



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES
URBANAS (EDAR) PARA UN MUNICIPIO
DE 10.000 HABITANTES**

Alumno: Andrés Martínez Sánchez

Tutor 1: Profa. D^a. Ana Belén López García
Depto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los
Materiales

Tutor 2: Prof. D. Rafael Pacheco Reyes
Depto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los
Materiales

Junio, 2016



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS PARA UN MUNICIPIO DE 10.000 HABITANTES

Alumno: Andrés Martínez Sánchez

Tutor 1: Profa. Ana Belén López García

Depto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales

Tutor 2: Prof. Rafael Pacheco Reyes

Depto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales

Linares, Junio 2016

ÍNDICE GENERAL

Documento 1. Memoria	3
Documento 2. Anexos	30
Documento 3. Estudio de Impacto Ambiental.....	138
Documento 4. Estudio de Seguridad y Salud	153
Documento 5. Pliego de condiciones.....	220
Documento 6. Presupuesto	260
Documento 7. Planos	267

DOCUMENTO 1. MEMORIA

CONTENIDO DE LA MEMORIA

1. Resumen	5
2. Introducción.....	5
3. Objetivos.....	6
3.1 Objetivos generales.....	6
3.2 Objetivos específicos	7
4. Antecedentes y justificación	7
5. Localización del proyecto.....	8
5.1 Datos geográficos.....	8
5.2 Datos socio-económicos	9
5.3 Datos ambientales	9
5.4 Datos técnicos	10
6. Legislación y normativa aplicable	11
6.1 Aguas Residuales	11
6.1.1 Europea	11
6.1.2 Estatal	12
6.1.3 Autonómica	15
6.2 Estructura	16
6.3 Contaminación de suelos	16
6.4 Electricidad	16
6.5 Gestión de residuos y aplicación de biosólidos en la agricultura	17
6.5.1 Europea	17
6.5.2 Estatal	17

6.5.3 Autonómica	18
7. Sumario de datos de partida.....	18
7.1 Características de las aguas a tratar	19
7.1.1 Población	19
7.1.2 Caudales.....	19
7.1.3 Contaminación del agua bruta.....	19
7.2 Calidad del efluente	20
7.3 Emplazamiento	20
7.4.1 Vías de acceso.....	20
8. Situación actual.....	21
9. Resumen del estudio de alternativas.....	22
9.1 Línea de tratamiento propuesta.....	22
9.2 Características técnicas de la solución propuesta	22
9.2.1 Base de cálculo	22
9.2.2 capacidades.....	23
9.2.3 Equipos electromecánicos.....	23
10. Descripción de las obras e instalaciones.....	24
10.1 Movimiento de tierras	24
10.2 Obras civiles.....	24
10.3 Previsión de carga en la instalación eléctrica	25
11. Plazo de ejecución	25
12. Presupuesto	26
13. Contenido del proyecto.....	26
14. Bibliografía.....	27
15. Conclusiones.....	29

1. RESUMEN

Este trabajo posee 7 documentos en los que se ha descrito el proyecto para la instalación de una Estación Depuradora de Aguas Residuales en la localidad de Villanueva del Arzobispo, ya que según la directiva europea 91/271/CEE todos los pueblos con más de 2000 habitantes deben tener al menos una instalación de este tipo para asegurar la calidad de las aguas residuales vertidas al medio natural.

Primero se ha analizado el punto óptimo de su emplazamiento y la calidad de las aguas residuales que en dicho pueblo son vertidas al cauce natural. Posteriormente, partiendo de estos datos y la dotación de agua por habitante como parámetros de diseño, se ha dimensionado la instalación para procurar un eficaz tratamiento de las aguas, y con ello cumplir la normativa que limita los valores de contaminación del agua residual.

Por último se describen las obras y se propone un plan de obra para llevar a cabo la construcción de la planta, y se realiza un estudio de impacto ambiental.

Los últimos documentos se corresponden con un estudio de seguridad y salud, el pliego de condiciones, el presupuesto y el documento donde se recogen los planos de las unidades de la EDAR.

2. INTRODUCCIÓN

El agua que utilizamos diariamente en casa cada vez que hacemos uso de ella, por ejemplo, en el cuarto de baño, se convierte en agua residual cuando terminamos de emplear esa agua y finalmente va al desagüe. Esta agua discurre por el alcantarillado juntándose con el agua proveniente de otras viviendas e industrias, con diferentes elementos disueltos nocivos para el medio ambiente, y acaban en el cauce de un río, con el problema medioambiental que esto conlleva. Por esto, las aguas residuales que se producen en la vida diaria deben ser transportadas y tratadas eficazmente, y las instalaciones que llevan a cabo este proceso son denominadas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

Cuando el vertido del agua residual llega al cauce de un río, produce varios efectos nocivos sobre él y el medio que lo rodea, con la extensión que esto supone. Por tanto el tratamiento de las aguas es un deber con el medio ambiente que debemos cumplir.

También legalmente, pues según la directiva europea 91/271/CEE, todos los municipios con más de 2000 habitantes deben tratar sus aguas residuales para reducir al máximo la contaminación. Con esto, reducimos en gran medida el daño que suponen los vertidos contaminados en los cauces naturales, protegiendo el medio ambiente, e intentando que la planta sea lo más sostenible posible, con el aprovechamiento de los residuos que se producen en ella y minimizando el impacto ambiental de la misma.

Las EDAR son unas instalaciones complejas y muy reproducidas, pues casi en cada pueblo o ciudad debe haber al menos una. Debido a la complejidad de los tratamientos que en ella se han de diseñar, existen manuales muy prácticos y normativas que facilitan el diseño para este tipo de proyectos, ya que no profundizan demasiado en la carga teórica de los tratamientos, y se basan en datos experimentales de instalaciones que están ya en funcionamiento. En este proyecto, por ejemplo, se ha utilizado el manual de diseño de Hernández Lehmann y la normativa alemana ATV-DVWK-A 131 para el diseño de la instalación de manera que el tratamiento del agua y fangos se lleven a cabo eficazmente.

La memoria del presente proyecto pretende resumir los aspectos más importantes del mismo, pasando por cada punto de una forma general y profundizar sobre ellos más adelante en los anexos correspondientes. El título del Trabajo de Fin de Grado es “Diseño y estudio de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas (EDAR) para un municipio de 10000 habitantes”.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

El proyecto tiene como objetivo general la definición técnica y ambiental de las instalaciones de depuración de las Aguas Residuales Urbanas (ARU) en la población de Villanueva del Arzobispo. Tiene como finalidad dotar a dicho pueblo de un sistema de depuración de aguas de acuerdo a sus necesidades, mejorando la calidad del vertido al cauce natural, en términos de contaminación de las aguas, y más importante aún cuando el territorio forma parte de un Parque Natural. El objetivo general es el cumplimiento de la legislación europea, la directiva comunitaria 91/271/CEE, así como el Plan Nacional de

Calidad de las Aguas, derivado de dicha directiva, por la que todos los municipios con más de 2000 habitantes deben tener una depuración de sus aguas residuales.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para llevar a cabo los objetivos generales se establecen objetivos específicos, que básicamente son el estudio previo de las características generales del agua a tratar y del terreno, para garantizar el emplazamiento óptimo de la planta y obtener los parámetros del diseño de las instalaciones; llevar a cabo el diseño de las mismas y realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de manera que se estudien y se planteen planes para la sostenibilidad del medio ambiente.

Los puntos que en la propuesta de Trabajo de Fin de Grado se requieren para este trabajo son los siguientes:

- Realizar un estudio de las características del agua a tratar.
- Analizar el punto óptimo de localización de la EDAR, en base a la distancia respecto a la población y las vías de comunicación.
- Diseñar las instalaciones y equipos para la recogida y tratamiento de las aguas residuales, a fin de lograr la depuración eficaz del efluente.
- Realizar un estudio de impacto ambiental.
- Diseñar un plan de gestión de los residuos generados por la actividad.

4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Se tiene prevista la construcción de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) para tratar las aguas residuales generadas por la población en Villanueva del Arzobispo, provincia de Jaén. Con ello, se pretenden cumplir los objetivos generales anteriormente descritos, ya que el municipio tiene algo más de 2000 habitantes y todavía no cuenta con una EDAR. Realmente, ya que la legislación establece un límite de tiempo (hasta 2015) para proyectar, como mínimo, este tipo de instalaciones en dichos municipios, existe un proyecto para la construcción de una EDAR en Villanueva del Arzobispo, el cual es ajeno a este trabajo.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Villanueva del Arzobispo es una localidad de la provincia de Jaén. La extensión superficial del municipio es de 178 km² y tiene una densidad de 49,01 hab/km². Sus coordenadas geográficas son 38°10' N, 3°0' O. Se encuentra situada a una altitud de 658 m y a 99 km de la capital de provincia, Jaén. Los territorios del municipio forman parte del Parque Natural de la Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas.

5.1 DATOS GEOGRÁFICOS

Este municipio se encuentra situado en el extremo oriental de la comarca de La Loma y Las Villas. Sus límites naturales son:

- Al norte: el valle del Guadalquivir y la Sierra de Cazorla.
- Al este: las tierras que dan acceso a la zona de la Sierra.
- Al sur: con las últimas tierras de la zona de Úbeda.

Parte de su término municipal se encuentra regado por los ríos Guadalquivir y Guadalimar, lo que da lugar a tierras fértiles que propician cultivos agrícolas.

Importante es destacar la situación geográfica de Villanueva del Arzobispo, ya que es la zona de encuentro de cuatro comarcas y su respectiva peculiaridad:

- Villanueva y la Comarca del Condado con el río Guadalimar por la carretera que la une con Sorihuela del Guadalimar y sus tierras "rojas".
- Villanueva y la Comarca de La Loma, por la carretera N-322 que la une con Úbeda y sus extensos campos de olivares.
- Villanueva y la Comarca de Segura, por la N-322 dirección Beas de Segura-La Puerta de Segura con el Parque Natural, el más grande de Jaén, que a la misma vez se accede por la carretera de El Tranco.
- Villanueva y la Comarca de Las Villas, que la forman cuatro municipios de los cuales Villanueva ocupa en el centro de la comarca.

5.2 DATOS SOCIO-ECONÓMICOS

La principal actividad económica del municipio es la explotación agrícola del olivar. En la comarca se encuentran cuatro de las mayores almazaras de aceite en la provincia de Jaén, que es la primera productora mundial, por lo que el peso económico de esta actividad es considerable. Además, la industria de embotellamiento de agua proveniente de la Sierra de Cazorla, junto con la industria orujera de San Miguel Arcángel y la planta de biomasa de La Loma, hacen que la industria en este municipio sea muy importante. Por todo esto, la tasa de paro en el municipio de Villanueva del Arzobispo es de un 8,60%, mientras que en la provincia de Jaén asciende a casi el doble, 16,05%. (Diputación, 2014).

Sin embargo, contrastando con la baja tasa de paro y las oportunidades de empleo, el crecimiento de la migración de la población joven del campo a la ciudad hace que el número de habitantes en el municipio se mantenga casi constante, y que la edad media de dicha población ascienda.

5.3 DATOS AMBIENTALES

El clima en la región de La Loma, es un clima mediterráneo-continental, con unos inviernos fríos (6°C la temperatura media en enero) y unos veranos bastante cálidos. La temperatura media anual en el municipio es de aproximadamente 15°C.

De las precipitaciones podemos decir, que los veranos son muy secos con casi 0 precipitaciones, y los meses de marzo y noviembre suelen ser los más lluviosos con precipitaciones que llegan a los 100 L/m². La precipitación anual media es aproximadamente 750 L/m². (Rivas-Martínez, y otros, 2015). Al carecer de datos meteorológicos sobre intensidad media de lluvia, se ha obtenido a partir de la precipitación anual media, por lo que la intensidad media es 2 L/m²/día.

Los vientos más comunes son los vientos sur y suroeste, que casi siempre anuncian lluvias, y alguna vez el oeste. Los vientos del norte, no tan frecuentes, suelen ser vientos fuertes que dañan los árboles y sementeras. Los vientos del este son menos frecuentes, pero suelen ser vientos cálidos perjudiciales durante la grana de los cereales.

En cuanto a la flora y fauna, destaca la lagartija valverde, que únicamente habita en el paraje del Parque Natural. También encontramos cabras montesas, muflones, gamos, ciervos y jabalíes. Entre la vegetación destacan los extensos bosques de pinos laricios autóctonos, que se mezclan con repoblaciones de pinos carrasco y negra. Entre las especies exclusivas de este complejo serrano se encuentra la violeta de Cazorla. (Jaénpedia, 2007)

5.4 DATOS TÉCNICOS

Tomaremos el valor de 25 años como estimación de la vida útil de la planta, y se utilizará este valor más adelante en el estudio.

La dotación óptima recomendada de caudal para una población entre 5000 y 15000 habitantes, como el caso de Villanueva del Arzobispo, es de 250 L/hab/día. También tendremos en cuenta que el vertido de cálculo será el 100% de la dotación de agua, siendo este el caso más desfavorable.

La estación depuradora servirá para tratar todas las aguas residuales urbanas de la localidad de Vva. Del Arzobispo, que suponen las aguas negras provenientes de uso doméstico y las aguas de escorrentía de lluvia o aguas blancas en su caso. Para las aguas residuales industriales, debido a su carácter más contaminante, se tiene en cuenta la suposición de que son tratadas en las mismas industrias para su reutilización, y que sólo las aguas comparables en términos de contaminación a las aguas residuales que provienen de uso doméstico podrán ir a los colectores y acabar en nuestra planta depuradora, con el objetivo de simplificar la caracterización de las aguas a tratar.

6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

6.1 AGUAS RESIDUALES

(Diputación, 2003)

6.1.1 EUROPEA

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un Marco Comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de aguas destinadas al consumo humano.
- Directiva 98/15/CE de la Comisión de 27 de febrero de 1998, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo del Consejo, en relación con determinados requisitos establecidos en su anexo I sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 91/271/CEE, de 21 mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 86/280/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los vertidos de determinadas sustancias peligrosas comprendidas en la lista 1 del anexo de la Directiva 76/464/CEE.
- Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Modificada por la directiva 98/83/CE.
- Directiva 79/869/CEE del Consejo, de 9 de octubre de 1979, relativa a los métodos de medición y a la frecuencia de los muestreos y del análisis de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros.
- Directiva 77/795/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1977, por la que se establece un procedimiento común de intercambio de informaciones

relativo a la calidad de las aguas continentales superficiales en la Comunidad.

- Directiva 76/464/CEE del Consejo, del 4 de mayo de 1976, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad, modificada por las medidas siguientes: Directiva 90/656/CEE del Consejo, de 4 de diciembre de 1990 y Directiva 91/692/CEE del Consejo, de 23 de diciembre de 1991.
- Directiva 76/160/CEE, del Consejo 8 de diciembre 1975, relativa a la calidad de las aguas de baño.
- Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros.
- Decisión 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2001, por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

6.1.2 ESTATAL

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (Deroga la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas y la Ley 46/1999 que modificaba la anterior).
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Ley 11/1999, de 21 de abril, de modificación de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, y otras medidas para el desarrollo del Gobierno Local, en materia de tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial y en materia de aguas.
- Ley 7/1985, Reguladora de Bases de Régimen Local.
- Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (Traspone normas de emisión señaladas en la Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas).

- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, que modifica el Real Decreto 849/1986, que aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminares I, Úbeda, V, VI y VII de la Ley 29/1985 de Aguas.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (Trasposición de la directiva 1998/38).
- Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, que regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasada.
- Real Decreto 995/ 2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, de aprobación de los Planes Hidrológicos de Cuenca. (Entre ellos el Plan Hidrológico del Guadalquivir, único informado favorablemente por el Consejo del Agua de la cuenca los días 5 de abril y 14 de julio de 1995).
- Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales. (Traspone la Directiva 98/15/CE, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE).
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 1315/1992, de 30 de octubre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos Preliminar I, Úbeda, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Real Decreto 1712/1991, de 29 de noviembre, sobre Registro General Sanitario de alimentos.

- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la planificación hidrológica, en desarrollo de Título II y III de La Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, Úbeda, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 agosto, de Aguas.
- Decreto de 17 de junio de 1955, por el que se aprueba el Reglamento de Servicios de las Corporaciones Locales.
- Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de Cuenca del Guadalquivir, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio.
- Orden de 14 de marzo de 1996, por la que se dispone la publicación del acuerdo del Consejo de Ministros de 9 de febrero de 1996, que aprueba el Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2005.
- Orden de 12 de marzo de 1996, por la que se aprueba el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses.
- Orden de 19 diciembre del 1989, por la que se dictan normas para la fijación en ciertos supuestos de valores intermedios y reducidos del coeficiente K, que determina la carga contaminante del canon de vertido de aguas residuales
- Orden de 11 de mayo de 1988, relativa a las características básicas de calidad en corrientes de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, modificada por la orden de 15 de octubre de 1990.
- Orden de 8 de febrero de 1988, relativa a los métodos de medición y a la frecuencia de muestreos y análisis de aguas superficiales que se destinen a la producción de agua potable.
- Orden de 12 noviembre de 1987, normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales.
- Orden de 1 de julio de 1987, que aprueba los métodos oficiales de análisis físico-químicos para aguas potables de consumo público.

- Resolución de 29 de abril de 1999, de la Subsecretaría, por la que se delegan facultades en los Presidentes de las Confederaciones Hidrográficas del Guadalquivir y del Sur y en Jefes de Demarcaciones y Servicios de Costas.
- Resolución de 25 de mayo de 1998, de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, por la que se declaran "zonas sensibles" en las cuencas hidrográficas intercomunitarias.
- Resolución 28 de abril de 1995, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan nacional de saneamiento y depuración de aguas residuales.

6.1.3 AUTONÓMICA

- Ley 2/1998 de 15 de Junio, de Salud de Andalucía.
- Decreto 236/2001, de 23 de octubre, por el se establecen ayudas a los regadíos en Andalucía.
- Decreto 23/1999, de 23 febrero, por el que se aprueba el Reglamento sanitario de las piscinas de uso colectivo.
- Decreto 261/1998 de 15 de diciembre, por el que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Decreto 244/1995, de 10 octubre, BO. Junta de Andalucía 17 noviembre 1995. Aprueba el modelo oficial de Libro de Registro de Controles Analíticos e Incidencias de los Abastecimientos de Aguas Potables de Consumo Público, y se regula su tenencia y uso.
- Decreto 146/1995, de 6 de junio por el que se regula la autorización de excepciones a la concentración máxima admisible de parámetros en las aguas potables de consumo público y se crean las Comisiones Provinciales de Calificación de Aguas Potables de Consumo Público.
- Decreto 120/1991 de 11 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de suministro domiciliario de agua. Modificado por Decreto de 7 de septiembre de 1993.

- Decreto 32/1985, de 5 de febrero, sobre fluoración de aguas potables de consumo público.
- Orden de 27 de junio de 2001, conjunta de las Consejerías de Medio Ambiente y de Agricultura y Pesca, por el que se aprueba el Programa de Actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía.

6.2 ESTRUCTURA

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

6.3 CONTAMINACIÓN DE SUELOS

- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

6.4 ELECTRICIDAD

- Reglamento electrotécnico en Baja Tensión para instalaciones en locales húmedos (ITC-BT 30)

6.5 GESTIÓN DE RESIDUOS Y APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN LA AGRICULTURA

(Herrero Chamorro, 2013)

6.5.1 EUROPEA

- Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- 4º Borrador de Directiva sobre aplicación agrícola de lodos.
- Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra contaminación producida por nitratos de origen agrícola.
- Reglamento (CE) nº 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 relativo a los abonos.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008.
- Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Decisión del Consejo de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos.
- Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000 sobre incineración de residuos.

6.5.2 ESTATAL

- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuradora en el sector agrario.
- Orden del 26 de octubre de 1993, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Proyecto de Orden sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- II Plan Nacional de Lodos de depuradora de Aguas Residuales (2007-2015).

- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

6.5.3 AUTONÓMICA

- Ley 7/94, de 18 de mayo, de Protección Ambiental en Andalucía.
- Decreto 283/95, de 21 de noviembre, del Reglamento de Residuos en Andalucía.
- Ley 10/98, de 21 de abril, de residuos.

En base a esta legislación y normativa se ha llevado a cabo el presente proyecto, en el cual se definirán y justificarán las obras e instalaciones necesarias para la realización de la EDAR.

7. SUMARIO DE DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida de los que disponemos han sido recogidos de diferentes fuentes de Internet y de otras aplicaciones informáticas o normativa. Son los parámetros básicos que permiten el diseño de una EDAR.

- Analítica del agua bruta en el año de diseño.
- Requisitos para la calidad del vertido.
- Datos de población.
- Caudales medio, punta, máximo y mínimo.
- Mapas topográficos y mapas desde satélite por los que conocemos por ejemplo características de la superficie del terreno.

Con todos estos parámetros seremos capaces de dimensionar y dar un diseño adecuado a la EDAR de manera que el tratamiento de las aguas pueda realizarse de una

forma eficaz, y también escoger el lugar óptimo para la planta. Algunos de estos datos son obtenidos mediante sencillos cálculos directos, como los caudales, por ello se consideran también de partida. Estos datos y sus cálculos pueden verse más en detalle en el Anexo 1.

7.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS A TRATAR

7.1.1 POBLACIÓN

- Superficie total del municipio: 177,4 km².
- Superficie total del núcleo urbano: 1,65 km².
- Población total (invierno): 8691 hab.
- Población total (verano): 11 177 hab.
- Población de diseño (estimación para el verano del año 2039): 11 700 hab.
- Población equivalente: 17 063 hab-eq.

7.1.2 CAUDALES

- Volumen medio diario: 2905,12 m³/día.
- Caudal medio: 121,88 m³/h.
- Volumen medio anual: 1 068 400 m³/año.
- Caudal punta: 243,76 m³/h.
- Caudal máximo: 487,52 m³/h.
- Caudal mínimo: 48,75 m³/h.

7.1.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA BRUTA

- Sólidos en Suspensión (SS): 360 mg/L.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): 300 mg/L.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): 660 mg/L.
- Nitrógeno total (N): 54 mg/L.
- Fósforo total (P): 16 mg/L.

7.2 CALIDAD DEL EFLUENTE

Estos datos que nos dicen la contaminación máxima que pueden tener las aguas a la salida de la depuradora vienen dados en la Directiva Comunitaria 91/271/CEE (Real Decreto 509/1996) y la Directiva Comunitaria 98/15/CE (Real Decreto 2116/1998).

Los parámetros de vertido son los siguientes:

- Sólidos en Suspensión (SS): 35 mg/L.
- DBO₅: 25 mg/L.
- DQO: 125 mg/L.
- Nitrógeno total (N): 15 mg/L.
- Fósforo total (P): 2 mg/L.

7.3 EMPLAZAMIENTO

La nueva EDAR estará situada al noreste de la localidad de Villanueva del Arzobispo, en una parcela cercana al cementerio. El punto de vertido de las aguas estará muy próximo a la parcela, cuyo cauce es el del arroyo de Las Villas. Las coordenadas geográficas son 38° 10' 48,44" N de latitud y 3° 0' 39,49" O de longitud.

Para mayor comprensión véanse los planos de situación y emplazamiento, o el apartado 1.1 del Anexo 1.

7.4.1 VÍAS DE ACCESO

Debido a que es una localidad pequeña, el camino hasta la parcela es un tanto complicado debido a la no existencia de vías de comunicación importantes que lleguen allí. Existe una autovía, la A-32, que rodea al pueblo por la zona sur y este, sin embargo para acceder a la parcela no hay otra opción que atravesar el pueblo.

No hubiera sido más conveniente utilizar otro emplazamiento para la EDAR que tuviese mayor accesibilidad, ya que la estaríamos situando en una zona más alta y en una zona en la que los olores afectarían directamente a la población, que se supone un argumento de mayor peso para la decisión del emplazamiento. Tampoco es posible un

término medio. No existe parcela con una accesibilidad importante que no afecte a los dos argumentos anteriormente mencionados.

Los caminos más fáciles a seguir para llegar a la parcela son los siguientes.

- Desde el sur por la autovía A-32 Linares-Albacete, tomar la salida dirección Vva. Del Arzobispo/El Tranco para llegar al pueblo. Una vez en el pueblo, buscar la Calle Galicia, que va en dirección al cementerio. Una vez pasado el cementerio, seguir en dirección norte 200 metros y se llega directamente a la parcela.
- Desde el norte por la autovía A-32 Albacete-Linares, utilizar el carril derecho para tomar la rampa en dirección El Tranco/Vva. Del Arzobispo. Una vez en el pueblo, todo es igual que en lo anteriormente descrito.

Los accesos a la parcela se detallan en el plano 3/11, de accesos.

8. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el municipio de Vva. Del Arzobispo carece de planta depuradora para las aguas residuales. Ya que no se dispone de información acerca del alcantarillado del pueblo, no nos es posible determinar a qué cauce son vertidas las aguas residuales, pero es lógico que se vierten al cauce del arroyo de Las Villas, porque ahí se encuentra el punto más bajo del pueblo, y la escorrentía de las aguas blancas y negras llega a dicho punto con mayor facilidad, simplemente por gravedad.

La parcela actualmente carece de acometida eléctrica y de toma de agua potable. Ya que la mayoría de parcelas son dedicadas al cultivo del olivar, llegan aguas destinadas a su riego, aguas que no son potables. También es importante mencionar el tipo de suelo en el que va a estar emplazada la planta. Son los tipos de suelo más común de la comarca agrícola de La Loma, de carácter arcilloso, cuya consistencia depende en gran medida de la humedad, llamados vertisoles. Pueden ir desde muy duros en seco, hasta muy plásticos cuando están húmedos.

El cauce de vertido es el arroyo de Las Villas. Este arroyo aguas abajo se une al arroyo de Los Olmillos, que también pasa por el pueblo, y desembocan no muy lejos en el río Guadalimar, afluente del Guadalquivir en la misma provincia de Jaén.

9. RESUMEN DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

9.1 LÍNEA DE TRATAMIENTO PROPUESTA

Se ha propuesto una solución para el tratamiento de aguas compuesto por un pretratamiento, y tratamientos primario y secundario para la línea de aguas, que constan de desbaste y desarenado/desengrasado, decantador primario, reactor biológico de fangos activados de tipo mezcla completa y decantador secundario. Para la línea de fangos se cuenta con espesadores de fango por gravedad para los primarios y flotación para los secundarios, un digestor anaerobio para estabilizar los fangos, y antes del almacenamiento final de fangos en el silo de lodos, se les da un tratamiento de secado/deshidratado. Se puede ver un diagrama más detallado del proceso en el plano 5/11.

Esta línea de tratamiento que se propone ha sido analizada y comparada anteriormente con otras alternativas en el Anexo 2, y es considerada para las circunstancias de este proyecto la más adecuada. Se espera con esto y el posterior diseño de la instalación que el tratamiento de aguas se realice de manera eficaz y el efluente cumpla con las características establecidas en la legislación.

9.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

9.2.1 BASE DE CÁLCULO

BASE DE CÁLCULO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Población equivalente	11 700	hab-eq
Caudal de agua por persona	250	L/hab/día
Caudal medio horario	121,88	m ³ /h
Caudal máximo estimado	487,52	m ³ /h
DBO ₅ por persona	75	g/hab/día
DBO ₅ total	300	mg/L
SS por persona	90	g/hab/día
SS total	360	mg/L

9.2.2 CAPACIDADES

CAPACIDADES	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Volumen pozo bombeo	19,28	m ³
Volumen decantador primario	501,34	m ³
Volumen RB zona anóxica	242,21	m ³
Volumen RB zona óxica	968,85	m ³
Volumen decant. secundario	530,14	m ³
Volumen espesador gravedad	14,5	m ³
Volumen espesador flotación	21,21	m ³
Volumen digestor primario	299,26	m ³
Volumen digestor secundario	164,58	m ³

9.2.3 EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

	EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÑICO	CANTIDAD UNITARIA ESTIMADA	UNIDAD DE MEDIDA
PRETRATAMIENTO	Cuchara bivalva x1	1	kW
	Bomba centrífuga x3	3	kW
	Tamiz x2	0,62	kW
	Soplante de aire x5	1	kW
TRATAMIENTO PRIMARIO	Rotor dec. primario	0,18	kW
TRATAMIENTO SECUNDARIO	Rotor dec. secundario	0,18	kW
	Compresor x1	75	kW
	Bomba centrífuga x3	0,3	kW
	Agitador x6	2,5	kW
ESPEADOR POR GRAVEDAD	Rotor espesador gravedad	0,18	kW
ESPEADOR POR FLOTACIÓN	Rotor espesador flotación	0,18	kW
	Compresor x1	0,3	kW
	Bomba centrífuga x2	0,04	kW
	Bomba centrífuga x2	0,02	kW
DIGESTOR	Bomba centrífuga x2	0,1	kW
DESHIDRATADOR	Bomba centrífuga x2	0,04	kW

10. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES

10.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Será necesario un desbroce y limpieza inicial y la excavación de zanjas y pozos para situar las estructuras y otras instalaciones enterradas que componen los procesos de la EDAR, como algunos canales, decantadores, cableado, etc. Serán excavaciones a cielo abierto, cuyo volumen estimado será de 520 m³ en total.

10.2 OBRAS CIVILES

Las principales obras civiles son para las siguientes unidades:

- Canales de entrada, entre depósitos y de salida.
- Pretratamiento.
- Decantación primaria.
- Reactor biológico y decantación secundaria.
- Espesadores.
- Digestores.

Estas obras se describen más detalladamente en el Anexo 4, de plan de obra. La estimación de las cantidades para cada proceso se presenta en la siguiente tabla.

Proceso	Cantidad estimada
Desbroce	1370 m ³
Excavación	520 m ³
Encofrado	1610 m ²
Ferrallado	2630 m ²
Hormigonado	530 m ³

Tabla 10.1: Estimación cuantitativa de cada proceso

10.3 PREVISIÓN DE CARGA EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Al ser considerados todos los elementos electromecánicos como motores, se calcula según el reglamento electrotécnico como la suma del elemento de mayor potencia por un coeficiente 1.25 más el resto de elementos sin aplicar coeficiente. El resultado es, para los elementos que se prevén en la tabla del apartado 9.2, de 127,31 kW.

Se estima también en 15 kW la potencia absorbida por el alumbrado y otros usos.

La potencia total será la suma de ambas.

$$P_{total} = P_{EM} + P_{varios} = 142,31 \text{ kW}$$

11. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la obra propuesto es de 8 meses. El diagrama de Gantt puede encontrarse en el Anexo 4, de plan de obra. Se estima el tiempo de duración de las obras, entre otros, con la tabla 10.2 de rendimientos diarios para cada proceso de obra.

Concepto	Rendimiento diario
Desbroce	500 m ³
Excavaciones en zanjas	50 m ³
Encofrado	50 m ²
Ferrallado	50 m ²
Hormigonado	200 m ³

Tabla 10.2: Rendimientos diarios

12. PRESUPUESTO

MOVIMIENTO DE TIERRAS	7 544,8 €
PRETRATAMIENTO	15 450,15 €
TRATAMIENTO PRIMARIO	8 688,75 €
TRATAMIENTO SECUNDARIO	70 805 €
ESPESADORES DE FANGOS	8170 €
DIGESTOR ANAEROBIO	39 547,75 €
TOTAL MATERIAL	150 206,65 €
13% GASTOS GENERALES	19 526,84 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	9 012,4 €
SUMA G.G. Y B.I.	178 745,89 €
18% IVA	32 174,26 €
TOTAL PRESUPUESTO	210 920,15 €

13. CONTENIDO DEL PROYECTO

El proyecto contiene los siguientes documentos.

- 1. Memoria
- 2. Anejos
- 3. Estudio de Impacto Ambiental
- 4. Estudio de Seguridad y Salud
- 5. Pliego de condiciones
- 6. Presupuesto
- 7. Planos

14. BIBLIOGRAFÍA

De Ramón Fernández, Alberto Antonio. 2011. *Estudio y Diseño de una EDAR para el municipio de Mula (Murcia)*. Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2011.

Diputación de Jaén. 2003. *Ciclo integral del agua. Abastecimiento, tratamiento y distribución de agua potable; consumo de agua potable; red de alcantarillado y depuración de aguas*. Jaén : Diputación de Jaén, 2003.

—. **2014.** *Impacto de los Servicios Sociales Comunitarios en la Provincia de Jaén. Análisis de factores socioeconómicos y demográficos*. Jaén : Diputación de Jaén, 2014.

Domínguez Ollero, Rocío. 2015. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas para poblaciones entre 20 y 25 mil habitantes*. Leganés : Universidad Carlos III de Madrid, 2015.

ETSIAMN. 2002. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. [En línea] 2002. [Citado el: 2016 de 03 de 27.] <http://www.euita.upv.es/dira/Imagenes/files/jomano3.pdf>.

Fernández Esgueva, Gabriel. 2014. *Estación Depuradora de Aguas Residuales en Bárcena de Carriedo (Villacarriedo)*. Santander : Universidad de Cantabria, 2014.

Fernández-Coppel, Ignacio Alonso. 2002. *Localizaciones geográficas. Planos/mapas de localización y situación para proyectos/estudios*. Valladolid : Universidad de Valladolid, 2002.

Hernan. 2000. *Lechos Bacterianos*. Salamanca : Universidad de Salamanca, 2000.

Hernández Lehmann, Aurelio. 2015. *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*. Madrid : Garceta, 2015.

Herrero Chamorro, Olga M^a. 2013. *Gestión de lodos, normativa y destino final: Aplicación agrícola*. [Documento PowerPoint] Zaragoza : Depuración de Aguas del Mediterráneo, 2013.

Hierro Guilmain, José. Sin fecha. *Capítulo XVII: Los lodos de depuración de Aguas Residuales Urbanas*. [PDF] s.l. : Junta de Andalucía, Sin fecha.

Jaénpedia. 2007. Jaénpedia. *Villanueva del Arzobispo*. [En línea] 2007. [Citado el: 11 de Marzo de 2016.] http://jaenpedia.wikanda.es/wiki/Villanueva_del_Arzobispo.

Jiménez, Prof. Aznar. Sin fecha. *PRETRATAMIENTO. Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas. Linares*. Madrid : Universidad Carlos III de Madrid, Sin fecha.

León Ballester, Marcos. 2012. *PROJECTE DE L'EDAR I DELS COLLECTORS EN ALTA EN EL NUCLI URBÀ DE CANTALLOPS DEL MUNICIPI DE AVINYONET DEL PENEDÈS (BARCELONA)*. Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2012.

Ministerio de Medio Ambiente, Programa AGUA. 2007. *El Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015*. Madrid : Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

Rivas-Martínez, Salvador y Rivas-Saenz, Salvador. 2015. Worldwide Bioclimatic Classification System. *Phytosociological Research Center*. [En línea] Universidad Complutense de Madrid; Centro de Investigaciones Fitosociológicas, Junio de 2015. [Citado el: 11 de Marzo de 2016.] <http://www.globalbioclimatics.org/>.

Rutrus. 2006. WikiBooks. *Ingeniería de Aguas Residuales*. [En línea] 24 de Noviembre de 2006. [Citado el: 15 de Marzo de 2016.] https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Versi%C3%B3n_para_imprimir#1._INTRODUCCI.C3.93N.

SINIA (Chile). 2013. Sistema Nacional de Información Ambiental SINIA. *Tecnología de Lodos Activados*. [En línea] 4 de Diciembre de 2013. [Citado el: 2016 de Marzo de 18.] http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_30.pdf.

15. CONCLUSIONES

Las EDAR son dimensionadas a partir de estimaciones de caudal de aguas a tratar y de parámetros obtenidos de la experiencia en otras plantas depuradoras que funcionan correctamente. Por este motivo, no es posible conocer si la planta dimensionada en este proyecto funcionará o no como se prevé hasta que se haya probado experimentalmente.

Sin embargo se puede decir que el dimensionamiento se ha hecho de manera que el agua al final del tratamiento tenga valores de contaminación iguales, e incluso menores, a los que establece la ley.

Se ha elaborado un plan de obra básico que podrá ser modificado por el contratista para adaptarlo a sus circunstancias y tendrá que ser aprobado por el director de obra.

El estudio de impacto ambiental nos indica que el impacto medioambiental de la construcción y explotación de la EDAR tiene un valor final positivo. Es decir, que el balance global de impactos positivos y negativos da un resultado favorable al medio ambiente, ya que existe una gran diferencia entre verter un agua residual sin tratar al cauce natural y verter un agua tratada.

El estudio de seguridad y salud se presenta en este proyecto porque al tener una duración mayor de 30 días laborables, según el RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud, es obligatoria su elaboración.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,



Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 2. ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS Y CONTENIDO

Anexo 1. Parámetros de diseño	33
1.1 Análisis del punto óptimo de localización de la EDAR	33
1.2 Análisis de población.....	34
1.3 Análisis de caudales.....	35
1.3.1 Caudal de aguas blancas	37
1.4 Características del agua a tratar. Carga de diseño.....	38
1.5 Calidad del efluente	39
Anexo 2. Estudio de alternativas	41
2.1 Alternativas contempladas.....	41
2.1.1 Pretratamiento	41
2.1.2 Tratamiento primario.....	42
2.1.3 Tratamiento secundario	42
2.1.4 Tratamiento de fangos	46
2.2 Selección de alternativas.....	47
2.3 Solución propuesta.....	48
2.3.1 Diagrama básico para la solución propuesta.....	48
2.4 Conclusiones	49
Anexo 3. Dimensionamiento	51
3.1 Cálculo de los caudales y cargas de diseño	51
3.1.1 Pretratamiento	51
3.1.2 Tratamiento primario.....	51
3.1.3 Tratamiento secundario	52
3.2 Aliviaderos.....	53
3.2.1 En pretratamiento	53

3.2.2 <i>En tratamiento primario</i>	55
3.2.3 <i>En tratamiento secundario</i>	56
3.3 Canal de entrada a la EDAR	56
3.4 Pretratamiento	59
3.4.1 <i>Reja de gruesos</i>	59
3.4.2 <i>Bombeo de agua bruta</i>	62
3.4.3 <i>Tamizado</i>	65
3.4.4 <i>Desarenado-desengrasado</i>	66
3.5 Tratamiento primario	73
3.6 Tratamiento secundario	77
3.6.1 <i>Parámetros de diseño</i>	77
3.6.2 <i>Cálculos</i>	82
3.6.3 <i>Necesidad de oxígeno</i>	84
3.6.4 <i>Recirculación de fangos y fangos en exceso</i>	88
3.6.5 <i>Decantación secundaria</i>	89
3.6.6 <i>Nitrificación-desnitrificación</i>	92
3.6.7 <i>Eliminación del fósforo</i>	101
3.7 Tratamiento de fangos	102
3.7.1 <i>Línea de fangos y caudales y cargas de diseño</i>	102
3.7.2 <i>Espesador de fangos por gravedad</i>	103
3.7.3 <i>Espesador de fangos por flotación</i>	106
3.7.4 <i>Digestor anaerobio</i>	109
3.7.5 <i>Deshidratador de fangos</i>	121
Anexo 4. Plan de obra	126
4.1 Descripción general de las unidades de obra	126
4.2 Acondicionamiento del terreno	128
4.3 Obra civil	129
4.3.1 <i>Excavación</i>	129
4.3.2 <i>Estructura</i>	129
4.3.3 <i>Armadura</i>	130
4.3.4 <i>Hormigonado</i>	130

4.3.5 Relleno.....	131
4.4 Instalaciones complementarias	131
4.5 Urbanización	131
4.6 Puesta en servicio.....	132
4.7 Plan de obra.....	132
Anexo 5. Plan de gestión de residuos generados por la actividad de la planta.....	134
5.1 Características de los lodos de depuración	134
5.2 Producción y destino de lodos de depuración.....	134
5.3 Otros residuos	136

ANEXO 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

1.1 ANÁLISIS DEL PUNTO ÓPTIMO DE LOCALIZACIÓN DE LA EDAR

A continuación describiremos el emplazamiento que se ha seleccionado para la realización de las instalaciones. En el plano 1/11, de situación y emplazamiento, podemos observar la situación de la parcela en la que situaremos la planta, y en el plano 2/11, topográfico, podemos observar el relieve de la misma. Las características generales son las siguientes:

- Superficie: 1,37 ha.
- Altura media sobre el nivel del mar: 638 m.
- Latitud: 38° 10' 48,44" N.
- Longitud: 3° 0' 39,49" O.
- Distancia mínima a la población: 500 m.

El pueblo se encuentra situado al sur, sur-este de esta parcela. Se ha seleccionado este emplazamiento por dos motivos fundamentales.

- Es el punto más bajo de la localidad, lo que permite que el agua llegue a la EDAR a través del alcantarillado, simplemente por gravedad, y debido a la cercanía de la parcela al cauce del arroyo de Las Villas, el punto de vertido de las aguas efluentes estará muy próximo.
- El pueblo queda al sur-sureste de la parcela. Como los vientos predominantes vienen del sur-suroeste, no será frecuente que los posibles malos olores provenientes de la EDAR acaben perjudicando a la población.

El emplazamiento se encuentra en un punto relativamente cercano al pueblo. No hay ninguna normativa que indique la distancia mínima a la población que deba cumplir una EDAR, sino que es el ayuntamiento el que decide. En este caso, la distancia mínima son 500 m, que es una distancia mínima igual a la que se da en la EDAR de Linares y Jaén y cercana a la que se da por ejemplo en Mengíbar.

1.2 ANÁLISIS DE POBLACIÓN

Como podemos observar en la tabla 1.1, la tendencia de la población a principios de la primera década del presente siglo es ascendente, sin embargo desciende repentinamente en estos últimos años, posible consecuencia de la crisis económica y migración de la población más joven a la ciudad.

Según el documento de la Diputación de Jaén (Diputación, 2003), la población media en meses de invierno en el año 2000 es de 8691 habitantes, mientras que en los meses de verano es de 11 177 habitantes, un incremento de un 30%.

Año	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Habitantes	8628	8650	8748	8728	8724	8673	8755	8942	8595

Tabla 1.1: Evolución de la población en Vva. Del Arzobispo desde el año 1998 hasta 2014. Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Realizando un ajuste básico de los valores en la tabla tomando 1998 como año cero, podemos extrapolar los resultados para conocer una estimación de la población media en el año 2039 (es decir 25 años después del año 2014, tomando 25 años como la vida útil de la instalación). El resultado es que la población media para el año 2039 es de 7500 habitantes aproximadamente (la tendencia es descendente).

En este proyecto, se sobredimensionará la estación depuradora. Esto significa, que previendo un aumento de la población por la recuperación económica, es posible que se retome la tendencia ascendente de la población en los próximos años, por lo que tomaremos como población media estimada para el año 2039 la de 9000 habitantes, y teniendo en cuenta el caso más desfavorable (incremento del 30% en meses de verano), para el diseño se estimará la población en 11 700 habitantes.

$$P_{\text{diseño}} = P = 11\,700 \text{ hab} \quad (1.1)$$

Esta población nos valdrá para estimar el caudal de aguas residuales en nuestra entrada a la EDAR en el siguiente apartado.

1.3 ANÁLISIS DE CAUDALES

Según el documento de la Diputación de Jaén (Diputación, 2003), las dotaciones óptimas para abastecimiento en poblaciones entre 5000 y 15 000 habitantes es de 250 L/hab/día. Con estos datos y el número estimado de habitantes se obtiene:

$$\text{Caudal medio} = \text{Población} * \text{Dotación media diaria} \quad (1.2)$$

$$Q_m = 11\,700 \text{ hab} * 250 \frac{\text{L}}{\text{hab} \cdot \text{día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 121,88 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El caudal punta, es un caudal mayor que el medio, que se recibe de manera puntual en la planta a determinadas horas del día. Se calcula como el caudal medio multiplicado por un coeficiente de punta, que varía entre 1,5 y 2,5. Nosotros utilizaremos un coeficiente de punta de 2.

$$\text{Caudal punta} = \text{Caudal medio} * C_p \quad (1.3)$$

$$Q_p = Q_m * 2 = Q_{\text{aguas negras}} + Q_{\text{aguas blancas}} = 243,76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El caudal máximo es el que puede llegar a la planta y se puede estimar como el caudal medio multiplicado por un coeficiente entre 2 y 5. Aquí se utilizará 4.

$$\text{Caudal máximo} = \text{Caudal medio} * C_{max} \quad (1.4)$$

$$Q_{max} = Q_m * 4 = 487,52 \frac{m^3}{h}$$

El caudal mínimo es un dato importante para las estaciones de bombeo, por las bombas de succión. Como en los primeros años de funcionamiento se suele trabajar con caudales inferiores a los proyectados, se suelen producir retenciones. Si no se disponen de otros datos se pueden emplear unos coeficientes entre 0,3 y 0,5 según sea una comunidad pequeña o grande, y multiplicarlo por el caudal medio. Nosotros utilizaremos 0,4.

$$\text{Caudal mínimo} = \text{Caudal medio} * C_{min} \quad (1.5)$$

$$Q_{min} = Q_m * 0.4 = 48,75 \frac{m^3}{h}$$

El caudal medio es importante para las unidades cuyo tiempo de retención del agua es alto, como las balsas de homogeneización, digestores y sedimentadores, mientras que el caudal mínimo es importante para instalaciones que tienen que tener garantizado encontrarse con una cantidad inferior límite de fluido como son las bombas de succión (Jiménez, Sin fecha).

