadas y similares a las industrias de alto nivel, creando una imagen reconocible de la EDAR.

Se quiere conseguir una imagen de conjunto que rompa con la monotonía estética usual en este tipo de construcciones, minorizando el impacto visual a través de un juego compositivo volumétrico.

Distinguimos dos tipologías en la EDAR, una la destinada a usos industriales y otra más "especial" destinada al edificio de control.

La edificación destinada a usos industriales se resuelve mediante la utilización como material de los exteriores de las fachadas de placas de hormigón, con una imposta en la coronación.

Los tonos serán para la imposta o peto de color pórvido - pizarra, y para el resto del muro de color blanco marfil de textura lisa.

Las cubiertas se acabarán con gravilla sobre cubierta plana, de manera que la superficie ocupada por la construcción sea integrada a la textura del medio natural. Las cubiertas de los edificios de pretratamiento y túneles de retirada de residuos se acabarán con paneles "sándwich" de color pizarra oscuro al igual que la imposta de coronación del resto de edificios; de manera que la superficie ocupada por la construcción sea integrada a la textura del medio natural. En los planos de cubierta se reflejarán claramente las pendientes y puntos y sistemas de evacuación de las aguas de lluvia.

La otra tipología adoptada en el edificio de control será la del empleo de una fachada ventilada de hormigón polímero, con dos tonos de color, uno oscuro (color pórvido pizarra) para el peto o imposta y otro más claro para el resto (color pórvido claro). La fachada se dispondrá con un zócalo de transición de hormigón prefabricado.

El proceso constructivo de la edificación tiene las siguientes fases:

- Estructura interior de hormigón armado.
- Forjados alveolares y capa de compresión.
- Cubierta.
- Cerramiento de placas de hormigón prefabricadas.
- Revestimiento interior.
- Solados.
- Instalaciones.
- Carpintería y acabados.

3.7.5.1 Albañilería

El procedimiento constructivo para la construcción de cerramientos, divisiones interiores y fábricas de ladrillos y bloques de hormigón será el siguiente:

- Replanteo de cara exterior de la fábrica.

- Los ladrillos se sumergirán en agua antes de su colocación.
- Colocación de la primera hilera sobre torta de mortero de cemento.
- Colocación de referencias para garantizar la verticalidad de la fábrica y horizontalidad de las hiladas. Levantado de la fábrica, dejando huecos de paso, ventanas y colocando dinteles y alfeizares.

El asiento del ladrillo en cajeros de secciones rectangulares se efectuará por hiladas horizontales, no debiendo corresponder en un mismo plano vertical las juntas de dos hiladas consecutivas.

Para colocar los ladrillos una vez limpios y humedecidas las superficies sobre las que han de descansar, se echará el mortero en cantidad suficiente para que comprimiendo fuertemente sobre el ladrillo y apretando además contra los inmediatos el mortero refluya por todas partes.

3.7.6 Tratamientos superficiales continuos

En la ejecución de tratamientos superficiales de hormigón, impermeabilización, sellados de juntas y espadines, el proceso a seguir será el siguiente:

- Preparación del soporte.
- Preparación del producto.
- Aplicación del producto.
- Comprobación de resultados.

En el pulido del hormigón se cuidarán las pendientes para evitar formación de charcos. Se aplicarán los criterios de tolerancias del fabricante del producto.

3.7.7 Extendido y compactación de bases granulares

Durante el proceso de aporte de zahorra, se actuará de la siguiente forma:

- Vertido y extendido del material.
- Rasanteo del mismo y comprobación de cotas.
- Regado.
- Compactación.
- Comprobación de densidades.

Los materiales serán áridos naturales o procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, escorias, suelos seleccionados o materiales locales, exentos de arcilla, marga u otras materias extrañas.

La subbase granular no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que ha de asentarse tiene la densidad debida y las rasantes incluidas en los planos con las tolerancias establecidas. Después de extendida la tongada, se procederá, si es preciso, a su humectación.

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación de la subbase granular.

3.7.8 Zahorra artificial

Los materiales procederán del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, en cuyo caso la fracción retenida por el tamiz 5 UNE deberá contener, como mínimo, un cincuenta por ciento (50%), en peso, de elementos machacados que presenten dos (2) caras o más fractura.