El número de habitantes equivalentes, según la directiva 91/271/CEE, es la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días de 60 g de oxígeno por día. Por tanto el número de habitantes equivalentes es:

$$N^{\circ} \text{ hab. eq} = \frac{Q_m \left[\frac{m^3}{h} \right] * DBO_5 \left[\frac{mg}{L} \right]}{60 \left[\frac{g}{\text{hab. eq} * \text{día}} \right]} * \frac{1000 L}{1 m^3} * \frac{1 g}{1000 mg} * \frac{24 h}{1 \text{ día}} \quad (1.6)$$

$$N^{\circ} \text{ hab. eq} = \frac{121,88 \frac{m^3}{h} * 350 \frac{mg}{L}}{60 \frac{g}{\text{hab. eq} * \text{día}}} * 24 \frac{h}{\text{día}} = 17\,063 \text{ hab. eq}$$

1.3.1 CAUDAL DE AGUAS BLANCAS

Para calcular el caudal de aguas blancas, fundamentalmente procedentes del agua de lluvia, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{a.b.} = \varphi * S * I \quad (1.7)$$

Donde el coeficiente φ es el coeficiente de escorrentía adimensional, que depende del tipo de zona y la permeabilidad del terreno; S que es la superficie total de la localidad e I que es la intensidad media de lluvia. La localidad de Villanueva del Arzobispo puede contar como un casco urbano con edificación densa, por lo que el coeficiente de escorrentía adimensional será de 0,7.

$$Q_{a.b.} = \varphi * S * I = 0,7 * 1,65 \text{ km}^2 \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} * 2 \frac{L}{\text{m}^2 * \text{día}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 96,25 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Esta estimación del caudal de aguas blancas no es muy exacta, ya que hemos tenido que hacer demasiadas simplificaciones, a la hora de estimar los elementos de la ecuación. Por tanto, el caudal de aguas blancas se tendrá en cuenta implícito en el caudal punta y máximo, los cuales hemos calculado con un coeficiente más conservador que el que hubiésemos obtenido calculándolos con el caudal de aguas blancas.

1.4 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR. CARGA DE DISEÑO

No disponemos de información proveniente de algún análisis ni campañas de muestreo de las aguas residuales en Vva. Del Arzobispo. Es por esto que utilizaremos factores de aportación per cápita a la contaminación, recogidos en la tabla 1.2.

Parámetro	Valor típico (g/hab/día)
DBO ₅	75
DQO	165
SS	90
pH	7,5 (Valor fijo)
N-NTK	13,5
Fósforo total	4

Tabla 1.2: Valores típicos para los parámetros más comunes de contaminación de ARU en gramos por habitante y día (De Ramón Fernández, 2011)

Calcularemos los indicadores de contaminación para nuestro caso, sabiendo que la dotación estimada es de 250 L/hab/día.

$$Concentración \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{Valor \text{ típico } \left[\frac{g}{hab * día} \right] * \frac{1000 \text{ } mg}{1 \text{ } g}}{Dotación \left[\frac{L}{hab * día} \right]} \quad (1.8)$$

$$Carga \left[\frac{kg}{día} \right] = Concentración \left[\frac{kg}{m^3} \right] * Caudal \text{ medio } \left[\frac{m^3}{día} \right] \quad (1.9)$$

Y realizando las operaciones para cada indicador, obtenemos los siguientes valores para la carga de diseño.

Parámetro	Concentración (mg/L)	Carga (kg/día)
DBO ₅	300	877,5
DQO	660	1930,5
SS	360	1053
N-NTK	54	157,95
P total	16	46,8
Otros Parámetros		Valor
pH		7,5
T mín (°C)		15
T máx (°C)		22

Tabla 1.3: Estimación de los valores de contaminación en unidades de concentración y carga para las ARU de Vva. Del Arzobispo

1.5 CALIDAD DEL EFLUENTE

Estos datos que nos dicen la contaminación máxima que pueden tener las aguas a la salida de la depuradora vienen dados en la Directiva Comunitaria 91/271/CEE (Real Decreto 509/1996) y la Directiva Comunitaria 98/15/CE (Real Decreto 2116/1998).

Parámetro Físico-Químico	VLE autorizado (mg/L)	Reducción mínima (%)
SS	35	90
Sólidos gruesos	0	100
DBO ₅	25	70-90
DQO	125	75
N total	15	70-80
P total	2	80

Tabla 1.4: Valores límite autorizados y reducción mínima para las ARU según ley

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Martínez', enclosed within a large, loopy oval flourish.

Fdo.: Andrés Martínez.

ANEXO 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 ALTERNATIVAS CONTEMPLADAS

Una vez tenemos los datos de partida y los objetivos para la depuración del agua, vamos a analizar, dentro de las configuraciones tradicionales de EDAR, la que más ventajosa pueda resultar en nuestra situación.

Tenemos varias alternativas a la hora de decidir el tipo de tratamiento que se le van a dar a estas aguas residuales. El pretratamiento y tratamiento primario se consideran comunes en todos los casos, sin embargo el tratamiento biológico puede variar, y el tratamiento de fangos depende del estado de estabilización de los fangos tras el tratamiento secundario, por tanto su elección es dependiente de este último.

2.1.1 PRETRATAMIENTO

El pretratamiento es la primera fase en la depuración de aguas. En esta etapa se pretenden eliminar los sólidos más grandes, arenas y grasas en el agua residual en el inicio de la línea de aguas.

- El canal de entrada a la EDAR consta de un aliviadero y bypass total. Tras la compuerta del bypass está la reja de gruesos.
- El pretratamiento se inicia en la reja de gruesos, donde se extraen por medios mecánicos, los elementos de más peso y tamaño.
- El agua se impulsa entonces a una altura que permita circular por los siguientes elementos de la planta, y continúa por las rejillas de finos donde se separan partículas algo más pequeñas.
- Por último, se acaba con el desarenador-desengrasador, donde, por procesos mecánicos, las arenas sedimentan y las grasas flotan para su posterior extracción.

2.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

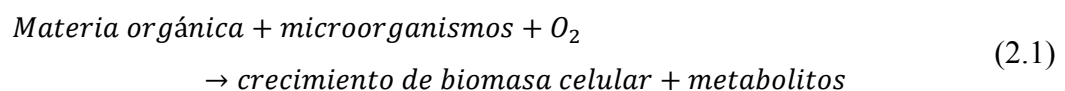
La función principal del tratamiento primario es la de reducir sólidos sedimentables, sólidos flotantes y sólidos coloidales por medios puramente físicos (gravedad o flotación). Esto será posible mediante la decantación primaria. En general, ya que estos sólidos están constituidos en parte por materia orgánica, la consecuencia de este tratamiento suele ser la reducción de la DBO y de los SS.

Podríamos optar por la utilización de un sistema de sedimentación, de flotación o uno mixto. También podríamos incorporar un tratamiento de coagulación-floculación, pero no se considerará necesario en este caso. Mediante este tratamiento se pretende eliminar del 80 al 90% de los SS, del 40 al 70% de la DBO₅ y del 30 al 40% de la DQO (Rutrus, 2006).

2.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

En el pretratamiento y tratamiento primario, no hay realmente muchas alternativas a escoger y la selección de la alternativa queda desde el principio bien clara. Sin embargo para el tratamiento secundario no está tan claro, y aquí es donde va a estar realmente la diferencia entre escoger una alternativa u otra (Domínguez Ollero, 2015).

La materia orgánica que no ha sido eliminada en el pretratamiento y el tratamiento primario, es eliminada en los llamados Procesos Biológicos de Depuración Aerobia. En estos procesos, un determinado grupo de microorganismos, en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica en el agua residual mientras está en el reactor biológico, transformándola en gases y materia celular fácilmente separable mediante sedimentación en el decantador secundario.



En este proceso los microorganismos también secretan polímeros naturales que realizan una acción físico-química de coagulación y floculación en las partículas presentes en el agua. Al sedimentar estos flóculos en el decantador secundario, producen un fango

llamado de diversas formas; fango biológico, fango activado/activo o fango secundario, que deberán ser tratados posteriormente en la línea de fangos de una manera u otra, dependiendo de su nivel estabilización (Rutrus, 2006).

Es importante que parte de ese fango sea recirculado al reactor biológico, para aportar materia que sirve como alimento, necesario para que la concentración de microorganismos se mantenga en los valores óptimos, y también para que la estabilización de la materia orgánica se acelere, consiguiéndose así en pocas horas.

Las operaciones de tratamiento secundario más convenientes para las aguas residuales urbanas son los tratamientos de cultivo en suspensión de fangos activos y los tratamientos de cultivo fijo de lechos bacterianos. Por supuesto hay muchos otros no convencionales, como pueden ser sistemas de lagunaje, filtros verdes, biodiscos, etc. pero nosotros nos centraremos en los dos primeros.

El proceso llamado de fangos activos consiste en el tratamiento de las aguas biológicamente en unos tanques o balsas de activación, en condiciones aerobias. Se aporta oxígeno mediante turbomáquinas aireadoras para la acción metabólica de los microorganismos. Se desarrolla un cultivo mayormente bacteriano en el agua a depurar, que después de un tiempo de contacto suficiente, la mezcla entre el agua y los flóculos bacterianos (licor mezcla) pasa al decantador secundario para separar el agua depurada de los fangos. Aunque en este tratamiento se reduce la DBO_5 del agua en un 75-90%, la del fango no se reduce tanto, y suele ser necesaria la digestión de estos fangos secundarios (excepto en aireación prolongada). En este proceso debe haber un equilibrio entre los microorganismos del reactor biológico y el alimento contenido en el agua residual, por lo que hay que regular el caudal de fangos recirculados, y garantizar los nutrientes necesarios para que el sistema funcione correctamente, principalmente nitrógeno y fósforo. Las principales ventajas y desventajas de esta alternativa se detallan en la tabla 2.1 (SINIA, 2013).

Ventajas	• Mayor flexibilidad de operación. • Mayores eficiencias de extracción de la carga orgánica que en otros procesos como los de cultivo fijo. • Minimización de olores y ausencia de insectos. • Se puede incorporar desnitrificación. • Es posible regular la energía consumida en caso de variaciones de carga orgánica. • En el caso de aireación prolongada, se puede prescindir de decantación primaria y se generan lodos secundarios estabilizados.
Desventajas	• Requiere mayor sofisticación y mantenimiento. • Requieren un control de variables como la temperatura, el pH y la presencia de compuestos tóxicos. • Requiere de un control permanente tanto operativo como de análisis de laboratorio. • Alto coste de operación por los requerimientos de oxígeno. • Suele ser necesario efectuar una desinfección final al efluente. • El proceso de aireación prolongada requiere cargas bajas y se suele aplicar a poblaciones de menos de 10 000 habitantes.

Tabla 2.1: Ventajas y desventajas para el tratamiento secundario de fangos activados

El proceso de lechos bacterianos consiste en unos tanques circulares rellenos de materiales sólidos de gran superficie específica, sobre las cuales degradan la materia orgánica y sustancias contaminantes del agua en una película microbiana, que recubre al material. El agua se rocía sobre el lecho filtrante y fluye entre los huecos del material y sobre película microbiana, donde la materia orgánica y el oxígeno disueltos son extraídos. Este proceso por lo tanto debe ser también aireado, por medios naturales o artificiales, contra la corriente de agua. La masa bacteriana debe permanecer fija en el interior del reactor biológico, por lo que al pasar el agua por el posterior decantador secundario, puede haber una recirculación de los fangos para tal fin, y por otro lado obtendríamos los fangos

en exceso y el efluente tratado. Las ventajas y desventajas de este proceso se recogen en la tabla 2.2 (Hernan, 2000).

Ventajas	• Menor consumo de energía. • No precisa un control del nivel de oxígeno disuelto ni de SS en el reactor, lo que simplifica la explotación. • Escaso nivel de ruido por la baja potencia instalada.
Desventajas	• Se necesitan más de ocho días para formar inicialmente la película biológica en el material del lecho. Puede ser por insuficiencia de la carga orgánica o por un pH poco apropiado. • Costes de inversión un 20% superior al proceso de fangos activados. • Obras de tamaño importante si se quiere añadir eliminación de nitrógeno. • La película puede desaparecer bruscamente por un vertido ácido o tóxico puntual. • Es posible que se produzca un encharcamiento en la superficie del lecho. • Por falta de aireación, entran en funcionamiento preferente las bacterias anaerobias, produciendo malos olores. • Pueden proliferar moscas debido a un crecimiento excesivo de sus larvas dentro del lecho. • Las bajas temperaturas del aire pueden llegar a helar el lecho, y puede llegar a inutilizarlo.

Tabla 2.2: Ventajas y desventajas para el tratamiento secundario de lechos bacterianos

2.1.4 TRATAMIENTO DE FANGOS

(De Ramón Fernández, 2011)

Los fangos provienen del decantador primario y del secundario. Los que vienen del primario se llaman fangos primarios, y se incorporan a la línea de fangos por bombeo, al igual que los fangos secundarios.

El fango que proviene de los decantadores contiene aún mucha agua, por eso el primer paso es el espesamiento de esos fangos mediante un nuevo decantador. En el caso de los fangos primarios, existe un espesador de fangos por gravedad.

Una parte de los fangos secundarios, como ya se ha comentado, retorna a la línea de agua para mantener la concentración de microorganismos. El resto de fangos secundarios van a otro espesador de fangos, este, en cambio, por flotación.

Una vez el fango está espeso, pasa a un digestor anaerobio para reducir la materia orgánica presente. Este paso sería prescindible si la edad del fango es alta, por su alto grado de estabilización, por ejemplo en el proceso biológico de aireación prolongada.

En el digestor anaerobio se libera gas metano que puede reutilizarse como fuente de energía y se acumula en el gasómetro. Si tuviésemos exceso de gas metano, sería quemado en una antorcha, porque no puede ser liberado a la atmósfera directamente.

El fango digerido pasa al depósito de almacenamiento de fangos donde se acumula para su posterior deshidratación. En este último proceso se elimina la máxima parte de agua posible, para reducir el volumen de fango.

Una vez deshidratado pasa a un silo de almacenamiento, donde espera ser enviado a su destino definitivo.

Como ya hemos visto, la línea de fangos puede considerarse prácticamente común en todas las EDAR, con la salvedad del digestor anaerobio, que podría ser prescindible dependiendo del tratamiento biológico que adoptemos y las características de los fangos secundarios.

2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se atenderán a 4 factores fundamentales a la hora de seleccionar la alternativa que mejor se ajuste a nuestras circunstancias. Los 4 factores son los siguientes (Domínguez Ollero, 2015):

- Fiabilidad del proceso para la línea de aguas.
- Fiabilidad del proceso para la línea de fangos.
- Simplicidad de explotación y mantenimiento.
- Afección ambiental.

La puntuación que se le ha dado a cada alternativa se resume en la tabla 2.3, siendo la puntuación desde 1, la más baja, hasta 5, la más alta.

Factor	Alternativa 1. Fangos activados	Alternativa 2. Lechos bacterianos
Fiabilidad del proceso para la línea de aguas	4	3
Fiabilidad del proceso para la línea de fangos	4	3
Simplicidad de explotación y mantenimiento	2	4
Afección ambiental	4	2
TOTAL	14	12

Tabla 2.3: Puntuación para cada alternativa

El proceso de fangos activados es más fiable para las líneas de aguas y fangos ya que tiene mayores rendimientos para la extracción de materia orgánica y mayor flexibilidad de operación, no siendo tan susceptible a las variaciones de carga, aunque es necesario un control permanente y el mantenimiento es más complejo, estando esto reflejado en el tercer factor.

La afección ambiental podemos decir que es más positiva en el proceso de fangos activados ya que no produce tantos malos olores y no existe la posibilidad de proliferación de insectos, aunque tenga un consumo mayor de energía en la explotación.

Por tanto concluimos el análisis, seleccionando finalmente la alternativa de un tratamiento biológico de cultivo suspendido de fangos activados frente al tratamiento de película fija de lechos bacterianos.

2.3 SOLUCIÓN PROPUESTA

En general, el proceso de fangos activados es el que se propone, pero dentro de este proceso se distinguen diferentes formas de llevarlo a cabo. Hay un tipo de tratamiento llamado fangos activados de aireación prolongada que proporciona significativas ventajas (no es necesaria decantación primaria ni la posterior digestión de los fangos). Sin embargo este proceso tiene la desventaja de responder bien sólo frente a cargas bajas y se suele utilizar para poblaciones con menos de 10 000 habitantes, por lo que no se considerará.

Escogeremos el proceso de fangos activados con un reactor de mezcla completa, que es un proceso de aplicación general y resistente frente a cargas de choque, por lo que es el más versátil de los procesos convencionales de este tipo.

2.3.1 DIAGRAMA BÁSICO PARA LA SOLUCIÓN PROPUESTA

A continuación se presenta el diagrama para la solución propuesta, con los elementos en la línea de aguas y línea de fangos necesarios para llevar a cabo eficazmente el tratamiento de las aguas.

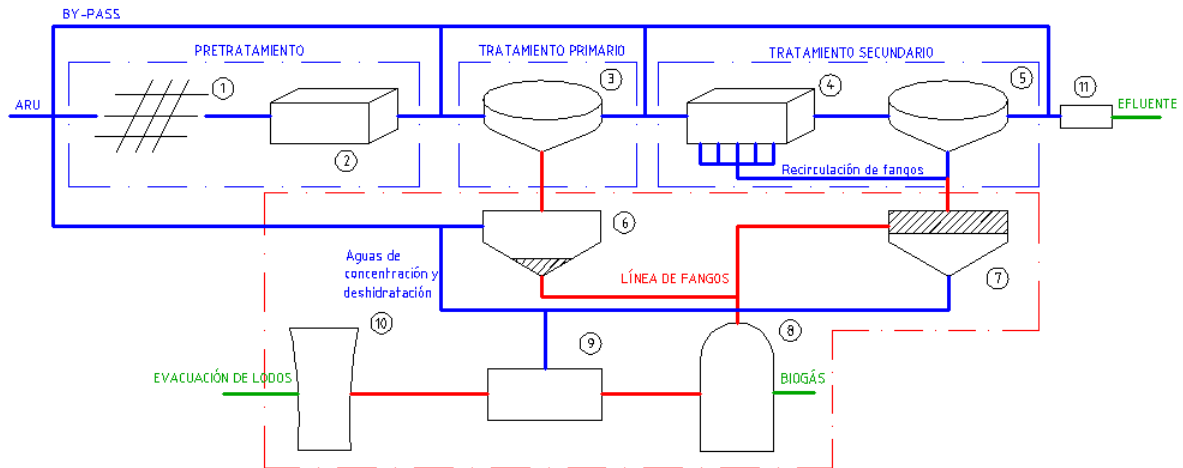


Ilustración 2.1: Diagrama del proceso para la solución propuesta

Se puede ver con más detalle en el plano 5/11, de diagrama del proceso. El pretratamiento cuenta con un desbaste (pozo de gruesos y reja de finos), con un bombeo del agua bruta a una altura suficiente y un tratamiento de desarenado y desengrasado (puntos 1 y 2 de la ilustración). A continuación se encuentra el decantador primario (3), el reactor biológico (4) y el decantador secundario (5). Para la línea de fangos, tenemos un espesador de fangos y un flotador de fangos (6 y 7) para fangos primarios y secundarios respectivamente. Después, un estabilizador o digestor anaerobio (8) por el que obtenemos metano, un deshidratador de fangos (9) y finalmente el silo de lodos (10). Antes del vertido del efluente, se colocará una arqueta para la toma de muestras (11).

2.4 CONCLUSIONES

En este estudio de alternativas se han valorado, atendiendo a diferentes factores de importancia para el proyecto, las opciones tradicionales de configuración para una EDAR. Ya que el resto de tratamientos no cambian mucho de una planta a otra, la selección se ha basado en valorar qué tratamiento secundario se adapta mejor a nuestras circunstancias, y que el resto de tratamientos se ajusten a esta elección. Analizando las ventajas e inconvenientes de dos de los tipos de tratamiento secundario más utilizados en plantas depuradoras (fangos activados y lechos bacterianos), y puntuando objetivamente determinados factores importantes, como la afección ambiental y la fiabilidad de los procesos, se propone la línea que se considera más adecuada para este proyecto.

Se ha escogido un tratamiento biológico de cultivo en suspensión, llamado fangos activados, con un reactor de tipo mezcla completa y un decantador secundario. Para ello se consideran necesarios un pretratamiento con desbaste y desarenado/desengrasado, un tratamiento primario, y una línea de fangos con digestor anaerobio para estabilizar los fangos secundarios. En el Anexo 3 se dimensiona la planta y se realizan los cálculos necesarios para garantizar la viabilidad de la propuesta.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Martínez', enclosed within a large, loopy oval flourish.

Fdo.: Andrés Martínez.

ANEXO 3. DIMENSIONAMIENTO

3.1 CÁLCULO DE LOS CAUDALES Y CARGAS DE DISEÑO

Se utilizarán unos coeficientes de caudal máximo para cada caso, de valor 4 para el pretratamiento, 2,4 para el tratamiento primario y 1,8 para el tratamiento secundario. Se dispondrán unos aliviaderos entre los distintos tratamientos para evacuar el caudal excedente.

3.1.1 PRETRATAMIENTO

Caudales	Datos de diseño
Caudal medio (m ³ /h)	121,88
Caudal punta (m ³ /h) (Caudal medio * 2)	243,76
Caudal máximo (m ³ /h) (Caudal medio * 4)	487,52

Tabla 3.1: Caudales de diseño para el pretratamiento

Normalmente el pretratamiento se sobredimensiona para, por lo menos, depurar parcialmente las aguas en situaciones en las que tengamos caudales muy grandes durante las tormentas. Por ello se usará un aliviadero antes de pasar al tratamiento primario.

La carga de diseño para el tratamiento primario será la carga del agua residual de entrada a la EDAR.

3.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Caudales	Datos de diseño
Caudal medio (m ³ /h)	121,88
Caudal punta (m ³ /h) (Caudal medio * 2)	243,76
Caudal máximo (m ³ /h) (Caudal medio * 2,4)	292,51

Tabla 3.2: Caudales de diseño para el tratamiento primario

Utilizaremos la hipótesis de que en el pretratamiento no se elimina materia orgánica, por lo que los valores de carga para el diseño del tratamiento primario serán los mismos que los de entrada a la planta.

Parámetro	Concentración (mg/L)	Carga (kg/día)
DBO ₅	300	877,5
DQO	660	1930,5
SS	360	1053
N-NTK	54	157,95
P total	16	46,8

Tabla 3.3: Cargas de diseño para el tratamiento primario

3.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Caudales	Datos de diseño
Caudal medio (m ³ /h)	121,88
Caudal punta (m ³ /h) (Caudal medio * 2)	243,76
Caudal máximo (m ³ /h) (Caudal medio * 1,8)	219,38

Tabla 3.4: Caudales de diseño para el tratamiento secundario

Los rendimientos exigidos al tratamiento primario son de:

- SS: 55% de reducción.
- DBO₅: 35% de reducción.
- DQO: 35% de reducción.
- N total: 10% de reducción.
- P total: 10% de reducción.

Por tanto los valores de diseño de carga para el tratamiento secundario serán.

Parámetro	Concentración (mg/L)	Carga (kg/día)
DBO ₅	195	570,38
DQO	429	1254,88
SS	162	473,85
N-NTK	48,6	142,16
P total	14,4	42,12

Tabla 3.5: Cargas de diseño para el tratamiento secundario

3.2 ALIVIADEROS

3.2.1 EN PRETRATAMIENTO

Cuando el caudal de entrada a la planta excede un cierto valor, que es el caudal máximo, y para evitar que las unidades del proceso resulten dañadas o funcionen mal, se sitúa en la entrada de la EDAR un aliviadero de tormentas, para derivar el exceso de agua (agua de lluvia mayoritariamente) directamente al cauce de vertido. También se prevé una compuerta como bypass total con el objetivo de dar continuidad al flujo de agua si la planta está fuera de servicio, o para evitar la entrada de elementos que puedan ser demasiado perjudiciales para la planta. El agua desviada pasa por la arqueta para la toma de muestras antes de verterse al cauce. Se considera que esta agua tiene unos valores de contaminación bajos, ya que una gran parte del caudal son aguas blancas, por tanto la contaminación queda en cierto modo más diluida. El hecho de que en los primeros minutos de lluvia el agua de lluvia tiene una contaminación algo más alta por arrastrar contaminantes que hay en el aire, se tiene en cuenta en que el coeficiente para caudal máximo es muy alto, 4.

El aliviadero es una zona de la canalización especial, en la que uno de los laterales del canal tiene menor altura que el resto, de modo que cuando la altura del agua sobrepasa esta altura, el agua en exceso supera dicho lateral y pasa a otro canal auxiliar.

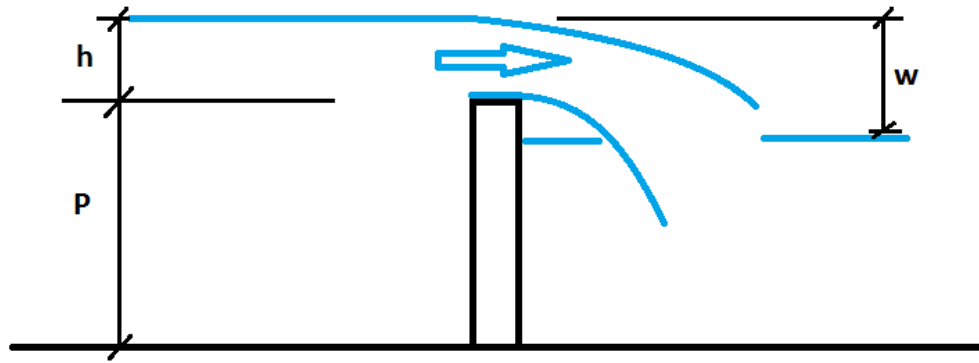


Ilustración 3.1: Esquema de aliviadero

La diferencia entre los niveles de agua es w , la altura del nivel de agua inicial por encima del lateral de aliviadero es h , y la altura del lateral es p .

El cálculo del caudal de vertido se hace de la siguiente manera, para el pretratamiento.

$$Q_v = Q_{ll.max} - 4 * Q_m \quad (3.1)$$

Donde Q_v es el caudal de vertido, y $Q_{ll.max}$ es el caudal máximo para tiempo de lluvia, que nosotros estimaremos como 3 veces el caudal máximo, por seguridad. Por tanto el caudal que es necesario verter será.

$$Q_v = (3 - 1)Q_{max} = 0,27 \frac{m^3}{s}$$

Ahora este valor se introduce en las fórmulas siguientes para calcular las dimensiones del aliviadero.

$$Q_v = \frac{2}{3} \mu L h \sqrt{2gh} \quad (3.2)$$

$$\frac{2}{3}\mu = 0,41 * \left(1 + \frac{1}{1000 * h + 1,6}\right) * \left(1 + 0,5 * \frac{h^2}{(h + p)^2}\right) \quad (3.3)$$

Donde μ es un coeficiente adimensional, L es la longitud del canal de aliviadero, g es la gravedad, y los elementos p y h son los descritos en la ilustración del aliviadero. La fórmula 3.3 es una fórmula propuesta por la Société des Ingénieurs et Architectes Suisses (SIAS).

Adoptando $p = 0,5 \text{ m}$ y $h = 0,15 \text{ m}$ obtenemos.

$$\frac{2}{3}\mu = 0,42$$

$$Q_v = \frac{2}{3}\mu L h \sqrt{2 g h} = 0,27 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow L = 2,48 \text{ m}$$

Adoptaremos $L = 2,5 \text{ m}$.

3.2.2 EN TRATAMIENTO PRIMARIO

Realizaremos los mismos pasos que en el apartado anterior, en este caso cambiará el caudal de vertido. Utilizaremos la siguiente fórmula.

$$Q_v = Q_{\text{max.pretrat}} - Q_{\text{max.TratPrim}} = 0,054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (3.4)$$

Por tanto, adoptando $p = 0,5 \text{ m}$ y $h = 0,15 \text{ m}$, obtenemos el mismo coeficiente μ , y la longitud del aliviadero será:

$$Q_v = \frac{2}{3}\mu L h \sqrt{2 g h} = 0,054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow L = 0,49 \text{ m}$$

Adoptaremos $L = 0,5 \text{ m}$.

3.2.3 EN TRATAMIENTO SECUNDARIO

Igualmente para el tratamiento secundario.

$$Q_v = Q_{\max.\text{TratPrim}} - Q_{\max.\text{TratSec}} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (3.5)$$

Por tanto, adoptando $p = 0,5 \text{ m}$ y $h = 0,15 \text{ m}$, obtenemos el mismo coeficiente μ y la longitud del aliviadero será:

$$Q_v = \frac{2}{3} \mu L h \sqrt{2 g h} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow L = 0,18 \text{ m}$$

Adoptaremos $L = 0,2 \text{ m}$.

3.3 CANAL DE ENTRADA A LA EDAR

Como norma general se suelen utilizar canales que están divididos en dos líneas de agua, por si una de las dos líneas falla y para facilitar el mantenimiento. Sin embargo nosotros utilizaremos sólo una línea durante la reja de gruesos, y una vez bombeada el agua bruta, dividiremos dos canales para el tamizado y el resto de procesos. Tendremos que canalizar $487,52 \text{ m}^3/\text{h}$ de caudal máximo por el canal con las siguientes características.

Parámetro	Valor
Pendiente del canal (%)	0,5
Anchura del canal (m)	0,5
Sección	Rectangular

Tabla 3.6: Parámetros iniciales del canal de entrada a la EDAR

La sección del canal de entrada tendría las siguientes dimensiones, en metros, cuyo lateral derecho es más bajo por ser el lateral del aliviadero.

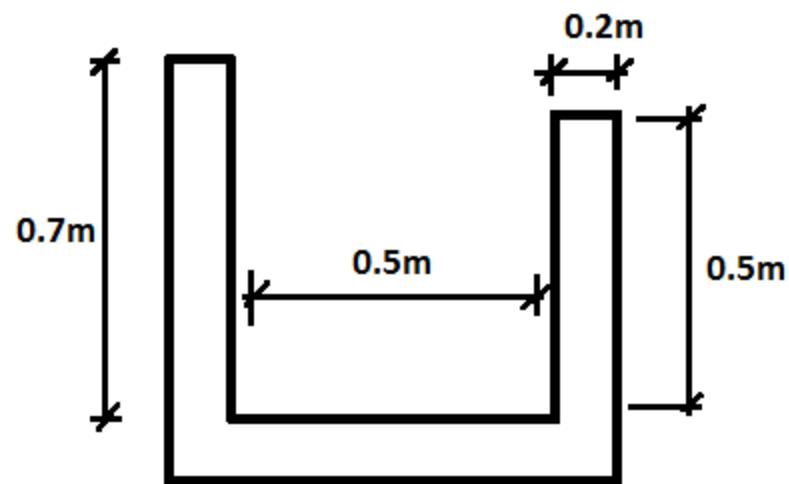


Ilustración 3.2: Sección del canal de entrada a la EDAR

Y en la siguiente tabla se resumen las características geométricas e hidráulicas del canal para diferentes alturas del nivel de agua.

Altura (cm)	Superficie (m ²)	Perímetro mojado (m)	R_H (m)	v (m/s)	Q (m ³ /h)
5	0,025	0,6	0,042	0,61	54,63
10	0,05	0,7	0,071	0,87	156,51
15	0,075	0,8	0,094	1,042	281,43
20	0,1	0,9	0,11	1,17	420,24
25	0,13	1	0,13	1,26	568,21

Tabla 3.7: Características geométricas e hidráulicas del canal de entrada

La fórmula de Manning se ha usado para calcular la velocidad de paso del fluido por el canal.

$$v = \frac{1}{n} * R_H^{2/3} * i^{1/2} \quad (3.6)$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning ($n=0.014$ para hormigón)

i = pendiente del canal (m/m)

R_H = Radio hidráulico; $R_H = S/P$ siendo

S , el área mojada, $S = B * H$ (B = ancho del canal, H = altura del agua)

P el perímetro mojado, $P = B + 2 * H$

Mediante la tabla anterior se puede analizar el comportamiento hidráulico del canal.

- Cuando esté entrando el caudal medio 121,88 m³/h. Podemos aproximar que la altura H del agua en el canal será de 8,45 cm y la velocidad de paso será aproximadamente 0,8 m/s.
- Cuando esté entrando el caudal punta de 243,76 m³/h. Podemos aproximar que la altura H es de 13,56 cm y que la velocidad de paso será aproximadamente 1 m/s.

- Cuando esté entrando el caudal máximo de 487,52 m³/h. Podemos aproximar que la altura H es de 22,31 cm y que la velocidad de paso es aproximadamente 1,21 m/s.

3.4 PRETRATAMIENTO

3.4.1 REJA DE GRUESOS

Los parámetros más importantes para el diseño de una reja es el ancho del canal de la reja y la pérdida de carga en la misma. Para ello, primero determinaremos que el tipo de reja será inclinada (forma 80° con la horizontal), gruesa, fija y de limpieza manual, mediante cuchara bivalva anfibia. La velocidad de paso entre barrotes debería ser mayor de 0,6 m/s y menor de 1,2 m/s. El ancho del canal en la zona de rejillas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W = \frac{Q_{max}}{v * D} * \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{rej} \quad (3.7)$$

Siendo:

W , ancho del canal de rejillas (m).

Q_{max} , el caudal máximo que pasa (m³/s).

v , velocidad de paso del agua en rejillas (m/s).

D , nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m).

a , ancho de barrotes (m).

s , separación libre entre barrotes (m).

C_{rej} , coeficiente de seguridad (m), que en nuestro caso para rejillas gruesas vale 0,3 m.

Tenemos un caudal máximo de diseño de $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Por eso escogemos los valores para las rejillas de cada línea:

- Ancho de los barrotes $a = 15 \text{ mm}$.
- Separación libre entre barrotes $s = 20 \text{ mm}$.

Para las características hidráulicas del canal de entrada, tenemos que la altura de las aguas para Q_{max} era de $D = 22,31 \text{ cm}$, y una velocidad de paso de $v = 1,21 \text{ m/s}$. Esta velocidad está entre los valores que se recomiendan de velocidad de paso entre rejillas. La anchura del canal en la zona de rejillas será:

$$W = \frac{0,14}{1,21 * 0,2231} * \left(\frac{15 + 20}{20} \right) + 0,3 = 1,21 \text{ m}$$

Nosotros tomaremos **$W = 1,25 \text{ m}$** .

Para calcular las pérdidas de carga, empleamos la siguiente expresión.

$$\Delta h = K_1 * K_2 * K_3 * \frac{v^2}{2g} \quad (3.8)$$

Donde:

Δh , pérdida de carga (m).

v , velocidad de paso en el canal (m/s).

g , aceleración de la gravedad (m/s^2).

Los valores de K_1 (atascamiento) son los siguientes.

- Reja limpia.

$$K_1 = 1$$

- Reja atascada.

$$K_1 = \left(\frac{100}{C}\right)^2$$

Donde C es el porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado, del orden del 60 a 90%. Si suponemos que el porcentaje de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado es 70%, entonces $K_1 = 2,04$.

Los valores de K_2 dependen de la forma de sección horizontal de los barrotes. Nosotros escogeremos la sección de la ilustración 3.3, con un valor $K_2 = 0,37$.

Y los valores de K_3 (sección de paso entre barrotes) se obtienen mediante relaciones experimentales. Para nuestro caso, $K_3 = 1,45$.

Por tanto podemos calcular la pérdida de carga.

$$\Delta h = 2,041 * 0,37 * 1,45 * \frac{1,21^2}{2 * 9,81} = \mathbf{8,17 \text{ cm}}$$

Para comprobar que este valor es válido, utilizamos la ilustración 3.4.

Para una velocidad 1,21 m/s y una separación libre entre barrotes de 20 mm, nos encontramos dentro de la zona de trabajo de la reja con unas pérdidas de carga de 8,17 cm.

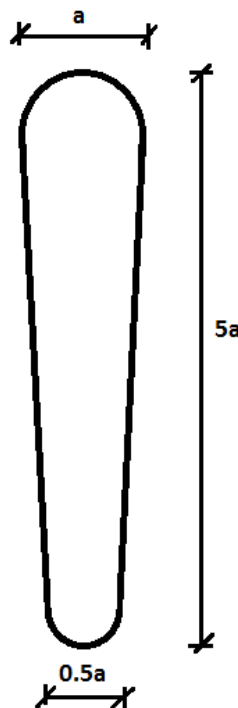


Ilustración 3.3: Sección transversal de un barto de la reja de gruesos

Para rejas de una separación entre barras de 20 mm, se estima que tendremos 18 L/hab/año de material retenido en las rejas, basándonos en la experiencia. Por tanto, tendremos una cantidad de material retenido de 577 L/día en nuestro caso (11 700 hab).

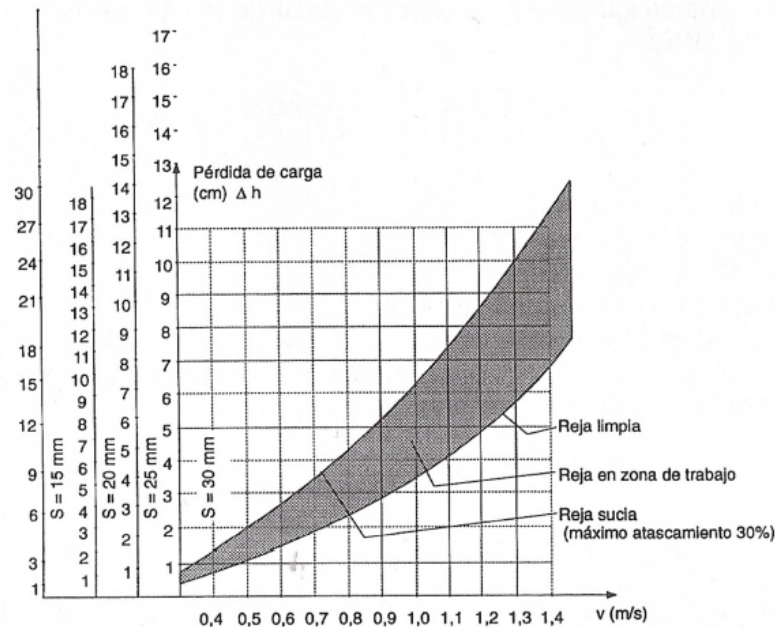


Ilustración 3.4: Gráfico de pérdidas de carga frente a velocidad. La zona coloreada es la zona de trabajo de la reja.

Si tenemos en cuenta que un contenedor para desechar el material retenido suele tener 6 m^3 , habrá que vaciarlo cada $\frac{6000 \text{ L}}{577 \text{ L/día}} \cong \mathbf{10 \text{ días}}$.

3.4.2 BOMBEO DE AGUA BRUTA

El volumen del pozo de bombeo será un volumen cilíndrico (sección en planta, circular, para evitar la acumulación de depósitos sólidos). Existen dos tipos de volúmenes en el interior del pozo de bombeo. El volumen muerto, es el comprendido entre el fondo del depósito y el nivel de paro de las bombas, altura que coincide con los 25 cm que es la altura de succión mínima; y el volumen útil, que es el comprendido entre el nivel de paro y marcha de las bombas.

El cálculo del volumen útil depende del número de bombas y su configuración, y del número máximo de arranques por hora, y para ello previamente dimensionaremos la instalación de bombeo.

Tendremos tres bombas, dos de servicio y otra en reserva. El caudal máximo de bombeo será el caudal máximo ($4 * Q_m$), por lo que intentaremos que cada una de las bombas en servicio sean capaz de bombear aproximadamente la mitad, y la de reserva queda por si las otras dos bombean caudal insuficiente. Las bombas instaladas serán de tipo sumergible y centrífugas. Para que las bombas no trabajen en vacío sólo arrancarán cuando el calado sea superior a 25 cm, por lo que habrá un sensor a esa altura para que las bombas paren. Deberá haber una distancia mínima de 10 cm entre la parte más baja del canal de entrada de agua al pozo y la altura del agua en el pozo, por lo que alcanzado ese punto, se activarán dos bombas de manera que se bombee un caudal aproximadamente el caudal máximo. En el fondo del pozo, habrá una pendiente de un 10% hacia la aspiración de las bombas. Si por algún motivo el nivel siguiese aumentando, habrá otro sensor para activar la bomba de reserva y que el nivel de agua baje.

Además, si el agua no entrase estabilizada y hubiese problemas de aspiración de burbujas en la bomba, se puede instalar una mampara tranquilizadora al inicio del pozo.

Las bombas arrancarán y se pararán de forma automática en función de la altura del agua en el pozo (mínimo 25 cm). En caso de fallo del medidor de altura ultrasónico se dispone de 4 sensores de nivel de contacto.

Parámetros del pozo de bombeo	Valor
Caudal medio horario (m ³ /h)	121,88
Caudal mínimo (m ³ /h)	48,75
Caudal máximo (m ³ /h)	487,52
Tipo de bomba	Centrífuga sumergible
Número de bombas	3
Número de bombas en servicio	2
Número de bombas en reserva	1
Medidor de nivel ultrasónico	1
Sensor de nivel de contacto	4

Tabla 3.8: Parámetros del pozo de bombeo

La altura geométrica media será de 3,5 m. La velocidad mínima del fluido en el conducto será de 0,6 m/s y la máxima de 1,2 m/s.

Por último, dimensionaremos el volumen del pozo. Suponemos que habrá 2 sensores que delimitan la altura geométrica, entre los dos niveles de agua, cuyo valor mínimo será $H_g = 3\text{ m}$ y valor máximo $H_g = 4\text{ m}$ (1 metro será la profundidad del volumen útil).

Para concluir, un esquema del pozo de bombeo, y sus dimensiones recogidas en la tabla 3.10.

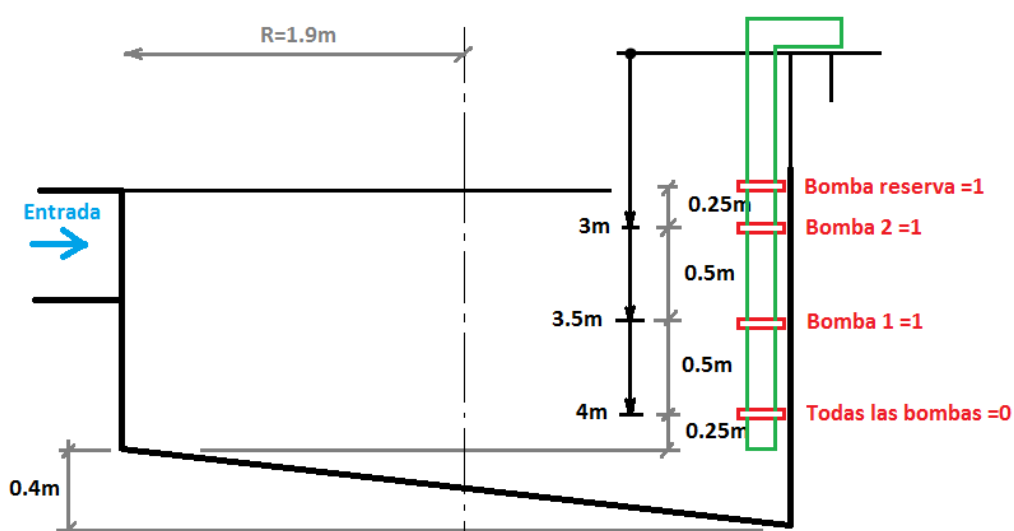


Ilustración 3.5: Esquema del pozo de bombeo

Dimensión	Valor
Profundidad máxima (m)	1,9
Profundidad mínima (m)	1,5
Radio (m)	1,9
Volumen (m ³)	19,28

Tabla 3.9: Dimensiones características del pozo de bombeo

3.4.3 TAMIZADO

El objetivo es separar del agua partículas algo más finas antes del proceso de desarenado-desengrasado. Se utilizará un sistema de rejillas de limpieza automática y se regulará para diferencias de nivel y mediante un temporizador. La extracción de residuos se hará mediante una cinta transportadora hasta un contenedor. En caso de necesitar mantenimiento se hará en meses en los que el caudal sea menor (invierno).

El dimensionamiento de los tamices es por catálogo. Si utilizamos por ejemplo tamices filtrantes de un determinado modelo y marca, cuyas características se indican en la tabla 3.11, podemos conocer las dimensiones del canal. En esta parte, tendremos un canal con dos líneas de agua, por si una de las líneas queda fuera de servicio, y para facilitar el mantenimiento.

Parámetro	Valor
Tipo de tamiz	Fijo, de limpieza automática.
Nº de unidades	2
Separación entre barras (mm)	6
Longitud total del tamiz (m)	2
Ancho del tamiz (m)	0,6
Potencia (kW)	0,62
Caudal máximo admitido (m ³ /h)	500

Tabla 3.10: Características del tamiz seleccionado para el desbaste de finos

Cada canal será capaz de hacer circular 487,52 m³/h que es el caudal máximo. Tendremos una pendiente de canal de 0,5% y un ancho de canal de 0,6 m. Las características hidráulicas y geométricas se resumen en la siguiente tabla.

Altura (cm)	Superficie (m ²)	Perímetro mojado (m)	R_H (m)	v (m/s)	Q (m ³ /h)
5	0,03	0,7	0,043	0,62	66,8
10	0,06	0,8	0,075	0,9	194,02
15	0,09	0,9	0,1	1,088	352,56
20	0,12	1	0,12	1,23	530,84

Tabla 3.11: Características hidráulicas y geométricas del canal para el tamizado

Por tanto podemos conocer qué pasa en cada canal para cada caudal de diseño.

- Si pasa el caudal medio, éste se dividirá en dos (60,94 m³/h). El fluido alcanzará una altura de 4,72 cm y una velocidad de paso de 0,6 m/s.
- Si pasa el caudal máximo, éste se dividirá en dos (243,76 m³/h). El fluido alcanzará una altura de 11,65 cm y una velocidad de paso de 0,97 m/s.
- Si una de las líneas queda fuera de servicio con un caudal máximo, éste pasará íntegramente por una de las líneas (487,52 m³/h). El fluido alcanzará una altura de 18,82 cm y una velocidad de paso de 1,2 m/s.

Podemos comprobar que las velocidades son normales, y que si dimensionamos el canal con 20 cm de profundidad, estaremos contemplando todas las alternativas. Dispondremos de 3 m de longitud para el canal de tamizado.

3.4.4 DESARENADO-DESENGRASADO

El desarenado y desengrasado puede realizarse de manera conjunta en un mismo depósito, que será lo que haremos en este proyecto. Este proceso conjunto presenta mejor rendimiento y supone la utilización de menos espacio comparado con realizarlo por separado.

Consideramos inicialmente que queremos eliminar las partículas sólidas de tamaño superior a 0,15 mm de densidad 2,65 kg/m³, y que la temperatura del agua es de 15 °C, con unos caudales iguales a los de diseño para el pretratamiento entre dos. Como estamos dimensionando dos líneas, el caudal de diseño será lógicamente $\frac{Q}{2}$.

Con la fórmula de Bloodgood, calculamos la velocidad máxima horizontal del fluido para evitar el arrastre de partículas:

$$V_H = \sqrt{230 * (s - 1) * d} = \sqrt{230 * \left(2,65 \frac{kg}{m^3} - 1\right) * 0,15 \cdot 10^{-3} m} = 0,24 \frac{m}{s} \quad (3.11)$$

La velocidad de caída de las partículas en agua residual a 10 °C en reposo para diferentes tamaños de partícula ha sido calculada experimentalmente por Kalbskopf, y para nuestro caso de 0,15 mm obtenemos:

$$V_s = 1,35 \frac{cm}{s}$$

Se fija una sección transversal tipo del canal, como la de la ilustración 3.7.

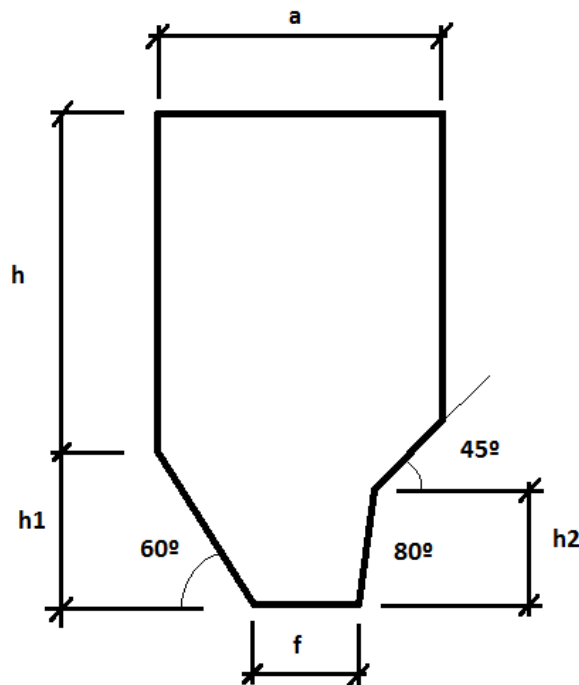


Ilustración 3.6: Sección transversal para una línea del desarenador-desengrasador

Nuestro caudal será $\frac{Q_{\max}}{2} = 243,76 \frac{m^3}{h} = 0,068 \frac{m^3}{s}$, y la sección vendrá dada por la ecuación siguiente.

$$S = \frac{Q_{\max}/2}{V_H} = \frac{0,068 \frac{m^3}{s}}{0,24 \frac{m}{s}} = 0,28 m^2 \quad (3.12)$$

Adoptamos la siguiente selección:

- $h_1 = 0,2 m$.
- $h_2 = 0,15 m$.
- $f = 0,11 m$.
- $\frac{h}{a} = \frac{0,75 m}{0,375 m} = 2$

El tiempo de sedimentación en reposo vendrá dado por la siguiente expresión.

$$t_0 = \frac{h}{V_s} = \frac{75 cm}{1,35 \frac{cm}{s}} = 55,56 s \quad (3.13)$$

El rendimiento a obtener lo obtenemos a partir de las curvas de Hazen (ilustración 3.7).

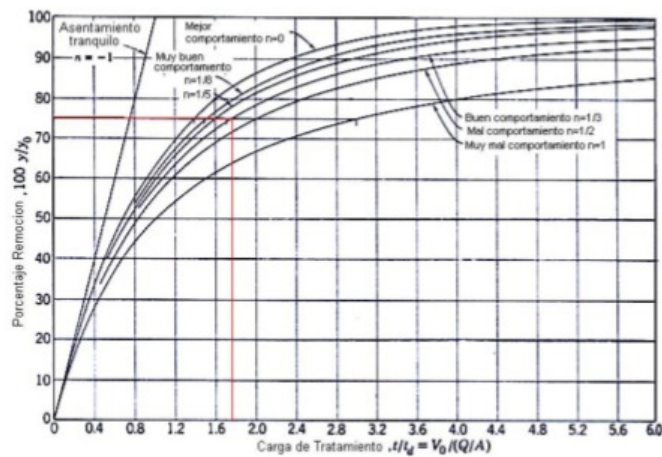


Ilustración 3.7: Curvas de Hazen

Consideraremos un porcentaje de sedimentación del 85% y un rendimiento bueno $n=3$, y obtenemos una carga de tratamiento $\frac{t}{t_0} = 2,5$. Por tanto el tiempo preciso para una partícula al atravesar el tanque será:

$$t = t_0 * 2,5 = 138,9 \text{ s} \rightarrow \mathbf{2 \text{ min } 18,9 \text{ s}} \quad (3.14)$$

Y por tanto la longitud del tanque será:

$$L = t * V_H = 138,9 \text{ s} * 0,24 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \mathbf{33,33 \text{ m}} \quad (3.15)$$

A raíz de esto observamos que la longitud resulta excesiva, y que el tiempo de retención es muy bajo, pues debe rondar los 5 min. Por lo tanto procederemos a optimizar el diseño. Para ello modificaremos la sección transversal.

Tomaremos un valor inferior de la velocidad máxima horizontal.

$$V'_H = \mathbf{0,04 \frac{m}{s}} \quad (3.16)$$

Y la sección modificada es.

$$S' = \frac{Q_{max}/2}{V'_H} = \frac{0,068 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \mathbf{1,7 \text{ m}^2} \quad (3.17)$$

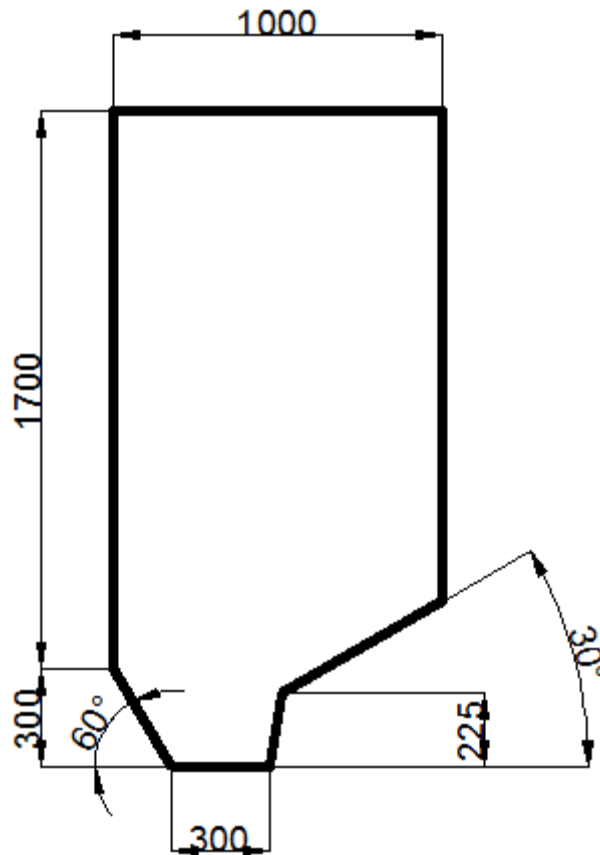


Ilustración 3.8: Sección modificada, acotación en mm

Cuyas dimensiones son:

- $h_1 = 0,3 \text{ m}$.
- $h_2 = 0,225 \text{ m}$.
- $f = 0,3 \text{ m}$.
- $h = 1,7 \text{ m}$.
- $a = 1 \text{ m}$.

Este tipo de sección y la relación entre sus dimensiones son ventajosas por motivos de explotación y condiciones de pared y aparición de líneas de corriente (Hernández Lehmann, 2015). A continuación calculamos el nuevo tiempo de sedimentación en reposo.

$$t'_0 = \frac{h'}{V_s} = \frac{170 \text{ cm}}{1,35 \frac{\text{cm}}{\text{s}}} = \mathbf{125,93 \text{ s}} \quad (3.18)$$

Y con las mismas consideraciones para las curvas de Hazen:

$$t' = 2,5 * t'_0 = 314,82 \text{ s} \rightarrow \mathbf{5 \text{ min } 15 \text{ s}} \quad (3.19)$$

Este tiempo es ya más acorde con los valores típicos.

Y la nueva longitud nueva del depósito:

$$L' = V'_H * t' = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 314,82 \text{ s} = \mathbf{12,6 \text{ m}} \quad (3.20)$$

Una longitud bastante menor. Comprobamos ahora que la velocidad ascensional cumple con la recomendación. Para un desarenador-desengrasador de 0,15 mm de partícula a sedimentar y un rendimiento de 85%, la velocidad ascensional máxima es 20 m/h.

$$V_{asc} = \frac{Q_{max}/2}{L * a} = \frac{243,76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{12,6 \text{ m} * 1 \text{ m}} = \mathbf{19,35 \frac{\text{m}}{\text{h}}} < 20 \quad (3.21)$$

Por tanto esta será la solución que tomaremos para el desarenador-desengrasador.

Por último, es necesaria una inyección de aire para evitar la sedimentación de materia orgánica. Un ratio comúnmente aceptado es el de 5-8 m³/h por cada m² de superficie horizontal del desarenador. Nosotros adoptaremos el valor de 126 m³/h para cada línea de agua, un total de 252 m³/h de aire. Se utilizarán 5 soplantes con 63 m³/h cada uno (uno en reserva).

Adoptaremos como velocidad ascensional de la zona de grasas 50 m/h. La superficie necesaria para grasas será por tanto:

$$S_g = \frac{Q_{max}/2}{50 \frac{m}{h}} = \frac{243,72 \frac{m^3}{h}}{50 \frac{m}{h}} = 4,87 m^2 \quad (3.22)$$

Puesto que la longitud es de 12,6 m, el ancho teórico mínimo (a) tendrá que ser:

$$a_{grasas} = \frac{4,87 m^2}{12,6 m} = 0,39 m \quad (3.23)$$

Por cuestiones prácticas, se recomienda siempre adoptar como mínimo un valor que sea la mitad del ancho del desarenador, que es $\frac{1m}{2} = 0,5 m$, por tanto adoptaremos este último valor.

Adoptaremos un valor medio de cantidad de arenas de $50 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, por lo que el total de la producción será:

$$\begin{aligned} \text{Prod. Arenas} &= \text{Cant.} * Q_m = 50 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} * 121,88 \frac{\text{m}^3}{h} * \frac{24 h/\text{día}}{1 * 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3} \\ &= 0,15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \end{aligned} \quad (3.24)$$

Adoptaremos un valor medio de cantidad de aceites y grasas 24 g/hab/día . Con rendimiento de eliminación del volumen de grasas en el desarenador-desengrasador de un 30%, obtenemos:

$$\text{Prod. Grasas} = \text{Cant.} * P * \eta = 24 \frac{g}{\text{hab} * \text{día}} * 11\,700 \text{ hab} * \frac{0,3}{1000} = 84,24 \frac{kg}{\text{día}} \quad (3.25)$$

3.5 TRATAMIENTO PRIMARIO

Se diseñará un decantador primario circular de flujo horizontal. Según lo especificado en el apartado 3.1, conocemos los caudales de diseño y los rendimientos que se exigen al tratamiento. Necesitaremos los siguientes parámetros de diseño, que son obtenidos de tablas experimentales para valores típicos en decantadores circulares (Hernández Lehmann, 2015).

- Velocidad ascensional a Q_m : $V_{asc}(Q_m) = 1,5 \frac{m}{h}$.
- Velocidad ascensional a Q_{max} : $V_{asc}(Q_{max}) = 2,5 \frac{m}{h}$.
- Tiempo de retención a Q_m : $t_R(Q_m) = 2 h$.
- Tiempo de retención a Q_{max} : $t_R(Q_{max}) = 1,5 h$.
- Carga máxima sobre vertedero a Q_m : $V_v(Q_m) = 9,5 \frac{m^2}{h}$.
- Carga máxima sobre vertedero a Q_{max} : $V_v(Q_{max}) = 18 \frac{m^2}{h}$.
- Dimensiones de entrada:
 - Relación entre diámetros $\phi_1/\phi = 0,1$.
 - Relación entre alturas $h_1/h = 0,4$.
- Velocidad barredora de fangos: $V_r = 0,6 \frac{m}{min}$.
- Inclinação del fondo del decantador: 5 %.
- Tiempo de retención en pocetas: $T_r = 6 h$.

Calculamos a continuación, la superficie horizontal necesaria para Q_m :

$$V_{asc}(Q_m) = \frac{Q_m}{S_H} \rightarrow S_H = \frac{121,88 \frac{m^3}{h}}{1,5 \frac{m}{h}} = 81,25 m^2 \quad (3.26)$$

Calculamos también la superficie para Q_{max} :

$$S_H = \frac{Q_{max}}{V_{asc}(Q_{max})} = \frac{292,51 \frac{m^3}{h}}{2,5 \frac{m}{h}} = \mathbf{117,01 \, m^2} \quad (3.27)$$

El volumen teórico del decantador según el tiempo de retención a Q_m es:

$$t_R(Q_m) = \frac{V}{Q_m} \rightarrow V = t_R(Q_m) * Q_m = 2 \, h * 121,88 \frac{m^3}{h} = \mathbf{243,76 \, m^3} \quad (3.28)$$

El volumen teórico según el tiempo de retención a Q_{max} es:

$$V = t_R(Q_{max}) * Q_{max} = 1,5 \, h * 292,51 \frac{m^3}{h} = \mathbf{438,77 \, m^3} \quad (3.29)$$

De acuerdo con la superficie a caudal máximo, calculamos el radio del decantador.

$$r = \sqrt{S_H/\pi} = 6,1 \, m \quad (3.30)$$

Adoptamos $r = \mathbf{6,5 \, m}$.

De acuerdo con el volumen a caudal máximo, calculamos la altura de pared recta en el decantador.

$$h = \frac{V}{S_H} = \frac{438,77 \, m^3}{117,01 \, m^2} = \mathbf{3,75 \, m} \quad (3.31)$$

Superficie real con el radio adoptado:

$$S_H = \pi * r^2 = \mathbf{132,73 \, m^2} \quad (3.32)$$

Nuevas velocidades ascensionales:

- Velocidad ascensional a Q_m :

$$V_{asc}(Q_m) = \frac{Q_m}{S_H} = 0,92 \frac{m}{h} \quad (3.33)$$

- Velocidad ascensional a Q_{max} :

$$V_{asc}(Q_{max}) = \frac{Q_{max}}{S_H} = 2,2 \frac{m}{h} \quad (3.34)$$

Teniendo una pendiente en la solera del 5%:

$$h' = h + \frac{5}{100} * r = 4 m \quad (3.35)$$

Para calcular la altura sumergida en chapa deflectora adoptamos lo siguiente:

$$h_1 = 0,4 * h = 0,4 * 4 m = 1,6 m \quad (3.36)$$

Y el diámetro de la chapa deflectora:

$$\phi_1 = 0,1 * \phi = 0,1 * (2 * 6,1 m) = 1,22 m \quad (3.37)$$

Para comprobar la carga sobre el vertedero calculamos primero su longitud.

$$L = 2 * \pi * r = 38,33 m \quad (3.38)$$

El caudal de vertido por metro a Q_m :

$$\frac{121,88 \frac{m^3}{h}}{38,33 m} = \mathbf{3,18 \frac{m^2}{h}} < 9,5 \frac{m^2}{h} \quad (3.39)$$

Y el caudal de vertido por metro a Q_{max} :

$$\frac{292,51 \frac{m^3}{h}}{32,88 m} = \mathbf{8,9 \frac{m^2}{h}} < 18 \frac{m^2}{h} \quad (3.40)$$

La producción de fangos, teniendo en cuenta que queremos un rendimiento del 55% para la eliminación de SS, se calcula de la siguiente forma:

$$\mathbf{F_1(SST) = 0,55 * 1053 \frac{kg}{día} = 579,15 \frac{kg SST}{día}} \quad (3.41)$$

A partir de estos datos, suponemos que la fracción de volátiles es del 65%, por lo que:

$$\mathbf{F_1(SSV) = 0,65 * F_1(SST) = 376,45 \frac{kg SSV}{día}} \quad (3.42)$$

La concentración de fangos primarios en purga será del 4%.

Por tanto el volumen de la poceta de fangos será.

$$V = Q_f * T_r = 0,6 \frac{m^3}{h} * 6 h = 3,6 m^3 \quad (3.43)$$

Donde Q_f es el caudal medio de fangos, calculado de la siguiente forma, utilizando la concentración de fangos en purga:

$$Q_f = \frac{F_1(SST)}{40 \frac{kg}{m^3}} = 0,6 \frac{m^3}{h} \quad (3.44)$$

3.6 TRATAMIENTO SECUNDARIO

3.6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Este tratamiento es el más complejo de la línea de aguas, debido a que entran en juego procesos biológicos. El diseño se basa en la comprensión del principio de los principios que rigen el crecimiento de los microorganismos que van a tratar nuestras aguas. Para ello podemos destacar la siguiente fórmula, que nos da la tasa neta de crecimiento de los microorganismos.

$$r'_g = Y * \frac{\mu_{max} * S * X}{K_s + S} - K_d * X \quad (3.45)$$

Donde

r'_g , es la tasa de crecimiento neta $\left(\frac{masa}{Vol * t}\right)$.

Y , es coeficiente de producción de microorganismos $\left(\frac{\text{masa células formadas}}{\text{masa sustrato consumido}}\right)$, que para el proceso convencional de fangos activos toma un valor de aproximadamente 0,8.

μ_{max} , es el valor máximo de la tasa de eliminación del sustrato (tiempo^{-1}).

S , es la concentración del sustrato $\left(\frac{\text{masa}}{\text{vol}}\right)$.

X , es la concentración de microorganismos $\left(\frac{\text{masa}}{\text{vol}}\right)$.

K_S , es la constante de remoción media.

K_d , es el coeficiente de descomposición endógena o coeficiente de mortandad (tiempo^{-1}), que para el proceso convencional de fangos activos toma un valor de aproximadamente 0,06.

La ecuación del balance de masas para microorganismos en un sistema de fangos activos en condiciones estacionarias se escribe de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\vartheta_C} = -\frac{Y}{X} * \left(-\frac{S_0 - S}{t_R}\right) - K_d \quad (3.46)$$

Donde

ϑ_C , es la edad del fango, en días.

$S_0 - S$, es la cantidad de sustrato consumida (mg/L).

S_0 , es la concentración de sustrato en el afluente (mg/L).

S , es la concentración de sustrato en el efluente (mg/L).

t_R , es el tiempo de retención hidráulica, en días.

El tiempo de retención hidráulica se define como el cociente entre el volumen del reactor y el caudal influente de diseño.

$$t_R = \frac{V_r}{Q} \quad (3.47)$$

La edad del fango se define como la relación entre los kilogramos de fango presentes en el reactor biológico y los kilogramos de fango en exceso extraídos diariamente del sistema biológico. Se selecciona en base a la experiencia de plantas en funcionamiento.

$$\vartheta_c = \frac{V_r * X}{Q'_w * X_r + Q_e * X_e} \quad (3.48)$$

Donde

Q'_w , es el caudal de la purga menos el caudal de recirculación, es decir, el caudal que va directamente al espesador.

X_r , es la concentración de microorganismos en la recirculación.

Q_e , es el caudal del efluente.

X_e , es la concentración de microorganismos en el efluente.

La concentración de sólidos en suspensión en el reactor se suele expresar como MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids). Corresponde a la cantidad de sólidos en suspensión del líquido mezcla (agua bruta+fango+aire). $MLSS = X$. Se expresa en unidades de cantidad de sólidos en el reactor por unidad de volumen. La ecuación que da su valor es la siguiente.

$$MLSS = X = \frac{\vartheta_c}{t_R} * \frac{Y * (S_0 - S)}{1 + K_d * \vartheta_c} \quad (3.49)$$

La concentración de sustrato en el efluente indica la cantidad de materia orgánica a la salida del reactor. Su expresión es la siguiente.

$$S = \frac{K_S * (1 + K_d * \vartheta_c)}{\vartheta_c * (Y * K - K_d) - 1} \quad (3.50)$$

La carga másica es la carga diaria de M.O. contaminante en el agua residual, que viene expresada en kg de DBO₅, por unidad de sólidos suspendidos totales en el reactor biológico. Representa la relación entre la cantidad de alimento y el contenido de microorganismos. Su expresión es la siguiente.

$$C_m = \frac{S_0 * Q}{X * V_r} \quad (3.51)$$

Donde

S_0 , es la concentración DBO₅ de entrada al reactor (kg/m³).

Q , es el caudal de diseño del tratamiento secundario (m³/día).

X , es MLSS (kg/m³)

V_r , es el volumen del reactor (m³).

También podemos definir el parámetro de la carga volúmica. Se define como la carga orgánica contaminante por día en el agua residual referida al volumen del reactor biológico.

$$C_V = \frac{S_0 * Q}{V_r} = C_m * X \quad (3.52)$$

Teniendo los valores el mismo significado que en el apartado de carga másica.

El valor del porcentaje de caudal de fangos que será recirculado podemos obtenerlo con la siguiente expresión.

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X * I}{1000 - X * I} \quad (3.53)$$

Siendo

Q_r , el caudal de recirculación de lodos ($\text{m}^3/\text{día}$).

Q , el caudal de diseño del tratamiento secundario ($\text{m}^3/\text{día}$).

X , concentración de lodos en la balsa (kg/m^3).

I , es el índice de Mohlmann (m^3/kg).

El índice de Mohlmann es por definición el volumen en mL ocupado por un gramo de fango activo, después de decantar durante media hora en una probeta de 1 L, y mide la capacidad de sedimentación de los fangos. Los valores de índice de Mohlmann para una buena decantación estarán entre $80 \text{ m}^3/\text{kg}$ y $200 \text{ m}^3/\text{kg}$. Si es menor, será mala, y si es mayor, se producirá el fenómeno de bulking, o flotación de los flóculos.

El primer punto que hay que definir es el rendimiento del tratamiento. Se calcula de la siguiente manera.

$$\eta_{\text{Tratamiento Secundario}} = \frac{DBO_5 \text{ inicial} * (1 - \eta_{\text{Decantador Primario}}) - DBO_5 \text{ efluente}}{DBO_5 \text{ inicial} * (1 - \eta_{\text{Decantador Primario}}} \quad (3.54)$$

Como la DBO_5 inicial es de 300 mg/L , el rendimiento exigido de eliminación de DBO del decantador primario era de 35% y la DBO_5 en el efluente debe ser menor de 25 mg/L por norma, podremos calcular el rendimiento del tratamiento secundario.

$$\eta_{\text{Tratamiento Secundario}} = \frac{300 * (1 - 0.35) - 25}{300 * (1 - 0.35)} = 0.87 \rightarrow \mathbf{87\%}$$

Teniendo en cuenta este rendimiento y la población de la localidad, podemos decir que la solución adoptada es correcta (fangos activos mezcla completa), ya que aireación prolongada no funciona para cargas medias-altas.

Los datos de diseño son los establecidos ya en las tablas del apartado 3.1.3. Las condiciones de funcionamiento propias de un proceso de fangos activos de media carga son las siguientes:

- Sólidos en suspensión en el licor mezcla.
 - $MLSS=X=3300 \text{ mg/L}$.
- Sólidos en suspensión volátiles en el licor mezcla.
 - $MLSSV=0.8*MLSS=2640 \text{ mg/L}$.
 - Edad del fango $\vartheta_C = 5 \text{ días}$.
- Régimen hidráulico del reactor.
 - Mezcla completa.

3.6.2 CÁLCULOS

A continuación procederemos a realizar los cálculos. Para el cálculo del volumen del reactor se utilizará el método propuesto en la normativa alemana ATV-DVWK-A 131, puesto que para utilizar otros métodos, deberíamos haber podido calcular los parámetros cinéticos. Partiendo de la definición de edad del fango:

$$\vartheta_C = \frac{V_r * X}{F_{exceso}} \quad (3.55)$$

Por tanto si fijamos una edad del fango podemos calcular el volumen del reactor. El valor de los fangos en exceso se calcula mediante la expresión

$$F_{exceso} = 0.6 * \text{Carga diaria SS} + \left(0.75 - \frac{0.1 * \vartheta_C * F_T}{1 + 0.17 * \vartheta_C * F_T} \right) * \text{Carga diaria DBO}_5 \quad (3.56)$$

Donde se sustituyen los valores siguientes:

Carga diaria SS, el valor es de 473,85 kg/día.

Carga diaria DBO₅, el valor es de 570,38 kg/día.

ϑ_c , edad del fango 5 días.

F_T , factor de temperatura = $1,072^{(T_{min}-15)} = 1,072^{(15-15)} = 1$

$$F_{exceso} = 0,6 * 473,85 \frac{kg\ SST}{día} + \left(0,75 - \frac{0,1 * 5\ días * 1}{1 + 0,17 * 5\ días * 1} \right) * 570,38 \frac{kg\ DBO_5}{día}$$

$$= 557,94 \frac{kg}{día}$$

Y por tanto, mediante la ecuación 3.55 obtenemos el volumen del reactor.

$$V_r = \frac{\vartheta_c * F_{exceso}}{X} = \frac{5\ días * 542,68 \frac{kg}{d}}{3,3 \frac{kg}{m^3}} = 845,36\ m^3$$

Comprobamos ahora el tiempo de retención hidráulica en el reactor a partir de la ecuación 3.47.

$$t_R = \frac{V_r}{Q} = \frac{845,36\ m^3}{121,88 \frac{m^3}{h}} = 6,94\ h$$

Valor que se encuentra entre 4 y 8 horas recomendadas para este proceso. Comprobamos también la carga másica y la carga volúmica a partir de 3.51 y 3.52.

$$C_m = \frac{S_0 * Q}{X * V_r} = \frac{0,3 \frac{kg DBO_5}{m^3} * (1 - 0,35) * 121,88 \frac{m^3}{h} * \frac{24h}{día}}{3,3 \frac{kg MLSS}{m^3} * 845,36 m^3} = 0,2 \frac{kg DBO_5}{kg MLSS}$$

Es igual al valor mínimo normal para carga másica en este tipo de procesos.

$$C_v = C_m * X = 0,18 \frac{kg DBO_5}{kg MLSS} * 3,3 \frac{kg MLSS}{m^3} = 0,59 \frac{kg DBO_5}{m^3}$$

3.6.3 NECESIDAD DE OXÍGENO

Para calcular la necesidad real de oxígeno, hay que calcular primeramente la necesidad teórica y después aplicar unos coeficientes que se definirán en su momento.

La norma alemana ATV-DVWK-A 131 recomienda la siguiente expresión para la necesidad teórica de oxígeno en procesos de fangos activos:

$$\frac{kg O_2}{día} = Carga\ diaria\ DBO_5 * \left(0,56 + \frac{0,15 * \vartheta_c * F_{Tmin/max}}{1 + 0,17 * \vartheta_c * F_{Tmin/max}} \right) \quad (3.57)$$

$$F_{Tmin/max} = 1,072^{(T-15)} \quad (3.58)$$

En este caso calcularemos dos valores de necesidad de oxígeno, uno para la temperatura mínima y otro para la máxima del agua. El resto de valores son conocidos.

$$F_{Tmin} = 1,072^{(T-15)} = 1,072^{(15-15)} = 1$$

$$\frac{kg O_2}{día} (mín) = 570,38 \frac{kg DBO_5}{día} * \left(0,56 + \frac{0,15 * 5 días * 1}{1 + 0,17 * 5 días * 1} \right) = 550,65 \frac{kg O_2}{día}$$

$$F_{T_{max}} = 1,072^{(T-15)} = 1,072^{(22-15)} = 1,63$$

$$\begin{aligned} \frac{kg O_2}{día} (máx) &= 570,38 \frac{kg DBO_5}{día} * \left(0,56 + \frac{0,15 * 5 días * 1,63}{1 + 0,17 * 5 días * 1,63} \right) \\ &= 611,72 \frac{kg O_2}{día} \end{aligned}$$

Esta norma no considera el consumo punta, por lo que se tomará como dicho valor el valor obtenido más alto como valor más desfavorable.

Para hacer el cálculo de oxígeno real, habrá que calcular el coeficiente global de transferencia k_t , tal que:

$$Oxígeno\ real = \frac{Oxígeno\ teórico}{k_t} \quad (3.59)$$

$$k_t = k_{t1} * k_{t2} * k_{t3}$$

- El coeficiente k_{t1} tiene en cuenta el déficit de saturación de oxígeno del licor mezcla, para las diferentes temperaturas.

Temperatura mínima del agua en el tanque = 15 °C.

Concentración media de oxígeno en el tanque (sin nitrificación) = 2 mg/L.

Concentración de saturación en agua clara a 15 °C y presión atmosférica = 10,15 mg/L.

Para calcular la concentración de saturación a la temperatura de 15 °C hay que aplicar unos factores de corrección al valor de 10,15 mg/L obtenido mediante tablas experimentales.

Para condiciones normales adoptamos un factor corrector para los sólidos en suspensión del licor y salinidad $\beta = 0,98$.

Para tener en cuenta la variación de presión debida a la altitud sobre nivel del mar:

$$C_p = 1 - 0,111 * \frac{h(m)}{1000} = 1 - 0,111 * \frac{658 m}{1000} = 0,93$$

Para tener en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación suponemos que la profundidad de los difusores de aire P es de 3 m:

$$C_A = \frac{10,33 + 0,28 * P}{10,33} = 1,08$$

Por tanto al aplicar los factores de corrección tenemos:

$$k_{t1}^{15^{\circ}C} = \frac{10,15 \frac{mg}{L} - 2 \frac{mg}{L}}{10,15 \frac{mg}{L} * 0,98 * 0,93 * 1,08} = \mathbf{0,82}$$

Volvemos a repetir los cálculos para la temperatura de 22 °C, y obtenemos:

$$k_{t1}^{22^{\circ}C} = \frac{8,83 \frac{mg}{L} - 2 \frac{mg}{L}}{8,83 \frac{mg}{L} * 0,98 * 0,93 * 1,08} = \mathbf{0,79}$$

- El coeficiente k_{t2} tiene en cuenta la influencia de la temperatura en la difusión del oxígeno.

$$k_{t2} = 1,024^{(T-10)} \begin{cases} k_{t2}^{15^{\circ}\text{C}} = 1,02 \\ k_{t2}^{22^{\circ}\text{C}} = 1,33 \end{cases}$$

- El coeficiente k_{t3} tiene en cuenta la influencia de la temperatura en la disolución del oxígeno según las características del licor mezcla.

Si suponemos que la difusión del aire se hace con burbujas finas sin nitrificación, el valor del coeficiente será

$$k_{t3} = 0,55$$

Por tanto calculamos para cada temperatura el coeficiente global.

$$k_t = k_{t1} * k_{t2} * k_{t3} \rightarrow \begin{cases} k_t^{15^{\circ}\text{C}} = 0,46 \\ k_t^{22^{\circ}\text{C}} = 0,58 \end{cases}$$

Considerando el valor más desfavorable de los dos, es decir, el de 15 °C, y la expresión 3.59, calculamos el oxígeno real a aportar.

$$\text{Oxígeno real} = \frac{611,72 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}{0,46} = 1329,83 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}$$

Como posteriormente calcularemos las necesidades de oxígeno para el reactor con nitrificación-desnitrificación, este valor obtenido no será el que realmente utilizaremos para dimensionar la instalación.

3.6.4 RECIRCULACIÓN DE FANGOS Y FANGOS EN EXCESO

La recirculación de fangos se calcula con la expresión 3.53. Adoptamos un valor del índice de Mohlmann de $I=150 \text{ m}^3/\text{kg}$.

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X * I}{1000 - X * I} = \frac{3,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 150 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{1000 - 3,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 150 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 0,98$$

$$Q_r = 0,98 * Q = 119,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para llevar a cabo esta recirculación externa, utilizaríamos tres bombas, cada una con un caudal unitario de $75 \text{ m}^3/\text{h}$.

La concentración de la recirculación es:

$$X_r = \frac{Q_r + Q}{Q_r} * X = \frac{0,98 * Q + Q}{0,98 * Q} * X = 6,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para calcular la producción de fangos utilizaremos los valores de fangos en exceso calculados mediante la normativa alemana ATV-DVWK-A 131.

Como ya calculamos en el apartado 3.6.2, los fangos en exceso totales son

$$F_{exceso} = P_{X(SST)} = 557,94 \frac{kg SST}{día}$$

Si el 80% de los sólidos son volátiles, entonces:

$$P_{X(SSV)} = 446,35 \frac{kg SSV}{día}$$

3.6.5 DECANTACIÓN SECUNDARIA

Una vez la materia orgánica se ha oxidado en el reactor biológico, pasa el licor mezcla al decantador secundario, para separar los fangos del agua clarificada. Las recomendaciones sobre los parámetros utilizados en decantación secundaria vienen dadas en la siguiente tabla para procesos convencionales de fangos activos.

Proceso Convencional	Carga s/vertedero (m ³ /m/h)		Carga de sólidos (kg/m ² /h)		Tiempo de retención (h)		Velocidad ascensional (m/h)	
	Q_m	Q_{max}	Q_m	Q_{max}	Q_m	Q_{max}	Q_m	Q_{max}
	≤ 5,5	≤ 10	≤ 2,5	≤ 6	≥ 3	≥ 2	≤ 0,8	≤ 1,5

Tabla 3.12: Valores recomendados para los parámetros en decantación secundaria para procesos de fangos activos convencionales

Adoptaremos estos valores. Por tanto comenzamos a calcular.

- Cálculo de la superficie de decantación.
 - A caudal máximo.

$$A_{Q_{max}} = \frac{Q_{max}}{V_{asc}} = \frac{219,38 \frac{m^3}{h}}{1,5 \frac{m}{h}} = 146,25 m^2 \quad (3.60)$$

- A caudal medio

$$A_{Q_m} = \frac{Q_m}{V_{asc}} = \frac{121,88 \frac{m^3}{h}}{0,8 \frac{m}{h}} = 152,35 m^2 \quad (3.61)$$

Es decir, la superficie debe ser $\geq 152,35 m^2$.

Tendremos un decantador con un radio de **$r = 7,5 m$** .

$$A_{real} = \pi * r^2 = \pi * 7,5^2 m^2 = \mathbf{176,72 m^2} \quad (3.62)$$

- Comprobación de la carga de sólidos.

- A caudal máximo.

$$C_{sol(Q_{max})} = \frac{X * Q_{max}}{A_{real}} = \frac{3,3 \frac{kg}{m^3} * 219,38 \frac{m^3}{h}}{176,72 m^2} = \mathbf{4,1 \frac{kg}{m^2 * h} \leq 6} \quad (3.63)$$

- A caudal medio.

$$C_{sol(Q_m)} = \frac{X * Q_m}{A_{real}} = \frac{3,3 \frac{kg}{m^3} * 121,88 \frac{m^3}{h}}{153,94 m^2} = \mathbf{2,28 \frac{kg}{m^2 * h} \leq 2,5} \quad (3.64)$$

- Comprobación de la carga sobre vertedero.
 - A caudal máximo.

$$C_{vert(Q_{max})} = \frac{Q_{max}}{L} = \frac{219,38 \frac{m^3}{h}}{2 * \pi * 7,5 m} = 4,66 \frac{m^3}{m * h} \leq 10 \quad (3.65)$$

- A caudal medio.

$$C_{vert(Q_m)} = \frac{Q_m}{L} = \frac{121,88 \frac{m^3}{h}}{2 * \pi * 7,5 m} = 2,59 \frac{m^3}{m * h} \leq 5 \quad (3.66)$$

Por tanto la superficie adoptada es válida.

- Cálculo del volumen.
 - A caudal máximo.

$$V_{(Q_{max})} = t_{R(Q_{max})} * Q_{max} = 2 h * 219,38 \frac{m^3}{h} = 438,76 m^3 \quad (3.67)$$

- A caudal medio.

$$V_{(Q_m)} = t_{R(Q_m)} * Q_m = 3 h * 121,88 \frac{m^3}{h} = 365,64 m^3 \quad (3.68)$$

Es decir, el volumen debe ser $\geq 438,76 m^3$. Calculamos ahora la altura para comprobar que está entre los valores recomendados, que son entre 3 m y 5 m.

$$h \geq \frac{Volumen.min}{A_{real}} = \frac{438,76 \text{ m}^3}{\pi 7,5^2 \text{ m}^2} = 2,48 \text{ m} \quad (3.69)$$

Como es inferior al valor recomendado, fijamos una altura de **$h = 3 \text{ m}$** y calculamos el volumen definitivo.

$$V_{real} = A_{real} * h = \pi * 7,5^2 \text{ m}^2 * 3 \text{ m} = \mathbf{530,14 \text{ m}^3} \quad (3.70)$$

3.6.6 NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN

En una planta sin nitrificación la mayoría de los compuestos orgánicos del nitrógeno son convertidos en amonio, del cual una parte es utilizada por las bacterias (el 12% de la biomasa es nitrógeno) y por tanto es retirado del proceso en los fangos, pero el resto es vertido al cauce como nitrógeno amoniacal, el cual es perjudicial. Por tanto se considera la necesidad de instalar un proceso de nitrificación-desnitrificación, mediante el cual el nitrógeno amoniacal que no ha sido usado por la biomasa es convertido en nitratos, y posteriormente transformado en nitrógeno gas, eliminándose casi en su totalidad del vertido. Para dimensionar este proceso utilizaremos principalmente la normativa alemana ATV-DVWK-A 131, que para que sea aplicable debe cumplir dos expresiones, para el agua bruta:

$$\frac{DQO}{DBO_5} = \frac{660}{300} = 2,2 \approx 2$$

$$\frac{NTK}{DBO_5} = \frac{54}{300} = 0,18 < 0,25$$

Por tanto podemos para este caso utilizar dicha normativa. Las cargas y los caudales de diseño serán los de diseño para el tratamiento secundario del apartado 3.1.3.

- A continuación calculamos la cantidad de nitrógeno a nitrificar.

El balance es el siguiente:

$$N_{N,max} = N_{entrada} - N_{org,salida} - N_{N-NH_4,salida} - N_{Fangos\ exceso} \quad (3.71)$$

El nitrógeno en la entrada es $N_{entrada} = 142,16 \frac{kg}{día} = 48,6 \frac{mg}{L}$. Suponemos que el 7% (3,4 mg/L) es nitrógeno orgánico y el 93% (45,2 mg/L) es nitrógeno amoniacal.

Para la concentración de nitrógeno orgánico en la salida se estima una concentración de $N_{org,salida} = 2 \frac{mg}{L} = 5,85 \frac{kg}{día}$.

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal en la salida se consideran despreciables.

La concentración de nitrógeno en los fangos en exceso se estima como un 5% de la DBO₅ que entra al reactor $N_{Fangos\ exceso} = 0,05 * 570,38 \frac{kg\ DBO_5}{día} = 28,52 \frac{kg}{día} = 9,75 \frac{mg}{L}$.

Por tanto el nitrógeno a nitrificar será:

$$N_{N,max} = 142,16 \frac{kg}{día} - 5,85 \frac{kg}{día} - 28,52 \frac{kg}{día} = \mathbf{107,79 \frac{kg}{día}} = 36,85 \frac{mg}{L}$$

- Cantidad de nitrógeno a desnitrificar.

El nitrógeno total a la salida viene determinado por la norma (15 mg/L). Por tanto podemos calcular la cantidad de nitrógeno a desnitrificar (que está en forma de nitratos N-NO₃):

$$\begin{aligned} (N - NO_3)_D &= N_{N,max} - N_{T,salida} = 36,85 \frac{mg}{L} - 15 \frac{mg}{L} = \mathbf{21,85 \frac{mg}{L}} \\ &= 63,91 \frac{kg}{día} \end{aligned} \quad (3.72)$$

- Relación de recirculación.

La relación de recirculación se obtiene a partir de tablas en función del término $R_{Nitrato}$, de nitrato recirculado. Se calcula de la siguiente forma.

$$R_{Nitrato} = \frac{(N - NO_3)_D}{N_{N,max}} = \frac{21,85 \frac{mg}{L}}{36,85 \frac{mg}{L}} = 0,59 \quad (3.73)$$

Para este valor obtenemos un porcentaje de recirculación mínimo de **152,9%**.

Si para la recirculación de fangos externa tenemos dos bombas de 75 m³/h, a caudal medio esto supone una recirculación de $\frac{75*2}{121,88} * 100 = 123\%$ lo cual no es suficiente, y tendríamos que utilizar una recirculación interna entre la zona óxica y anóxica del reactor. Necesitaríamos un 30% más de recirculación, que a caudal medio son 36,44 m³/h. Colocaremos dos bombas de 37 m³/h.

El cociente V_D/V_R es la relación entre el volumen del tanque de desnitrificación o volumen anóxico y el volumen total del reactor. Se obtiene de tablas a partir del cociente entre la concentración de nitrógeno a desnitrificar y la DBO₅ a la entrada del reactor.

$$\frac{(N - NO_3)_D}{DBO_5} = \frac{21,85 \frac{mg N}{L}}{195 \frac{mg DBO_5}{L}} = 0,11 \frac{kg N}{kg DBO_5} \quad (3.74)$$

- Cálculo de la edad del fango y volumen del reactor.

Para el valor del factor de nitrógeno a desnitrificar obtenemos un cociente $V_D/V_R = 0.2$. Este valor implica que la desnitrificación es previa y que la temperatura de diseño está entre 10 y 12 °C. Como hemos realizado la hipótesis de que la temperatura estará por encima de 15 °C estas tablas sólo aproximarán nuestro resultado, pero como no tenemos absoluta certeza de la temperatura que tendrá el agua, tomaremos dichos valores por seguridad.

Los valores de dicha tabla son válidos siempre que se pierda en la desnitrificación una pequeña parte de la materia orgánica biodegradable, y que el contenido disuelto de oxígeno no supere los 2 mg/L.

La edad del fango mínima para procesos de nitrificación-desnitrificación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\theta_{C \min, D} = \frac{FS * 3,4 * 1,103^{(15-T)}}{1 - \frac{V_D}{V_R}} = \frac{1,8 * 3,4 * 1,103^0}{1 - 0,2} = 7,65 \text{ días} \quad (3.75)$$

Habiendo sustituido los siguientes valores:

$FS = 1,8$, factor de seguridad para plantas de hasta 20 000 hab-eq.