El material será no plástico.

La zahorra artificial no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que ha de asentarse tiene la densidad debida y las rasantes indicadas en los Planos, con las tolerancias establecidas en el siguiente Pliego.

Después de extendida la tongada, se procederá, si es preciso, a su humectación.

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación de la zahorra artificial.

El apisonado se ejecutará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido un ancho no inferior a un tercio (1/3) del elemento compactador. El acabado final se ejecutará utilizando rodillos estáticos.

3.7.9 Riego de adherencia

Condiciones previas a la ejecución

Se comprobará que la superficie de asiento, antes de efectuar el riego, tiene las densidades y rasantes según Proyecto.

Inmediatamente antes de proceder a la extensión del ligante elegido se limpiará, si es preciso, la superficie que haya de recibirlo, de polvo, suciedad, barro seco, materia suelta o que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o manualmente. Cuando la superficie sea un pavimento bituminoso, se eliminarán excesos de ligante hidrocarbonado que pudiera haber, y se repararán los desperfectos que pudieran impedir una correcta adherencia.

Condiciones de replanteo

No existirá replanteo, el riego vendrá limitado por la zona donde se va a extender la mezcla bituminosa correspondiente.

Descripción de la forma de ejecución.

La aplicación del ligante puede realizarse con camión o con bituminadora de lanza manual, asegurando que la regulación de los difusores sea la adecuada para una dotación baja. La dotación por m² puede variar en función del estado residual de la capa, pero nunca inferior a:

Emulsión: 200 gr/m².

Tolerancias de dosificación: ± 15 % de la prevista.

En obras con intensidad tipo T00 a T1, mezclas drenantes, capas de rodadura de espesor 4 cm, o con extensiones de aplicación superiores a 70.000 m², se emplearán equipos que garanticen la dotación de la mezcla continua y uniforme.

La temperatura de aplicación del ligante irá en función de la viscosidad Saybolt Furol.

Para emulsiones: entre 10 y 40 segundos SF.

El riego de adherencia se aplicará cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a los 10°C, y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. No obstante, si la temperatura ambiente tiene tendencia a aumentar, podrá fijarse en 5°C la temperatura límite inferior para poder aplicar el riego.

Singularidades y consejos prácticos.

En la zona donde se va a regar, se cuidará especialmente de limpiar los bordes, sobre todo junto a eventuales acopios de áridos que deberán ser retirados, si es preciso, antes del barrido, para evitar su contaminación.

Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos constructivos o accesorios, tales como bordillos, vallas, señales, árboles, etc., puedan sufrir este efecto.

Se comprobará la uniformidad en el riego, evitando la duplicación de la dotación en las juntas transversales. Sobre la capa recién tratada deberá prohibirse el paso de todo tipo de tráfico, hasta que no haya roto la emulsión.

Si el riego se va a aplicar sobre un pavimento bituminoso antiguo, se eliminarán los excesos de betún existentes en la superficie del mismo, en forma de manchas negras localizadas.

3.7.10 Extendido mezclas bituminosas

Condiciones previas

Se comprobará que la superficie de asiento de la mezcla tiene la densidad debida y las rasantes establecidas en los Planos, con las tolerancias admitidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de Proyecto. No se considerará control suficiente el efectuado durante la ejecución de esta superficie si posteriormente ha habido circulación de vehículos pesados o lluvias intensas.

Si la extensión de la mezcla requiere la previa ejecución de riegos de imprimación y adherencia, se comprobará que ha transcurrido el plazo de curado de estos riegos, no debiendo quedar vestigios de fluidificante o agua en la superficie. Asimismo, si ha transcurrido mucho tiempo desde la aplicación de los riegos, se comprobará que la capacidad de unión de éstos con la mezcla no ha disminuido de forma perjudicial. En caso contrario habrá que ejecutar un riego adicional de adherencia.

Se colocará por la parte exterior de la calzada y a la distancia correspondiente, un hilo de acero de 3 mm sobre piquetes clavados cada 10 metros. Dicho hilo se tensará lo suficiente para evitar la correspondiente flecha y será la guía por lo que discurrirá el palpador electrónico, cuya misión es conseguir la rasante proyectada. En la colocación del hilo habrá que tener en cuenta el esponjamiento del material antes de ser compactado.