$T = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, de temperatura.

$V_D/V_R = 0,2$, el valor obtenido anteriormente.

El valor es un poco menor del recomendado para este tipo de estaciones (10 días aproximadamente), debido igualmente a la hipótesis de la temperatura, pero se admiten estos valores.

Para el cálculo del volumen del reactor biológico, tomamos la expresión de fangos en exceso, la 3.56, utilizando el nuevo valor para la edad de fango y 15 °C de temperatura.

$$\begin{aligned} F_{\text{exceso}} &= 0,6 * 473,85 \frac{\text{kg SST}}{\text{día}} + \left(0,75 - \frac{0,1 * 7,65 \text{ días} * 1}{1 + 0,17 * 7,65 \text{ días} * 1} \right) * 570,38 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{día}} \\ &= 522,42 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \end{aligned}$$

Tomando la misma concentración de sólidos en el reactor que para el cálculo del reactor biológico en el apartado anterior $MLSS = X = 3,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, y la ecuación 3.55.

$$V_R = \frac{\vartheta_C * F_{exceso}}{X} = \frac{7,65 \text{ días} * 522,42 \frac{kg}{día}}{3,3 \frac{kg}{m^3}} = 1211,06 m^3$$

Tendrá una profundidad de 3 m y por consiguiente un área total de 403,69 m².

El volumen de la zona de desnitrificación será.

$$V_D = 0,2 * V_R = 242,21 m^3 \quad (3.76)$$

La carga másica será con la ecuación 3.51.

$$C_m = \frac{570,38 \frac{kg DBO_5}{día}}{3,3 \frac{kg MLSS}{m^3} * 1211,06 m^3} = 0,14 \frac{kg DBO_5}{kg MLSS * día}$$

Y la carga volúmica será con la ecuación 3.52.

$$C_V = C_m * X = 0,46 \frac{kg DBO_5}{m^3 * día}$$

- Cálculo de la aireación necesaria.

El cálculo del oxígeno necesario se calcula de la misma forma que en el apartado anterior, primero el oxígeno teórico necesario y a continuación el real, teniendo en cuenta el coeficiente global de transferencia.

Para el cálculo del oxígeno teórico necesario se dividirá en 3 partes. Una será el oxígeno necesario para la oxidación de la materia carbonosa, la segunda para sólo la nitrificación y una tercera para la nitrificación-desnitrificación. Posteriormente se calcula la demanda punta horaria y se toma el caso más desfavorable.

- Oxígeno necesario para la oxidación de la materia carbonosa.

Tomamos la misma expresión 3.57, por kg de DBO_5 , para una edad del fango de 7,65 días y para las temperaturas de 15 y 22 °C.

$$ON_C^{15^\circ C} = \left(0,56 + \frac{0,15 * 7,65 \text{ días} * 1}{1 + 0,17 * 7,65 \text{ días} * 1} \right) = 1,059 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}$$

$$ON_C^{22^\circ C} = \left(0,56 + \frac{0,15 * 7,65 \text{ días} * 1,072^7}{1 + 0,17 * 7,65 \text{ días} * 1,072^7} \right) = 1,16 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}$$

- Oxígeno necesario para la nitrificación.

Se calcula el consumo de oxígeno teniendo en cuenta un factor de 4,3 kg de O_2 por cada kg de nitrógeno oxidado.

$$ON_N = 4,3 \frac{kg O_2}{kg N} * \frac{N_{N.max}}{\frac{kg DBO_5}{día}} = 4,3 \frac{kg O_2}{kg N} * \frac{107,79 \frac{kg N}{día}}{570,38 \frac{kg DBO_5}{día}} = 0,81 \frac{kg O_2}{kg DBO_5} \quad (3.77)$$

- Oxígeno necesario para el proceso de nitrificación-desnitrificación.

Utilizamos el factor de que se recuperan 2,9 kg de oxígeno por cada kg de nitrógeno desnitrificado.

$$\begin{aligned}
 ON_D &= 2,9 \frac{kg O_2}{kg(N - NO_3)_D} * \frac{(N - NO_3)_D}{\frac{kg DBO_5}{día}} \\
 &= 2,9 \frac{kg O_2}{kg(N - NO_3)_D} * \frac{63,91 \frac{kg(N - NO_3)_D}{día}}{570,38 \frac{kg DBO_5}{día}} = 0,32 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}
 \end{aligned} \quad (3.78)$$

- Cálculo de la demanda punta horaria.

$$ON_{T,punta} \left[\frac{kg O_2}{h} \right] = \frac{(ON_C - ON_D) * f_C + ON_N * f_N}{24} \quad (3.79)$$

Sustituyendo los valores obtenidos anteriormente, además de los siguientes factores:

$f_C = 1,2$, factor de seguridad frente a puntas de carga para materia carbonosa y para edad del fango de 7,5 días.

$f_N = 2,7$, factor de seguridad frente a puntas de carga para compuestos nitrogenados y para edad del fango de 7,5 días.

Tendremos que hacer un triple cálculo y seleccionar la opción más desfavorable, según la norma ATV-DVWK-A 131.

- Sólo nitrificación a 10 °C.

$$ON_{T,punta} = 1,059 * 1,2 + 0,81 * 2,7 = 3,46 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}$$

- Nitrificación-desnitrificación a 10 °C.

$$ON_{T,punta} = (1,059 + 0,32) * 1,2 + 0,81 * 2,7 = 3,074 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}$$

- Nitrificación-desnitrificación a 20 °C.

$$ON_{T,punta} = (1,16 - 0,32) * 1,2 + 0,81 * 2,7 = 3,2 \frac{kg O_2}{kg DBO_5}$$

Como el valor más desfavorable es el de sólo nitrificación a 10 °C, se calcula con dicho valor la necesidad teórica de oxígeno en condiciones estándar y la ecuación 3.79.

$$ON_T = 3,46 \frac{kg O_2}{kg DBO_5} * \frac{570,38 \frac{kg DBO_5}{día}}{24} = 82,23 \frac{kg O_2}{h}$$

Como los coeficientes de transferencia no han cambiado, podemos calcular la necesidad de oxígeno en condiciones reales con la misma expresión 3.59.

$$Oxígeno\ real = \frac{ON_T}{k_t} = \frac{82,23 \frac{kg O_2}{h}}{0,46} = 178,76 \frac{kg O_2}{h}$$

Para esta cantidad de oxígeno y teniendo en cuenta una eficiencia de los difusores de 0,2, podemos hacer una estimación de que los compresores que proporcionan este aire tendrán un consumo total de 75 kW.

- Cálculo de la pérdida de alcalinidad.

En el proceso de nitrificación-desnitrificación hay cambios en la alcalinidad que hay que tener en cuenta. Según la siguiente expresión podemos calcular las pérdidas de alcalinidad.

$$\Delta Alcalinidad = \frac{1}{14} * (N.NH_{4.infl} - N.NH_{4.salida} + N.NO_{3.salida} - N.NO_{3.infl}) \quad (3.80)$$

Siendo:

$N.NH_{4.infl} = 45,2 \frac{mg}{L}$, es el nitrógeno amoniacal a la entrada (93% del nitrógeno total).

$$N.NH_{4.salida} = 0 \frac{mg}{L}.$$

$$N.NO_{3.infl} = 0 \frac{mg}{L}.$$

$$N.NO_{3.salida} = 9,75 \frac{mg}{L}.$$

Aplicando la ecuación 3.80:

$$\Delta Alcalinidad = \frac{1}{14} * (45,2 + 9,75) = 3,93 \frac{mmol}{L}$$

Por tanto el pH en la salida, será de:

$$Alcalinidad_{salida} = 7,5 - 3,93 = 3,57 \frac{mmol}{L} > 1,5 \frac{mmol}{L} \quad (3.81)$$

Es superior al valor que dice la norma, por tanto es un valor válido.

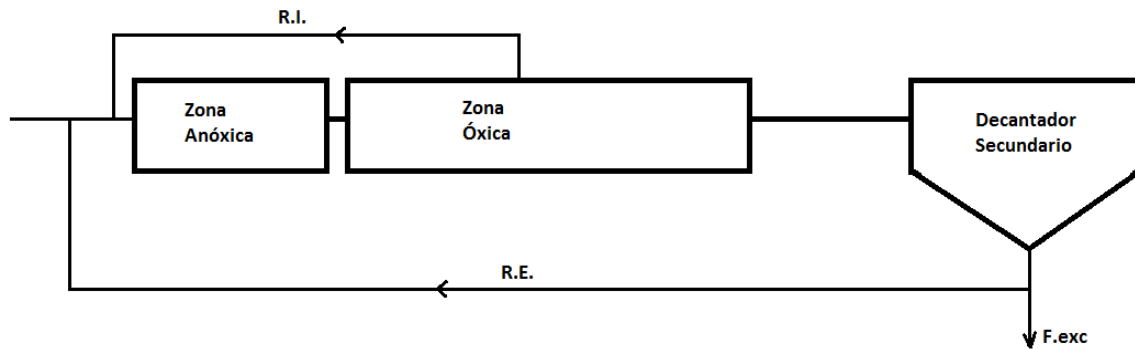


Ilustración 3.9: Esquema general del tratamiento secundario

3.6.7 ELIMINACIÓN DEL FÓSFORO

Se define el factor de propensión de Marais P_f como la tendencia que tienen los fangos a asimilar fósforo (E.Ronzano).

$$P_f = 0,11 * (0,17 * DBO_5 - 17) \quad (3.82)$$

La fracción de fósforo contenida en la masa activa de los fangos activados es:

$$P_a = 0,35 - 0,29 * e^{-0,4 * P_f} \quad (3.83)$$

Y la masa de fósforo asimilada en g por cada 100 g de DBO_5 eliminada es:

$$P_D = P_a * \frac{71}{1 + 0,16 * \vartheta_c} \quad (3.84)$$

Por tanto calculamos, teniendo en cuenta que la DBO_5 de entrada al tratamiento secundario es 195 mg/L y que la edad del fango es 7,65 días.

$$Pf = 1,78; Pa = 0,21; PD = 6,62 \frac{gP}{100 gDBO_5}$$

Es decir, para 195 mg/L de DBO_5 , tenemos:

$$P_{asimilado} = \frac{6,62 gP}{100 gDBO_5} * 195 \frac{mg}{L} = 12,91 \frac{mg}{L} \quad (3.85)$$

Y la concentración de fósforo en el agua tratada será:

$$P_{salida} = 14,4 \frac{mg}{L} - 12,91 \frac{mg}{L} = 1,49 \frac{mg}{L} < 2 \frac{mg}{L} \quad (3.86)$$

Podemos ver que la concentración en el agua tratada es menor que la que se especifica en la normativa. En caso contrario se podría añadir cloruro férrico.

3.7 TRATAMIENTO DE FANGOS

3.7.1 LÍNEA DE FANGOS Y CAUDALES Y CARGAS DE DISEÑO

La línea de fangos constará de un espesador de fangos por gravedad para los fangos provenientes del decantador primario y un espesador de fangos por flotación para los provenientes del decantador secundario. A continuación se estabilizan los fangos en el digestor anaerobio, y por último se les da un tratamiento de secado/deshidratado antes de obtener el producto final.

Para el dimensionamiento de la línea de fangos, partimos de los resultados que hemos obtenido en los apartados anteriores:

- Fangos procedentes de la decantación primaria (espesador por gravedad).
 - Cantidad de fango a tratar: $F_1(SST) = 579,15 \frac{kgSST}{día}$,
 $F_1(SSV) = 376,45 \frac{kgSSV}{día}$.
 - Concentración $C_{F1} = 4\% = 40 \frac{kg}{m^3}$.
- Fangos procedentes del tratamiento secundario (espesador por flotación).
 - Cantidad de fango a tratar: $P_{X(SST)} = 522,42 \frac{kgSST}{día}$,
 $P_{X(SSV)} = 417,94 \frac{kgSSV}{día}$.
 - Concentración $C_{F2} = 0.8\% = 8 \frac{kg}{m^3}$.

3.7.2 ESPESADOR DE FANGOS POR GRAVEDAD

El espesador de fangos primarios será un espesador por gravedad. Teniendo los datos de diseño del apartado anterior, podemos obtener de tablas experimentales los siguientes:

- Carga de sólidos máxima $C_{sol(EG)} = 110 \frac{kg}{m^2 \cdot día}$.
- Carga hidráulica máxima $C_{H(EG)} = 1,2 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$.
- Tiempo mínimo de retención $t_{R(EG)} = 24 h$.
- Concentración de salida del espesador $C_{F(EG)} = 9\% = 90 \frac{kg}{m^3}$.
- Tiempo de operación del bombeo de fangos $t_{BF1} = 12 \frac{h}{día}$.

A continuación calculamos el volumen necesario del espesador. El caudal de fango primario que entra al espesador será:

$$Q_1 = \frac{F_1(SST)}{C_{F1}} = \frac{579,15 \frac{kgSST}{día}}{40 \frac{kg}{m^3}} = 14,48 \frac{m^3}{día} \quad (3.87)$$

El volumen del espesador será, por tanto:

$$V_{EG} = Q_1 * t_{R(EG)} = \mathbf{14,48\ m^3} \quad (3.88)$$

Una vez hecho esto, calculamos la superficie necesaria. El caudal diario de fangos bombeado será:

$$Q_{BF1} = \frac{F_1(SST)}{C_{F1}} = 14,48 \frac{m^3}{día} \quad (3.89)$$

Y como se ha establecido un tiempo de operación del bombeo de fangos de 12 horas cada día, tendremos que el caudal horario introducido será:

$$Q_{BF1} = \frac{14,48 \frac{m^3}{día}}{12\ h} = 1,21 \frac{m^3}{h} \quad (3.90)$$

La superficie necesaria será entonces:

$$A_{EG} = \frac{Q_{BF1}}{C_{H(EG)}} = \frac{1,21 \frac{m^3}{h}}{1,2 \frac{m^3}{m^2 * h}} = 1,01\ m^2 \quad (3.91)$$

Adoptamos una unidad circular de diámetro $D = 1,2\ m$.

$$A_{real} = \frac{\pi}{4} D^2 = \mathbf{1,13\ m^2} \quad (3.92)$$

Por último comprobamos que se cumplen los parámetros máximos y mínimos establecidos en el principio del capítulo.

- Comprobación de la carga de sólidos

$$C_{sol(EG)} = \frac{F_1(SST)}{A_{real}} = \frac{579,15 \frac{kg}{día}}{1,13 m^2} = 512,52 \frac{kg}{m^2 * día} \gg 110 \quad (3.93)$$

Como obtenemos una carga de sólidos mucho mayor que la máxima, tendremos que ampliar la superficie. Por tanto adoptamos una unidad circular de 2,6 metros de diámetro.

$$A_{real} = \frac{\pi}{4} * 2,6^2 m^2 = \mathbf{5,31 m^2} \quad (3.94)$$

Y la carga de sólidos ahora es:

$$C_{sol(EG)} = \frac{F_1(SST)}{A_{real}} = \frac{579,15 \frac{kg}{día}}{5,31 m^2} = \mathbf{109,07 \frac{kg}{m^2 * día}} < 110 \quad (3.95)$$

Que ahora sí cumple. Y por tanto calculamos la altura del espesador, aunque ciertamente esta altura es determinada por el fabricante para cada diámetro diferente de espesador.

$$h = \frac{V_{EG}}{A_{real}} = \frac{14,48 m^3}{5,31 m^2} = \mathbf{2,73 m} \quad (3.96)$$

- Comprobación del tiempo de retención

$$t_{R(EG)} = \frac{V_{EG} * C_{F1} * 24}{F_1(SST)} = \frac{14,48 \text{ m}^3 * 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 24}{579,15 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 24 \text{ h} \quad (3.97)$$

- Comprobación de la carga hidráulica

$$C_{H(EG)} = \frac{Q_{BF1}}{A_{real}} = \frac{1,21 \text{ m}^3/\text{h}}{5,31 \text{ m}^2} = 0,23 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{h}} < 1,2 \quad (3.98)$$

3.7.3 ESPESADOR DE FANGOS POR FLOTACIÓN

El espesador de fangos secundarios será un espesador por flotación con sistema de presurización. Teniendo los datos de diseño del apartado 3.7.1, podemos obtener de tablas experimentales los siguientes:

- Concentración de salida del flotador $C_{FEF} = 4\% = 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Carga de sólidos de diseño $C_{sol(EF)} = 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 * \text{día}}$
- Carga hidráulica de diseño $C_{H(EF)} = \frac{3 \text{ m}^3}{\text{m}^2 * \text{h}}$
- Tiempo mínimo de retención $t_{R(EF)} = 1 \text{ h}$
- Tiempo de operación del bombeo de fangos $t_{BF2} = 16 \frac{\text{h}}{\text{día}}$

Una vez definidos los parámetros, procedemos a realizar los cálculos. Primero calcularemos el caudal de sólidos a espesar.

$$Q_{F2} = \frac{P_X(SST)}{C_{F2}} = \frac{522,42 \frac{\text{kg}(SST)}{\text{día}}}{8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 65,3 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad (3.99)$$

Como se especifica, que este caudal será introducido en 16 horas, se calcula el caudal horario:

$$Q_{BF2} = \frac{65,3 \frac{m^3}{día}}{16 \frac{h}{día}} = 4,08 \frac{m^3}{h} \quad (3.100)$$

Calculamos ahora la recirculación. Se adopta un caudal de recirculación del 150% sobre caudal medio, a una presión de 6 kg/cm².

$$Q_r = 1,5 * Q_{BF2} = 6,12 \frac{m^3}{h} \quad (3.101)$$

La superficie necesaria se calcula en este caso como la suma del caudal horario y recirculado entre la carga hidráulica:

$$A_{EF} = \frac{Q_{BF2} + Q_r}{C_{H(EF)}} = 3,4 m^2 \quad (3.102)$$

Adoptamos un espesador circular con 2,2 metros de diámetro, y una superficie:

$$A_{real} = \frac{\pi}{4} * 2,2^2 = 3,8 m^2 \quad (3.103)$$

Y comprobamos la carga de sólidos.

$$C_{sol(EF)} = \frac{P_{X(SST)}}{A_{real} * 16 \frac{h}{día}} = \frac{522,42 \frac{kg}{día}}{3,8 m^2} = 137,48 \frac{kg}{m^2 * día} > 80 \quad (3.104)$$

Por tanto debemos ampliar la superficie. Adoptamos una unidad circular de 3 m de diámetro.

$$A_{real} = \frac{\pi}{4} * 3^2 m^2 = 7,07 m^2 \quad (3.105)$$

Y la nueva carga de sólidos será:

$$C_{sol(EF)} = \frac{522,42}{7,07} = 73,89 \frac{kg}{m^2 * día} < 80 \quad (3.106)$$

Adoptamos una altura sobre vertedero máxima recomendada de $h = 3 m$, y calculamos el volumen del espesador:

$$V_{EF} = A_{real} * h = 7,07 m^2 * 3 m = 21,21 m^3 \quad (3.107)$$

Comprobamos ahora el resto de los parámetros.

- Tiempo de retención

$$t_{R(EF)} = \frac{V_{EF}}{Q_{BF2} + Q_r} = \frac{21,21 m^3}{4,08 \frac{m^3}{h} + 6,12 \frac{m^3}{h}} = 2,08 h > 1 \quad (3.108)$$

- Carga hidráulica

$$C_{H(EF)} = \frac{Q_{BF2} + Q_r}{A_{real}} = \frac{4,08 \frac{m^3}{h} + 6,12 \frac{m^3}{h}}{7,07 m^2} = 1,44 \frac{m^3}{m^2 * h} < 3 \quad (3.109)$$

- Relación aire/sólidos

Adoptamos una relación aire/sólidos $\frac{A}{S} = 0,03 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ fango}}$. Los kilos de fango que se introducen por hora son:

$$4,08 \frac{m^3}{h} * 8 \frac{kg}{m^3} = 32,64 \frac{kg \text{ fango}}{h}$$

$$Q_{aire} = 0,03 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ fango}} * 32,64 \frac{kg \text{ fango}}{h} = 0,98 \frac{kg \text{ aire}}{h} \quad (3.110)$$

3.7.4 DIGESTOR ANAEROBIO

Los datos de diseño serán los caudales de fangos espesados que calculamos en los dos apartados anteriores:

- Caudal de fangos espesados por gravedad

$$Q_{FEG} = \frac{F_1(SST)}{C_{FEG}} = \frac{579,15 \frac{kg \text{ SST}}{día}}{90 \frac{kg}{m^3}} = 6,44 \frac{m^3}{día} \quad (3.111)$$

- Caudal de fangos espesados por flotación

$$Q_{FEF} = \frac{P_x(SST)}{C_{FEF}} = \frac{522,42 \frac{kg \text{ SST}}{día}}{40 \frac{kg}{m^3}} = 13,06 \frac{m^3}{día} \quad (3.112)$$

La instalación prevista será una digestión anaeróbica en doble etapa, según la siguiente ilustración.

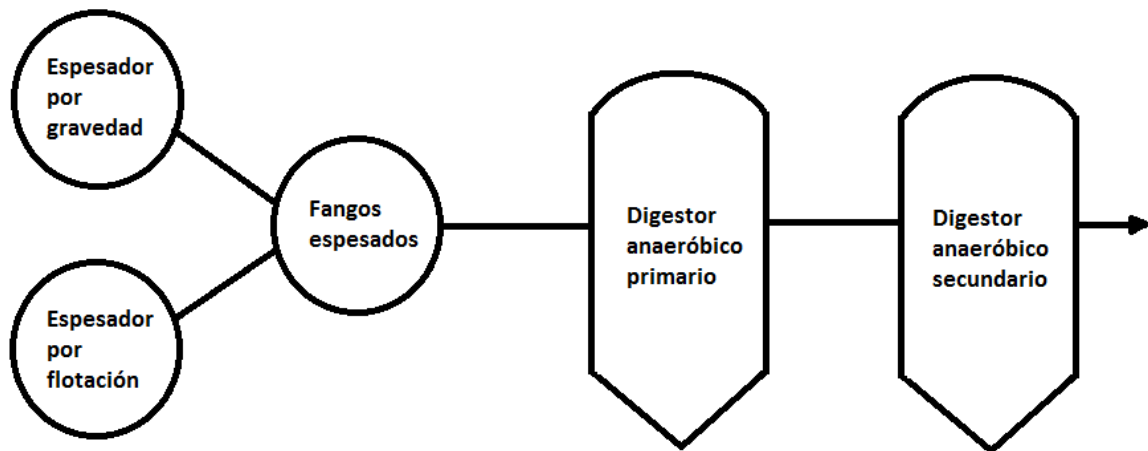


Ilustración 3.10: Diagrama del proceso de digestión anaeróbica

Se fijan las siguientes condiciones de funcionamiento.

- Reducción de sólidos volátiles exigida: 40%.
- Sistema de agitación y mezcla.
 - Digestor primario: agitación mecánica.
 - Digestor secundario: sin agitación.
- Temperatura de digestión:
 - Digestor primario: 35 °C.
 - Digestor secundario: frío.
- Suponemos que la alimentación al digestor se realiza durante 24 h al día.

$$\text{Caudal horario} = \frac{Q_{in}}{24} = \frac{Q_{FEG} + Q_{FEF}}{24} = \frac{6,44 + 13,06}{24} = 0,81 \frac{m^3}{h} \quad (3.113)$$

- Los tiempos de retención recomendados para este tipo de proceso son, en días:
 - Digestor primario: 15 días.
 - Digestor secundario: 8 días.
 - Edad del fango = tiempo retención global = 23 días.

- Cálculo del rendimiento en SSV

Total de fangos orgánicos:

$$F_1(SSV) + P_x(SSV) = 376,45 + 417,94 = \mathbf{794,39 \frac{kgSSV}{día}} \quad (3.114)$$

Total de fangos inorgánicos:

$$(F_1(SST) - F_1(SSV)) + (P_x(SST) - P_x(SSV)) = \mathbf{307,18 \frac{kgSSF}{día}} \quad (3.115)$$

Total de fangos a digestión:

$$F_1(SST) + P_x(SST) = \mathbf{1101,57 \frac{kgSST}{días}} \quad (3.116)$$

La concentración de la mezcla del fango a la entrada del digestor será:

$$\frac{F_1(SST) + P_x(SST)}{Q_{FEG} + Q_{FEF}} = \frac{1101,57}{6,44 + 13,06} = \mathbf{56,49 \frac{kg}{m^3}} \quad (3.117)$$

Como hemos fijado un rendimiento del 40%:

$$kg \text{ SSV eliminados diariamente} = 794,39 \frac{kgSSV}{días} * 0,4 = \mathbf{317,76 \frac{kg}{día}} \quad (3.118)$$

Suponiendo nula la reducción de SSF:

$$SST \text{ después de digestión} = 307,18 + \frac{60}{100} * 794,39 = \mathbf{783,81} \frac{kgSST}{día} \quad (3.119)$$

Como en este tipo de digestión no hay extracción de sobrenadantes, el caudal entrante al digestor será igual al caudal extraído del digestor cada día. Por tanto la concentración de salida será:

$$Concentración \text{ fango digerido} = \frac{783,81}{6,44 + 13,06} = \mathbf{40,2} \frac{kg}{m^3} \quad (3.120)$$

- Cálculo del volumen del digestor.

El volumen útil necesario en el digestor primario será:

$$V_{D1} = Q_{in} * t_{R1} = (6.44 + 13.06) * 15d = \mathbf{292.5} m^3 \quad (3.121)$$

Y el volumen útil del digestor secundario:

$$V_{D2} = Q_{in} * t_{R2} = (6.44 + 13.06) * 8d = \mathbf{156} m^3 \quad (3.122)$$

- Dimensiones unitarias.

Adoptamos las siguientes unidades:

- Digestor primario, 1 unidad.
- Sección tipo cilindro con pendiente de fondo 25°.
- Diámetro=D1=6.4m.
- Altura recta h=8m.
- Altura inclinada parte inferior h1=1.49m.
- Altura inclinada parte superior h2=1.5m.
- Volumen real= $V_{real1} = 299.26 \text{ m}^3$.
- Digestor secundario, 1 unidad.
- Sección tipo cilindro con pendiente de fondo 25°
- Diámetro D2=5.5m.
- Altura recta h=6.5m.
- Altura inclinada parte inferior h1=1.28m.
- Volumen real= $V_{real2} = 164.58 \text{ m}^3$

Y los tiempos de retenciones reales serán:

$$t_{R1} = \frac{V_{real1}}{Q_{in}} = \mathbf{15.35 \text{ días}}$$

$$t_{R2} = \frac{V_{real2}}{Q_{in}} = \mathbf{8.44 \text{ días}}$$
(3.123)

- Comprobamos la carga de sólidos volátiles.

$$C_{sol} = \frac{SSV_0}{V_{D1}} = \frac{794.39}{299.26} = \mathbf{2.65 \frac{kgSSV}{m^3d}}$$
(3.124)

Que es un valor válido, pues el recomendado está entre 1,6 y 4,8.

- Agitación del digestor.

Sólo tendrá agitación el digestor primario. Adoptamos un sistema de agitación mecánica. El parámetro de diseño para este sistema de agitación es $0,06 \text{ kW/m}^3$ de reactor, pero como no vamos a realizar el dimensionamiento de la instalación eléctrica, no es necesario este parámetro.

- Calentamiento del digestor.

El digestor calentado es el primario, con un volumen de $300,41 \text{ m}^3$, con las dimensiones indicadas anteriormente, adoptamos los siguientes valores de diseño:

- Profundidad de enterramiento 3 m .
- Temperatura de digestión $T_D = 35 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Temperatura del fango fresco $T_F = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Temperatura del aire ambiente $T_A = -1 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Temperatura del suelo $T_S = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Coeficiente de conductividad de la capa de espuma de poliuretano $\lambda_{ES} = 0,02 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Coeficiente de conductividad del hormigón armado $\lambda_{HA} = 1,4 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Coeficiente de conductividad del hormigón en masa $\lambda_{HM} = 1,1 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Coeficiente de convección pared-fango $\alpha_{pf} = 300 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Coeficiente de convección pared-aire $\alpha_{pa} = 20 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Coeficiente de convección pared-suelo $\alpha_{ps} = 50 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.
- Espesor del hormigón en cúpula $e_C = 30 \text{ cm}$.
- Espesor del hormigón en pared vertical $e_P = 35 \text{ cm}$.
- Espesor del hormigón en solera $e_S = 35 \text{ cm}$.
- Espesor del hormigón en masa $e_{HM} = 20 \text{ cm}$.
- Espesor capa de espuma de poliuretano $e_{ES} = 4 \text{ cm}$.

Calculamos primero la cantidad de calor necesaria para el calentamiento del fango en condiciones extremas.

$$\dot{q}_F = \frac{Q_{in} * 1000 * (T_D - T_F)}{24} = \frac{19,5 \frac{m^3}{d} * 1000 * (35 - 10)}{24} = 20,31 \frac{kcal}{h} \quad (3.125)$$

Calculamos también las superficies de paredes, solera y cubierta.

- Superficie de la pared cilíndrica sobre el terreno

$$S_p = 2 \pi r h' = 2 * \pi * 3,2 m * (8 m - 3 m) = 100,53 m^2 \quad (3.126)$$

- Superficie de la pared cilíndrica enterrada

$$S_E = 2 * \pi * 3.2 m * 3 m = 60.32 m^2 \quad (3.127)$$

- Superficie de la cúpula

$$S_C = \pi (r^2 + h_2^2) = \pi (3.2^2 m^2 + 1.5^2 m^2) = 39.24 m^2 \quad (3.128)$$

- Superficie de la solera

$$S_S = \pi r \sqrt{r^2 + h_1^2} = \pi * 3.2 m * \sqrt{3.2^2 m^2 + 1.49^2 m^2} = 35.49 m^2 \quad (3.129)$$

Calculamos ahora los coeficientes de conductividad de cada pared K.

- Coeficiente de conductividad de la cúpula

$$K_C = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pf}} + \frac{e_C}{\lambda_{HA}} + \frac{e_{ES}}{\lambda_{ES}} + \frac{1}{\alpha_{pa}}} = 0,44 \frac{kcal}{h m^2 ^\circ C} \quad (3.130)$$

- Coef. conductividad pared cilíndrica sobre el terreno

$$K_P = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pf}} + \frac{e_P}{\lambda_{HA}} + \frac{e_{ES}}{\lambda_{ES}} + \frac{1}{\alpha_{pa}}} = 0,43 \frac{kcal}{h m^2 ^\circ C} \quad (3.131)$$

- Coef. conductividad pared cilíndrica enterrada

$$K_E = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pf}} + \frac{e_P}{\lambda_{HA}} + \frac{e_{ES}}{\lambda_{ES}} + \frac{1}{\alpha_{ps}}} = 0,44 \frac{kcal}{h m^2 ^\circ C} \quad (3.132)$$

- Coef. conductividad en la solera

$$K_S = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pf}} + \frac{e_S}{\lambda_{HA}} + \frac{e_{HM}}{\lambda_{HM}} + \frac{1}{\alpha_{ps}}} = 2,2 \frac{kcal}{h m^2 ^\circ C} \quad (3.133)$$

Calculamos ahora las pérdidas de calor, para ello utilizamos la expresión general

$$\dot{q} = S * K * \Delta T \quad (3.134)$$

- Pérdidas en la cúpula

$$\dot{q}_C = S_C * K_C * (T_F - T_A) = 189,92 \frac{kcal}{h} \quad (3.135)$$

- Pérdidas en la pared cilíndrica sobre terreno

$$\dot{q}_P = S_P * K_P * (T_F - T_A) = 475,51 \frac{kcal}{h} \quad (3.136)$$

- Pérdidas en la pared enterrada

$$\dot{q}_E = S_E * K_E * (T_F - T_S) = 106,16 \frac{kcal}{h} \quad (3.137)$$

- Pérdidas en la solera

$$\dot{q}_S = S_S * K_S * (T_F - T_S) = 312,31 \frac{kcal}{h} \quad (3.138)$$

Luego las pérdidas totales previstas en el digestor primario son:

$$\dot{q}_{PERD} = \dot{q}_C + \dot{q}_P + \dot{q}_E + \dot{q}_S = 1083,9 \frac{kcal}{h} \quad (3.139)$$

Ahora calcularemos la capacidad necesaria del intercambiador de calor para mantener la temperatura de los digestores a 35 °C.

$$\dot{Q}_{CALOR} = \dot{q}_F + \dot{q}_{PERD} = 1104,21 \frac{kcal}{h} \quad (3.140)$$

Si adoptamos un margen de reserva del 20%, la capacidad de las calderas será

$$\dot{Q}_{CALDERA} = 1.2 * \dot{Q}_{CALOR} = 1325,06 \frac{kcal}{h} \quad (3.141)$$

La capacidad del intercambio de calor será

$$\dot{Q}_{Int} = \frac{\dot{Q}_{CALOR}}{0.9} = 1226,9 \frac{kcal}{h} \quad (3.142)$$

Diseñamos el intercambiador con las siguientes temperaturas

- Temperatura de entrada del agua 75 °C
- Temperatura de salida del agua 67 °C
- Temperatura de entrada del fango 35 °C
- Temperatura de salida del fango 36 °C

Por tanto la temperatura media logarítmica será

$$\Delta T_{ml} = \frac{(75 - 36) - (67 - 35)}{\ln \left(\frac{75 - 36}{67 - 35} \right)} = 35,38 \text{ } ^\circ C \quad (3.143)$$

Un coeficiente global de transmisión de calor habitual para este tipo de intercambiadores es $U = 460 \frac{kcal}{h \text{ } m^2 \text{ } ^\circ C}$.

Por tanto, la superficie total de intercambio de calor será

$$S_{Int} = \frac{\dot{Q}_{Int}}{U * \Delta T_{ml}} = 0,075 \text{ m}^2 \quad (3.144)$$

Y si el salto de temperatura del agua caliente es $75 - 67 = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, el flujo másico necesario de agua caliente es:

$$Q_{ag} = \frac{\dot{Q}_{Int}}{C_p * 8 \text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{1226,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{0,239 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^{\circ}\text{C}} * 8 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 641,68 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,642 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.145)$$

Para satisfacer las necesidades energéticas en el calentamiento del digestor, utilizamos dos fuentes de energía, aprovechando parte del biogás producido en el digestor y a partir de un sistema basado en la combustión del gasoil, por si el otro resulta insuficiente en algún momento.

Aprovechando el biogás:

- Consumo de calor 1226,9 kcal/h
- Rendimiento adoptado para la combustión del biogás 85%
- Poder calorífico del biogás 5000 kcal/m³
- Consumo de gas en caldera

$$\dot{Q}_{gas} = \frac{1226,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{0,85 * 5000 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}} = 0,29 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (3.146)$$

Para la puesta en marcha del digestor, los valores son:

- Temperatura del fango 10 °C
- Temperatura necesaria 35 °C
- Volumen del digestor 299,26 m³

Por tanto la cantidad necesaria de calor a aportar será:

$$Q_{CAL.INIC} = 299,26 \text{ m}^3 * (35 - 10) = 7,48 \text{ Mcal} \quad (3.147)$$

La capacidad de los intercambiadores será:

$$\dot{C}_{Int} = \frac{\dot{Q}_{CALOR} * 24}{0,9 * 1000} = \frac{1104,21 \frac{kcal}{h} * 24}{0,9 * 1000} = 29,45 \frac{Mcal}{día} \quad (3.148)$$

El número de días necesarios para alcanzar la temperatura de 35 °C será:

$$t_{PM} = \frac{Q_{CAL.INIC}}{\dot{C}_{Int} - \dot{q}_{PERD}} = 2,18 \text{ días} \quad (3.149)$$

A continuación calcularemos el almacenamiento de gas y el quemador. La producción horaria de gas puede estimarse en 1 m³ biogás por kg SSV eliminado.

$$P_{GAS} = 1 \frac{m^3}{kgSSV} * 317,76 \frac{kgSSV}{día} = 13,24 \frac{m^3}{h} \quad (3.150)$$

Como el consumo de gas necesario en el calentamiento es 0,29 m³/h, el excedente de gas será la diferencia.

$$Excedente\ gas = 13,24 - 0,29 = 12,95 \frac{m^3}{h} \quad (3.151)$$

El volumen necesario en el gasómetro se calculará tal que permita almacenar la producción de 12 horas, y el quemador tendrá una capacidad de combustión superior en un 25% al caudal excedente de gas.

$$\begin{aligned} V_{gasómetro} &= 12 * P_{GAS} = \mathbf{158,88\ m^3} \\ P_{quemador} &= 1,25 * 12,95 \frac{m^3}{h} = \mathbf{16,19 \frac{m^3}{h}} \end{aligned} \quad (3.152)$$

3.7.5 DESHIDRATADOR DE FANGOS

Los datos de diseño son los siguientes:

- Fangos provenientes de digestión $F_{DIG}(SST) = 783,81 \frac{kgSST}{día}$
- Concentración de fango digerido $C_{FDIG} = 40,2 \frac{kg}{m^3}$

Fijamos además las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Concentración de fango deshidratado $C_{FDESH} = 25\%$
- Días de trabajo a la semana $d_S = 5 \frac{días}{sem}$
- Horas de funcionamiento diarias $h_D = 8 \frac{h}{día}$
- Sistema de deshidratación filtro banda.

Y a continuación procedemos a realizar los cálculos.

- Depósito de fangos digeridos

Adoptamos un depósito con un tiempo de retención de 3 días.

$$V_{dep} = t_R * Q_{desh} = 3 \text{ días} * \frac{783,81 \frac{kg}{día}}{40,2 \frac{kg}{m^3}} = 58,49 \text{ m}^3 \quad (3.153)$$

Adoptamos una unidad cilíndrica de diámetro 5 m, altura 3 m, y por tanto un volumen real y tiempo de retención real de:

$$V_{real} = \pi * r^2 * h = 58,9 \text{ m}^3$$

$$t_{R.real} = 3,02 \text{ días} \quad (3.154)$$

- Cálculo del filtro banda
 - Horas de funcionamiento semanal en deshidratación

$$H_F = d_S * h_D = 5 \frac{días}{sem} * 8 \frac{h}{día} = 40 \frac{h}{sem} \quad (3.155)$$

- Caudal diario de fango a secar

$$Q_{DESH} = \frac{F_{DIG}}{C_{FDIG}} = \frac{783,81 \frac{kg}{día}}{40,2 \frac{kg}{m^3}} = 19,5 \frac{m^3}{día} \quad (3.156)$$

- Caudal o volumen de fango seco

$$Q_{SECO} = \frac{F_{DIG}}{C_{FDESH}} = \frac{783,81 \frac{kg}{día}}{250 * 1,05 \frac{kg}{m^3}} = 2,99 \frac{m^3}{día} \quad (3.157)$$

- Caudal horario de fango a secado

$$Q'_{DESH} = Q_{DESH} * \frac{7 \frac{días}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 3,41 \frac{m^3}{h} \quad (3.158)$$

- Carga horaria de fango

$$C_F = F_{DIG} * \frac{7 \frac{días}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 137,17 \frac{kg}{h} \quad (3.159)$$

Adoptamos una unidad de filtros banda, por lo que el caudal de alimentación será el caudal horario de fango a secado. Si adoptamos una carga de fango por ancho de banda de 300 kg/m/h:

- Carga de fango

$$Carga\ de\ fango = 300 \frac{kg}{m * h} = \frac{C_F}{Ancho\ banda} = \frac{137,17 \frac{kg}{h}}{A} \rightarrow A = 0,46\ m \quad (3.160)$$

Adoptaremos un ancho de banda de **$A_{real} = 0,5\ m$** .

La carga de fango real es entonces

$$Carga\ fango\ real = \frac{137,17 \frac{kg}{h}}{0,5\ m} = 274,34 \frac{kg}{m * h} \quad (3.161)$$

- Caudal del agua de lavado

Se adopta un caudal de agua de lavado de 1,7 L/m/s.

$$Q_{agua} = 1,7 \frac{L}{m * s} * 0,5 m = 0,85 L/s \quad (3.162)$$

Se adoptan dos bombas (una en reserva) de 0,85 L/s.

- Dosificación de reactivos
 - Dosificación máxima de polielectrolito prevista $D_{pol} = 4 \frac{kg}{t}$
 - Consumo máximo de polielectrolito al día

$$C_{pol} = \frac{F_{DIG}}{1000} * D_{pol} * \frac{7 \frac{días}{sem}}{5 \frac{días}{sem}} = 4,39 \frac{kg}{día} \quad (3.163)$$

- Caudal diario de solución con una concentración de 5,5 kg/m³.

$$Q_{pol} = \frac{C_{pol}}{5,5 \frac{kg}{m^3}} = 0,8 \frac{m^3}{día} \quad (3.164)$$

Se adoptaría 1 depósito para la preparación de la solución de 1 m³.

- Consumo horario máximo de polielectrolito

$$C_{pol.max} = \frac{F_{DIG}}{1000} * D_{pol} * \frac{7 \frac{días}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 0,55 \frac{kg}{h} \quad (3.165)$$

- Caudal de las bombas de polielectrolito

$$Q_{B.pol} = \frac{C_{pol.max}}{5.5 \frac{kg}{m^3}} * \frac{1000 L}{m^3} = 100 \frac{L}{h} \quad (3.166)$$

Se adoptan dos bombas (una en reserva) de caudal unitario 100 L/h.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,



Fdo.: Andrés Martínez.

ANEXO 4. PLAN DE OBRA

Se describirá de forma general el proceso constructivo de las partes de la obra que tienen mayor relevancia, así como proponer un programa de trabajos para el proyecto, aunque esta tarea es en realidad propuesta por el contratista adjudicatario y aprobada por la dirección de obra.

Se definen diferentes actividades de la obra y se presenta un diagrama de barras en función del tiempo.

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS UNIDADES DE OBRA

La estación depuradora está formada por dos líneas de tratamiento, a saber, línea de aguas y línea de fangos. La llegada del agua por gravedad a través del alcantarillado del pueblo hasta el canal de entrada a la entrada a la EDAR es el punto de partida. La primera línea está compuesta por el canal de desbaste y tamizado y dos tanques de pretratamiento (pozo de bombeo y desarenador-desengrasador), contruidos de hormigón armado. A continuación se encuentra el decantador primario, el reactor biológico y decantador secundario, de planta circular en el caso de los decantadores y rectangular para el reactor. La base de los decantadores tendrá una pendiente del 5% para facilitar la recogida de sólidos en la poceta del centro.

La línea de fangos consta de dos espesadores, uno para fangos primarios y otro para secundarios, de planta circular y con base también en pendiente. También consta de un digestor anaerobia de dos etapas. Existen también un gasómetro y un quemador para el metano, los cuales no se han diseñado muy en profundidad en este trabajo. Por último, existe un equipo de deshidratación de fangos.

Cerca de la entrada al recinto de la EDAR se sitúa un edificio de control, que contiene la sala de control, laboratorio, despacho, sala de reuniones y vestidor con lavabo. Este edificio no se diseñará en el presente proyecto.

Las obras comprenden diferentes tipos de trabajo, entre los que se distinguen:

- Desbroce del terreno actual.
- Movimiento de tierras en la parcela.
- Trabajos de carácter estructural y edificación de los depósitos y centros de control de la EDAR.
- Obras de instalaciones complementarias, como acometidas eléctricas y de agua potable.
- Obras de urbanización del recinto.

Se han tenido en cuenta para el plazo de ejecución de la obra los siguientes rendimientos diarios para cada trabajo (León Ballester, 2012).

Concepto	Rendimiento diario
Desbroce	500 m ³
Excavaciones en zanjas	50 m ³
Encofrado	50 m ²
Ferrallado	50 m ²
Hormigonado	200 m ³

Tabla 4.1: Rendimientos diarios

El resto de operaciones deben adecuarse al avance de las operaciones de la obra civil.

Se estima que la cantidad de cada uno de los procesos más importantes de la obra son las siguientes:

Proceso	Cantidad estimada
Desbroce	1370 m ³
Excavación	520 m ³
Encofrado	1610 m ²
Ferrallado	2630 m ²
Hormigonado	530 m ³

Tabla 4.2 Estimación cuantitativa de los procesos

4.2 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Previamente se deben efectuar los trabajos de replanteo, para el acceso de la maquinaria, camiones, etc. Una vez efectuado el desbroce de la parcela, se realiza el movimiento de tierras, para crear los espacios en los que se colocan las unidades del proceso. El movimiento de tierras es relativamente pequeño ya que la superficie tiene suficiente planicie.

Se deben tener en cuenta los aspectos como:

- Características del terreno (cohesión, densidad, compacidad).
- Factores del terreno como asentamientos, niveles freáticos o zonas plásticas.
- La forma de ejecutar las excavaciones, teniendo en cuenta la profundidad, la sección, etc. Esto nos orientará sobre la maquinaria adecuada.

Primero se excava la tierra vegetal, para eliminar la materia vegetal y evitar que vuelva a nacer. La tierra excavada se extiende en la zona de la parcela no interesada por las obras del proyecto.

Después se realiza un acondicionamiento general de la parcela, en el que se nivela el terreno resultante de la acción anterior. Para esta nivelación se utiliza el material excavado de la propia parcela junto a material de aportación transportado mediante

camiones. También se coloca una capa de regularización y nivelación de hormigón pobre de 10 cm.

4.3 OBRA CIVIL

Las unidades de obra civil a realizar son:

- Canales de entrada, entre depósitos y de salida.
- Pretratamiento.
- Decantación primaria.
- Reactor biológico y decantación secundaria.
- Espesadores.
- Digestores.

El procedimiento constructivo es similar en cada unidad, por tanto se describe de manera conjunta.

4.3.1 EXCAVACIÓN

Los movimientos de tierras no producirán excesivas complicaciones. Si el nivel freático es elevado, se pueden necesitar bombas para extraer el agua. Del material excavado, una parte se dispone en la zona de obra para el relleno, y el resto a las zonas de vertedero.

4.3.2 ESTRUCTURA

Antes de la colocación del encofrado, se prepara el fondo de la excavación con una capa de hormigón de limpieza. Para la construcción de los depósitos se utiliza un encofrado circular a doble cara mediante módulos metálicos lisos. Deberán ser limpiados para evitar su influencia en la puesta en obra del hormigón. En función de la estructura de hormigón a realizar, se deben adaptar los radios. También puede realizarse un encofrado con tablas de madera distribuidos de manera que la estructura resultante es circular. Para la ejecución de las estructuras con paredes rectas se empleará un encofrado recto tradicional.

En los depósitos es muy importante una correcta impermeabilización, para evitar la salida y entrada de agua por las paredes de hormigón. Por ello habría que aplicar, sobre las superficies y puntos singulares, pinturas con resinas de poliuretano o pinturas bituminosas.

4.3.3 ARMADURA

Es necesario disponer armadura en la estructura para prevenir fisuras en el hormigón que no se contemplan en el cálculo de los depósitos. La armadura se precisa para absorber esfuerzos debidos al empuje del agua o efectos térmicos, por ello se necesita en plano vertical y horizontal. Se sujetarán al encofrado para que no se muevan durante el vertido y compactación del hormigón.

Sobre el hormigón de limpieza se monta el armado de la solera. La solera presentará dos capas de armadura en forma de malla. Después de hormigonar la solera se coloca la armadura de los muros, que se solapa con la solera de la base. Se realiza el encofrado y hormigonado de los mismos. El desencofrado se efectuará pasados los días que marca la normativa EHE.

4.3.4 HORMIGONADO

El hormigón que se empleará será de diferentes tipos, según su aplicación.

- Hormigón de limpieza
- Hormigón armado en estructuras en contacto con aguas residuales
- Hormigón en edificios y otras estructuras

En el vertido, se realizará un vibrado del hormigón y se tendrá en cuenta la velocidad del hormigonado para evitar la disgregación de la mezcla. Se realizará un vertido con bomba.

Primero se hormigona la solera, por tramos de 10 x 20 m como máximo. Entre tramos contiguos se coloca una junta expansiva. Para el hormigonado de los muros se colocan juntas cada 20 m como máximo, y el hormigonado por tramos de 2 m de altura máxima. El desencofrado se efectúa a los días que marca la normativa EHE.

4.3.5 RELLENO

Una vez acabada la estructura se procede al relleno, aprovechando el material que en el movimiento de tierras habíamos almacenado. Se hará por capas, compactadas posteriormente.

4.4 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Una vez realizada la obra civil, se dispone la instalación de los equipos mecánicos y electromecánicos. Se tienen en cuenta las recomendaciones de los proveedores en cada instalación. También se ejecutará la instalación eléctrica.

4.5 URBANIZACIÓN

Se prevé la urbanización de la parcela en las obras, aunque no corresponde propiamente a la obra civil ni se diseñará en este proyecto, pero es necesario definir para su correcta o completa realización. Primero se colocarán varios elementos de drenaje, como arquetas, tubos, imbornales, etc. Después se procede al pavimentado y acondicionamiento de las superficies. Se distinguen dos zonas:

- Zona pavimentada accesible a vehículos. Para ello se coloca una capa de 30cm de base de zahorra artificial compactada y seguidamente una capa de 5cm de espesor de asfalto. Permitirá el acceso a los diferentes elementos, rodeando los reactores y decantadores y se realizará una zona de aparcamiento enfrente del edificio de control. Las calles estarán iluminadas.
- Zonas verdes. Corresponden al resto de la parcela. Se coloca una red de riego y se plantan árboles, arbustos y césped, cuya finalidad es disminuir el impacto visual que genera la presencia de la construcción. Finalmente se valla la parcela con una cerca de 2,5 m de alto con malla simple torsión galvanizada en caliente plastificada verde, sujeta por postes de tubo de acero galvanizado. También se coloca una puerta de acceso de 6 m de ancho.

4.6 PUESTA EN SERVICIO

Una vez realizadas todas las instalaciones, se verifica que la planta funciona correctamente. Para ello se realiza primero una prueba de estanqueidad de los depósitos y balsas, llenándolos con agua. Si no se aprecian pérdidas durante 2 días, se considera aprobada. Posteriormente se legalizan las instalaciones eléctricas y se realizan pruebas de funcionamiento de los equipos electromecánicos. Si estas pruebas concluyen satisfactoriamente, se procede a la puesta en servicio de la planta, verificando el funcionamiento conjunto de las fases del proceso.

4.7 PLAN DE OBRA

Se propone un modelo de distribución del tiempo de las obras a ejecutar, estableciéndose un plazo total de las obras de 8 meses.

El contratista podrá proponer un nuevo plan de obra adaptado a sus circunstancias. Modificará el plan de obra según las directrices del director de obra, que deberá dar su aprobación antes del inicio de los trabajos.

De manera detallada, el plazo propuesto es el que se presenta a continuación:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
MOVIMIENTO DE TIERRAS								
Camino de acceso								
Acondicionamiento del terreno								
Excavaciones								
OBRA CIVIL								
Línea de agua								
Línea de fangos								
EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS								
Equipos electromecánicos e instrumentación								
INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS								
Acometida e instalación eléctrica								
Acometida de agua								
Edificio de control								
URBANIZACIÓN								
Refino de la parcela								
Cerramiento								
Jardinería								
SEGURIDAD Y SALUD								

Tabla 4.3: Diagrama de Gantt

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,



Fdo.: Andrés Martínez.

ANEXO 5. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD DE LA PLANTA

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS DE DEPURACIÓN

Los lodos de depuración son un subproducto o residuo semisólido que es generado durante el tratamiento de las aguas residuales en una EDAR. Contiene sobre todo materia orgánica, y otros elementos, como fósforo, nitrógeno y calcio por ejemplo. La composición de los lodos de depuración no es muy diferente a la de otros productos que se usan en agricultura como puede ser el estiércol o la gallinaza, por tanto, del mismo modo que un problema se puede convertir en un beneficio, se ve la posibilidad de reutilizar estos residuos o biosólidos en un recurso para la agricultura como abono.

5.2 PRODUCCIÓN Y DESTINO DE LODOS DE DEPURACIÓN.

Los lodos que provienen de una depuradora necesitan cumplir una serie de características antes de poder ser aplicados en la agricultura. Necesitan tener una alta estabilización, y lo más deshidratados posible, por tanto habría que escoger el tratamiento que optimice la digestión y deshidratación de los fangos, y si son necesarios post-tratamientos, integrarlos en el diseño de las instalaciones.

Según la normativa vigente sobre biosólidos aplicados en agricultura, se deben analizar los parámetros siguientes para un correcto análisis de lodos de depuración destinados a agricultura.

- Materia seca, materia orgánica (SS, DBO₅).
- pH.
- Nitrógeno, fósforo.
- Metales pesados (cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc, mercurio y cromo).

Cierto es que una buena calidad del efluente en una depuradora indica una buena calidad de los fangos, por lo que los tres primeros puntos estarían siendo cumplidos si también cumple el efluente con los valores límite de concentración establecidos. Sin

embargo se establecen aparte, para los fangos, unos valores límite de concentración para los metales pesados que son resumidos en la siguiente tabla.

Parámetro	Valor límite (mg/kg de materia seca)
Cadmio	20 - 40
Cobre	1000 - 1750
Níquel	300 - 400
Plomo	750 - 1200
Zinc	2500 - 4000
Mercurio	16 - 25
Cromo	1000 - 1500

Tabla 6.1: Valores límite de concentración para metales pesados en lodos de depuración de destino agrícola

Sólo cuatro países europeos (Alemania, Reino Unido, Italia y Francia) tienen mayor producción de biosólidos que España. Sin embargo es España el país que más porcentaje de esos lodos producidos destina a la agricultura. Por ejemplo en Italia se destinan a un vertedero, y en Alemania se incineran para obtener energía (con un bajo rendimiento, eso sí). Según las características de los lodos a evacuar de la EDAR, podemos recurrir a uno de los siguientes sistemas de gestión.

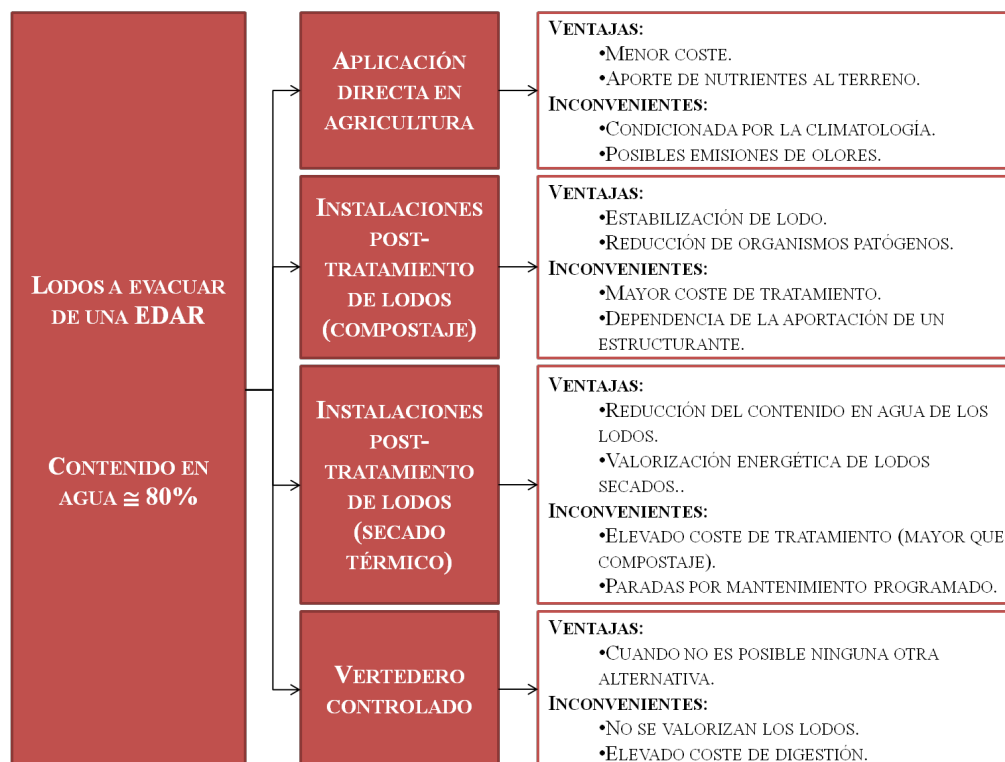


Ilustración 6.1: Opciones de gestión para los lodos a evacuar de una EDAR. Ventajas e inconvenientes

Como las aguas en nuestra planta depuradora tienen buena calidad en el vertido a cauce, podemos deducir que también los fangos tendrán buena calidad. Si al analizarse nos damos cuenta de que los fangos cumplen con los valores límite de concentración de metales pesados, podemos destinarlos a agricultura.

5.3 OTROS RESIDUOS

Además de los fangos tratados, hay otros residuos que se generan durante el proceso de tratamiento de agua. Por ejemplo, en la reja de sólidos, en el tamizado y en el desarenado y desengrasado. Los sólidos obtenidos en la reja y tamizado se almacenan en depósitos y son llevados directamente a vertedero. En el desengrasado, se dispone de un desnatador con el que se separan las grasas y aceites, deben ser tratadas por un gestor autorizado, y el agua restante recirculada al pozo de gruesos. En el desarenado se dispone de un concentrador de arenas, en el que se lava la mezcla de arena y agua de materia orgánica que pueda arrastrar (mediante turbulencias en su interior) además de reducir su contenido en agua para permitir su eliminación a vertedero.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Martínez', with a large, stylized flourish at the end.

Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. Localización y estudio de alternativas	140
2. Fases y acciones del proyecto susceptibles de producir impactos.....	140
2.1 Fase de construcción	140
2.2 Fase de mantenimiento	140
3. Factores susceptibles de recibir impacto	141
3.1 Medio inerte	141
3.2 Medio biótico	141
3.3 Paisaje	141
3.4 Medio socioeconómico	141
4. Valoración de impactos	141
4.1 Aire	143
4.1.1 Emisiones	143
4.1.2 Ruido y vibraciones en construcción	143
4.1.3 Ruido y vibraciones en explotación	143
4.2 Suelo	144
4.2.1 Alteración de la cubierta vegetal	144
4.2.2 Construcción y montaje.....	144
4.2.3 Depuración ARU.....	144
4.3 Agua.....	144
4.3.1 Construcción y montaje.....	144

4.3.2 Depuración ARU.....	145
4.4 Vegetación	145
4.4.1 Alteración de la cubierta vegetal	145
4.4.2 Depuración ARU.....	145
4.5 Fauna.....	145
4.5.1 Alteración de la cubierta vegetal	145
4.5.2 Construcción y montaje.....	146
4.5.3 Ruido y vibraciones.....	146
4.5.4 Presencia de la construcción	146
4.5.5 Depuración ARU.....	146
4.6 paisaje	146
4.6.1 Presencia de la construcción	146
4.7 Usos del territorio	147
4.7.1 Alteración de la cubierta vegetal y presencia de la construcción.....	147
4.8 Infraestructura	147
4.8.1 Construcción y montaje.....	147
4.8.2 Presencia de la construcción	147
4.9 Humano.....	147
4.9.1 Emisiones en fase de construcción.....	147
4.9.2 Ruido y vibraciones.....	148
4.9.3 Depuración ARU.....	148
4.9.4 Emisiones en fase de explotación.....	148
4.10 Economía y población.....	148
4.10.1 Construcción y montaje.....	148
4.10.2 Depuración ARU.....	149
4.10.3 Personal de mantenimiento.....	149
5. Propuesta de medidas preventivas y correctoras	149
6. Programa de vigilancia ambiental	152

1. LOCALIZACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

La localización óptima de la planta depuradora se encuentra en el punto más bajo relativamente alejado de la población y donde el régimen habitual de vientos no traiga malos olores a la población. Estas son las tres variables a tener en cuenta a la hora de seleccionar entre las alternativas, pues el resto de factores son comunes en cualquier caso. Por tanto se ha seleccionado una localización que cumple los tres factores más importantes, y puede verse detallada en el plano de situación y emplazamiento 1/11. Cualquier otra posible localización tendría una altura mayor a la del punto más bajo de la población, y por tanto complicaría el transporte de agua de los colectores a la EDAR, además de no tener significativas ventajas en cuanto al impacto ambiental que supone.

2. FASES Y ACCIONES DEL PROYECTO SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS

2.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN

La alteración del medio que supone la construcción de la EDAR engloba la alteración en parte de la cubierta vegetal en la superficie de la parcela, como también las molestias que pueden ocasionar los ruidos, vibraciones y emisiones de polvo durante la construcción y montaje de las instalaciones.

Un impacto positivo que pueda ocasionar la fase de construcción es la creación de puestos temporales de trabajo mientras ésta dure.

2.2 FASE DE MANTENIMIENTO

En la fase de mantenimiento, la presencia de las instalaciones producirá un impacto medioambiental, como también la depuración del agua al tratarse las ARU y producir residuos y subproductos. También habrá ruido y vibraciones durante esta fase, y otro impacto, éste en el medio socioeconómico, causado por el personal necesario para el mantenimiento.

3. FACTORES SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTO

3.1 MEDIO INERTE

Tanto el aire, como el suelo y el agua, son susceptibles de recibir impacto, ya que se producirán emisiones a la atmósfera que cambien la calidad del aire, se producirá una alteración del suelo donde la construya y mejorará la calidad del suelo en el cauce, donde el agua ya circule tratada.

3.2 MEDIO BIÓTICO

Se producirán impactos ambientales en la vegetación y fauna, tanto positivos como negativos, al ser el agua tratada y mejorar su calidad, y por la construcción.

3.3 PAISAJE

El paisaje se verá también alterado por la construcción.

3.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Se producirán impactos en el medio socioeconómico, tanto en los usos del territorio, como en infraestructuras, impactos en factores humanos y en la economía y población, al crear puestos de trabajo y mejorar la calidad del agua residual.

4. VALORACIÓN DE IMPACTOS

A continuación se presenta la matriz de valoración de impactos, en los que se presentan los factores susceptibles de recibir impacto frente a los factores que pueden causar impacto, y la importancia de cada impacto, que será medida con un número de 0 a 10, de menos importante a más importante. Si el impacto es negativo, la importancia vendrá precedida de un signo negativo, y sin signo en caso de que sea un impacto positivo.

MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS										
	FACTORES/ACCIONES	FASE DE CONSTRUCCIÓN				FASE DE MANTENIMIENTO				TOTAL
		Alteración de la cubierta vegetal	Emissiones	Construcción y montaje	Ruido y vibraciones	Presencia de la construcción	Depuración ARU	Emissiones	Personal	
MEDIO INERTE	Aire		-2		-2			-1		-5
	Suelo	-3		-2			5			0
	Agua			-2			9			7
MEDIO BIÓTICO	Vegetación	-2					6			4
	Fauna	-4		-4	-2	-3	6			-7
MEDIO PRECEPTUAL	Paisaje					-3				-3
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	Usos del territorio	-1				-1				-2
	Infraestructura			-1		5				4
	Humano		-2		-4		6	-2		-2
	Economía y población			4			-1		3	6
TOTAL		-10	-4	-5	-8	-2	31	-3	3	2

Tabla 4.1: Matriz de valoración de impacto ambiental

4.1 AIRE

4.1.1 EMISIONES

Durante la fase de construcción, se verá modificada la calidad del aire. Será un impacto negativo. Los movimientos de tierras y el tráfico de maquinaria serán responsables de afectar negativamente al aire por emisiones de polvo y gases de combustión. El impacto no será muy localizado pues sus efectos serán perceptibles sólo en una pequeña extensión, sin embargo también habrá mayor tráfico en el centro de la población. Sólo durará mientras se estén llevando a cabo las obras de construcción. Su valor de impacto se considerará -2.

4.1.2 RUIDO Y VIBRACIONES EN CONSTRUCCIÓN

Durante la fase de construcción, los ruidos y vibraciones producidos por el tráfico de maquinaria y por las instalaciones. Será un impacto negativo. Como la EDAR se encuentra relativamente alejada de la población, la importancia será media, también porque el tráfico tendrá que pasar a través de la población. Sólo durará mientras se estén llevando a cabo las obras de construcción. Su valor de impacto se considerará -2.

4.1.3 RUIDO Y VIBRACIONES EN EXPLOTACIÓN

En la fase de explotación, el trasiego de vehículos mayormente del personal de mantenimiento, y los ruidos y vibraciones generados por las instalaciones, causarán un impacto negativo. Su valor será bajo debido a la distancia de la planta a la población y al escaso número de trabajadores permanentes, y se considerará -1.

4.2 SUELO

4.2.1 ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

La cubierta vegetal en la parcela que ocupa la EDAR desaparecerá, por tanto será un impacto negativo. Como actualmente no hay vegetación sobre dicha parcela, el impacto será mínimo. La extensión de la parcela no es muy grande, aunque será un impacto permanente, reversible a largo plazo. Su valor de impacto será -3.

4.2.2 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

El proceso de construcción requiere del paso de maquinaria, acopio de materiales, etc, por lo que la vegetación desaparecerá modificando la cubierta del suelo. No será un impacto muy importante pues parte se ha tenido en cuenta en la alteración de la cubierta vegetal del apartado anterior, aunque sí será otro impacto negativo. Su valor es -2.

4.2.3 DEPURACIÓN ARU

La depuración de las aguas mejora su calidad en el vertido al cauce, por tanto se trata de un impacto positivo. La magnitud con la que afecta la depuración al suelo es pequeña y los cambios de calidad del suelo suelen darse lentamente, pero la extensión es bastante amplia. Su valor es 5.

4.3 AGUA

4.3.1 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Las acciones que pueden influir sobre la calidad del agua en construcción y montaje son la limpieza y desbroces, movimiento de tierras y tránsito de maquinaria. Será un impacto negativo de baja repercusión, y su valor es -2.

4.3.2 DEPURACIÓN ARU

Será un impacto positivo, pues se descontamina el agua con un alto rendimiento mejorando su calidad de vertido al arroyo. Su importancia será mayor, debido a que este impacto afecta al agua directamente, mejora su calidad en un alto porcentaje y tiene una gran extensión, desde el cauce del arroyo hasta los ríos en los que desemboca (Guadalimar y posteriormente Guadalquivir). Su valor será 9.

4.4 VEGETACIÓN

4.4.1 ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

Durante la construcción, la cubierta vegetal se ve afectada negativamente, sin embargo su importancia será mínima pues en la parcela del proyecto no hay vegetación. Su valor es -2.

4.4.2 DEPURACIÓN ARU

Será un impacto positivo, pues la vegetación se verá afectada en lo que respecta a las aguas vertidas al cauce, ya depuradas. Su importancia es alta al igual que su extensión, pues existe gran diferencia entre el impacto positivo que producen las aguas depuradas con el que producían las aguas contaminadas vertidas a cauce. Su valor será 6.

4.5 FAUNA

4.5.1 ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

Al modificar la cubierta vegetal en la parcela en la que se construye, también se modifica el hábitat, por tanto será un impacto negativo. Su intensidad será media, pues se modifica cuantiosamente el hábitat de la fauna presente en la zona sin constancia de presencia de especies protegidas. Su extensión es media, será perceptible en las inmediaciones de la obra. El valor es -4.

4.5.2 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Durante la fase de construcción, la fauna se verá afectada en lo que a la construcción y montaje atañe, modificando el hábitat. Su impacto será negativo, al igual que en el apartado anterior, y su valor será -4.

4.5.3 RUIDO Y VIBRACIONES

Durante la fase de construcción de la EDAR, el ruido y las vibraciones modificarán también el hábitat natural de las especies presentes en la zona, por lo que será un impacto negativo. Su importancia será ciertamente menor que en los casos anteriores debido a la menor intensidad, -2.

4.5.4 PRESENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Durante la fase de explotación, se modificará el hábitat de las especies por la presencia de la construcción. Será un impacto negativo. Su extensión será puntual, sin embargo será una alteración permanente, con una intensidad baja-media. Su valor será -3.

4.5.5 DEPURACIÓN ARU

Será un impacto positivo, pues se reducen los vertidos tóxicos al río, lo que puede perjudicar la vida de las especies a lo largo de todo el cauce. Su importancia es grande debido a su intensidad y extensión. Su valor será 6.

4.6 PAISAJE

4.6.1 PRESENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El medio perceptual se verá afectado por la presencia de la construcción, ya que el paisaje natural se ve modificado y en su lugar habrá una construcción. Será por tanto un impacto negativo, permanente y de media intensidad. Su valor será -3.

4.7 USOS DEL TERRITORIO

4.7.1 ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL Y PRESENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El uso del territorio se verá afectado por la alteración de la cubierta vegetal negativamente. Como el territorio no estaba destinado a ningún cultivo, el uso del territorio tendrá un impacto muy bajo, pero será permanente mientras la planta funcione debido a la presencia de la construcción. Su extensión se limitará a la parcela de la construcción. Su valor será -1 para ambos factores.

4.8 INFRAESTRUCTURA

4.8.1 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

El proceso de construcción requiere maquinaria y materiales cuyo acceso se realiza principalmente a través de una vía sin acondicionar en las afueras del pueblo, por tanto no provocará atascos ni molestias. Su valor es negativo y es -1.

4.8.2 PRESENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

La existencia de la EDAR supone la ejecución de una infraestructura básica en la sociedad moderna, por tanto su valor es positivo. Su importancia será media-alta, pues aunque no es una infraestructura básica para la vida, es bastante importante. Su valor es 5.

4.9 HUMANO

4.9.1 EMISIONES EN FASE DE CONSTRUCCIÓN

Las emisiones de polvo pueden afectar negativamente a la población cercana, aunque su importancia será baja pues se encuentra relativamente lejos de la población y se ha estudiado el régimen de vientos para evitar que polvos y olores sean transportados hacia la población. Su valor será -2.

4.9.2 RUIDO Y VIBRACIONES

El ruido durante la construcción puede afectar negativamente a las personas en la zona de afección de este impacto. La construcción en sí está relativamente lejos, sin embargo para acceder a la parcela hay que pasar por el pueblo, provocando ruido por el tráfico de los vehículos para la construcción. Su valor será -4.

4.9.3 DEPURACIÓN ARU

Al depurar las aguas residuales que posteriormente transcurren aguas abajo por los ríos más importantes de Andalucía mejoran afectan positivamente al ser humano. Su intensidad es alta al comparar con el impacto que tendría el vertido de las aguas contaminadas, y su extensión es también alta. Su valor es 6.

4.9.4 EMISIONES EN FASE DE EXPLOTACIÓN

Los olores que pueden provocar los procesos biológicos en el tratamiento de aguas y de fangos afectan negativamente a la población cercana. Su valor será bajo, debido a que la distancia es relativamente lejana a la población, y al estudiarse el régimen normal de vientos se asegura que no sea un fenómeno común. Su valor es -2.

4.10 ECONOMÍA Y POBLACIÓN

4.10.1 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Hay un impacto positivo en la economía y población debido a la mano de obra y producción de materiales necesarios para la construcción. La intensidad es media por la dimensión del proyecto y la extensión y duración serán medias también. Su valor será 4.

4.10.2 DEPURACIÓN ARU

La EDAR es una planta cuya actividad no suele ser rentable, pero que es necesaria. Por ello las empresas privadas no gestionan este tipo de instalaciones. El impacto será negativo pero de baja importancia, ya que, aunque económicamente sea un impacto negativo, a la población le resulta positivamente el hecho de tener sus aguas residuales depuradas. Su valor es -1.

4.10.3 PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Es un efecto positivo debido a que se contratará personal indefinidamente para el mantenimiento de la planta. Como la planta no es muy grande, el número de empleados no será alto, sin embargo la planta dará puestos de trabajo mientras esté en funcionamiento. Su valor es 3.

5. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Con las medidas preventivas intentamos asegurarnos de que los factores susceptibles de producir impactos negativos no los produzcan o los produzcan controladamente, y con las correctoras de que si lo hacen, lo hagan en una menor medida o solucionarlo de manera que no lo vuelvan a producir. Por ello se detallan medidas preventivas y correctoras para cada fase o acción del proyecto susceptible de producir impactos.

- Alteración de la cubierta vegetal.

Este proceso es inevitable pues en cualquier lugar en el que queramos construir la EDAR vamos a tener que modificar la cubierta vegetal.

Antes del inicio de las obras se prevé la retirada de la capa superior de suelo fértil. Se llevará un control de los acopios de tierra vegetal, garantizándose una correcta ejecución y conservación de los mismos para su posterior utilización en la restauración vegetal.

- Emisiones en la fase de construcción.

Para evitar por ejemplo emisiones de polvo durante la construcción, puede regarse regularmente el terreno donde se vaya a levantar ese polvo. Preventivamente se ha situado la EDAR en una zona a una distancia relativamente alejada de la población y donde el régimen de vientos habitual evita el transporte de las emisiones a la población.

La maquinaria empleada durante la obra tendrá en regla la ITV como garantía del control de las emisiones atmosféricas.

Quedan prohibidas las emisiones a la atmósfera de polvo y gases en valores superiores a los establecidos en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y en los Reglamentos que la desarrollan, especialmente el de Calidad del Aire.

- Construcción y montaje.

Es inevitable que durante la construcción y montaje haya un impacto negativo al suelo, agua y fauna de la zona. Para minimizar el impacto, se tendrá especial cuidado en la no afección a las aguas cercanas por vertidos sólidos o líquidos.

Por tanto queda prohibido efectuar vertidos que puedan contaminar aguas superficiales y subterráneas, acumular residuos que puedan constituir un peligro de contaminación y efectuar acciones que constituyan una degradación del medio físico o biológico en la zona.

- Ruido y vibraciones.

Es inevitable que durante la construcción no se produzcan ruido y vibraciones. Sin embargo para minimizar el impacto, se evitará en la medida de lo posible el uso de maquinaria ruidosa y el tráfico por el centro de la ciudad en horas inapropiadas.

No se podrán sobrepasar los límites de ruidos fijados por el Reglamento de Calidad del Aire, aprobado por D.239/2001, de 12 de julio.

- Presencia de la construcción.

La construcción evitará en la medida de lo posible modificar bruscamente el paisaje y será respetuosa con la fauna local, de manera que se modifique mínimamente el hábitat natural, recuperando las zonas deterioradas e implantando especies vegetales para su conservación. Con esto se consigue la integración paisajística de la instalación.

Deberá ajustarse a lo dispuesto en las Normas Urbanísticas del municipio en cuanto a las condiciones estéticas, y se utilizarán colores que armonicen las instalaciones con el entorno.

- Depuración ARU.

Se analizará la calidad del agua tratada periódicamente, para asegurarse de que el vertido cumple la normativa. En caso de que no cumpla, se realizará un estudio de la contaminación de las ARU en busca de contaminantes “intrusos”, especiales o industriales, o del mal funcionamiento de la planta, y se dará una solución técnica que permita el tratamiento eficaz del agua.

- Emisiones en la fase de explotación.

Como medida preventiva se sitúa la EDAR en una zona relativamente lejos de la población y en la que el régimen habitual de vientos evita el transporte de la emisión de olores a la población.

Al trasladar tierras y material geológico (residuos de la actividad de la planta), los camiones deberán ser protegidos o entoldados para evitar la dispersión de partículas a la atmósfera.

Quedan prohibidas las emisiones a la atmósfera de polvo y gases en valores superiores a los establecidos en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y en los Reglamentos que la desarrollan, especialmente el de Calidad del Aire.

- Personal.

Para garantizar el impacto positivo de este factor, se procurará la contratación de personas vecinas del municipio preferentemente.

6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El programa de vigilancia ambiental sirve para controlar que los impactos producidos desde el comienzo de la construcción hasta la finalización de la actividad de la EDAR no superen ciertos valores límite que perjudicarían en exceso al medio ambiente, es decir, a los factores susceptibles de recibir impacto que sean necesarios controlar.

- Aire.

Se controlarán los niveles sonoros tanto en la zona de obras como en las vías de acceso. Se utilizarán revestimientos elásticos en tolvas y cajas de volquetes. Se establecerán limitaciones de horario, frecuencia y velocidad de circulación de camiones y maquinaria pesada.

- Agua.

Se analizará la calidad de las aguas de vertido al cauce y la contaminación de las ARU periódicamente.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,



Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

CONTENIDO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Objeto del estudio	159
2 Medidas generales previas al inicio de la obra	159
2.1 Medidas de emergencia.....	159
2.1.1 Conato de emergencia.....	160
2.1.2 Emergencia parcial y total.....	160
2.2 Distribución de responsabilidades	160
2.2.1 Señalista	160
2.2.2 Delegado de prevención.....	161
2.2.3 Comité de prevención.....	161
2.2.4 Control y distribución del plan de seguridad y salud.....	161
2.3 Prevención y extinción de incendios.....	161
2.3.1 Extintores portátiles	162
2.3.2 Prohibiciones	162
2.4 Primeros auxilios	162
2.4.1 Prestaciones generales.....	162
2.4.2 Accidentes	163
2.4.3 Botiquín.....	163
2.4.4 Normas sobre socorrismo y primeros auxilios	164
2.5 Medicina preventiva.....	164
2.5.1 Reconocimientos médicos	164
2.6 Formación de trabajadores	165
2.6.1 Contenido de las acciones de formación	165

2.6.2	<i>Organización de la acción formativa.....</i>	166
2.6.3	<i>Instrucciones generales y específicas</i>	166
2.6.4	<i>Información y divulgación</i>	166
2.7	<i>Instalaciones de higiene y bienestar.....</i>	167
2.7.1	<i>Vestuario y aseos.....</i>	167
2.7.2	<i>Comedor.....</i>	168
2.7.3	<i>Basura y limpieza.....</i>	168
2.7.4	<i>Ropa de trabajo.....</i>	168
3.	<i>Riesgos, normas de seguridad y medidas preventivas.....</i>	169
3.1	<i>Replanteo</i>	169
3.1.1	<i>Definición.....</i>	169
3.1.2	<i>Riesgos más frecuentes</i>	169
3.1.3	<i>Normas básicas de seguridad</i>	169
3.2	<i>Movimiento de tierra.....</i>	169
3.2.1	<i>Definición.....</i>	169
3.2.2	<i>Riesgos más frecuentes</i>	170
3.2.3	<i>Normas básicas de seguridad</i>	170
3.2.4	<i>Equipos de protección individual</i>	171
3.2.5	<i>Protecciones colectivas.....</i>	171
3.3	<i>Excavación de zanjas y pozos.....</i>	172
3.3.1	<i>Definición.....</i>	172
3.3.2	<i>Riesgos más frecuentes</i>	172
3.3.3	<i>Normas básicas de seguridad</i>	173
3.3.4	<i>Equipos de protección individual</i>	174
3.3.5	<i>Protecciones colectivas.....</i>	175
3.4	<i>Trabajos con ferralla</i>	175
3.4.1	<i>Definición.....</i>	175
3.4.2	<i>Riesgos más frecuentes</i>	175
3.4.3	<i>Normas básicas de seguridad</i>	175
3.4.4	<i>Equipos de protección individual</i>	177
3.5	<i>Trabajos de manipulación de hormigón.....</i>	177

3.5.1 Definición.....	177
3.5.2 Riesgos más frecuentes	177
3.5.3 Normas básicas de seguridad	178
3.5.4 Equipos de protección individual	180
3.6 Albañilería.....	180
3.6.1 Definición.....	180
3.6.2 Riesgos más frecuentes	181
3.6.3 Normas básicas de seguridad	181
3.6.4 Equipos de protección individual	182
3.6.5 Protecciones colectivas.....	182
3.7 Instalaciones de depósitos y bombas	182
3.7.1 Definición.....	182
3.7.2 Riesgos más frecuentes	182
3.7.3 Normas básicas de seguridad	183
3.7.4 Equipos de protección individual	184
3.7.5 Protecciones colectivas.....	184
3.8 Impermeabilización.....	184
3.8.1 Riesgos más frecuentes	184
3.8.2 Normas básicas de seguridad	185
3.8.3 Equipos de protección individual	185
3.8.4 Protecciones colectivas.....	185
3.9 Señalización vial	186
3.9.1 Descripción de los trabajos	186
3.9.2 Maquinaria y medios auxiliares previstos	186
3.9.3 Medidas preventivas.....	186
3.9.4 Protecciones colectivas.....	188
3.9.5 Equipos de protección individual	189
3.10 Instalación eléctrica provisional	189
3.10.1 Análisis de riesgos.....	189
3.10.2 Medidas preventivas.....	190
3.11 Instalación eléctrica definitiva	194

4. Maquinaria de obra y herramientas	195
4.1 Maquinaria para movimientos de tierra	195
4.1.1 Riesgos más frecuentes	195
4.1.2 Normas básicas de seguridad	195
4.1.3 Equipos de protección individual	196
4.1.4 Actuación preventiva para maquinistas.....	196
4.2 Pala cargadora.....	197
4.2.1 Riesgos más frecuentes	197
4.2.2 Normas básicas de seguridad	197
4.3 Excavadora.....	198
4.3.1 Riesgos más frecuentes	198
4.3.2 Normas básicas de seguridad	199
4.3.3 Equipos de protección individual	199
4.3.4 Actuación preventiva para maquinistas.....	200
4.4 Camión basculante	201
4.4.1 Riesgos más frecuentes	201
4.4.2 Equipos de protección individual	201
4.5 Extendedora de productos bituminosos	201
4.5.1 Riesgos más frecuentes	201
4.5.2 Normas básicas de seguridad	201
4.5.3 Protecciones colectivas.....	202
4.6 Compactadora	202
4.6.1 Riesgos más frecuentes	202
4.6.2 Normas básicas de seguridad	202
4.6.3 Equipos de protección individual	203
4.7 Motoniveladora.....	203
4.7.1 Riesgos más frecuentes	203
4.7.2 Normas básicas de seguridad	203
4.7.3 Equipos de protección individual	204
4.8 Motovolquete autopropulsado	204
4.8.1 Riesgos más frecuentes	204

4.8.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	204
4.8.3	<i>Equipos de protección individual</i>	206
4.9	Camión grúa.....	206
4.9.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	206
4.9.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	206
4.9.3	<i>Equipos de protección individual</i>	207
4.9.4	<i>Protecciones colectivas</i>	207
4.10	Camión cuba	207
4.10.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	207
4.10.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	207
4.10.3	<i>Equipos de protección individual</i>	208
4.11	Camión hormigonera	208
4.11.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	208
4.11.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	208
4.11.3	<i>Equipos de protección individual</i>	208
4.12	Vibrador	209
4.12.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	209
4.12.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	209
4.12.3	<i>Equipos de protección individual</i>	209
4.13	Dobladora mecánica de ferralla	210
4.13.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	210
4.13.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	210
4.13.3	<i>Equipos de protección individual</i>	210
4.14	Herramientas en general	211
4.14.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	211
4.14.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	211
5.	Medios auxiliares.....	212
5.1	Escaleras de mano.....	212
5.1.1	<i>Riesgos más frecuentes</i>	212
5.1.2	<i>Normas básicas de seguridad</i>	213
5.1.3	<i>Equipos de protección individual</i>	213

5.2 Puntales	214
5.1.1 Riesgos más frecuentes	214
5.1.2 Normas básicas de seguridad	214
5.1.3 Equipos de protección individual	215
5.3 Andamios en general.....	215
5.1.1 Riesgos más frecuentes	215
5.1.2 Normas básicas de seguridad	215
5.1.3 Equipos de protección individual	217
6. Señalizaciones.....	217
7. Evaluación de los riesgos.....	218

El modelo para este estudio de seguridad y salud está basado en el estudio de la referencia León Ballesteros, 2012.

1. OBJETO DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente Estudio son los siguientes:

- Preservar la integridad de los trabajadores y de todas las personas del entorno.
- Organizar el trabajo de forma que los riesgos sean mínimos.
- Detallar las características del proyecto a construir y definir la tecnología adecuada para la realización técnica de la obra.
- Analizar todas las unidades de obra contenidas en el proyecto a construir.
- Definir todos los riesgos, humanamente detectables, que puedan aparecer a lo largo de la realización de los trabajos.
- Diseñar las líneas preventivas a poner en práctica, es decir, la protección colectiva y equipos de protección individual a implantar durante todo el proceso de construcción.
- Establecer las normas de utilización de los elementos de seguridad. Y proporcionar a los trabajadores los conocimientos necesarios para el uso correcto y seguro de la maquinaria que se les encomienda.
- Crear un ambiente de seguridad y salud laboral en la obra que garantice la integridad (física) de todos los trabajadores.
- Asegurar los primeros auxilios y la evacuación de los heridos.

2 MEDIDAS GENERALES PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA

2.1 MEDIDAS DE EMERGENCIA

Una vez se dispara la alarma y es escuchada, el personal técnico se desplaza para verificar dicha alarma y realizar una valoración del tipo de emergencia.

2.1.1 CONATO DE EMERGENCIA

Cuando el accidente puede ser controlado y dominado de forma rápida y fácil por el propio personal gracias a los medios técnicos de que se disponen.

2.1.2 EMERGENCIA PARCIAL Y TOTAL

En el caso de que sea necesaria la actuación de equipos especializados del exterior de la obra y la evacuación cuando menos parcial de la obra.

La evacuación se hace necesaria totalmente no solo en la obra sino en la zona donde ésta está ubicada.

En todos los casos el técnico tras evaluar la emergencia actuará en consecuencia poniendo en marcha al personal especializado y formado para tal fin.

En caso de que sea necesario, todos los lugares de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad para los trabajadores. Las vías y salidas no deberán estar obstruidas por obstáculos de ningún tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin problemas en cualquier momento. Deberán señalizarse conforme a la normativa vigente. Dicha señalización ha de ser duradera y debe fijarse en lugares adecuados y perfectamente visibles.

2.2 DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES

2.2.1 SEÑALISTA

Es necesario el nombramiento de un coordinador de maniobras ya que existen riesgos de colisión fortuita. El fin de este nombramiento será el de evitar accidentes derivados de este riesgo. La misión del coordinador de maniobras será dar órdenes y directrices adecuadas para que no exista riesgo para los trabajadores en la realización de estas maniobras.

El Coordinador de Seguridad seguirá las normas del Plan de Seguridad y Salud que se encontrará a su disposición en todo momento en la obra.

2.2.2 DELEGADO DE PREVENCIÓN

El derecho de los trabajadores a la paralización de su actividad, reconocido por la legislación vigente, se aplicará a los que estén encargados de las medidas de emergencia.

2.2.3 COMITÉ DE PREVENCIÓN

El Comité Legal de Seguridad y Salud tendrá que constituirse de forma obligatoria en toda aquella obra que cuente con 50 ó más trabajadores. Se compondrá de representantes de los trabajadores y del empresario en igual número.

Su organización, funciones, competencias y facultades serán las determinadas legalmente. Al ser un excelente auxiliar para la puesta en obra del Plan de Seguridad y Salud, al Comité de Seguridad y Salud se le prestará la máxima atención, por lo que se extremarán las medidas para lograr una buena calidad y formación en Seguridad y Salud de los componentes de dicha comité y evitar que, por circunstancias coyunturales, sea un órgano inoperante.

2.2.4 CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En el acto de firma de contrato privado entre los subcontratistas y la constructora, se procederá a la entrega de un ejemplar del Plan de Seguridad y Salud aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

Todos aquellos cambios propuestos por el subcontratista a los descrito en el presente Plan de Seguridad y Salud podrá incorporarse a éste una vez sometido a la aprobación del Coordinador de Seguridad y Salud de la obra, y con ello se podrán incorporar al proceso de trabajo en la obra.

2.3 PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Además de observar las disposiciones anteriores, se adoptarán las prevenciones que se indican a continuación. Su empleo se combinará, cuando corresponda, con la protección general más próxima que puedan prestar los servicios públicos contra incendios.

2.3.1 EXTINTORES PORTÁTILES

Se prohibirá el empleo de extintores con espuma química, soda ácida o agua en incendios que afecten a instalaciones eléctricas con tensión.

En la proximidad de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio y colocados en sitio visible y de fácil acceso, se dispondrán extintores portátiles o móviles sobre rueda, física o química, mezcla de ambos o polvos secos, anhídrido carbónico o agua, según convenga a la posible causa determinante del fuego a extinguir.

Si se emplearan extintores de distintos tipos serían rotulados con carteles indicadores tanto del lugar como del tipo de incendio en los cuales deben emplearse. Se realizará la revisión de los extintores de forma periódica, según indiquen los propios fabricantes. Se procederá a la carga de éstos inmediatamente después de su uso. Tanto la revisión como la carga, se realizará por empresas autorizadas.

2.3.2 PROHIBICIONES

Se prohibirá expresamente fumar o introducir mecheros, cerillas o útiles de ignición en todas las dependencias y lugares de trabajo con alto riesgo de incendio. Dicha prohibición se señalizará de forma visible tanto en las entradas como en los espacios libres de tales dependencias o lugares.

Se prohibirá de igual manera al personal la introducción o empleo de útiles de trabajo no autorizados por la empresa y que pudieran ocasionar chispas por contacto o proximidad a sustancias inflamables.

2.4 PRIMEROS AUXILIOS

2.4.1 PRESTACIONES GENERALES

Se asegurará en todo momento, durante el transcurso de la obra, la prestación a todos los trabajadores que concurran en la misma de los servicios asistenciales sanitarios en materia de primeros auxilios, de urgencias, de asistencia médico-preventiva, y de conservación y mejora de la salud laboral de los trabajadores.

Los servicios médicos, preventivos y asistenciales reunirán las características establecidas por las disposiciones vigentes sobre la materia. Quedando precisados los servicios a disponer para la obra, especificando todos los datos necesarios para su localización e identificación inmediata por parte de cualquier trabajador.