Transporte de la mezcla.

Los camiones de transporte serán del tipo volquete de caja lisa y estanca, perfectamente limpia, y será tratada con productos que eviten que el aglomerado se pegue a la caja. La carga se cubrirá con lonas para reducir las pérdidas caloríficas en el transporte.

Vertido y extensión de la mezcla.

Desde el punto de vista de la calidad de las mezclas, conviene vigilar las segregaciones durante el vertido de los camiones. Para ello, la altura de descarga de la tolva de planta al camión debe ser la mínima, y se ha de procurar evitar la formación de montones cónicos.

En este sentido, se empleará durante la ejecución de las mezclas bituminosas en caliente se dispondrá de un silo móvil de transferencia para extendido de mezclas.

En el fondo de este silo existe un doble tornillo sin fin de paso múltiple cuya función es remezclar el aglomerado antes de suministrarlo a la máquina extendedora a través de un segundo transportador de paletas y del elemento pivotante de descarga. El efecto de amasado que se produce en los sinfines elimina las segregaciones granulométrica y térmica producidas durante la carga de los camiones con las M.B.C. en planta y durante el transporte a obra.

El silo de transferencia evita además el contacto entre camiones y extendedora y los frecuentes impactos de aquellos sobre los rodillos de la máquina, que tan negativamente influyen en la regularidad de la superficie. Además, el silo móvil agiliza la descarga de los caminos, lo que permite acortar el ciclo de transporte y conlleva una reducción del número de vehículos necesarios.

Durante el extendido, la velocidad de la extendedora será constante, adecuando la velocidad de la extendedora a la producción de la central, de modo que aquella no se detenga. En el caso de detención, se comprobará que la temperatura de la mezcla que queda sin extender en la tolva de la extendedora y debajo de ésta, no baje de la mínima prescrita para la iniciación de la compactación; de lo contrario se ejecutará una junta transversal.

Los camiones deberán acoplarse al silo de transferencia a través de los rodillos de éste, sin tocar la trampilla del camión con la tolva del silo. El contacto no debe ser brusco, es decir no deberán golpear los rodillos del camión, en su maniobra marcha atrás. La descarga a la tolva se efectuará levantando progresivamente la caja del camión.

Es fundamental un ritmo constante en la extensión para poder alcanzar una buena regularidad superficial. La mezcla se colocará en franjas de ancho adecuado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad de la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tráfico, las características del equipo de extensión y la capacidad de suministro.

En zonas de pendiente es mejor extender subiendo, pues cuesta abajo el camión debe ir frenando y esto repercute en la extendedora. También se evitan posibles defectos de acabado de la capa como pueden ser grietas o desprendimiento de material, consiguiendo además mejores valores de compactación cuando se extiende en sentido ascendente.

Es importante controlar la temperatura con que las mezclas en caliente llegan al tajo de extensión. Si es muy elevada (superior, por ejemplo, a 180°C) puede indicar que en la fabricación el ligante ha alcanzado una temperatura excesiva, con un peligro cierto de oxidación o envejecimiento prematuro. Si es baja (inferior, por ejemplo, a 135°C) la compactación se realizará con dificultades.

Se comprobará la temperatura del aglomerado en cada camión, con termómetros especiales, introduciéndolo unos 5 cm dentro de la masa del mismo. En función del tipo de betún viene condicionada esta temperatura, que garantiza que la energía de compactación se transmite adecuadamente al material extendido. Detrás del extendido se completarán, a mano, las deficiencias de materiales que se observen, antes de que pasen los equipos de compactado, unos operarios realizarán esta operación, mediante el empleo de palas, capazos y rastrillos.

La capa de rodadura se extenderá, generalmente, a todo lo ancho mediante una sola extendedora adecuada a esta anchura o bien con varias máquinas extendedoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En

los casos en que no pueda extenderse en una sola pasada, después de haber extendido y compactado una franja, se ejecutará el extendido de la adyacente mientras el borde de la primera se encuentra aún caliente y en condiciones de ser compactado, ejecutándose una junta longitudinal en caso contrario.

Compactación de la mezcla bituminosa

Las operaciones de compactación tienen por objeto que la mezcla alcance la densidad óptima necesaria. Esto debe lograrse de manera uniforme en toda la superficie extendida, a fin de que el perfil definitivo coincida con el previsto en los Planos.

Es interesante que la extendedora produzca la máxima precompactación, siendo deseable alcanzar cifras por encima del 90%. La precompactación es interesante, más que por reducir el número de pasadas del equipo de compactación, por conseguirse de ese modo una mejor terminación superficial, dando una mejor planeidad.

El equipo compactador estará compuesto, como mínimo, por un compactador vibratorio de rodillos metálicos (tándem) y un compactador de neumáticos. Para mezclas drenantes este último será un compactador de rodillos metálicos no vibratorio.

El compactado se iniciará, tras la extendedora, con el rodillo vibrante tándem. En la primera pasada, el rodillo delantero irá sin vibración, mientras que el trasero caminará vibrando. En la segunda pasada, que se hará marcha atrás, los dos rodillos irán vibrando. Por esto es fundamental que el rodillo tándem lleve vibración independiente en cada rodillo. Tras el rodillo vibrante, se pasará el rodillo estático de neumáticos, para cerrar y dar buena apariencia superficial al aglomerado. El número definitivo de pasadas se establecerá a la vista de los resultados del tramo de ensayo.

En lugares inaccesibles la compactación se llevará a cabo mediante maquinaria de tamaño y diseño adecuado para la labor que se pretende realizar. De todas formas, es aconsejable hacer las pruebas oportunas para conseguir una buena textura superficial (no arrollamientos ni grietas) y la compactación especificada.

Singularidades.

Se realizarán tramos de ensayos previos para determinar el número de pasadas que se deberán dar para conseguir la densidad.

Los camiones de transporte serán elegidos convenientemente de tal manera que la caja de los mismos sea la más adecuada. Si es muy larga tropezará en la tolva de la extendedora y si es muy corta se corre el peligro de que la descarga se haga fuera de la tolva.

La superficie acabada se deberá comprobar lo más rápidamente posible, con una regla de 3 metros, aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera, para corregir las tolerancias.

En capas de base e intermedia se utilizará para el extendido el sistema electrónico (palpador electrónico). Por el contrario, en capa de rodadura, lo indicado es extender a espesor y plancha fija corrigiéndose así los pequeños errores que algunas veces producen los sistemas electrónicos.

Terminada la compactación y alcanzada la densidad adecuada, podrá darse al tráfico la zona ejecutada, tan pronto como haya alcanzado la capa la temperatura ambiente.

Para conseguir un buen resultado en la compactación se realizarán los cambios de dirección sobre mezcla ya compactada y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad, cortando la vibración unos metros antes de la

detención, decelerando suavemente y parando el rodillo oblicuamente a la dirección del eje, comprobando que no se produce arrollamiento de la mezcla.

3.7.11 Instalación de equipos electromecánicos

En lo que se refiere a los equipos mecánicos, la metodología constructiva se define a partir de la construcción de los elementos en la obra civil, excepto en aquellos casos en los que ha de compaginarse con ésta, es decir, aquellos elementos que han de quedar embebidos en el hormigón o necesiten anclajes especiales, como es el caso de la maquinaria singular, apoyos de bombas, filtros, pasamuros, colectores de impulsión, etc.

Dado que un porcentaje muy alto de los equipos mecánicos se fabrican en los talleres del suministrador, el arranque de la obra para éstos comienza con la gestión de compras de los mismos y su fabricación en talleres, de manera que irán acopiándose en obra o en el propio almacén del suministrador, donde se encuentran más protegidos, siguiendo en todo momento las necesidades de la misma y el avance de los trabajos de la obra civil.

Una vez los equipos en obra, tras pasar las pruebas en el taller, se procederán al montaje en sus ubicaciones definitivas, siendo necesario, como es obvio, que la obra civil esté completamente ejecutada a falta de los remates o puntos de solape con las necesidades de montaje de los equipos como se explica a continuación.

Debido a la complejidad de algunas de las máquinas y elementos que se emplean en el equipamiento de las estaciones de depuración de aguas residuales, parte de los montajes de las mismas se realizan por los mismos fabricantes, ajustando estos su trabajo a la planificación general de la obra.