2.4.2 ACCIDENTES

De acuerdo con las disposiciones vigentes, se registrarán documentalmente en caso de ser requerido por el responsable del seguimiento y control de la Seguridad y la Salud en la obra en cumplimiento de sus obligaciones.

En caso de accidentes habrán de cursarse los partes correspondientes según las disposiciones vigentes, debiendo facilitar el empresario al responsable del seguimiento y control de la Seguridad y la Salud una copia de los mismos y cuantos datos e informaciones complementarias le fuesen recabados por el propio responsable. En caso de accidente, habrá de asegurar la investigación del mismo, para precisar su causa y forma en que se produjo y proponer las medidas oportunas para evitar su repetición.

2.4.3 BOTIQUÍN

Se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencias en caso de accidente o lesión. El botiquín deberá situarse en lugar bien visible de la obra y convenientemente señalizado.

El botiquín habrá de estar protegido del exterior y colocado en lugar acondicionado y provisto de cierre hermético que evite la entrada de agua y humedad. Se hará cargo del botiquín, la persona más capacitada, que deberá haber seguido con aprovechamiento cursos de primeros auxilios y socorrismo. La mencionada persona será la encargada del mantenimiento y reposición del contenido del botiquín, que será sometido, para ello, a una revisión semanal y a la reposición de lo necesario, en orden al consumo y caducidad de los medicamentos.

2.4.4 NORMAS SOBRE SOCORRISMO Y PRIMEROS AUXILIOS

Para dotar de la eficacia posible a las normas que se establezcan para primeros auxilios, éstas habrán de elaborarse de manera mayor que cumplan los siguientes requisitos: simplicidad y exactitud técnica, facilidad de comprensión y aplicación rápida y fácil, sin necesidad de medios complicados.

Las normas sobre primeros auxilios habrán de estar encaminadas a realizar el rescate y/o primera cura de los operarios accidentados, a evitar en lo posible las complicaciones posteriores y a salvar la vida de los sujetos. En las normas a establecer sobre primeros auxilios se recogen los modos de actuación y las conductas a seguir ante un accidentado para casos de rescate de heridos que queden aprisionados, pérdidas del conocimiento, asfixia, heridas, hemorragias, quemaduras, contusiones y fracturas. Se especificará, para cada caso concreto: forma de manejar al herido, traslados del accidentado, posiciones convenientes, principios de reanimación y métodos de respiración artificial, primeras curas a realizar, fármacos o bebidas que deben, o no, administrarse, etc.

Las normas e instrucciones sobre primeros auxilios deberán exponerse en lugares accesibles y bien visibles de la obra.

2.5 MEDICINA PREVENTIVA

2.5.1 RECONOCIMIENTOS MÉDICOS

Se velará por la vigilancia periódica del estado de salud laboral de los trabajadores, mediante los reconocimientos médicos o pruebas exigibles conforme a la normativa vigente, tanto en lo que se refiere a los que preceptivamente hayan de efectuarse con carácter previo al inicio de sus actividades como a los que se deban repetir posteriormente.

Los trabajadores deberán ser informados, con carácter previo al inicio de sus actividades, de la necesidad de efectuar los controles médicos obligatorios.

2.6 FORMACIÓN DE TRABAJADORES

El empresario que está obligado a posibilitar que los trabajadores reciban una formación teórica y práctica apropiada en materia preventiva en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, así como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñen o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo susceptibles de provocar riesgos para la salud del trabajador. Esta formación deberá repetirse periódicamente.

El tiempo dedicado a la formación que el empresario está obligado a posibilitar, como consecuencia del apartado anterior, se lleve a cabo dentro del horario laboral o fuera de él, será considerado como tiempo de trabajo.

La formación inicial del trabajador habrá de orientarse en función del trabajo que vaya a desarrollar en la obra, proporcionándole el conocimiento completo de los riesgos que implica cada trabajo, de las protecciones colectivas adoptadas, del uso adecuado de las protecciones individuales previstas, de sus derechos y obligaciones y, en general, de las medidas de prevención de cualquier índole.

2.6.1 CONTENIDO DE LAS ACCIONES DE FORMACIÓN

Para operarios, el contenido de las sesiones de formación se seleccionará fundamentalmente en función de los riesgos específicos de la obra y estará integrado principalmente, entre otros, por los siguientes temas:

- Riesgos específicos de la obra y medidas de prevención previstas en el Plan de Seguridad y Salud.
- Causas y consecuencias de los accidentes.
- Normas de Seguridad y Salud (señalización, circulación, manipulación de cargas, etc.).
- Señalizaciones y sectores de alto riesgo.
- Socorrismo y primeros auxilios.
- Actitud ante el riesgo y formas de actuar en caso de accidente.
- Salud laboral.
- Obligaciones y derechos.

2.6.2 ORGANIZACIÓN DE LA ACCIÓN FORMATIVA

Las sesiones de formación serán impartidas por personal suficientemente acreditado y capacitado en la docencia de Seguridad y Salud contándose para ello con el servicio de prevención, mutua, organismos oficiales especializados, delegados de prevención y servicio médico que por su vinculación y conocimientos de la obra en materia específica de seguridad y salud sean los más aconsejables en cada caso.

Se utilizarán los medios didácticos más apropiados, tales como: transparencias diapositivas, videos, etc.

2.6.3 INSTRUCCIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS

Independientemente de las acciones de formación que hayan de celebrarse antes de que el trabajador comience a desempeñar cualquier cometido o puesto de trabajo en la obra o se cambie de puesto o se produzcan variaciones de los métodos de trabajo inicialmente previstos, habrá que facilitarle las instrucciones relacionadas con:

- Los riesgos inherentes al trabajo, en especial cuando no se trate de su ocupación habitual.
- Las relativas a los riesgos generales de la obra que puedan afectarle.
- Las referidas a las medidas preventivas que deban observarse.
- El manejo y uso de las protecciones individuales.

Se prestará especial dedicación a las instrucciones referidas a aquellos trabajadores que vayan a estar expuestos a riesgos de caída de altura, atrapamientos o electrocución. El empresario obligará a que los trabajadores de las empresas subcontratas que intervengan en la obra hayan recibido las instrucciones pertinentes en el sentido anteriormente indicado.

2.6.4 INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN

Se informarán a los trabajadores de los datos relativos a su estado de salud en relación con los riesgos a los que puedan encontrarse expuestos. Asimismo, habrá de proporcionarse información a los trabajadores, por el empresario o sus representantes en la obra, sobre:

- Obligaciones y derechos del empresario y de los trabajadores.
- Funciones y facultades de los Comités de S.S. y Delegados de Prevención.
- Servicios médicos y de asistencia sanitaria con indicación del nombre y ubicación del centro asistencial al que acudir en caso de accidente.
- Organigrama funcional del personal de seguridad de la empresa.
- Datos sobre el seguimiento de la siniestralidad y sobre las actuaciones preventivas que se llevan a cabo en la obra por la empresa.
- Estudios, investigaciones y estadísticas sobre la salud de los trabajadores.

Toda la información referida se suministrará por escrito a los trabajadores o, en su defecto se colocarán, en lugares visibles accesibles a los mismos como oficina y vestuarios de la obra, rótulos o carteles anunciadores con mensajes preventivos de sensibilización y motivación colectiva. Deberá exponerse los que le sean proporcionados por los organismos e instituciones competentes en la materia sobre campañas de divulgación, en cuyo caso habrá de darse conocimiento de ello.

Se dispondrá en la oficina de obra siempre de un ejemplar del Plan de Seguridad y Salud aprobado y de las normas y disposiciones vigentes que incidan en la obra, para ponerlos a disposición de cuantas personas o instituciones hayan de intervenir, reglamentariamente, en relación con ellos.

Todos los responsables y mandos intermedios de las obras, y que intervengan en ella, deberán asistir a cursos de formación para la aplicación y observancia de todas las normas de seguridad necesarias en cada caso. Ellos serán los encargados de dar al resto de los trabajadores las explicaciones y ordenes para el total cumplimiento de las medidas preventivas y de seguridad en cada caso.

2.7 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

2.7.1 VESTUARIO Y ASEOS

Se entienden como tales los retretes y el vestuario que se resolverán utilizando casetas prefabricados en régimen de alquiler. Construidos en doble chapa con capa aislante entre medias, con puertas de paso y carpinterías de ventana con acristalamiento, iluminación eléctrica y calefacción.

Los lavabos y las duchas se pueden instalar en el espacio destinado a los vestuarios o en el destinado a los aseos. Estos recintos, los de los vestuarios y los de los aseos han de estar separados para evitar malos olores en el vestuario, aún así, ambos recintos quedarán comunicados a través de puertas. Los vagones prefabricados aúnan los vestuarios, retretes, duchas y lavabos por lo que se deben compensar las superficies con los vestuarios en modalidad de "vagón diáfano" hasta alcanzar la condición de 4 m² por trabajador contratado.

2.7.2 COMEDOR

La superficie del comedor será la necesaria para contener las mesas, sillas, bancos, piletas fregadero y el calentador-comidas, permitiendo las lógicas circulaciones de personas y de enseres. Las casetas prefabricadas destinadas a comedor deben estar ventilación directa al exterior facilitada por las ventanas de las casetas. La superficie mínima será de 2m² por trabajador contratado.

2.7.3 BASURA Y LIMPIEZA

Se dispondrá en la obra recipientes en los que se verterán las basuras, recogiendo las diariamente para ser retiradas por el servicio municipal de basuras o equivalente, para evitar la propagación de olores desagradables y la correspondiente degradación ecológica.

Para las instalaciones provisionales de los trabajadores está prevista una limpieza diaria y una desinfección periódica.

2.7.4 ROPA DE TRABAJO

La Empresa facilitará gratuitamente a los trabajadores ropa de trabajo que permita una fácil limpieza y sea adecuada para hacer frente a los riesgos climáticos.

En los trabajos especiales en los que la suciedad del mismo haga que se produzca un deterioro más rápido en las prendas de trabajo, se repondrán éstas con independencia de la fecha de entrega y de la duración prevista. Cuando el trabajo se realice en medios húmedos, los trabajadores dispondrán de calzado y ropa impermeables.

La permanencia en los recintos de trabajo del personal técnico o directivo o incluso de simples visitantes, no les exime de la obligatoriedad del uso de casco protector o prendas de calzado si el caso lo requiriese.

3. RIESGOS, NORMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1 REPLANTEO

3.1.1 DEFINICIÓN

Trabajos a efectuar en el trabajo de campo que llevará a cabo el equipo de topografía.

3.1.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída de personas al mismo nivel.
- Atropellos.
- Vuelcos.
- Producción de polvo.

3.1.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

Se protegerán con chalecos reflectantes para evitar atropellos.

3.2 MOVIMIENTO DE TIERRA

3.2.1 DEFINICIÓN

Trabajos a efectuar en el desbroce y limpieza del terreno mediante la utilización de máquinas y operarios. Se realiza la explanación de los terrenos de tránsito y se realiza el terraplenado con las tierras procedentes de la explanación.

3.2.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Atropellos
- Colisiones
- Vuelcos
- Producción de polvo
- Desprendimiento de tierras por talud inadecuado, por acopio de tierras en cabeza de talud sin guardar la distancia mínima de seguridad, por afloramiento del nivel freático, por lluvias, por vibraciones producidas por las máquinas por alteraciones del terreno debido a variaciones de temperatura.
- Interferencias con conducciones de agua y/o energía eléctrica enterrada y aérea.

3.2.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Antes de comenzar los trabajos de vaciado o excavación se realizará un reconocimiento detallado de los elementos colindantes, en previsión de asientos, fallos de cimentación, etc.
- Se señalizará la salida de camiones a la vía pública.
- Se efectuarán riegos adecuados para impedir la generación de polvo.

MÁQUINAS

- Por los riesgos derivados de las partes móviles de las máquinas, no habrá nadie situado dentro del radio de acción de las mismas.
- Se cuidará al máximo la fatiga del personal al manejo de las máquinas disponiendo de medios adecuados de protección contra vibraciones, ruidos, polvo y temperatura.
- Se dispondrá de un tope al borde de las rampas para la descarga de materiales.

ZANJAS

- La vigilancia del frente de la excavación, por el Encargado, Capataz, será como mínimo dos veces por jornada.
- El acopio de materiales y de tierras extraídas en cortes de profundidad mayor de 1.25 m, se dispondrán a una distancia mayor de 1.50 m del borde de la zanja, y se retirará a la escombrera todo el material sobrante que no vaya a ser utilizado en rellenos posteriores.
- Se entibarán las zanjas y taludes según lo indicado en el proyecto.
- Durante la ejecución de la excavación, la longitud de tramos abiertos será de la mínima longitud posible.
- Se achicará inmediatamente el agua para prevenir alteraciones de talud.
- En zanjas realizadas en roca, antes de acceder a ellas se comprobará la inexistencia de bloques de roca que puedan desprenderse.

3.2.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad
- Botas de seguridad
- Botas de poceros con puntera y plantilla metálicas
- Mono de seguridad y traje de agua
- Guantes de cuero, goma o PVC

3.2.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla
- Vallas, barandillas y cintas de balizamiento.

3.3 EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y POZOS

3.3.1 DEFINICIÓN

Se realizará la excavación de zanjas para la instalación de las canalizaciones y tuberías previstas en el Proyecto, como son las necesarias para colectores, pozos, canalizaciones de red de agua y de alumbrado. En esta obra está previsto ejecutar las zanjas y pozos de la obra mediante la utilización de una retroexcavadora, un camión basculante, y un bulldozer.

3.3.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

Vuelco de los cortes laterales de una zanja o pozo por:

- Cargas ocultas tras el corte
- Sobrecarga en la coronación, por acumulación de tierras
- Apertura prolongada
- Taludes peligrosos
- Vibraciones cercanas
- Desplomes de tierra por sobrecarga de los bordes de coronación de los taludes y por circulación próxima de maquinaria (vibraciones).
- Caída de personas al interior de la zanja o pozo, por ausencia de la protección
- colectiva prevista
- Golpes por la maquinaria
- Atrapamientos por la maquinaria
- Caída de la maquinaria a la zanja
- Interferencias con conducciones o servicios
- Inundación por aumento del nivel freático, lluvia torrencial, etc
- Sepultura
- Asfixia
- Electrocución
- Ruido

3.3.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- La zona de zanja abierta estará protegida mediante valla metálica autoportante en cadena, ubicadas a 2 m. del borde superior del corte y se dispondrán pasarelas de madera de 60 cm., de anchura, (mínimo 3 tablones de 7 cm., de grosor), bordeadas con barandillas sólidas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapié de 15 cm., si las zanjas interceptan zonas de tránsito de operarios.
- El lado de circulación de camiones o de maquinaria quedará balizado a una distancia de la zanja no inferior a 2 m, mediante el uso de cuerda de banderolas o cualquier otro sistema similar.
- El personal deberá bajar o subir siempre por escaleras de mano sólidas y seguras, que sobrepasen en 1 m el borde de la zanja o pozo, y estarán amarradas firmemente al borde superior de coronación.
- No se permite que en las inmediaciones de las zanjas o pozos haya acopios de materiales a una distancia inferior a 2 m del borde, en prevención de los vuelcos o deslizamientos por sobrecarga.
- En presencia de conducciones o servicios subterráneos imprevistos, se paralizarán de inmediato los trabajos, dando aviso urgente al Jefe de Obra. Las tareas se reanudarán tras ser estudiado el problema surgido por la Dirección Facultativa siguiendo sus instrucciones expresas.
- Es obligatoria la entibación de las zanjas o pozos con profundidad cuyos taludes sean menos tendidos que los naturales.
- La desentibación se hará en el sentido contrario que se haya seguido para la entibación, siendo realizada y vigilada por personal competente, durante toda su ejecución.
- En presencia de lluvia o de nivel freático alto, se vigilará el comportamiento de los taludes en prevención de derrumbamientos sobre los operarios. Se ejecutarán lo antes posible los achiques necesarios.
- En presencia de riesgo de vuelco o deslizamiento de un talud límite de una zanja se dará la orden de desalojo inmediato y se acordonará la zona en prevención de accidentes.

- Se señalizarán mediante cinta de balizamiento y se protegerán por medio de vallas metálicas autoportantes, aquellas zonas de circulación de maquinaria y vehículos que puedan poner en riesgo los trabajos de instalación de tubería.
- En las laderas que queden por encima del desmonte, se hará previamente una revisión, quitando las piezas sueltas que puedan rodar con facilidad.
- La salida de camiones a la carretera tiene un especial riesgo, por lo que se ha de señalizar PELIGRO, SALIDA DE CAMIONES, STOP, y balizar convenientemente el acceso y la incorporación a la vía.
- Se evitará la formación de polvo.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y ordenadas.
- Los taludes se revisarán especialmente en época de lluvia o cuando se produzcan cambios de temperatura.
- No se trabajará simultáneamente en distintos niveles de la misma vertical.
- Siempre que se prevea la circulación de personas o de vehículos, las áreas de trabajo se acotarán a nivel del suelo, colocándose las señales adecuadas. Para el tránsito de vehículos no menos de 2 metros y para el tránsito de peatones no menos de 1 metro.

3.3.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con puntera y plantilla metálicas.
- Mono de seguridad y traje de agua. En caso necesario llevará reflectante la ropa.
- Guantes de cuero, goma o PVC.
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas antipolvo.

3.3.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.
- Vallas, barandillas y cintas de balizamiento.
- Señales acústicas y ópticas de la maquinaria.
- Redes o telas metálicas.

3.4 TRABAJOS CON FERRALLA

3.4.1 DEFINICIÓN

Estos trabajos se desarrollan básicamente en el montaje de las armaduras en una zona delimitada en la obra donde tendrá lugar también el acopio de las armaduras.

3.4.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Cortes y heridas punzantes en manos y pies por manejo de la ferralla.
- Aplastamiento en operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas mismo nivel.
- Caídas distinto nivel.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Los derivados de las eventuales roturas de redondo durante el estirado o doblado.

3.4.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de los redondos de ferralla próximo al lugar de montaje de las armaduras.

- Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera, evitándose las alturas de pilas superiores a 1.5 m de altura.
- El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos separados, mediante eslingado del mismo.
- La ferralla montada (pilares, mallazos, etc.) se almacenará en los lugares designados a tal efecto.
- Los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán acopiándose en lugar determinado, para su posterior descarga y transporte a vertedero.
- Se efectuará una limpieza periódica de puntas, alambres y recortes de ferralla entorno a la zona elegida como taller de ferralla (bancos, dobladores, sierra, etc.).
- Queda prohibido el transporte aéreo, mediante grúa, de armaduras de pilares en posición vertical. Se transportarán suspendidos de dos puntos mediante eslingas hasta llegar próximos al lugar de ubicación depositándose en el suelo. Sólo se permitirá el transporte vertical para la ubicación exacta "in situ".
- Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales sin antes estar correctamente instaladas las redes o barandillas de protección.
- Las maniobras de ubicación "in situ" de ferralla montada se guiarán mediante un equipo de tres operarios; dos guiarán, mediante sogas en dos direcciones, la pieza a situar, siguiendo las instrucciones del tercero que procederá manualmente a efectuar las correcciones de aplomado.

3.4.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno.
- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad con puntera y plantilla reforzada.
- Cinturón de seguridad (de caída y/o sujeción).
- Cinturón portaherramientas.
- Ropa de trabajo.
- Traje impermeable.

3.5 TRABAJOS DE MANIPULACIÓN DE HORMIGÓN

3.5.1 DEFINICIÓN

Se refiere estos trabajos a la manipulación del hormigón para la realización del hormigonado de las estructuras y demás elementos que se realizan en la obra.

3.5.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída de operarios al mismo nivel.
- Caída de operario y/o materiales y objetos a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Rotura o reventón de encofrados.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Dermatitis por contacto con el hormigón.
- Sobre esfuerzo.
- Atrapamientos y golpes.
- Cortes de ferralla.

3.5.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

VERTIDO MEDIANTE BOMBEO

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
- La manguera terminal del vertido, será gobernada a la vez por dos operarios, para evitar accidentes por movimiento incontrolado de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tablones seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, serán dirigidos por un operario especialista, para evitar accidentes por "tapones y sobrepresiones" internas.
- Antes de iniciar el bombeo del hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías), enviando masas de mortero de dosificación, para evitar atoramientos o tapones.
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza, sin antes instalar la redcilla de recogida a la salida de la manguera, tras el recorrido total del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina, se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios sujetarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza, a elementos sólidamente fijados, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso de limpieza.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD DE APLICACIÓN DURANTE EL HORMIGONADO DE MUROS

- Se prohíbe el acceso escalando el encofrado, por ser una acción insegura.
- Antes del inicio del hormigonado, el Capataz o el Encargado, revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Previamente al inicio del hormigonado, y como remate de los trabajos de encofrado, se instalara la plataforma de trabajo de coronación del muro, desde la que se ejecutarán las labores de vertido y vibrado.

- La plataforma de coronación de encofrado, para vertido y vibrado, que se establecerá a todo lo largo del muro, tendrá las siguientes dimensiones y características:
 - Longitud la del muro con una anchura mínima 60 cm.
 - Sustentación: Jabalcones y soportes sobre el encofrado.
 - Protección: barandilla rígida de 90 cm. de altura formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
 - Acceso: escalera de mano reglamentaria, nunca a través del encofrado.
- Se instalarán a una distancia mínima de 2 m, como norma general, fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de los taludes del vaciado, para verter el hormigón (dumper, camión, hormigonera).
- El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, para evitar sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD DE APLICACIÓN DURANTE EL HORMIGONADO DE PILARES Y FORJADOS

- Antes de inicio del hormigonado, el Capataz o Encargado, revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Previamente al hormigonado, se revisará la correcta disposición y estado de las redes de protección de los trabajos de estructura.
- Se prohíbe terminantemente trepar por los encofrados de los pilares o permanecer en equilibrio sobre los mismos.
- Se vigilará el buen comportamiento de los encofrados durante el vertido del hormigón, paralizándolos en el momento que se detecte algún fallo. No se reanudará el vertido hasta restablecer la estabilidad mermada.
- El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde castilletes de hormigonado.
- El cierre del acceso a la torreta o castillete de hormigonado permanecerá amarrado, siempre que sobre la plataforma exista algún operario.

- Se revisará la protección de los huecos en el forjado, reinstalando las tapas que falten y fijando las sueltas, diariamente.
- En caso de existir viseras de protección contra caída de objetos, se revisaran y repararan los deterioros, diariamente.
- Se prohíbe concentrar cargas de hormigón en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo el hormigón con suavidad sin descargas bruscas, y en superficies amplias. Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas, en prevención de caídas a distinto nivel.
- Se establecerán caminos de circulación sobre las superficies a hormigonar de una anchura mínima de 60 cm.

3.5.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno.
- Guantes de cuero y de goma o PVC.
- Botas de Seguridad, con puntera y plantilla reforzada.
- Botas impermeables al agua y la humedad, de goma.
- Ropa de trabajo.
- Traje impermeable.
- Cinturón de sujeción o de caídas.
- Cinturón antivibratorio.

3.6 ALBAÑILERÍA

3.6.1 DEFINICIÓN

Los trabajos de albañilería a realizar consisten en la formación de las obras de fábrica en los distintos pozos y arquetas, tabiques de fabricas, etc. Se fabricarán con materiales de ladrillo y bloque.

3.6.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída de personas a distinto nivel desde el medio auxiliar utilizado.
- Heridas punzantes, causadas por cortes y erosiones por manejo de los ladrillos.
- Caída de objetos.
- Dermatitis por contacto con el mortero.
- Caída de material o herramientas.
- Proyección de partículas sobre los ojos al cortar ladrillos.
- Golpes y cortes en las manos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Los derivados de los ambientes pulvígenos.
- Atrapamientos.
- Electrocución.
- Sobreesfuerzos.

3.6.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Realización del trabajo por personal cualificado.
- Clara delimitación de las áreas para acopio de los ladrillos.
- Las armaduras antes de su colocación, estarán totalmente terminadas.
- En el manejo de andamios de borriquetes, andamios metálicos o escaleras de mano será de aplicación lo especificado para estos medios auxiliares dentro del apartado correspondiente de este trabajo.
- Se prohíbe expresamente:
 - Realizar andamios de borriquetas sobre otros andamios.
 - Trabajos sobre andamios sin arriostrar con elementos rígidos.
 - Trabajos sin protecciones colectivas.
 - Retirar las protecciones colectivas sin reinstalarlas tras el trabajo que exigía tal maniobra.

3.6.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco homologado, en todo momento.
- Guantes de cuero, para el manejo de los ladrillos.
- Mono o buzo de trabajo impermeables.
- Botas de seguridad.
- Guantes de goma, o PVC de seguridad.
- Gafas de protección para el corte de ladrillos.
- Cinturón de seguridad si se está en altura superior a 2 m.

3.6.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Señales normalizadas de riesgo.
- Cinta de balizamiento para delimitar las zonas de trabajo.
- Orden y limpieza.
- Barandillas de protección.
- Redes perimetrales de protección.
- Plataformas de trabajo.

3.7 INSTALACIONES DE DEPÓSITOS Y BOMBAS

3.7.1 DEFINICIÓN

Los trabajos de instalación de los depósitos, bombas y mecanismos, etc.

3.7.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

Vuelco de los cortes laterales de una zanja o pozo por:

- Cargas ocultas tras el corte.
- Sobrecarga en la coronación, por acumulación de tierras.
- Apertura prolongada.
- Taludes peligrosos.

- Vibraciones cercanas.
- Desplomes de tierra por sobrecarga de los bordes de coronación de los taludes y por circulación próxima de maquinaria (vibraciones).
- Caída de personas al interior de la zanja o pozo, por ausencia de la protección colectiva prevista.
- Golpes y atrapamientos por los tubos.
- Caída de la maquinaria a la zanja.
- Interferencias con conducciones o servicios.
- Inundación por aumento del nivel freático, lluvia torrencial, etc.

3.7.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Los paquetes de tuberías se suspenderán de ambos extremos con eslingas que cumplan con la siguiente prevención:
- Eslingas: formadas por dos hondillas rematadas en cada extremo por lazos formados mediante casquillo electrosoldado y guarnecidos con forrillo guarda cabos. Los extremos de las hondillas se unirán mediante el lazo a una argolla de cuelgue. Los otros dos extremos estarán dotados de ganchos de cuelgue.
- Los tubos se amarrarán a lazo corredizo del extremo de las hondillas pasado por su propio gancho, ubicándolos equidistantes a $1/3$ de la longitud total del tubo.
- El ángulo que formen las dos hondillas a la altura de la argolla de cuelgue será igual o inferior a 90° .
- Las tuberías en suspensión se guiarán mediante sogas instaladas en los extremos.
- Nunca directamente con las manos para evitar, golpes, atrapamientos o empujones por movimientos pendulares.
- Las tuberías se introducirán en las zanjas guiadas desde el exterior. Una vez que entren en contacto con la solera, los trabajadores se aproximarán para guiar la conexión.
- Los acopios de tuberías se harán en el terreno sobre durmientes de reparto de cargas. Apilados y contenidos entre pies derechos hincados en el terreno

lo suficiente como para obtener una buena resistencia. No se mezclarán los diámetros en los acopios.

- La presentación de tramos de tuberías en la coronación de las zanjas se efectuará a no menos de 2 m. de borde superior. En todo momento, permanecerán calzadas para evitar que puedan rodar.
- Concluida la conexión de los tramos se procederá al cierre de la zanja por motivos de seguridad, enrasando tierras. Se dejarán las cotas necesarias para comprobar la estanqueidad de las conexiones que en todo momento, permanecerán rodeadas por vallas tipo ayuntamiento.

3.7.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con puntera y plantilla metálicas.
- Mono de seguridad y traje de agua.
- Guantes de cuero, goma o PVC.

3.7.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.
- Vallas, barandillas y cintas de balizamiento.

3.8 IMPERMEABILIZACIÓN

3.8.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída de personas a distinto nivel (por ausencia de sistema de protección: retirada de las protecciones establecidas en estructura o no haber instalado una protección específica para evitar el rodar por el faldón o no haber elevado los petos definitivos).
- Caída de materiales desde el forjado.
- Quemaduras por manejo de sopletes o sustancias.

- Afecciones de la piel por agentes químicos (dermatitis).
- Exposición a agentes atmosféricos.
- Caídas de personas u objetos por vientos fuertes.

3.8.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Todos los bordes perimetrales y huecos estarán protegidos mediante la protección colectiva instalada en la fase de estructura o con barandilla de 0.90 cm, formada por pasamanos, pistón intermedio y rodapié de 15 cm o en su defecto se habrán elevado los petos definitivos.
- Los recipientes que transporten los líquidos de sellado se llenarán a los 2/3 de su capacidad, en evitación de posibles derrames.
- Existirá un lugar para el almacenamiento de los productos de impermeabilización y los recipientes permanecerán cerrados, lejos del calor, y el lugar estará suficientemente ventilado, debiendo existir un extintor de incendios, instalado junto a la puerta de acceso.
- Las bombonas de butano o de propano para los mecheros de sellado se almacenarán aparte, de pie y a la sombra.
- Se paralizarán los trabajos bajo régimen de lluvias o fuertes vientos.
- Si se acopiasen rollos de manta asfáltica, los apilados se harán de forma que no puedan rodar y sobre tablonos de reparto entre capas.

3.8.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Mono o buzo de trabajo e impermeables.
- Botas de seguridad.
- Guantes de goma, o PVC de seguridad.

3.8.4 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Vallas, barandillas y cintas de balizamiento.
- Tapas provisionales en todos los huecos.

3.9 SEÑALIZACIÓN VIAL

3.9.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

- La realización de esta fase supone:
- Descarga.
- Montaje.
- El transporte e izado del material.
- Trabajos y desplazamientos de personas en altura (cestas sobre camiones grúa).
- Colocación de señales de tráfico verticales y horizontales con pintura.

3.9.2 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES PREVISTOS

- Camiones.
- Grúas.
- Máquinas - herramienta.
- Herramientas manuales.
- Escaleras.
- Cestas sobre camiones grúa.

3.9.3 MEDIDAS PREVENTIVAS

- Se instalarán y mantendrán las protecciones colectivas previstas para cada fase de trabajo.
- Realización de los trabajos por personal cualificado.
- Se utilizarán los medios auxiliares apropiados para los diversos tajos y funciones, en buen estado de conservación y cumpliendo las dimensiones y características descritas en el presente Plan de Seguridad y que cumplan con la normativa vigente.
- Clara delimitación de las áreas de trabajo.
- A nivel del suelo se acotarán las áreas de trabajo y se colocará la señal o cartel que indique: Riesgo de caída de objetos.

- En todo momento se mantendrán las áreas de trabajo limpias y ordenadas.
- El ascenso y descenso del personal se efectuará por medio de escaleras de mano reglamentarias.
- Se recogerán los tornillos sueltos o arrancados.
- Se prohíbe terminantemente trepar por los báculos y demás materiales o permanecer en equilibrio sobre los mismos.
- Los operarios que trabajen en el borde de la cesta del camión grúa, dispondrán en todo momento de cinturón de seguridad anclado a punto fijo.
- Estará prohibida la permanencia o paso de personas bajo cargas suspendidas.
- Siempre que el izado de materiales por el tamaño o forma de éstos pueda ocasionar choques con la estructura u otros elementos, se guiará la carga con cables o cuerdas.
- La recepción de las piezas transportadas por grúa se ha de hacer con sumo cuidado para evitar golpes y arrastres de operarios.
- Nunca se deberá forzar el elemento estructural suspendido de la grúa o medio de elevación, para llevarlo al lugar exacto de su montaje ya que esta operación encierra el riesgo de hacer perder el equilibrio al operario provocando la calda o balanceo de la pieza pudiendo golpearle o atraparle entre ésta y su lugar de emplazamiento. Para evitar estos riesgos el montador deberá dar las órdenes precisas al operario de grúa para que le acerque la pieza lo más exactamente posible al punto de montaje, para evitar operaciones de ajustado.
- Los vehículos llevarán la señalización preceptiva para avisar al resto de vehículos de su trabajo.
- Los vehículos deberán realizar una señal acústica antes de iniciar o parar la marcha, sin acelerones ni frenazos bruscos.
- Las pinturas se almacenarán en lugares con ventilación para evitar incendios e intoxicaciones.
- Estarán protegidos los órganos móviles de las máquinas mediante resguardos. Los recipientes que contengan disolventes y almacenarlos lejos del calor y el fuego estarán cerrados.

- Las máscaras o aparatos respiratorios serán limpiados todos los días y mantenidos en buen estado de funcionamiento.
- Se instalará un extintor de polvo químico en el acceso al almacén de pinturas.
- Se colocarán señales de "peligro de incendio", y "prohibido fumar" en el acceso al almacén de pintura.
- Se prohíbe el pintado de balcones y terrazas sin los medios de protección colectiva.
- En estos trabajos no es siempre necesario el casco, pero es obligatorio tenerlo en el lugar de trabajo y utilizarlo en los desplazamientos por la obra.
- Se suspenderán los trabajos con lluvia, nieve o viento superior a 60 km/h. Se tendrán en cuenta las Normas de Seguridad específicas correspondientes a la maquinaria para izado de materiales y medios auxiliares a utilizar.

3.9.4 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Malla quitamiedos.
- Cinta de balizamiento.
- Señales acústicas de marcha atrás y ópticas en la maquinaria.
- Plataformas de trabajo con barandillas reglamentarias.
- Toma de tierra en los cuadros eléctricos, además de disyuntores de 30 mA y de 300 mA.
- Señalización en los acopios y material repartido.

LA SEÑALIZACIÓN PREVISTA CONSTARÁ

- Señales de tráfico. Referencia: las tipificadas en el Código de la Circulación y descritas en los planos correspondientes
- De prohibido encender fuego
- De prohibido fumar
- De riesgo de incendio y explosiones
- De riesgo eléctrico
- De riesgo de caída de objetos

3.9.5 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad. Las botas de seguridad deben ser antideslizantes, anticlavos y con puntera reforzada.
- Traje de agua y botas de goma en caso de lluvias.
- Los operadores de máquinas utilizarán asiento anatómico en la máquina.
- Ropa de trabajo (con bandas reflectantes).
- Guantes de cuero para el montaje de pórticos y señales.
- Guantes de goma para el hormigón y pintura.
- Protectores auditivos para el montador.
- Gafas antiproyecciones.
- Cinturón de seguridad (siempre que el trabajo se realice en lugares donde exista riesgo de caída desde más de 2 m de altura y no hubiese protecciones colectivas).

3.10 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL

Instalación eléctrica provisional de obra y definitiva.

3.10.1 ANÁLISIS DE RIESGOS

Electrocución o quemaduras graves por:

- Maniobra en líneas o aparatos eléctricos por personal inexperto
- Utilización de herramientas manuales (martillos, alicates, destornilladores, etc.), sin aislamiento eléctrico o con rotura de las carcasas de protección de las herramientas.
- Ausencia de aislamiento protector, en líneas y/o cuadros o mala protección de cuadros o grupos.
- Establecer puentes que anulen las protecciones - riesgo importante.
- Trabajos en conductores en tensión; baja tensión.
- Tomas de tierra no instalada o, sí instaladas, de forma incorrecta.

- Anulación de toma de tierra de motores y máquinas.
- Utilización de picas de toma de tierra en paralelo, a la vez que se utiliza un circuito de toma de tierra general.
- Conexiones eléctricas directas, sin clavijas de intemperie.
- Por derivación de cable pelado a zona mojada o húmeda.
- Por tocar sin protección conductores en tensión - riesgo moderado.

3.10.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

CABLES Y EMPALMES

- Los calibres de los cables serán los adecuados para la carga que han de soportar en función del cálculo realizado.
- Los cables a emplear en la obra poseerán un aislamiento de 1.000 V.
- La distribución a partir del cuadro general se hará con cable manguera antihumedad perfectamente protegido; siempre que sea posible irá enterrado, señalizándose con tabloncillos su trayecto en los lugares de paso.
- Los empalmes provisionales y alargaderas, se harán con empalmes especiales antihumedad, del tipo estanco.
- Los empalmes definitivos se harán mediante cajas de empalmes, admitiéndose en ellos una elevación de temperatura igual a la admitida para los conductores.

Las cajas de empalmes serán de modelos normalizados para intemperie.

- Siempre que sea posible, los cables irán colgados, los puntos de sujeción estarán perfectamente aislados, no serán simples clavos y en las zonas de paso de operarios y vehículos serán perfectamente señalizados y protegidos. Las mangueras tendidas por el suelo, al margen de deteriorarse y perder protección, son obstáculos para el tránsito normal de trabajadores.

INTERRUPTORES

Los interruptores estarán protegidos, en cajas del tipo blindado, con cortacircuitos fusibles y ajustándose a las normas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja

Tensión. Se instalarán dentro de cajas normalizadas con puerta y cierre, con una señal de “Peligro-Electricidad” sobre la puerta.

CUADROS ELÉCTRICOS

- Cada cuadro eléctrico irá provisto de su toma de tierra correspondiente, a través del cuadro eléctrico general y señal normalizada de "Peligro electricidad" sobre la puerta, que estará provista de cierre.
- Irán montados sobre tableros de material aislante, dentro de una caja que los aisle, montados sobre soportes o colgados de la pared, con puerta y cierre de seguridad.
- El cuadro eléctrico general se accionará subido sobre una banqueta de aislamiento eléctrico específico. Su puerta estará dotada de enclavamiento.
- El cuadro eléctrico general se instalará en el interior de un receptáculo cerrado con ventilación continua por rejillas y puerta con cerradura. La llave quedará identificada mediante llavero específico en el cuadro de llaves de la oficina de la obra.

TOMAS DE CORRIENTE

- Las tomas de corriente serán blindadas, provistas de una clavija para toma de tierra y siempre que sea posible, con enclavamiento.
- Se emplearán colores distintos en los tomacorrientes para diferenciar el servicio a 220 V del de 380 V.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

- Se colocarán todos los que la instalación requiera, pero de un calibre tal que "salten" antes de que la zona de cable que protegen llegue a la carga máxima.
- Con ellos se protegerán todas las máquinas, así como la instalación de alumbrado.

INTERRUPTORES DIFERENCIALES

- Todas las máquinas así como la instalación de alumbrado irán protegidos con un interruptor diferencial de 300 mA. y 30 mA. , respectivamente.

- Las máquinas eléctricas quedarán protegidas en sus cuadros, mediante interruptores diferenciales selectivos, calibrados con respecto al del cuadro general para que se desconecten antes que aquel o aquellos de las máquinas con fallos, y evitar la desconexión general de toda la obra.

TOMAS DE TIERRA

En caso de ser necesaria la instalación de un transformador, se le dotará de la toma de tierra adecuada, ajustándose a los reglamentos, y exigencias de la empresa suministradora. La toma de tierra de la maquinaria se hará mediante hilo de toma de tierra específica y por intermedio del cuadro de toma de corriente y cuadro general en combinación con los interruptores diferenciales generales o selectivos. Las picas de toma de tierra quedarán permanentemente señalizadas mediante una señal de riesgo eléctrico sobre un pié derecho.

ALUMBRADO

- El alumbrado de la obra en general y de los tajos en particular, será "bueno y suficiente", con la claridad necesaria para permitir la realización de los trabajos, según las intensidades marcadas en la Ordenanza General de Seguridad.

HIGIENE EN EL TRABAJO

- El alumbrado estará protegido por un interruptor diferencial de 30 mA instalado en el cuadro general eléctrico.
- Siempre que sea posible, las instalaciones del alumbrado serán fijas. Cuando sea necesario se utilizarán portalámparas estancos con mango aislante, rejilla de protección de bombilla y ganchos de cuelgue.
- Cuando se utilicen focos, se situarán sobre pies derechos de madera o sobre otros elementos recubiertos de material aislante, colocados a un mínimo de 2 m de altura sobre el pavimento para evitar los deslumbramientos que suelen producir los focos a baja altura.

PORTÁTILES

Cuando se utilicen portátiles en tijos en que las condiciones de humedad sean elevadas, éstas deberán estar construidas por materiales que dispongan de aislamiento de protección o reforzado entre sus partes activas y sus masas accesibles y deberán cumplir las condiciones siguientes:

- Los materiales deberán satisfacer las prescripciones señaladas para aparatos con aislamiento de la Clase II, según la instrucción MI - BT 031, del R.E.B.T.
- Las partes metálicas accesibles de estos materiales no deben ser puestas a tierra.
- En caso de que esto no se cumpla, la toma de corriente se hará en un transformador portátil de seguridad a 24 V.

Mantenimiento y reparaciones:

- Todo el equipo eléctrico se revisará periódicamente por el electricista instalador de la obra.
- Las reparaciones jamás se harán bajo corriente. Antes de realizar una reparación se quitarán los interruptores de sobre intensidad, colocando en su lugar una placa de "NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".
- Las nuevas instalaciones, reparaciones, conexiones, etc., únicamente las realizarán los electricistas autorizados.
- Señalización y aislamiento
- Si en la obra hubiera diferentes voltajes, (125 V., 220 V., 380 V.), en cada toma de corriente se indicará el voltaje a que corresponda.
- Todos los cuadros eléctricos generales de maquinaria y carcasas de maquinaria eléctrica tendrán adherida una señal de "Peligro Electricidad" normalizada.
- Las herramientas tendrán mangos aislantes y estarán homologadas MT para riesgos eléctricos.
- Si se utilizan escaleras o andamios para hacer reparaciones, cumplirán con las especificaciones y normativas estipuladas en sus correspondientes

apartados dentro de este mismo Pliego de Condiciones de Seguridad e Higiene.

3.11 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEFINITIVA

Durante el montaje de la instalación se impedirá, mediante carteles avisadores de "Peligro electricidad", que nadie pueda conectar la instalación a la red. Se ejecutará como última fase de la instalación, el cableado desde el cuadro general al de la Compañía, guardando en lugar seguro los mecanismos necesarios para efectuar la conexión en el cuadro (fusibles y seccionadores), que se instalarán poco antes de concluir la instalación.

Antes de proceder a la conexión se avisará al personal de que se van a iniciar las pruebas en tensión instalándose de carteles y señales de "Peligro Electricidad". Antes de hacer las pruebas con tensión se ha de revisar la instalación (cuidando de que no queden accesibles a terceros, uniones, empalmes y cuadros abiertos), comprobando la correcta disposición de fusibles, terminales, protección diferencial, puesta a tierra, cerradura y manguera en cuadros y grupos eléctricos.

Siempre que sea posible se enterrarán las mangueras eléctricas; a modo de señalización y protección para reparto de cargas, se establecerán sobre las zonas de paso sobre mangueras, una línea de tabloncillos señalizados en los extremos del paso con señal de "Peligro Electricidad".

Los montajes y desmontajes eléctricos serán efectuados por personal especializado, que demuestren documentalmente que lo son. Todo el personal que manipule conductores y aparatos accionados por electricidad, estará dotado de guantes aislantes y calzado aislante y se le habrá entregado la autorización expresa para ello, por parte de la jefatura de obra.

4. MAQUINARIA DE OBRA Y HERRAMIENTAS

4.1 MAQUINARIA PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

4.1.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Vuelco
- Atropello
- Atrapamiento
- Los derivados de operaciones de mantenimiento (quemaduras, atrapamientos, etc).
- Ruido
- Polvo ambiental
- Caídas al subir o bajar de la máquina

4.1.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Las máquinas para los movimientos de tierras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antimpactos y un extintor.
- Las máquinas para el movimiento de tierras a utilizar en esta obra, serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos dirección, luces, bocina retroceso, transmisiones, cadenas y neumáticos.
- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar' los riesgos por atropellos.
- Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha, en prevención de riesgos innecesarios.
- Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes de taludes o terraplenes, a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras para evitar los riegos por caída de la máquina.

- Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas señales normalizadas del tráfico.
- Se prohíbe en esta obra la realización de replanteo o de mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso para la maquinaria, o alejarla a otros tajos.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m del borde de la excavación.

4.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno (de uso obligatorio para abandonar la cabina)
- Gafas de seguridad
- Ropa de trabajo
- Trajes para tiempo lluvioso
- Botas de seguridad
- Protecciones auditivas
- Botas de goma o de PVC
- Cinturón elástico antivibratorio

4.1.4 ACTUACIÓN PREVENTIVA PARA MAQUINISTAS

A los operarios encargados de estas máquinas se les comunicará por escrito la siguiente normativa preventiva, antes del inicio de los trabajos.

- Para subir o bajar de la máquina, utilice los peldaños y asideros dispuestos para tal función, evitará lesiones por caída.
- No suba utilizando las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros, evitará accidentes por caída.
- Suba y baje de la maquinaria de forma frontal, asiéndose con ambas manos, es más seguro.
- No salte nunca directamente al suelo, si no es por peligro inminente para usted.