En el caso de pasamuros y tuberías que han de quedar embebidas o enterradas bajo elementos de la obra civil, se procederá a identificar claramente la posición en la que han de colocarse, así como las cotas que definen su posición en el plano vertical, y que quedaran definidas en los planos constructivos de la obra.

En el caso de maquinaria unida solidariamente a la obra civil, se tendrá la precaución de definir claramente la posición de las esperas metálicas a dejar, en función de los planos certificados de los equipos emitidos por el suministrador.

Hay que tener en cuenta que normalmente la obra civil se deberá rematar una vez estén completamente montados los equipos electromecánicos, por lo que se prestará especial atención a las previsiones de huecos y espacios para paso de tuberías y equipamientos voluminosos instalados en el interior de recintos de edificios, previéndose por tanto la finalización de estas obras en función de estas necesidades de espacio.

Se dispondrán varias brigadas de montaje de equipos ajustándose el planeamiento de sus trabajos a los previstos para la obra civil y el número de tajos abiertos se ajustará a ellos de la misma forma.

De manera preferente, se realizará el montaje de las unidades que formen parte de un mismo proceso.

En lo que se refiere al equipamiento eléctrico, del mismo modo que los equipos mecánicos, la mayoría de los elementos han de ser fabricados en el taller del suministrador, quedando para la obra el montaje o interconexión de los mismos y el cableado general entre los cuadros y los receptores.

El proceso de montaje de los equipos eléctricos, en este caso sigue la programación de los equipos mecánicos, y, por tanto, de igual manera que aquellos, siguen ambos la programación de las obras civiles.

En aquellos casos en los que sea conveniente, al quedar zonas en la estación en las que no sea necesario realizar más excavaciones, se procederá a la instalación de las conducciones enterradas, solapándose por tanto con algunos de los trabajos de la obra civil, como puede suceder con la iluminación exterior.

Una vez acabados los recintos en los que han de ubicarse los cuadros eléctricos de fuerza, se procederá a su montaje y cableado a los equipos mecánicos que se encuentren ya montados, procediéndose también a la instalación de las conducciones eléctricas no enterradas, así como la iluminación interior en aquellos casos en que este previsto.

Una vez acabado el montaje y cableado de los equipos eléctricos se procederá a la instalación y cableado en sus posiciones definitivas de los elementos de instrumentación y control. Acabado este trabajo se procederá a la programación de los elementos de control y calibración de los elementos de instrumentación.

La conclusión es que en lo que se refiere a la metodología constructiva/montaje de los equipos electromecánicos, esta se encuentra tremendamente supeditada al desarrollo de los trabajos de la obra civil, ya que sin obra civil no existe ubicación para los equipos. Por otro lado, el hecho de que los equipos electromecánicos se fabriquen en talleres y no in situ, como la obra.

Una vez finalizado el montaje de los elementos, se procederá al engrase de los equipos que lo precisen, llenado de aceites de las máquinas y pintado de las partes que tengan que hacerse in situ.

3.7.11.1 Metodología

Como hemos indicado en la introducción, el montaje de equipos electromecánicos que se instalarán en la EDAR está totalmente supeditado al desarrollo de la Obra Civil y a las fechas de acopio de equipos que los fabricantes y suministradores deben de cumplir según el plan de obra que se elabora al inicio de la construcción. Los principales equipos a instalar son los siguientes: equipos desarenado-desengrasado, equipos decantación lamelar, equipos reactor biológico, equipos espesadores, equipos digestores nuevos, reactivos, equipos desinfección y criogenización, equipos eléctricos y centros de transformación.

Para la ejecución del montaje, tanto eléctrico como mecánico, se han previsto las medidas adecuadas para su realización, partiendo de una coordinación real con la fase de obra civil. Para ello se hará un seguimiento que dichos medios cumplan y cubran todas las necesidades del desarrollo de la obra, como son replanteos, instalaciones generales, oficinas, vestuarios, talleres, botiquín, almacenes, control de calidad.

A continuación, se hace una descripción general de las operaciones a realizar para la ejecución del montaje.

El montaje general de los equipos se divide en montaje de equipos mecánicos y montaje de equipos eléctricos.

3.7.11.2 Montaje de equipos mecánicos

El montaje de equipos tiene dos fases que deben tenerse en cuenta:

1ª Fase de equipos recibidos en el hormigón.