- No trate de realizar "ajustes" con la máquina en movimiento o con el motor en funcionamiento, puede sufrir lesiones.
- No permita que personas no autorizadas accedan a la máquina, pueden provocar accidentes, o lesionarse.
- No trabaje con la máquina en situación de avería o semi-avería. Repárela primero, luego reinicie el trabajo.
- Para evitar lesiones, apoye en el suelo la cuchara, pare el motor, ponga el freno de mano y bloquee la máquina, a continuación, realice las operaciones de servicio que necesite.
- No libere los frenos de la máquina en posición de parada, si antes no ha instalado los tacos de inmovilización en las ruedas.
- Vigile la presión de los neumáticos, trabaje con el inflado a la presión recomendada por el fabricante de la máquina.

4.2 PALA CARGADORA

4.2.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atropello
- Vuelco de la máquina
- Choque contra otros vehículos
- Quemaduras (trabajos de mantenimiento)
- Atrapamientos
- Caída de personas desde la máquina
- Golpes.
- Ruido propio y de conjunto
- Vibraciones

4.2.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Los caminos de circulación interna de la obra, se cuidarán para evitar blandones y embarramientos excesivos que merme la seguridad de la circulación de la maquinaria.

- No se admitirán en esta obra máquinas que no vengan con la protección de cabina antivuelco o pórtico de seguridad, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Se prohíbe que los conductores abandonen la pala con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.
- La cuchara durante los transportes de tierras, permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse, con la máxima estabilidad.
- Los ascensos o descensos en carga de la máquina se efectuarán siempre utilizando marchas cortas.
- La circulación sobre terrenos desiguales se efectuará a velocidad lenta.
- Se prohíbe transportar personas en el interior de la cuchara.
- Se prohíbe izar personas para acceder a trabajos puntuales la cuchara.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un extintor, timbrado y con las revisiones al día.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de luces y bocina de retroceso.

4.3 EXCAVADORA

4.3.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atropello
- Vuelco de la máquina.
- Choque contra otros vehículos
- Quemaduras
- Atrapamientos
- Caída de personas desde la máquina.
- Golpes
- Ruido propio y de conjunto
- Vibraciones

4.3.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán para evitar blandones y embarramientos excesivos que mermen la seguridad de la circulación de la maquinaria.
- No se admitirán en esta obra máquinas que no vengan con la protección de cabina antivuelco o pórtico de seguridad, previstos por el fabricante.
- Se prohíbe que los conductores abandonen la pala con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.
- La cuchara durante los transportes de tierras permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse con la máxima estabilidad.
- Los ascensos o descensos en carga de la máquina se efectuarán siempre utilizando marchas cortas.
- La circulación sobre terrenos desiguales se efectuará a velocidad lenta.
- Se prohíbe transportar personas en el interior de la cuchara.
- Se prohíbe izar personas para acceder a trabajos puntuales utilizando la cuchara.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un extintor, timbrado y con las revisiones al día.
- Se prohíbe en esta obra utilizar la excavadora como una grúa, para la introducción de piezas, tuberías, etc., en el interior de las zanjas.
- Se prohíbe realizar trabajos en el interior de las trincheras o zanjas, en la zona de alcance del brazo de la retro.

4.3.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Gafas antiproyecciones
- Casco de polietileno (de uso obligatorio para abandonar la cabina)
- Ropa de trabajo
- Guantes de cuero
- Guantes de goma o de PVC
- Cinturón elástico antivibratorio
- Calzado antideslizante

- Botas impermeables (terreno embarrado)

4.3.4 ACTUACIÓN PREVENTIVA PARA MAQUINISTAS

A los maquinistas de estas máquinas se les comunicará por escrito la siguiente normativa preventiva, antes del inicio de los trabajos.

- Para subir o bajar de la máquina, utilice los peldaños y asideros dispuestos para tal función, evitará lesiones por caída.
- No suba utilizando las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros, evitará accidentes por caída.
- Suba o baje de la maquinaria de forma frontal, asiéndose con ambas manos, es más seguro.
- No salte nunca directamente al suelo, si no es por peligro inminente para usted.
- No trate de realizar "ajustes" con la máquina en movimiento o con el motor en funcionamiento, puede sufrir lesiones.
- No permita que personas no autorizadas accedan a la máquina, puedan provocar accidentes, o lesionarse.
- No trabaje con la máquina en situación de avería o semiavería. Repárela primero, luego reinicie el trabajo.
- Para evitar lesiones, apoye en el suelo la cuchara, pare el motor, ponga el freno de mano y bloquee la máquina, a continuación, realice las operaciones deservicio que necesite.
- No libere los frenos de la máquina en posición de parada, si antes no ha instalado los tacos de inmovilización en las ruedas.
- Vigile la presión de los neumáticos, trabaje con el inflado a la presión recomendada por el fabricante de la máquina.

4.4 CAMIÓN BASCULANTE

4.4.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atropello de personas (entrada, salida, etc)
- Choques contra otros vehículos
- Vuelco del camión
- Caída (al subir o bajar de la caja)
- Atrapamientos (apertura o cierre de la caja)

4.4.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno
- Ropa de trabajo
- Guantes impermeables, antiabrasivos
- Botas de media caña, impermeables con suela de neopreno
- Botas de caña alta anticalórica
- Gorros protectores del sol

4.5 EXTENDEDORA DE PRODUCTOS BITUMINOSOS

4.5.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Los derivados de la inhalación de vapores de betún asfáltico.
- Quemaduras
- Atropello durante las maniobras de acoplamiento de los camiones de transporte de aglomerado asfáltico con la extendedora.
- Caída de personas desde la máquina.

4.5.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otra persona que no sea su conductor, para evitar accidentes por caída.

- La maniobra de aproximación y vertida de productos asfálticos en la tolva estará dirigida por un especialista.
- Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por delante de la máquina durante las operaciones de llenado de la tolva, en prevención de los riesgos por atrapamiento y atropello durante las maniobras.

4.5.3 PROTECCIONES COLECTIVAS

Sobre la máquina, junto a los lugares de paso y en aquellos con el riesgo específico, se adherirán las siguientes señales:

- Peligro sustancias calientes (peligro-fuego)
- Rótulo "No Tocar, Alta Temperatura"

Se prohíbe expresamente, el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido, en prevención de accidentes.

4.6 COMPACTADORA

4.6.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atropellos
- Colisión
- Atrapamientos
- Proyección de objetos
- Vibraciones
- Ruido
- Polvo
- Caídas de personas al subir o bajar de la cabina

4.6.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Están absolutamente prohibido anular los sistemas de seguridad.
- Verificar todos los sistemas de seguridad.

- Las zonas en fase de compactación quedarán cerradas al paso mediante señalización en prevención de accidentes.

4.6.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad homologado
- Protectores auditivos
- Guantes de cuero

4.7 MOTONIVELADORA

4.7.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Vuelcos. Choques
- Atrapamientos.
- Puesta en marcha fortuita.
- Protección por rotura de pieza.
- Contactos fortuitos con líneas eléctricas.
- Vibraciones Lesiones de columna y renales

4.7.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- La profesionalidad del maquinista es pieza importantísima
- En la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, la distancia de la parte más saliente de la maquina al tendido, será como mínimo de 5 metros si la línea está enterrada, se mantendrá una distancia de seguridad de 1 metro
- No trabajar en pendientes que superen el 30 %.
- En caso de contacto eléctrico, el conductor saldrá de la cabina de un salto de espaldas a la misma y con los pies juntos, y, continuará saltando de igual forma hasta llegar a la zona de seguridad.
- No se transportaran pasajeros.
- La maquina tendrá el motor parado cada vez que el conductor deba abandonar la cabina.

- La zona de trabajo de la maquina estará acotada y balizada.
- La maquina, será portadora de la documentación para su mantenimiento y conservación.

4.7.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Ropa de trabajo ajustada.
- Casco para salida fuera de la cabina. Gafas de rejilla metálica.
- Guantes
- Faja, cinturón antivibratorio, cojín absorbente de vibraciones.
- Mascarilla autofiltrante para trabajos con polvo.

4.8 MOTOVOLQUETE AUTOPROPULSADO

4.8.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Vuelco de la máquina durante el vertido.
- Vuelco de la máquina en tránsito.
- Atropello de personas.
- Choque por falta de visibilidad.
- Caída de personas transportadas.
- Golpes con la manivela de puesta en marcha.

4.8.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Con el vehículo cargado deben balarse las rampas de espaldas a la marcha, despacio y evitando frenazos bruscos.
- Se prohibirá circular por pendientes o rampas superiores al 20% en terrenos húmedos y al 30% en terrenos secos.
- Establecer unas vías de circulación cómodas y libres de obstáculos señalizando las zonas peligrosas.
- En las rampas por las que circulen estos vehículos existirá al menos un espacio libre de 70 cm. Sobre las partes más salientes de los mismos.

- Cuando se deje estacionado el vehículo se parará el motor y se accionará el freno de mano. Si está en pendiente, además se calzarán las ruedas.
- En el vertido de tierras, u otro material, junto a zanjas y taludes deberá colocarse un tope que impida el avance más allá de una distancia prudencial al borde del desnivel, en cuenta el ángulo natural del talud. Si la descarga es lateral, dicho tope se prolongará en el extremo más próximo al sentido de circulación.
- En la puesta en marcha, la manivela debe cogerse colocando el pulgar del mismo lado que los demás dedos.
- La manivela tendrá la longitud adecuada para evitar golpear partes próximas a ella.
- Deben retirarse del vehículo, cuando se deje estacionado, los elementos necesarios que impidan su arranque, en prevención de que cualquier otra persona no autorizada puede utilizarlo.
- Se revisará la carga antes de iniciar la marcha observando su correcta disposición y que no provoque desequilibrio en su estabilidad.
- Se prohíbe expresamente en esta obra, conducir a velocidades superiores a los 20 Km. por hora.
- Los conductores de esta obra estarán en posesión del carnet de clase B, para poder ser autorizados a su conducción.
- El conductor no debe permitir el transporte de pasajeros sobre el mismo, estará directamente autorizado por personal responsable para su utilización y deberá cumplir las normas de circulación establecidas en el recinto de la obra y, en general, se atenderá al Código de Circulación.
- En caso de cualquier anomalía observada en su manejo se pondrá en conocimiento de su inmediato superior, con el fin de que se tomen las medidas necesarias para subsanar dicha anomalía.
- Nunca se parará el motor empleando la palanca del compresor.
- La revisión general del vehículo y su mantenimiento deben seguir las instrucciones marcadas por el fabricante. Es aconsejable la existencia de un manual de mantenimiento preventivo en el que se indiquen las verificaciones, lubricación y limpieza a realizar periódicamente en el vehículo.

4.8.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno (sí existe el riesgo de golpes en la cabeza)
- Protectores auditivos
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Guantes de goma o PVC

4.9 CAMIÓN GRÚA

4.9.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Vuelco
- Atrapamientos
- Caídas al subir o bajar
- Atropello
- Desplome de la carga
- Golpes de la carga

4.9.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Antes de iniciar maniobras de descarga, se instalarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.
- Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista. Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.
- Se prohíbe expresamente, sobrepasar la carga admisible.
- El gruista tendrá siempre a la vista la carga suspendida. Si no fuese posible, las maniobras estarán dirigidas por un señalista.
- Las rampas para acceso del camión grúa no superarán el 20%.
- Se prohíbe arrastrar cargas.
- Las cargas se guiarán con cabos de gobierno.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 m y bajo cargas suspendidas.

4.9.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno
- Guantes de cuero
- Botas de seguridad
- Ropas de trabajo
- Calzado para conducción

4.9.4 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Se respetarán las señales de tráfico interiores de la obra.
- El personal ajeno a este trabajo en particular se mantendrá alejado de la zona de maniobra del camión.

4.10 CAMIÓN CUBA

4.10.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Vuelco
- Atropellos
- Quemaduras
- Salpicaduras
- Dermatitis por alquitranes
- Proyecciones en los ojos

4.10.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Las zonas de trabajo estarán acotadas.
- El trabajador que maneja la barra espaciadora debe tener mucha precaución para no rociar al personal que está en las cercanías.
- Debe apuntar la manguera hacia abajo y nunca hacia arriba o en horizontal.

4.10.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno
- Guantes impermeables
- Botas de seguridad
- Ropas de trabajo
- Gafas antiproyecciones

4.11 CAMIÓN HORMIGONERA

4.11.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atropello de personas
- Colisión con otras máquinas
- Vuelco del camión
- Caída de personas desde el camión
- Golpes en el manejo de las canaletas
- Golpes por el cubilete del hormigón
- Sobreesfuerzos

4.11.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Las rampas de acceso al tajo no superarán el 20% de pendiente en prevención de atoramiento o vuelco.
- La limpieza de la cuba y canaletas se realizará en los lugares señalados en los planos para tal labor.
- La puesta en estación y los movimientos del camión-hormigonera durante las operaciones de vertido serán dirigidos por un señalista.

4.11.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno
- Botas impermeables de seguridad

- Ropa de trabajo
- Mandil impermeable. Guantes impermeabilizados.
- Calzado para la conducción de camiones

4.12 VIBRADOR

4.12.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Descargas eléctricas
- Caídas desde altura durante su manejo
- Caídas a distinto nivel del vibrador
- Salpicaduras de lechada en ojos y piel
- Vibraciones

4.12.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Las operaciones de vibrado se realizarán siempre sobre posiciones estables.
- Se procederá a la limpieza diaria del vibrador después de su utilización.
- El cable de alimentación del vibrador deberá estar protegido, sobre todo si discurre por zonas de paso de los operarios.
- Los vibradores deberán estar protegidos eléctricamente mediante doble aislamiento.

4.12.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Ropa de trabajo
- Casco de polietileno
- Botas de goma
- Guantes de seguridad
- Gafas de protección contra salpicaduras

4.13 DOBLADORA MECÁNICA DE FERRALLA

4.13.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Atrapamientos y golpes
- Sobreesfuerzos
- Cortes por el manejo de la máquina y sustentación de redondos
- Contactos eléctricos en manejo maquinaria

4.13.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- La dobladora mecánica de ferralla se ubicará en la zona destinada a acopio y taller de ferralla.
- Se efectuará un barrido periódico del entorno de la dobladora de ferralla.
- Tendrá conectada a tierra todas sus partes metálicas.
- La manguera de alimentación eléctrica de la dobladora se llevará hasta ésta enterrada o protegida, para evitar los deterioros por roce o aplastamiento.
- Se adherirán a la máquina las siguientes señales:
 - "Riesgo eléctrico"
 - "Peligro: Atrapamiento"
- Se acotará, mediante señales de peligro y balizamiento, la superficie de barrido de redondos durante las maniobras de doblado.
- La descarga de la dobladora y su ubicación in situ" se realizara suspendiéndola de la grúa en cuatro puntos.
- Se instalará en torno a la dobladora un entablado de madera de 5 cm de espesor (tablón), sobre una capa de gravilla, con una anchura de 3 m.

4.13.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad, con puntera y plantilla reforzadas
- Guantes de seguridad

- Mandil de cuero
- Cinturón portaherramientas
- Gafas anti-impactos

4.14 HERRAMIENTAS EN GENERAL

En este apartado se considera globalmente los riesgos de prevención apropiados para la utilización herramientas accionadas por energía eléctrica: taladros, rozadoras, cepilladoras metálicas, sierras, etc., de una forma genérica.

4.14.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Cortes
- Quemaduras
- Golpes
- Proyección de fragmentos
- Caída de objetos
- Contacto con la energía eléctrica
- Vibraciones
- Ruido

4.14.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Las máquinas-herramientas eléctricas a utilizar en esta obra, estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Los motores eléctricos de las máquinas - herramientas estarán protegidas por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos, o de contacto con la energía eléctrica.
- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.

- Las máquinas en situación de avería o de semiavería se entregarán al Vigilante de Seguridad para su reparación.
- Las máquinas-herramienta con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas-herramienta no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos, etc., conectadas a IC.
- Red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- En ambientes húmedos la alimentación para las máquinas - herramientas no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 v.
- Se prohíbe el uso de máquinas - herramientas al personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo en marcha aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.

5. MEDIOS AUXILIARES

5.1 ESCALERAS DE MANO

5.1.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo (falta de zapatas, etc.).
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras "cortas" para la altura a salvar, etc.).

5.1.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

DE APLICACIÓN AL USO DE ESCALERAS METÁLICAS

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pintura antioxidante que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano en esta obra para salvar alturas superiores a 5 m.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.
- Se prohíbe en esta obra transportar pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 Kg. Sobre las escaleras de mano.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- El acceso de operarios en esta obra, a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno. Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.
- El ascenso y descenso y trabajo a través de las escaleras de mano de esta obra, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

5.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.

5.2 PUNTALES

5.1.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caída desde altura de las personas durante la instalación de puntales.
- Caída desde altura de los puntales por incorrecta instalación.
- Caída desde altura de los puntales durante las maniobras de transporte elevado.
- Golpes en diversas partes del cuerpo durante la manipulación.
- Atrapamiento de dedos (extensión y retracción).
- Caída de elementos conformadores del puntal sobre los pies.
- Rotura del puntal por mal estado (corrosión interna y/o externa).
- Deslizamiento del puntal por falta de acañamiento o de clavazón.
- Desplome de encofrados por causa de la disposición de puntales.

5.1.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Los puntales se acopiarán ordenadamente por capas horizontales de un único puntal en altura y fondo el que desee, con la única salvedad de que cada capa se disponga de forma perpendicular a la inmediata inferior.
- Se prohíbe expresamente tras el desencofrado el amontonamiento irregular de los puntales.
- Los puntales se izarán (o descenderán) a las plantas en paquetes uniformes sobre bateas, flejados para evitar derrames innecesarios.
- Los puntales se izarán (o descenderán) a las plantas en paquetes flejados por los extremos.
- El conjunto, se suspenderá mediante aparejo de eslingas del gancho de la grúa torre.
- Se prohíbe expresamente en esta obra la carga a hombro de más de dos puntales por un solo hombre en prevención de sobreesfuerzos.
- Los puntales de tipo telescopio se transportarán a brazo u hombro con los pasadores y mordazas instaladas en posición de inmovilidad de la capacidad de extensión o retracción de los puntales.

- Los tablones durmientes de apoyo de los puntales que deben trabajar inclinados con respecto a la vertical serán los que se acuñarán. Los puntales, siempre apoyarán de forma perpendicular a la cara del tablón.
- Los puntales se clavarán al durmiente y a la sopanda, para conseguir una mayor estabilidad. El reparto de la carga sobre las superficies apuntaladas se realizará uniformemente repartido. Se prohíbe expresamente en esta obra las sobrecargas puntuales.

5.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Las propias del trabajo en el que se empleen puntales.

5.3 ANDAMIOS EN GENERAL

5.1.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Caídas a distinto nivel (al entrar o salir).
- Caídas al mismo nivel.
- Desplome del andamio.
- Desplome o caída de objetos (tablones, herramientas, materiales).
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos.

5.1.2 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

- Los andamios siempre se arriostrarán para evitar los movimientos indeseables que pueden hacer perder el equilibrio a los trabajadores.

- Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.
- Los pies derechos de los andamios en las zonas de terreno inclinado, se suplementarán mediante tacos o porciones de tablón, trabadas entre sí y recibidas al durmiente de reparto.
- Las plataformas de trabajo atendrán un mínimo de 60 cm. de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamientos o vuelco.
- Las plataformas de trabajo, independientemente de la altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapiés.
- Las plataformas de trabajo permitirán la circulación intercomunicación necesaria para la realización de los trabajos.
- Los tablones que formen las plataformas de trabajo estarán sin defectos visibles, con buen aspecto y sin nudos que mermen su resistencia. Estarán limpios, de tal forma, que puedan apreciarse los defectos por uso y su canto será de 7 cm como mínimo.
- Se prohíbe abandonar en las plataformas sobre los andamios, materiales o herramientas. Pueden caer sobre las personas o hacerles tropezar y caer al caminar sobre ellas.
- Se prohíbe arrojar escombros directamente desde los andamios. El escombros se recogerá y se descargará de planta en planta, o bien se verterá a través de trompas.
- Se prohíbe fabricar morteros (o asimilables) directamente sobre las plataformas de los andamios.
- La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm. en prevención de caídas.
- Se prohíbe expresamente correr por las plataformas sobre andamios, para evitar los accidentes por caída.
- Se prohíbe “saltar” de la plataforma andamiada al interior del edificio, el paso se realizará mediante una pasarela instalada para tal efecto.

- Los andamios se inspeccionarán diariamente por el Capataz, Encargado o Vigilante de Seguridad, antes del inicio de los trabajos, para prevenir fallos o faltas de medidas de seguridad.
- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de inmediato para su reparación (o sustitución).
- Los reconocimientos médicos previos para la admisión del personal que deba trabajar sobre los andamios de esta obra, intentarán detectar aquellos trastornos orgánicos (vértigo, epilepsia, trastornos cardíacos, etc.), y que puedan padecer y provocar accidentes al operario. Los resultados de los reconocimientos se presentarán a la Dirección Facultativa (o a la Jefatura de Obra.).

5.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante (según caso).
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.

6. SEÑALIZACIONES

Una de las actuaciones preventivas a desarrollar en la obra es señalizar los riesgos que han quedado descritos en apartados precedentes, en el entendimiento de que ello no los elimina y no dispensa en ningún caso de la obligación de adoptar las medidas preventivas y de protección mencionadas.

Las señales de seguridad están clasificadas y definidas por el Real Decreto 485/97, establece las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en el trabajo. Las dimensiones de las señales determinan la distancia desde la que son observables, debiéndose tener en cuenta para su adecuada distribución y colocación. Además de las señales, pueden utilizarse otros instrumentos para informar a los trabajadores de los riesgos

presentes, protecciones necesarias, etc., que aunque no estén reguladas por la Administración, deben utilizarse en obra y entre ellas:

- Carteles de aviso (de peligro, de precaución, de instrucciones de seguridad o informativos).
- Timbres, sirenas, bocinas, etc.
- Balizamientos mediante banderolas, cintas y barreras móviles.
- Pintura de riesgo permanente (esquinas, pilares, huecos en pisos, partes salientes de equipos móviles, etc.), consistentes en bandas alternadas oblicuas amarillas sobre fondo negro, de la misma anchura e inclinación 60° respecto a la horizontal.

7. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

A continuación se evalúa “el riesgo de accidente” en la obra una vez aplicadas las medidas de protección tanto individuales como colectivas. La evaluación se fija con el siguiente escalado de riesgo de accidentes:

- Alto.
- Medio.
- Bajo.
- Muy Bajo.

Esta clasificación es independiente de la gravedad del accidente que puede provocar.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,



Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES

CONTENIDO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1. Definición y ámbito de aplicación	223
2. Descripción de las obras	223
3. Condiciones de los materiales	223
3.1 Disposiciones aplicables	223
3.2 Ingeniería civil	226
3.2.1 Rellenos y terraplenes	226
3.2.2 Pedraplenes.....	226
3.2.3 Cemento.....	227
3.2.4 Agua de amasado	229
3.2.5 Áridos para morteros y hormigones	229
3.2.6 Aditivos.....	230
3.2.7 Hormigones	231
3.2.8 Piedras	232
3.2.9 Encofrados	232
3.2.10 Apeos y cimbras	233
3.2.11 Acero para armaduras	233
3.2.12 Mallas electrosoldadas	234
3.2.13 Juntas	234
3.2.14 Tuberías de PVC	235
3.2.15 Materiales no especificaos en el pliego	235
4. Ejecución de las obras	236
4.1 Replanteo	236
4.2 Excavaciones en zanjas y pozos	236

4.2.1 Preparación del terreno.....	237
4.2.3 Excavación.....	237
4.3 Relleno.....	238
4.4 Terraplén.....	238
4.5 Zahorras naturales.....	239
4.6 Relleno del material filtrante.....	239
4.7 Entibaciones.....	239
4.8 Obras de hormigón.....	241
4.9 Armaduras.....	247
4.10 Mortero de cemento.....	249
4.11 Tuberías de PVC.....	249
5. Mediciones.....	250
5.1 Medición del desbroce y limpieza del terreno.....	250
5.2 Medición de la excavación.....	250
5.3 Medición de los hormigones.....	250
5.4 Encofrados.....	251
6. Disposiciones generales.....	251
6.1 Plazo de ejecución de las obras y puesta a punto.....	251
6.2 Programa de trabajo.....	251
6.3 Replanteo previo de las obras.....	251
6.4 Disposiciones legales complementarias.....	252
6.5 Prescripciones generales para la ejecución de las obras.....	253
6.6 Medidas de protección y limpieza.....	253
6.7 Ensayos y reconocimiento.....	253
6.8 Pruebas antes de la recepción.....	254
6.9 Pruebas de funcionamiento.....	254

6.10 Obligaciones sociales, laborales y económicas	254
6.10.1 Pérdidas y averías en la obra	254
6.10.2 Daños y perjuicios.....	256
6.10.3 Reclutamiento del personal.....	256
6.10.4 Objetos hallados en las obras	257
6.10.5 Afecciones y ocupación de terrenos.....	257
6.10.6 Servidumbres, autorizaciones, permisos y licencias.....	258

1. DEFINICIÓN Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares constituye el conjunto de normas que juntamente con las preestablecidas en los planos del Proyecto, definen todos los requisitos técnicos de las obras que son objeto del mismo proyecto.

En general se ha procedido a definir lo más exhaustivamente posible los conceptos que cada unidad de obra comprende.

Este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares tiene por objeto:

- Estructurar la organización general de la obra.
- Fijar las características de los materiales a emplear.
- Establecer las condiciones que debe cumplir el proceso de ejecución de la obra.
- Establecer los ensayos y pruebas a realizar.
- Organizar el modo y manera en que se ha de realizar las mediciones de las distintas unidades de obra.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

En el Anexo 4 de plan de obra, del Documento 2 de anexos, puede verse más detalladamente la descripción de las obras.

3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

3.1 DISPOSICIONES APLICABLES

Además de los especificados en el presente Pliego, serán de aplicación las disposiciones, normas y reglamentos, cuyas prescripciones, en cuanto puedan afectar a las obras objeto de este Pliego, quedan incorporadas a él formando parte integrante del mismo.

En caso de discrepancia entre algunas de estas normas, se adoptará la decisión del Ingeniero Director de la Obra.

Serán de aplicación de modo explícito las siguientes normas y disposiciones:

- Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de Junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 1098/2001 de 12 de Octubre por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas
- Reglamento General de Contratación, aprobado por Decreto 3410/1.975 de 25 de Noviembre, en lo que sea aplicable.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, aprobado por Decreto 3584/1.970 de 31 de Diciembre.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares y Pliego de Bases, que sirvan de base para la licitación de las obras.
- Instrucción de recepción de cementos R.C. 97. - Pliego de Prescripciones técnicas generales para las obras de Carreteras y Puentes M.O.P. (Febrero de 1.976) (PG3).
- Instrucción para el Proyecto y ejecución de las obras de hormigón pretensado (EP/80).
- Instrucción de hormigón estructural (EHE-99). Real Decreto 2661/1.998.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de Aguas, aprobado por O.M. de 28 de Julio de 1.974.
- Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado.
- Instrucción para el Proyecto y ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96 R.D. 2608/1996 de 20 de Diciembre).
- Pliego de Condiciones Facultativas Generales para obras de Abastecimiento de agua, aprobado por O.M. de 7 de Enero de 1.974 y para obras de saneamiento, aprobado por O.M. de 23 de Julio de 1.949.
- Normas A.S.T.M. para tubos de hormigón y hormigón armado C-14, C-76, C-497, C- 443, C-969, C-478.
- Normas para la redacción de Proyectos de abastecimientos y saneamiento de poblaciones, de la Dirección General de Obras Hidráulicas (M.O.P.U. 1.977)

- Instrucción para Estructuras Metálicas, del Instituto Eduardo Torroja (E.M. 62).
- Normas de Ensayo del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo (M.O.P.U.).
- Métodos de Ensayo del Laboratorio Central (M.O.P.U.).
- Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura de 4 de Junio de 1.973.
- Recomendaciones para el Proyecto y ejecución de cimentaciones superficiales de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.
- Normas Tecnológicas de Edificación del Ministerio de la Vivienda.
- Normas U.N.E. - Reglamento Nacional del Trabajo en la Construcción y Obras Públicas y Disposiciones Complementarias (Orden del 11 de Abril de 1.946 y 8 de Febrero de 1.951).
- Reglamentación y órdenes en vigor sobre seguridad y salud en el trabajo en la Construcción y Obras Públicas.
- O.M. de 14 de Marzo de 1.960 y O.C. número 67 de la Dirección General de Carreteras sobre señalización de las obras (M.O.P.U.).
- Norma Sismo-resistente PDS-1 (1974) y Norma de Construcción Sismoresistente NCSE-94 (1994).
- Instalaciones de transformadores y líneas en general C.M. de 13 Febrero 1.949 B.O.E. 10-04-49.
- Normas para construcción de líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión en los servicios de obras públicas (Decreto 28-11-68).
- Reglamento técnico de líneas áreas eléctricas de A. Tensión (28 de Noviembre de 1.968).
- Reglamento electrotécnico de baja tensión. Decreto 2.413/1.973 de 20 de Septiembre.
- Tramitación de autorización para el establecimiento de líneas eléctricas (O.M. de 09- 02-86).
- Normas de Asociación Electrónica Española (A.E.E.) para materiales.
- Normas para materiales eléctricos.
- Reglamentos de Armas y Explosivos, Decreto de 27-12-1.944.

- Proyecto de Norma Española PNE-53.331 para tubo de UPVC y HDPE.

Si alguna de las Prescripciones o Normas a las que se refieren los párrafos anteriores coincidieran de modo distinto, en algún concepto, se entenderá como válida la más restrictiva.

3.2 INGENIERÍA CIVIL

3.2.1 RELLENOS Y TERRAPLENES

Los productos destinados a rellenos y terraplenes, precisarán la previa conformidad del Director Técnico de la Obra. No podrán utilizarse suelos orgánicos turbosos, fangos ni tierra vegetal. Las características de dichos materiales deberán responder a las condiciones exigidas en el PG-3, artículo 330.

Las zahorras naturales cumplirán lo prescrito en el artículo 500 del PG-3.

Los áridos a emplear como material filtrante han de cumplir las condiciones del artículo 421 del PG-3.

3.2.2 PEDRAPLENES

Las piedras que se utilicen para escolleras y pedraplenes serán graníticas, duras, sin meteorización apreciable, de contextura homogénea y sin juntas o grietas, no admitiéndose los cantos de forma alargada o lajosa ni las piedras que presenten señales que hagan prever su rotura en planos o prismas o su fácil meteorización futura.

La piedra tendrá un peso específico no inferior a dos sesenta y cinco toneladas por metro cúbico ($2,65 \text{ t/m}^3$) según la Norma NTL-153/58, y la absorción será inferior al uno con cinco por ciento (1,5%) en peso.

La resistencia a compresión en probeta cúbica no será inferior a mil kilogramos por centímetro cuadrado (1.000 Kg/cm^2).

El coeficiente de resistencia al desgaste, medido por el ensayo de Los Ángeles (NTL- 149/72), será inferior a 30. La pérdida de peso de la piedra al someterla a 5 ciclos de

ataque por sulfato cálcico o magnésico debe ser inferior al 10%. La piedra no sufrirá daños en el ensayo de inmersión.

La piedra no presentará síntomas de meteorización o de descomposición química, ni presencia de carbonatos o sulfatos de hierro, y superará el 85% de carbonato según el método de Berrand.

Una vez elegida la cantera, el Contratista enviará una muestra de la piedra para su examen en un laboratorio homologado, previa autorización del Ingeniero Director de la obra. Este examen de la piedra será simplemente informativo, correspondiendo la decisión de aceptarla o rechazarla al Ingeniero Director de la obra, teniendo en cuenta las condiciones de este Pliego y las normas de la buena construcción.

3.2.3 CEMENTO

Cumplirá las prescripciones del vigente Pliego de Condiciones Generales para la recepción de conglomerantes hidráulicos y sus posteriores modificaciones (RC-97), así como los del Artículo 202 del PG-3.

Se aplicarán así mismo las recomendaciones y prescripciones contenidas en la vigente "Instrucción de Hormigón estructural (EHE)". Son de aplicación las Normas UNE contenidas en el Anejo nº 2 de la citada Instrucción. Se empleará el cemento señalado en las citadas normas. Cualquier otro tipo de cemento a utilizar deberá ser aprobado por el Ingeniero Director de las obras.

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de los cementos y sus componentes se atenderán a las Normas UNE 80301/96 "Cementos, Cementos comunes, composición, especificaciones y criterios de conformidad" y UNE 80307/96 "Cementos para usos especiales".

Cuando la Dirección de Obra estime conveniente o necesario el empleo de un cemento especial, resistente a alguna agresividad de subsuelo, el Contratista seguirá sus indicaciones. Se cumplirán además las siguientes prescripciones.

- Estabilidad del volumen: la expansión en la prueba de autoclave será inferior al 0,5% (ASTMG-151-51).
- Cal libre: El contenido de cal libre será inferior al 1,5% del peso total.

- Regularidad: En el transcurso de la obra el cemento deberá tener características homogéneas.
- Calor de hidratación: Medido en calorímetro de disolución no excederá de sesenta y cinco calorías/gr a los tres días, ni de ochenta calorías/gr a los siete días.
- La temperatura del cemento no excederá de cuarenta grados al utilizarlo. Si en el momento de la recepción fuese mayor se ensilará hasta que descienda por debajo de dicho límite.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El cemento será transportado en envases de papel, de un tipo aprobado oficialmente, en los que deberá figurar expresamente el tipo de cemento y la marca de fábrica, o bien a granel, en depósitos herméticos, en cuyo caso deberá acompañar a cada remesa el documento de envío con las mismas indicaciones citadas. Las cisternas empleadas para el transporte del cemento estarán dotadas de medios mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los silos de almacenamiento.

El cemento se almacenará en un almacén o sitio protegido convenientemente contra la humedad del suelo y paredes, de manera que permita el fácil acceso para la adecuada inspección o identificación de cada remesa. Si el cemento se almacena en sacos, éstos se apilarán dejando corredores entre las distintas pilas. Entre cada capa de cuatro sacos, como máximo, se colocará un tablero o tarima que permita la aireación de las pilas de sacos.

CONTROL DE CALIDAD

Ensayos antes de comenzar el hormigonado:

- Finura de molido según 7.1 de RC-97.
- Principio y fin de fraguado según 7.3 de RC-97.
- Expansión según 7.4 ó 7.5 de RC-97.
- Resistencia mecánica según 7.6.1 de RC-97.
- Pérdida al fuego según 8.2 de RC-97.
- Residuo insoluble según 8.3.1 ó 8.3.2 de RC-97.

Ensayos durante el hormigonado:

Se realizarán los mismos ensayos que los establecidos para antes de comenzar el hormigonado, con una frecuencia mínima de una vez cada tres meses.

Serán exigibles además los certificados de ensayos enviados por el fabricante y correspondientes a la partida que se vaya a utilizar.

3.2.4 AGUA DE AMASADO

Deberá cumplir las condiciones que prescribe el artículo correspondiente de la Instrucción EHE, además de las expuestas en el artículo 280 del PG-3.

Se realizarán los ensayos antes de comenzar las obras, si no se tienen antecedentes del agua que se va a utilizar y cuando varíen las condiciones de suministro. Los ensayos a realizar serán:

- Toma de muestras UNE 7236
- pH según UNE 7234
- Sustancias disueltas UNE 7130
- Sulfatos, expresado en SO₄ UNE 7131
- Ión cloro CL- UNE 7178
- Hidratos de carbono UNE 7132
- Sustancias orgánicas solubles en éter UNE 7235

3.2.5 ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES

Los áridos se ajustarán a lo prescrito en los artículos correspondientes de la Instrucción EHE.

Podrán utilizarse áridos, naturales o artificiales, procedentes del machaqueo de rocas, siempre que sean de grano duro, no deleznable y de densidad no inferior a dos enteros cuatro décimas (2,4). La utilización de arenas de menor densidad exigirá el previo análisis en laboratorio para dictaminar acerca de sus cualidades.

Los áridos gruesos podrán obtenerse de graveras o machaqueo de piedras naturales. El tamaño máximo de los áridos gruesos nunca será superior a cincuenta (50) milímetros.

La granulometría de áridos para los distintos hormigones se fijará de acuerdo con ensayos previos para obtener la curva óptima y la compacidad más conveniente, adoptando como mínimo, tres tamaños. Estos ensayos se harán cuantas veces sean necesarios para que la Dirección de Obra apruebe las granulometrías a emplear.

Ensayos a realizar cada 400 m³ para áridos gruesos:

- Granulometría según UNE 7139
- Partículas blandas según UNE 7134
- Finos que para tamiz 0,08 UNE 7050 según UNE 7135
- Material que flota en líquido de peso específico según UNE 7244
- Coeficiente o forma según UNE 7238
- Ensayo de pérdidas en solución de SO₄Na₂ o SO₄Mg según NLT 158/72
- Compuesto de azufre expresado en SO₄ y referido al árido seco según UNE 7245
- Coeficiente de limpieza según NLT 172/86
- Ensayo de desgaste de los Ángeles NLT 149/72

No se utilizarán áridos finos que dé positiva la prueba de determinación de materia orgánica según UNE 7082.

El equivalente de arena para estos áridos finos será superior a 75.

3.2.6 ADITIVOS

Cualquier tipo de aditivo a emplear, deberá ser aprobado por el Director de las obras, que podrá exigir las pruebas que considere necesarias para el empleo del aditivo propuesto.

Serán exigibles además los certificados de garantía y ensayos enviados por el fabricante y correspondiente a la partida que se vaya a utilizar.

3.2.7 HORMIGONES

En todo lo que se refiere a hormigones estructurales será de aplicación la “Instrucción de Hormigón Estructural” EHE y todo su articulado, entendiendo como tales los definidos en el Artículo 1º de la misma.

En particular, serán de aplicación el Anejo 2 que contiene la relación de Normas UNE y el Anejo 10 de Tolerancias.

Las características mecánicas de los hormigones empleados en las estructuras deberán cumplir las condiciones impuestas en el Artículo 39º de la Instrucción EHE. Los hormigones se tipificarán de acuerdo con el formato expuesto en el punto 39.2 de la EHE.

El hormigón que se prescriba deberá ser tal que, además de la resistencia mecánica, asegure el cumplimiento de los requisitos de durabilidad (contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento máxima) correspondientes al ambiente del elemento estructural, según 37.3 de la EHE.

La rotura de probetas se hará en un Laboratorio designado por la Dirección de Obra según las especificaciones que éste estime oportunas, estando el Contratista obligado a transportarlas al mismo antes de los siete días a partir de su confección sin percibir por ello cantidad alguna.

En el caso de que la resistencia característica resultara inferior a la carga de rotura exigida, el Contratista estará obligado a aceptar las medidas correctoras que adopte la Dirección de Obra, reservándose siempre ésta el derecho a rechazar el elemento de obra, o bien a considerarlo aceptable, pero abonable a precio inferior al establecido en el Cuadro de Precios para la unidad de que se trate.

La densidad o peso específico que deberán alcanzar todos los hormigones no será inferior a dos enteros cuarenta centésimas (2,40) y si la media de seis probetas, para cada elemento ensayado, fuera inferior a la exigida en más del dos por ciento (2%), la Dirección de Obra podrá ordenar todas las medidas que juzgue oportunas para corregir el defecto, rechazar el elemento de obras o aceptarlo con una rebaja en el precio de abono.

En caso de dificultad o duda por parte de la Dirección de Obra para determinar esta densidad con probetas de hormigón tomadas antes de su puesta en obra, se extraerán del

elemento de que se trate las que aquella juzgue precisas, siendo de cuenta del Contratista todos los gastos que por ello se motiven.

CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad del hormigón comprenderá el de su resistencia, consistencia y durabilidad, además de las pertinentes comprobaciones del tamaño del árido según el artículo 81º de la EHE y de las reflejadas en este Pliego.

Para el control de la consistencia serán preceptivas las especificaciones del Artículo 83º del EHE, realizándose una determinación de consistencia por cada amasada según la norma UNE 83313/90.

El control de resistencia del hormigón se realizará, según la modalidad 3, de acuerdo con las prescripciones del Artículo 88º de la EHE.

Los ensayos previos del hormigón se realizarán en laboratorio antes de comenzar el hormigonado de la obra, de acuerdo con el artículo 68º de la EHE. Se llevarán a cabo fabricando cuatro series de probetas procedentes de amasadas distintas, de dos probetas cada una para ensayo a los 28 días de edad, para cada dosificación que se quiera establecer, y se operará de acuerdo con los métodos de ensayo UNE 83300/84, 83301/91, 83303/84 y 83304/84.

3.2.8 PIEDRAS

La piedra será compacta y tenaz, no friable, blanca, absorbente ni heladiza y completamente limpia de arcillas y partes descompuestas, no presentará grietas, pelos y oquedades. La piedra a utilizar en mampostería deberá cumplir las condiciones definidas en los artículos 651 al 655 del PG 3/75, dependiendo del tipo.

3.2.9 ENCOFRADOS

Cumplirán lo prescrito en el artículo 680 del PG-3. Serán de madera, metálicos o de otro material rígido que reúna análogas condiciones de eficacia. Tanto las uniones como las piezas que constituyen los encofrados deberán poseer la resistencia y rigidez necesarias para que, con la marcha de hormigonado prevista y, especialmente, bajo los efectos

dinámicos producidos por el vibrado, cuando se utilice este procedimiento, esfuerzos anormales ni movimientos perjudiciales.

Las superficies interiores de los encofrados deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los paramentos presenten, en cada caso, el aspecto requerido. Tanto las superficies interiores de los encofrados, como los productos que a ellas se pueden aplicar, no contendrán sustancias agresivas en la masa del hormigón.

La madera a emplear en encofrados, entibaciones de zanjas, apeos, cimbras, andamios, demás medios auxiliares y carpintería de armar, deberá cumplir las condiciones correspondientes del PG-3, artículo 286.

En las obras permanentes, el Ingeniero Director determinará en cada caso la clase de madera más adecuada y sus dimensiones precisas, cuando no están especificadas en los planos del Proyecto y las correspondientes cubicaciones.

Para el cálculo de los encofrados se supondrá que el hormigón fresco es un líquido de densidad igual a dos con cuatro toneladas por metro cúbico.

3.2.10 APEOS Y CIMBRAS

Cumplirán las prescripciones del artículo 681 del PG-3.

3.2.11 ACERO PARA ARMADURAS

Los aceros para armaduras cumplirán las condiciones de los Artículos correspondientes de la “Instrucción EHE” y, en particular, los Anejos 2 y 10.

Se emplearán, en todos los casos, barras corrugadas de acero B 500 S. Su límite elástico será igual o superior a quinientos diez MPa (510 MPa). El alargamiento a la rotura, medido sobre la base de cinco diámetros, será no menor al catorce por ciento (14%).

En el caso de que el acero sea soldado esta característica deberá ser comprobada cuando lo ordene la Dirección de Obra con arreglo a lo indicado en la Norma UNE 36068.

ENSAYOS

El Contratista controlará la calidad de los aceros a emplear en armaduras para que sus características se ajusten a lo indicado en el presente Pliego y en la “Instrucción EHE”.

El control de calidad del acero se hará a nivel normal según lo expuesto en el Artículo 90º de la EHE, diferenciando aquellos casos en los que el acero esté certificado de los que no lo esté (Artículos 31º y 32º).

3.2.12 MALLAS ELECTROSOLDADAS

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes cumplirán lo establecido en la Instrucción EHE y estarán fabricadas con barras corrugadas.

El límite elástico, alargamiento a rotura y ensayos de aceptación del material serán los especificados en el artículo anterior.

3.2.13 JUNTAS

Se definen como juntas a las bandas elásticas que independizan constructivamente las distintas partes en que se divide una estructura y sirven para absorber movimientos por efectos térmicos e impermeabilización.

Distinguiremos los siguientes tipos de juntas:

- Junta de contracción y/o dilatación.
- Junta de construcción.

Las juntas de contracción y hormigonado se fijarán de acuerdo con el plan de obra y las condiciones climatológicas pero siempre con antelación al hormigonado y previa aprobación de la Dirección de Obra.

3.2.14 TUBERÍAS DE PVC

El material utilizado estará compuesto por policloruro de vinilo (P.V.C.) rígido mediante moldeo por inyección.

Las tuberías utilizadas en conducciones por gravedad se clasificarán por su diámetro nominal (diámetro exterior de la tubería) y espesor de la pared.

Las tuberías utilizadas en conducciones a presión se clasificarán por su diámetro nominal (diámetro exterior de la tubería) y por la presión máxima de trabajo definida en kg por centímetro cuadrado.

Para el control de calidad será necesaria la realización de los siguientes ensayos en fábrica:

- Examen visual del aspecto general de las tuberías.
- Comprobación de las dimensiones, espesores y rectitud de las tuberías.
- Ensayo de la estanqueidad.
- Ensayo al calentamiento.
- Resistencia a la presión hidráulica interior.
- Comportamiento al calor.
- Resistencia al impacto.