2ª Fase de equipos a instalar en la obra civil acabada.

1ª fase: En esta fase, se tendrá primordial cuidado en instalar y montar aquellos equipos que estarán recibidos y embebidos en el hormigón. Comprobando las cotas de ubicación, diámetros, forma y posición del equipo, como son pasamuros, anclajes, placas de fijación, soportes etc.

Se seguirá con esmero en esta fase la fabricación y acopio de los materiales con el fabricante o suministrador, para que se cumpla el plan de obra, no afecte ni retrase a la obra civil.

2ª fase: En esta fase se instalarán los equipos propiamente dichos, que formarán por elementos de las diferentes etapas del proceso de la línea de tratamiento diseñada.

Actividades de montaje

Las actividades de montajes se han agrupado indistintamente de la línea de proceso, pues podrán estar efectuándose al mismo tiempo montajes a diferentes elementos de la estación, ya que, como hemos comentado, los equipos están supeditados a la terminación de la Obra Civil.

Estas actividades son:

- Montaje de equipos recibidos en el hormigón.
- Montaje de equipos y máquinas.
- Montaje de elementos de seguridad.
- Montaje de varios.

Montaje de equipos recibidos en el hormigón:

- Se replanteará y se comprobarán cotas.
- Se fijarán soldándolos a las armaduras.
- Se protegerá del hormigón. Montaje de equipos y máquinas:
- Se replanteará posición y postura de las máquinas.
- Se fijarán a las bancadas con tornillos de anclaje.
- Se conectarán aspiraciones e impulsiones a los puntos correspondientes.

Montaje de elementos de seguridad:

Aparte de las medidas de seguridad y salud que se dispondrán para la ejecución de las obras, se procederá al montaje de elementos de seguridad de la EDAR que deben dejarse en la instalación.

Todos los elementos de seguridad como son barandillas, tapas de arquetas, quitamiedos, registros de protección, escaleras, pasarelas, pates, bocas de acceso etc. se montarán siguiendo las normas de seguridad oficial y las particulares del PIG.

Montaje de varios:

Consideramos como actividad montaje de varios aquellas operaciones grandes o pequeñas, agrupada por su grado de indefinición o de menor importancia, como pueden ser montaje de carteles de señalización, contenedor móvil de residuos, equipos de limpieza y riego, equipos de telefonía y megafonía, etc.

Se aplicará así mismo la norma de Calidad y Seguridad en el montaje como en el resto de las actividades.

3.7.11.3 Montaje de equipos eléctricos

El montaje de los equipos eléctricos reúne a las actividades del montaje de equipos que actúa en último lugar. Para ello debe estar efectuado al 100% el montaje de los equipos que estén afectados de energía eléctrica y, por supuesto, bastante definidos y terminada la obra civil, tanto en exteriores como en interiores y edificios.

La actividad de montaje de equipos eléctricos los podemos dividir en:

- Montaje de cables de fuerza.
- Montaje de cables alumbrado.
- Montaje de C.C.M.
- Montaje de equipos instrumentación.

Montaje de cables de fuerza.

Se replanteará el trazado del tendido de cables enterrados.

Se comprobarán las dimensiones de zanjas, el material base en cama de las mismas para asiento de cables.

Se señalizará con cinta y protección de ladrillos.

Antes de tapar las zanjas se pondrán hitos indicativos en los tendidos de alta tensión.

Montaje de alumbrado

Se comprobarán replanteos y dimensiones de los dados de fijación de farolas y báculos. Se harán ajustes de interconexión y cruces de cables.

Se comprobará el replanteo y trazado de zanjas.

Montaje de C.C.M.

Se replantearán las bancadas de ubicación de cuadros eléctricos.

Se comprobarán orificios de entrada y salida, así como paso de cables a edificios y cuadros.

Se replantearán arquetas de acometidas a edificios, para cumplimiento de las normas de la Compañía eléctrica.

Montaje de Instrumentación

Se replantearán y definirán los puntos de colocación de aparatos de medidas y definirán los puntos de colocación de aparatos de medida para evitar empalmes en los cables de señales y alimentación.

Se protegerán bajo tubo o bandeja los cables que se instalen vistos.

Se sellarán las cajas de conexiones y acometidas en aparatos y cuadros.