Estos ensayos, si el Director de la Obra lo considera oportuno, podrán sustituirse por un sello de calidad en vigor y emitido por un organismo homologado, o por un certificado de autocontrol sistemático de fabricación.

3.2.15 MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN EL PLIEGO

Los materiales cuyas condiciones no están especificadas en este Pliego cumplirán las prescripciones de los Pliegos, Instrucciones o Normas aprobadas con carácter oficial, en los casos que dichos documentos sean aplicables. La Dirección de obra podrá rechazar dichos materiales si no reúnen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motivara su empleo, sin el que el Contratista tenga derecho, en tal caso, a reclamación alguna.

Los azulejos y baldosines, además de cumplir las condiciones anteriores, deberán ser completamente planos y con el esmalte completamente liso y de color uniforme.

4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

4.1 REPLANTEO

El replanteo o comprobación general del proyecto, se efectuará dejando sobre el terreno, señales o referencias que tengan suficientes garantías de permanencia para que, durante la construcción, pueda fijarse, con relación a ellas, la situación en plantas o alzado de cualquier elemento o parte de las obras, estando obligado el Contratista a la custodia y reposición de las señales que se establezcan.

Las operaciones de replanteo serán presenciadas por el Ingeniero Director y el Contratista, o por las personas en quienes deleguen, debiendo levantarse el Acta correspondiente y se harán por cuenta del Contratista.

4.2 EXCAVACIONES EN ZANJAS Y POZOS

Se define como excavación en explanaciones el conjunto de operaciones necesarias para conseguir obtener a partir del terreno natural las diferentes plataformas de urbanización de la planta.

Las dimensiones principales serán longitud y anchura en comparación con la altura.

En su realización se emplearán con predominio bulldozer y palas cargadoras.

Se define como excavación en cimentaciones, el conjunto de operaciones encaminadas a conseguir el emplazamiento adecuado de los aparatos que constituyen la planta a partir del terreno natural o de las plataformas obtenidas en la explanación antes mencionada.

Además de la maquinaria antes empleada será necesario el uso de retroexcavadoras. Por último se define como excavación en zanjas y pozos aquella en la que predomina o bien la longitud en el primer caso o bien la altura en el segundo. La maquinaria predominante será la retroexcavadora. Este artículo se refiere a todas las operaciones

necesarias de limpieza del terreno, excavación y refinado de la caja, de acuerdo con la definición de secciones obtenida en los planos.

4.2.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno y el desbroce consistirá en la extracción y almacenamiento de la tierra vegetal existente en el terreno. En esta operación estará incluida la separación del arbolado y el matorral que se llevará directamente a vertedero, o bien será quemado sin empleo de combustible en un lugar seguro a tal efecto.

El espesor de la tierra vegetal a excavar en cada zona será el que se tenga en cada sitio y, en todo caso, el que ordene la Dirección de Obra.

Los acopios de tierra vegetal se realizarán en lugares de fácil acceso dentro de la finca, que no interfieran en futuras obras de la planta para su conservación y posterior transporte al lugar de empleo.

Al excavar la tierra vegetal se pondrá especial cuidado en no contaminarla con barro, para lo cual se utilizará maquinaria ligera e incluso, si la tierra está seca, se podrán emplear motoniveladoras.

Los acopios se harán en caballones de altura no superior a dos metros, con los taludes laterales lisos e inclinados para evitar la erosión y el encharcamiento.

La tierra vegetal que no se acopie para su uso posterior se llevará a vertedero, como si de un suelo inadecuado se tratase.

4.2.3 EXCAVACIÓN

El Contratista de las obras notificará al Ingeniero Director con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación, a fin de que éste pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado.

Una vez terminadas las operaciones de despeje y desbroce, se iniciarán las obras de excavación. La excavación continuará hasta llegar a la profundidad deseada y se obtengan una superficie firme y limpia, a nivel o escalonada. El Ingeniero Director podrá modificar

tal profundidad si, a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario, a fin de garantizar unas condiciones satisfactorias de la obra.

En cualquier caso y previos los exámenes y pruebas correspondientes, el Ingeniero Director determinará los materiales excavados aptos para su utilización posterior en las obras de este Proyecto. Los materiales no aptos, o que, por cualquier causa, no tuviesen empleo inmediato, se colocarán siempre en caballeros en la zona que indique la Administración y ésta hará de ellos el uso que crea conveniente.

Si apareciesen, al proceder a la excavación, materiales deleznable, blandos o inadecuados, se retirarán en la misma forma y condiciones que la excavación normal, según se especifica en este mismo artículo, siendo sustituidos por materiales adecuados.

La excavación se realizará con el mayor cuidado, al objeto de no deteriorar muros y casas próximas, entibando cuando fuera necesario.

4.3 RELLENO

Se define como relleno el transporte, la extensión y compactación de materiales terrosos o pétreos, a realizar en zanjas, trasdós de obra de fábrica, o cualquier otra zona cuyas dimensiones no permiten la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo normalmente la ejecución de terraplenes.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontal. El espesor será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga un grado de compactación adecuado a juicio del Ingeniero Director.

4.4 TERRAPLÉN

Se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los artículos 330 y 340 del PG-3.

El espesor de tongada óptimo deberá, en cada caso, determinarse mediante ensayos previos de terraplenes.

En el núcleo y cimentación de terraplenes se utilizarán suelos adecuados o tolerables. Según el PG-3, compactados al 95% PN y en los 50 cm de coronación se

emplearán suelos seleccionados compactados al 100% PN, excepto en las zonas ocupadas por jardinería en que se coronará con 30 cm de tierra vegetal.

Antes de extender una tongada se procederá, si fuera necesario, a la homogeneización y humectación. Todas las operaciones de aportación de agua se harán antes de la compactación.

4.5 ZAHORRAS NATURALES

La ejecución se hará conforme a lo prescrito en el Artículo 500 del PG-3.

4.6 RELLENO DEL MATERIAL FILTRANTE

Se ejecutarán con arreglo al artículo 421 del PG-3.

4.7 ENTIBACIONES

Se define como entibación la obra provisional de sostenimiento de cajas excavadas o túneles que permiten continuar la obra y que se realiza mediante estructuras de hierro o madera. Se refiere este Artículo a la realización y puesta en obra de dichas estructuras.

Estas obras se realizarán siempre que el Ingeniero Director lo ordene. El Contratista deberá someter a su aprobación la solución que crea más conveniente.

Las entibaciones y apeos deberán ser ejecutados por personal especializado en esta material, no admitiéndose en ningún caso, excepto en las ayudas a otro, personal no clasificado como tal.

Todos los accidentes que pudieran producirse por negligencia en el cumplimiento de lo preceptuado, serán de la exclusiva responsabilidad del Contratista.

ENCOFRADOS Y CIMBRAS

Cumplirán lo prescrito en los artículos 680 y 681 respectivamente del PG-3 y en los correspondientes de la EHE.

Se autoriza el empleo de técnicas especiales de encofrado, cuya utilización y resultados se hallan sancionados como aceptables por la práctica, siempre que hayan sido previamente aprobadas por el Ingeniero Director.

Los encofrados, con sus ensambles, soportes o cimbras, deberán tener la resistencia y rigidez necesarias para que no se produzcan, en ningún caso, movimientos locales ni de conjunto perjudiciales para la resistencia de las obras.

Antes de empezar el hormigonado de una nueva zona deberán estar dispuestos todos los elementos que constituyen los encofrados y se realizarán cuantas comprobaciones sean necesarias para cerciorarse de la exactitud de su colocación.

Los enlaces de los distintos paños o elementos que forman los moldes serán sólidos y sencillos, de manera que el montaje pueda hacerse fácilmente y de forma que el atacado o vibrado del hormigón pueda realizarse perfectamente en todos los puntos.

La resistencia se determinará en las probetas de ensayo o, en su defecto, previa aprobación del Ingeniero Director, podrá procederse al desencofrado o descimbramiento de acuerdo con los plazos que arroja la norma vigente de la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)”, pudiéndose desencofrar los elementos que no produzcan en el hormigón cargas de trabajo apreciables, en plazos de una tercera parte del valor de los anteriores.

Durante las operaciones de desencofrado y descimbramiento se cuidará de no producir sacudidas ni choques en la estructura y de que el descenso de los apoyos se haga de un modo uniforme.

Antes de retirar las cimbras, apeos y fondos, se comprobará que la sobrecarga total actuante más las de ejecución por peso de la maquinaria, de los materiales almacenados, etc., no supere el valor previsto en el cálculo como máximo.

Cuando al desencofrar se aprecian irregularidades en la superficie del hormigón, no se repasarán estas zonas defectuosas sin la autorización del Ingeniero Director, quien resolverá, en cada caso, la forma de corregir el defecto.

Se utilizarán berenjenos para achaflanar todas las aristas vivas de las zonas de hormigón.

4.8 OBRAS DE HORMIGÓN

Las unidades referentes a estos hormigones comprenden la aportación de conglomerantes, áridos, agua y aditivos si se emplean, la fabricación del hormigón, el transporte al lugar de empleo, la puesta en obra con parte correspondiente a encofrados, cimbras y andamios, el curado y cuantas atenciones se requieran para dejar la obra totalmente terminada.

La dosificación de los áridos, cemento y agua se hará en peso, exigiéndose una precisión en la pesada de cada uno de los elementos, que dé un error inferior al dos por ciento (2%). Se exige que cada material tenga una báscula independiente. El final de cada pesada deberá ser automático, tanto para los áridos como para el agua y el cemento. Una vez por semana, como mínimo, se procederá por el Contratista a la comprobación de manera fehaciente para la Dirección de Obra de que la instalación de dosificación funciona correctamente.

Se emplearán los medios de transporte adecuados, de modo que no se produzca segregación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en la mezcla. Se admite el uso de camiones hormigoneras en tiempos de transporte inferiores a una hora y media entre la carga del camión y la descarga en el tajo.

Se prohíbe la caída del hormigón en alturas superiores a dos (2) metros.

En caso de estructuras de pequeño canto y gran altura, tales como muros y otros elementos verticales, se colocará el hormigón mediante bomba, o bien, tubería a modo de “trompa de elefante”, de tal manera que la caída del hormigón no sea superior a 2 metros.

No se permitirá el reamasado de la masa para corregir posibles defectos de segregación.

No se permitirá la adición de agua, una vez que el hormigón haya salido de la hormigonera, para corregir posibles problemas de transporte.

El hormigón se verterá en tongadas cuyo espesor será inferior a la longitud de los vibradores que se utilicen, de tal modo que sus extremos penetren en la tongada, ya vibrada, inmediatamente inferior. En cualquier caso es preceptivo que el hormigón se consolide mediante vibradores de frecuencia igual o mayor de seis mil (6.000)

revoluciones por minuto. La distancia entre puntos de aplicación del vibrador será del orden de cincuenta (50) centímetros, salvo que se observe que entre cada dos puntos no quede bien vibrada la parte equidistante. En este caso, los puntos de aplicación se determinarán a la vista de las experiencias previas.

En las obras de hormigón armado, los hormigones se colocarán en tongadas de veinte (20) a treinta (30) centímetros.

En la ejecución de los elementos de superestructura se deberá disponer de un sistema de puesta en obra complementario, de tal modo que, al fallar el principal, pueda llegarse a conformar el hormigón que se esté colocando en junta perpendicular a la dirección de las armaduras principales del hormigón armado.

Los moldes habrán de retirarse de tal forma que no arranquen al separarse de la superficie de hormigón parte de la misma. Para ello el Contratista mantendrá siempre limpios los moldes, usando, si fuera preciso, algún desencofrante.

No se someterán las superficies vistas a más operaciones de acabado que la que proporciona un desencofrado cuidadoso, que en ningún caso será realizado antes de veinticuatro horas.

El curado del hormigón comenzará, a partir del desencofrado, a las veinticuatro (24) horas de colocado en las superficies libres. Se mantendrá húmeda la superficie del hormigón durante quince (15) días en verano y seis (6) en invierno. Es aconsejable cubrir, con arpillera o similar, las superficies más expuestas al sol, para asegurar el mantenimiento de la humedad durante el tiempo de curado, o bien utilizar productos de curado previamente aprobados por la Dirección de Obra.

Cualquier junta de hormigón distinta de las previstas en el proyecto tendrá que ser aprobada previamente por la Dirección de Obra a propuesta del Contratista. Si hubiera necesidad de hacer alguna parada durante el hormigonado, la Dirección de Obra tomará la decisión que proceda en cuanto al tratamiento a dar a la junta dejada.

Se demolerán las partes de obra en que se compruebe que la resistencia característica de las probetas moldeadas y conservadas en obra es inferior al setenta y cinco por ciento (75%) de la fijada en estas prescripciones.

Cuando sea superior a dichas cantidades, pero inferior a la fijada, la Dirección de Obra podrá optar entre ordenar la demolición o aplicar a dicha parte de obra un descuento de porcentaje doble del defecto de resistencia característica en tanto por ciento.

TOLERANCIAS

Se admitirán las tolerancias recogidas en el Anejo 10 de la Instrucción EHE para obras de hormigón.

PUESTA EN OBRA

El proceso de colocación del hormigón será aprobado por el Director de las Obras, quien, con antelación al comienzo del mismo, determinará las obras para las cuales no podrá procederse al hormigonado sin la presencia de un vigilante que el haya expresamente autorizado.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro y medio (1,5), quedando prohibido el arrojarlo con palas a gran distancia.

El hormigón fresco se protegerá siempre de aguas que puedan causar arrastre de los elementos.

Todo el hormigón se depositará de forma continua, de manera que se obtenga una estructura monolítica donde así viene indicado en los planos, dejando juntas de dilatación en los lugares expresamente indicados en los mismos. Cuando sea impracticable depositar el hormigón de modo continuo, se dejarán juntas de trabajo que hayan sido aprobadas y de acuerdo con las instrucciones que dicte el Director de las Obras.

El vibrado o apisonado se cuidará particularmente junto a los paramentos y rincones del encofrado, a fin de evitar la formación de coqueras.

En el hormigonado de bóvedas por capas sucesivas o dovelas, deberán adoptarse precauciones especiales, con el fin de evitar esfuerzos secundarios, a cuyo efecto se seguirán las instrucciones del Director de las Obras.

En los elementos verticales de gran espesor y armaduras espaciadas, podrá verterse el hormigón por capas, apasionándolos eficazmente y cuidando que envuelva perfectamente las armaduras.

En los demás casos, al verter el hormigón, se removerá enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos de las armaduras.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará por capas, de modo que el avance se realice en todo su espesor.

En vigas, el hormigonado se hará avanzando desde los extremos, llevándose en toda su altura y procurando que el frente vaya bastante recogido para que no se produzcan disgregaciones y la lechada escurra a lo largo del encofrado.

En pilares, el hormigonado se efectuará removiendo enérgicamente la masa para que no quede aire aprisionado y vaya asentado de modo uniforme. Cuando los pilares y elementos horizontales apoyados en ellos, se ejecuten de un modo continuo, se dejarán transcurrir por lo menos dos (2) horas, antes de proceder a construir los indicados elementos horizontales, a fin de que el hormigón de los pilares haya asentado definitivamente.

La consolidación del hormigón se ejecutará con igual o mayor intensidad que la empleada en la fabricación de probetas de ensayo. Esta operación deberá prolongarse, especialmente, junto a las paredes y rincones del encofrado hasta eliminar las posibles coqueras y conseguir que se inicie la efluencia de la pasta a la superficie. Se tendrá, sin embargo, especial cuidado de que los vibradores no toquen los encofrados, para evitar un posible movimiento de los mismos.

Si hay que colocar hormigón sumergido habrá que tener la autorización previa del Director de las Obras. En todo caso habrá que cumplir las especificaciones siguientes:

- Para evitar la segregación de los materiales, el hormigón se colocará cuidadosamente, en una masa compacta y en su posición final mediante trompas de elefante por otros medios aprobados por el Director de las Obras, y no debe removerse una vez haya sido depositado.
- Cuando se usen trompas de elefante, su diámetro no será inferior a veinticinco (25) centímetros. Los medios para sostenerla serán tales que permitan un libre movimiento del extremo de descarga sobre la parte superior del hormigón y faciliten que se pueda bajar rápidamente cuando

sea necesario cortar o retardar su descarga. La trampa se llenará de forma que no se produzca el deslavado del hormigón. El extremo de descarga estará, en todo momento, sumergido por completo en el hormigón, y el tubo final deberá contener una cantidad suficiente de mezcla para evitar la entrada de agua.

JUNTAS DE HORMIGONADO

Siempre que el hormigonado se vaya a interrumpir durante una o más jornadas, la ejecución de las juntas se ajustará a las siguientes prescripciones:

- En pilas y estribos se procurará llevar el hormigonado en continuo, en toda su altura hasta el plano de apoyo de vigas de enlace o dinteles. Cuando esto no sea posible, se permitirá una sola junta dispuesta en plano horizontal en toda la superficie y por debajo de la mitad de la altura.
- En losas no se permitirá ninguna junta, ni transversal ni longitudinal.

Al interrumpir el hormigonado, aunque sea por plazo menor de una hora, se dejará la superficie lo más irregular posible, cubriéndola con sacos húmedos para protegerla de los agentes atmosféricos.

Los forjados se ejecutarán en todo el ancho o bien por paños independientes, con juntas sobre los ejes de las vigas principales. En ningún caso medirán más de dos días entre la ejecución del forjado y la de sus vigas.

Se cuidarán que las juntas creadas por las interrupciones del hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión y donde sus efectos sean menores para que las masas puedan deformarse libremente. El ancho de estas juntas deberá ser el necesario para que en su día puedan hormigonarse correctamente.

Al reanudar los trabajos, se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido suelto que haya quedado suelto, primero con aire a presión, y luego con agua también a presión hasta dejar el árido visto; luego, antes de verter el nuevo hormigón se echará un mortero formado del propio hormigón pero sólo con finos. La Dirección de Obra podrá exigir, si lo considera necesarios, el empleo de productos intermedios tales como resinas "epoxi" para mejor adherencia de los hormigones, y conseguir una completa estanqueidad, o el empleo de la junta de Polivinilo.

VIBRADO

Es obligatorio el empleo de vibradores para mejorar la puesta en obra consiguiendo una mayor compacidad.

El vibrado se realizará teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

- El espesor de las tongadas será tal que al introducir la aguja vertical o ligeramente en la capa subyacente para asegurar la buena unión entre ambas.
- El proceso deberá prolongarse hasta que la lechada refluya a la superficie, y en forma que esté presente un brillo uniforme en toda su extensión.
- Si se emplean vibradores de superficie, se aplicarán moviéndolos ligeramente y en forma lenta, de modo que el efecto alcance a toda la masa.
- Si se emplean vibradores internos, su frecuencia de trabajo no será inferior a seis mil revoluciones por minuto. La velocidad de penetración en la masa no será superior a 10 cm/seg.

Se autorizará el empleo de vibradores firmemente anclados a los moldes, con tal de que se distribuyan los aparatos en la forma conveniente para que su efecto se extienda a toda la masa.

No se permitirá que el vibrado afecte al hormigón parcialmente endurecido ni que se aplique el elemento de vibrado directamente a las armaduras.

CONSISTENCIA

La consistencia del hormigón se define por uno cualquiera de los procedimientos descritos en los métodos de ensayo UNE-7102 y UNE-7103.

Por regla general, todos los hormigones que hayan de ser vibrados, tendrán consistencia plástica Cono de Abrams entre 3 y 5 cm.

La pérdida de asiento medida por el Cono de Abrams, entre el hormigón en la hormigonera y en los encofrados, deberá ser fijada por el Director de las Obras, y no debe ser superior, excepto en casos extraordinarios, a veinticinco (25) milímetros.

El Director de las Obras autoriza el uso de hormigones armados vibrados de consistencia plástica, en aquellas zonas o nudos fuertemente armados, donde es difícil el acceso del hormigón.

Se prohíbe el empleo de hormigones de consistencia inferior a la blanda (Cono de Abrams mayor de 9 cm según Norma UNE-7103) en cualquier elemento que cumpla la misión resistente.

4.9 ARMADURAS

Tanto para la colocación como para el doblado y el control de calidad de las armaduras, se seguirán las prescripciones de los artículos correspondientes de la EHE.

El doblado de la armadura se realizará en frío y a velocidad moderada, preferentemente por medios mecánicos, no admitiéndose excepción para las barras endurecidas por estirado en frío o por tratamientos térmicos especiales.

El doblado de las barras se realizará con radios interiores que cumplan las condiciones recogidas en la Instrucción EHE.

Los cercos o estribos podrán doblarse con radios inferiores a los que resultan de la limitación anterior, siempre que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. No se admitirá el enderezamiento de codos.

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de cascarilla, pintura, grasa o cualquier sustancia perjudicial. Estarán sujetas al encofrado con el fin de evitar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón.

Podrá utilizarse tipos de acero diferentes en las barras principales y en los estribos y cercos, previa autorización del Director de las Obras.

La distancia de las barras a los paramentos, será igual o superior al diámetro de la barra respetando las indicaciones de los planos correspondientes, y en ningún caso será inferior a dos centímetros (2 cm) ni superior a cuatro centímetros (4 cm). Esta última limitación no se aplicará a los elementos enterrados.

Salvo justificación especial, las barras corrugadas de las armaduras se anclarán por prolongación recta, pudiendo también emplearse patilla. Únicamente se autorizará el

empleo de gancho en barras trabajando a tracción, siendo en cualquier caso preferible el uso de alguno de los dos sistemas anteriores.

Las longitudes de anclajes serán las definidas en la EHE.

En cualquier caso los empalmes deberán quedar alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

El empalme podrá realizarse por solape o soldadura, no se admitirán otros tipos de empalme sin la previa justificación de que su resistencia a rotura es igual o superior a la de cualquiera de las barras empalmadas.

Durante la ejecución de la pieza se pondrá especial cuidado para que no coincidan en una misma sección empalmes de distintas barras. Si por exigencias de la pieza esto no fuera posible, se distanciarán los centros de los empalmes como mínimo una longitud equivalente a $20 \varnothing$ (veinte) tomando para $\varnothing$ el valor de la barra más gruesa, si las hubiere de diferente sección.

El empalme por solape se realizará colocando las barras una sobre otra y zunchándolas con alambre en toda la longitud del solape.

En barras corrugadas, la longitud de solape será igual o superior a la especificada para anclaje y no se dispondrán ganchos ni patillas.

El empalme podrá realizarse por soldadura siempre que las barras sean de calidad soldable, y que la unión se lleve a cabo de acuerdo con las normas de buena práctica para esta técnica; en tal caso los empalmes podrán ejecutarse:

- A tope al arco eléctrico, biselando previamente los extremos de las barras.
- A tope, por resistencia eléctrica según el método de incluir en su ciclo un período de forja.
- A solape con cordones longitudinales, siempre que las barras sean de diámetro igual o inferior a 25 mm.

Cualquiera que sea el tipo de soldadura elegido, habrá de cuidarse que el sobreespesor de la junta, en la zona de mayor recargue, no exceda del 10% del diámetro nominal del redondo empalmado.

No podrán disponerse empalmes por soldadura en tramos curvos del trazado de las armaduras, sin embargo si se autoriza la presencia en una misma sección transversal de la pieza, de varios empalmes soldados a tope, siempre que su número no sea superior a la quinta parte del total de barras que constituyen la armadura en esa sección.

Si para mantener las distancias de las armaduras a los paramentos hubiera necesidad de emplear separadores, estos serán tacos de hormigón árido del empleado en la fabricación del mismo o cualquier otro material compacto, que no presente reactividad con el hormigón ni sea fácilmente alterable. A estos efectos queda prohibido el empleo de separadores de madera.

4.10 MORTERO DE CEMENTO

La mezcla podrá realizarse a mano o mecánicamente. En el primer caso, se hará sobre un piso impermeable.

El cemento y la arena se mezclará en seco hasta conseguir un producto homogéneo de color uniforme. A continuación, se añadirá la cantidad de agua estrictamente necesaria para que, una vez batida la masa, tenga la consistencia adecuada para su aplicación en obra.

Solamente se fabricará el mortero preciso para su uso inmediato, rechazándose todo aquel que no haya sido empleado dentro de los cuarenta y cinco (45) minutos que sigan a su amasadura.

4.11 TUBERÍAS DE PVC

Los tubos se instalarán en una zanja cuyo ancho será cincuenta (50) cm mayor que el diámetro nominal del tubo, a nivel de la generatriz superior.

El entronque de los tubos con pozos, arquetas y boquillas de caños se realizará recibiendo el tubo con mortero, quedando enrasado su extremo con la cara interior de la arqueta, pozo o boquilla.

5. MEDICIONES

5.1 MEDICIÓN DEL DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

El despeje, desbroce y la limpieza del terreno, incluso desarbolado y transporte a vertedero se medirá tomando como unidad el metro cúbico.

5.2 MEDICIÓN DE LA EXCAVACIÓN

La medición de estas excavaciones se expresará por el volumen que resulte de cubicar el espacio definido por la superficie del terreno natural comprobado durante el replanteo y la superficie de la base de cimientos con la holgura y taludes que resulten como consecuencia de la propia excavación.

Las excavaciones realizadas se cubicarán sacando sobre el terreno, antes de empezarlas, cuantos perfiles transversales estime conveniente el Ingeniero Director o pida el Contratista, quedando referido en planta a las señales fijas del replanteo. Antes de comenzar las fábricas de cada zona o efectuarse la medición final, se volverán a hacer los perfiles precisamente en los mismos puntos, firmando las hojas el Ingeniero Director y el Contratista. No se admitirá ninguna reclamación de éstos acerca del volumen resultante de dichas mediciones.

5.3 MEDICIÓN DE LOS HORMIGONES

Se abonarán solamente los volúmenes que resulten de aplicar a la obra las dimensiones acotadas en los planos y ordenadas por el Ingeniero Director por escrito.

Para la dosificación de los hormigones, las proporciones de cemento que figuran en la descomposición de precios sólo son indicativas. En todo caso, el Contratista tendrá la obligación de emplear el cemento necesario para obtener las resistencias características que se indican en el artículo correspondiente del Capítulo 1.3 del presente Pliego, sin que por ello pueda pedir sobrepeso alguno. Ninguna variación en la procedencia de los áridos, propuesta por el Contratista y aprobada por el Ingeniero Director, significará un cambio de precio de la unidad de obra en que intervengan.

5.4 ENCOFRADOS

Los encofrados se medirán por metros cuadrados según figuren en los planos del Proyecto.

6. DISPOSICIONES GENERALES

6.1 PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y PUESTA A PUNTO

Las obras se iniciarán dentro de los treinta (30) días, siguientes al de la fecha de la firma de la escritura de contratación y el plazo de ejecución de las mismas será, contando desde la citada fecha, el que figura en el Plan de Obras de la oferta presentada.

6.2 PROGRAMA DE TRABAJO

Dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha en que se le notifique la adjudicación definitiva de las obras, el Contratista deberá presentar, inexcusablemente, al Ingeniero Director, el Programa de Trabajo que establece el artículo 128 del RGCE, de conformidad con lo dispuesto en la cláusula 27 del PCAG, en el que se especificarán los plazos parciales y las fechas de terminación de las distintas clases de obras, ajustándose a las anualidades contractuales establecidas.

El citado Programa de Trabajo, una vez aprobado por el Ingeniero Director, tendrá carácter de compromiso formal en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales en él establecidos y se incorporará al contrato.

6.3 REPLANTEO PREVIO DE LAS OBRAS

Firmada la escritura de contratación, el Ingeniero Director, en presencia del Contratista, comprobará sobre el terreno el replanteo que se haya realizado de las obras. Se levantará, por triplicado, un acta que, firmada por ambas partes, dejará constancia de la buena realización del replanteo y su concordancia con el terreno, o por el contrario, si es preciso variarlo y redactar un proyecto reformado. En el primer caso, podrán iniciarse las obras y en el segundo, se dará conocimiento a la Administración. Esta tomará la resolución

que proceda y la comunicará de oficio al Contratista, en la forma prevista en el Pliego de Prescripciones de la Obra.

6.4 DISPOSICIONES LEGALES COMPLEMENTARIAS

El Contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto del Ministerio de la Presidencia 1627/1997 del 24 de Octubre (B.O.E. 24-10-97) sobre la obligatoriedad de incluir un Estudio de Seguridad y Salud para la construcción de la obra y de cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la Industria Nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

De conformidad con lo previsto en el artículo 3.2. del Real Decreto señalado en el párrafo anterior, cuando en la ejecución de la obra y, en su caso, en la elaboración del proyecto, intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos, o varios proyectistas, el Contratista antes del inicio de los trabajos, o tan pronto como se constate dicha circunstancia, deberá proponer a la Dirección de Obra, para su designación, como coordinador en materia de seguridad y salud, durante la elaboración del proyecto o la ejecución de la obra, al técnico competente en esta materia que ejercerá dicha función, tras la aprobación de la Dirección de Obra.

La persona designada, integrada en la Dirección facultativa a los únicos efectos de seguridad y salud, no tendrá ninguna relación laboral ni contractual con la Administración, siendo responsabilidad del Contratista tanto los trabajos para su selección como el establecimiento de la relación que le vincule con el contrato de obra.

Igualmente el Contratista está obligado al cumplimiento de la O.M. de 14 de marzo de 1960 sobre señalización de las obras.

El Contratista renuncia al fuero de su domicilio en cuantas cuestiones surjan con motivo de las obras objeto de este Proyecto.

6.5 PRESCRIPCIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todas las obras se ejecutarán siempre ateniéndose a las reglas de la buena construcción y con materiales de primera calidad, de acuerdo con las normas del presente Pliego. En aquellos casos que no se detallan en este Pliego de Condiciones, tanto en lo referente a materiales como en la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a los que la costumbre ha sancionado como norma de buena construcción.

6.6 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y LIMPIEZA

El Contratista deberá proteger todos los materiales y la propia obra, contra todo deterioro y daños durante el período de construcción.

Particularmente, protegerá contra incendios todos los materiales inflamables, donde cumplimente a los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.

Conservará en perfecto estado de limpieza todos los espacios interiores y exteriores de las construcciones, evacuando los desperdicios y basuras.

6.7 ENSAYOS Y RECONOCIMIENTO

Durante el período de construcción, y por parte de la dirección de obra, se inspeccionarán los distintos elementos de las instalaciones, tanto en taller como en obra y será obligación del Contratista, tomar las medidas necesarias para facilitar todo género de inspecciones.

El Ingeniero Director, podrá, por sí o por Delegación, elegir los materiales que hayan de ensayarse, así como presenciar su preparación y ensayo.

El Contratista pondrá a disposición de la Administración como máximo un 1% del Presupuesto de Ejecución Material de la obra, afectado del coeficiente de baja correspondiente, para la ejecución de los ensayos y reconocimientos mencionados.

6.8 PRUEBAS ANTES DE LA RECEPCIÓN

Terminado el período de construcción a criterio del Ingeniero Director, comenzará el de puesta a punto de las obras e instalaciones, en el que se someterán las obras a pruebas de resistencia, estabilidad e impermeabilidad con arreglo al programa que redacte el Ingeniero Director, o al incluido en el Manual de Control de Calidad de dicha obra.

Asimismo, se comprobará el correcto estado y montaje de los equipos de cara a su funcionamiento.

6.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez que el Ingeniero Director de las obras declare el final de la puesta a punto de las diferentes instalaciones, comenzará la prueba de funcionamiento de la planta.

Su duración será de seis (6) meses, teniendo por objeto determinar la capacidad de las instalaciones.

Durante esta etapa, todos los gastos que se ocasionen con motivo de la explotación y pruebas de funcionamiento de la planta (personal, energía eléctrica, reactivos químicos, análisis, agua potable, retirada de residuos, etc.) serán por cuenta del Contratista.

También serán de cuenta del Contratista los equipos, materiales, piezas de repuesto, y mano de obra, necesarios para realizar las modificaciones, mejoras, sustituciones, etc., que sean precisas para el correcto funcionamiento de la instalación.

6.10 OBLIGACIONES SOCIALES, LABORALES Y ECONÓMICAS

6.10.1 PÉRDIDAS Y AVERÍAS EN LA OBRA

Salvo casos de fuerza mayor, la ejecución de las obras contratadas se realizará a riesgo y ventura del Contratista, que no tendrá derecho a indemnización por pérdidas y averías en las obras. Únicamente se considerarán causas de fuerza mayor a efectos de eximirle de la pérdida del derecho de indemnización los siguientes:

- Incendios causados por descargas atmosféricas.
- Daños causados por terremotos y maremotos.
- Los que provengan de movimientos del terreno en que están asentadas las obras, siempre que estos sean técnicamente imprevisibles.
- Los destrozos causados en tiempos de guerra, sediciones o robos tumultuosos.
- Inundaciones catastróficas en las que no concurra incumplimiento del Contratista por mala protección de las obras.

Para poder obviar las responsabilidades contempladas en los casos anteriores, es necesario que el Contratista haya adoptado, como mínimo, las siguientes precauciones:

- Precauciones y medidas contempladas en los distintos reglamentos para evitar averías y daños por descargas atmosféricas en las instalaciones eléctricas y telefónicas, en el almacenamiento y uso de explosivos, carburantes, gases y cualquier materia inflamable, deflagrante o detonante.
- El reconocimiento previo del terreno y su observación durante la ejecución de las obras, especialmente en los puntos en que, por causas naturales o efectos de los propios trabajos, sean previsibles los movimientos de terreno no controlados, realizando las protecciones, entibaciones y medidas de seguridad que técnicamente se requieran.
- El conocimiento meteorológico e hidrológico de la zona de las obras, la construcción de ataguías y cuantas obras de defensa sean necesarias técnicamente, de acuerdo a los caudales máximos de avenida y niveles máximos de agua expresados en los documentos del proyecto o, en su defecto, los que fije el Director de Obra, siempre notificados por escrito al Contratista previamente al inicio de las obras de defensa.

En caso de ocurrencia de pérdidas o averías, si el Contratista pensara que le es de aplicación alguno de los supuestos antes comentados, lo notificará al Director de Obra en un plazo no superior al mes de la ocurrencia del hecho, indicando los fundamentos del hecho, las medidas que se habían adoptado, los daños sufridos y la valoración de los mismos. El Director de Obra examinará el hecho sobre el terreno y elaborará un informe sobre la procedencia o no de la indemnización, que elevará al Órgano contratante para su dictamen.

6.10.2 DAÑOS Y PERJUICIOS

Serán de cuenta del Contratista todas las indemnizaciones por daños causados a terceros originados o derivados de la ejecución de las obras. Si estos son consecuencia directa de una orden emanada de la Administración o de vicios del Proyecto, esta será responsable dentro de los límites establecidos en la vigente Ley de Régimen Jurídico de la Administración del Estado.

Las reclamaciones por terceros serán presentadas en el plazo de un año desde la fecha de ocurrencia de los daños que causaron el perjuicio, frente al Órgano de contratación de las obras que resolverá, previa audiencia al Director de Obra y Contratista, sobre la procedencia, cuantía y parte responsable, cabiendo contra este acto recurso ante la jurisdicción contencioso-administrativa.

Igualmente, será obligación del Contratista indemnizar los daños que cause a la Administración o al personal dependiente de esta por iguales causas y con las mismas excepciones comentadas en los párrafos anteriores.

6.10.3 RECLUTAMIENTO DEL PERSONAL

Corresponde al Contratista, bajo su exclusiva responsabilidad y dependencia, el reclutamiento del personal preciso para el completo desarrollo de la obra, en todas sus fases y para todas las actividades, directas asociadas o complementarias que le correspondan, debiendo necesariamente adaptarse a lo establecido en el Proyecto y el contrato que lo rige y las condiciones establecidas en la normativa laboral vigente en el momento de realización de las obras.

Aparte del personal de ejecución de obra y el de control y organización de este, que se dispondrá, como mínimo, en el número y cualificación establecida en los documentos del proyecto o lo que haya podido indicar el Contratista en la oferta presentada para la ejecución de las obras que ha servido de base para la adjudicación o, en cualquier caso, lo que la práctica habitual dictamine para la correcta ejecución de los distintos tipos de obra o actividades.

Independientemente de lo anterior, el Contratista deberá disponer, a pie de obra, del equipo técnico necesario para la correcta interpretación de los planos, para elaborar los

planos de detalle, para efectuar los replanteos que le correspondan, para el auxilio a la Dirección en la toma de datos de las relaciones valoradas de obra y para el control de calidad de los materiales y de la ejecución de la obra, así como cualquier otra tarea que redunde en la adecuada calidad de las obras.

Si el Director de Obra lo estima pertinente, el Contratista entregará mensualmente al Director de Obra la relación numérica o nominal del personal empleado en la obra, clasificado por aéreas de trabajo, categorías profesionales y tipo de actividad, teniendo a disposición de este la documentación necesaria para acreditar, en cualquier momento que se le solicite, el cumplimiento de la normativa laboral vigente.

El Contratista será responsable del cumplimiento de los preceptos indicados anteriormente en aquellas partes de obra que subcontrate a terceros, asumiendo frente a la Administración las consecuencias derivadas del incumplimiento de estas por parte del subcontratista.

6.10.4 OBJETOS HALLADOS EN LAS OBRAS

El Estado se reserva el derecho de propiedad de gestión, en su caso, de los objetos hallados en las excavaciones o demoliciones ejecutadas en las obras o incluidos en los materiales retirados o procedentes de estas, así como los que se sitúen en terrenos de dominio público, del Estado o que hayan sido expropiados por este, sin perjuicio del derecho de terceros. El Contratista notificará a la Dirección el hallazgo o existencia de tales objetos y tomará todas las precauciones necesarias para su extracción o recogida sin causar desperfectos a los que, de estos, la Dirección le indique, teniendo derecho al abono de los gastos en exceso que tal operación le origine.

El Contratista está obligado a advertir a sus empleados o visitantes a la obra de los derechos del Estado sobre este extremo, siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos causados por estos o por la ausencia de vigilancia sobre los objetos.

6.10.5 AFECCIONES Y OCUPACIÓN DE TERRENOS

Serán de cuenta del Contratista, siempre que en el Contrato no se prevea explícitamente lo contrario, los siguientes gastos:

- Los gastos de construcción, remoción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- Los gastos de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales.
- Los gastos de remoción de las instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra a su terminación.
- Los gastos de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarios para las obras.
- Los gastos de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

Además de los gastos directos ocasionados por estas actividades, serán de cuenta del Contratista indirectos de estos, como pueden ser los debidos a compensaciones por ocupaciones temporales o servidumbres de paso o servicio, los gastos de permisos o tramitaciones y los derivados de malos usos, irregularidades, desperfectos y cualquier otra reclamación o compensación que se origine frente a terceros, además de las responsabilidades legales a que hubiera lugar, a las que habrá de hacer frente el Contratista.

6.10.6 SERVIDUMBRES, AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS

El Órgano Administrativo que contrata las obras facilitará y proporcionará al Contratista los permisos y licencias de su competencia que sean necesarios para la ejecución de las obras, a la vez que avalará y apoyará al Contratista frente a otros Organismos de la Administración Central, Autonómica o Local, al igual que frente a instituciones, entidades, empresas o particulares de los que se precisen autorizaciones, permisos licencias o servidumbres para la correcta ejecución de los trabajos.

No obstante lo anterior, salvo en el caso del propio Organismo contratante, será el Contratista quien corra con los gastos derivados de estas actuaciones, así como las compensaciones económicas, arbitrios o tasas derivadas de estos, considerándose su coste incluido en el total económico contratado. El Contratista será igualmente responsable de la ejecución de las solicitudes, tramitaciones y gestiones necesarias, asumiendo la

responsabilidad, tanto frente a la Administración como frente a terceros, de la negligencia u omisión en la obtención de estos, aunque la necesidad de la servidumbre, permiso, autorización o licencia no estuviera contemplada en proyecto ni le fuera indicada por el Director de Obra.

El Contratista estará obligado a mantener al corriente de la marcha de las gestiones al Director de Obra, debiendo obtener su autorización para el inicio de las tramitaciones.

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Martínez', with a large, stylized flourish at the end.

Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

ÍNDICE DE PRESUPUESTO

1. Mediciones.....	261
2. Presupuesto parcial	262
3. Presupuesto total	266

1. MEDICIONES

CÓD	RESUMEN	UDS	CANTIDAD
MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS			
1.1	Desbroce y limpieza superficial del terreno	m ²	13 700
1.2	Excavación de zanjas y pozos	m ³	520
PRETRATAMIENTO			
2.1	Armadura de acero para hormigón	kg	2000
2.2	Encofrado y desencofrado metálico	m ²	125
2.3	Hormigón en masa para armar	m ³	24,96
2.4	Reja de gruesos de acero	kg	220
2.5	Tuberías de PVC para el bombeo de agua bruta D30cm	m	5
TRATAMIENTO PRIMARIO			
3.1	Armadura de acero para hormigón	kg	4000
3.2	Encofrado y desencofrado metálico	m ²	165
3.3	Hormigón en masa para armar	m ³	40
TRATAMIENTO SECUNDARIO			
4.1	Armadura de acero para hormigón	kg	19 000
4.2	Encofrado y desencofrado metálico	m ²	500
4.3	Hormigón en masa para armar	m ³	150
TRATAMIENTO ESPESADOR DE FANGOS			

5.1	Armadura de acero para hormigón	kg	2500
5.2	Encofrado y desencofrado metálico	m ²	180
5.3	Hormigón en masa para armar	m ³	36
DIGESTOR ANAEROBIO			
6.1	Armadura de acero para hormigón	kg	1700
6.2	Encofrado y desencofrado metálico	m ²	325
6.3	Hormigón en masa para armar	m ³	110

2. PRESUPUESTO PARCIAL

CÓD	RESUMEN	UDS	P.U.	IMPORTE
MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS				
1.1	Desbroce y limpieza superficial del terreno	13 700	0,46	6302
1.2	Excavación de zanjas y pozos	520	2,39	1 242,8
TOTAL				7 544,8 €

PRETRATAMIENTO

2.1	Armadura de acero para hormigón	2000	0,87	1740
2.2	Encofrado y desencofrado metálico	125	9,75	1 218,75
2.3	Hormigón en masa para armar	24,96	90	2 246,4
2.4	Reja de gruesos de acero	220	2	440
2.5	Tuberías de PVC para el bombeo de agua bruta D30cm	5	81	405
2.6	Cuchara bivalva	1	2000	2000
2.7	Bomba centrífuga	3	1300	3900
2.8	Tamiz	2	1000	2000
2.9	Soplante de aire	5	300	1500
TOTAL 15 450,15 €				

TRATAMIENTO PRIMARIO

3.1	Armadura de acero para hormigón	4000	0,87	3480
3.2	Encofrado y desencofrado metálico	165	9,75	1 608,75
3.3	Hormigón en masa para armar	40	90	3600
TOTAL 8688.75 €				

TRATAMIENTO SECUNDARIO

4.1	Armadura de acero para hormigón	19000	0,87	16 530
4.2	Encofrado y desencofrado metálico	500	9,75	4875
4.3	Hormigón en masa para armar	150	90	13 500
4.4	Equipo de aireación	1	2000	2000
4.5	Bomba centrífuga	3	1300	3900
4.6	Equipo agitación	6	5000	30 000
TOTAL 70 805 €				

TRATAMIENTO ESPESADOR DE FANGOS

5.1	Armadura de acero para hormigón	2500	0,87	2175
5.2	Encofrado y desencofrado metálico	180	9,75	1755
5.3	Hormigón en masa para armar	36	90	3240
5.4	Equipo compresión	1	200	200
5.5	Bomba centrífuga	4	200	800
TOTAL 8170 €				

DIGESTOR ANAEROBIO

6.1	Armadura de acero para hormigón	1700	0,87	1479
6.2	Encofrado y desencofrado metálico	325	9,75	3 168,75
6.3	Hormigón en masa para armar	110	90	9900
6.4	Equipo agitación	1	5000	5000
6.5	Deshidratador de fangos	1	20 000	20 000
				TOTAL 39 547,75 €

3. PRESUPUESTO TOTAL

MOVIMIENTO DE TIERRAS	7 544,8 €
PRETRATAMIENTO	15 450,15 €
TRATAMIENTO PRIMARIO	8 688,75 €
TRATAMIENTO SECUNDARIO	70 805 €
ESPESADORES DE FANGOS	8170 €
DIGESTOR ANAEROBIO	39 547,75 €
TOTAL MATERIAL	150 206,65 €
13% GASTOS GENERALES	19 526,84 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	9 012,4 €
SUMA G.G. Y B.I.	178 745,89 €
18% IVA	32 174,26 €
TOTAL PRESUPUESTO	210 920,15 €

EN LINARES, JUNIO DE 2016.

El Alumno,

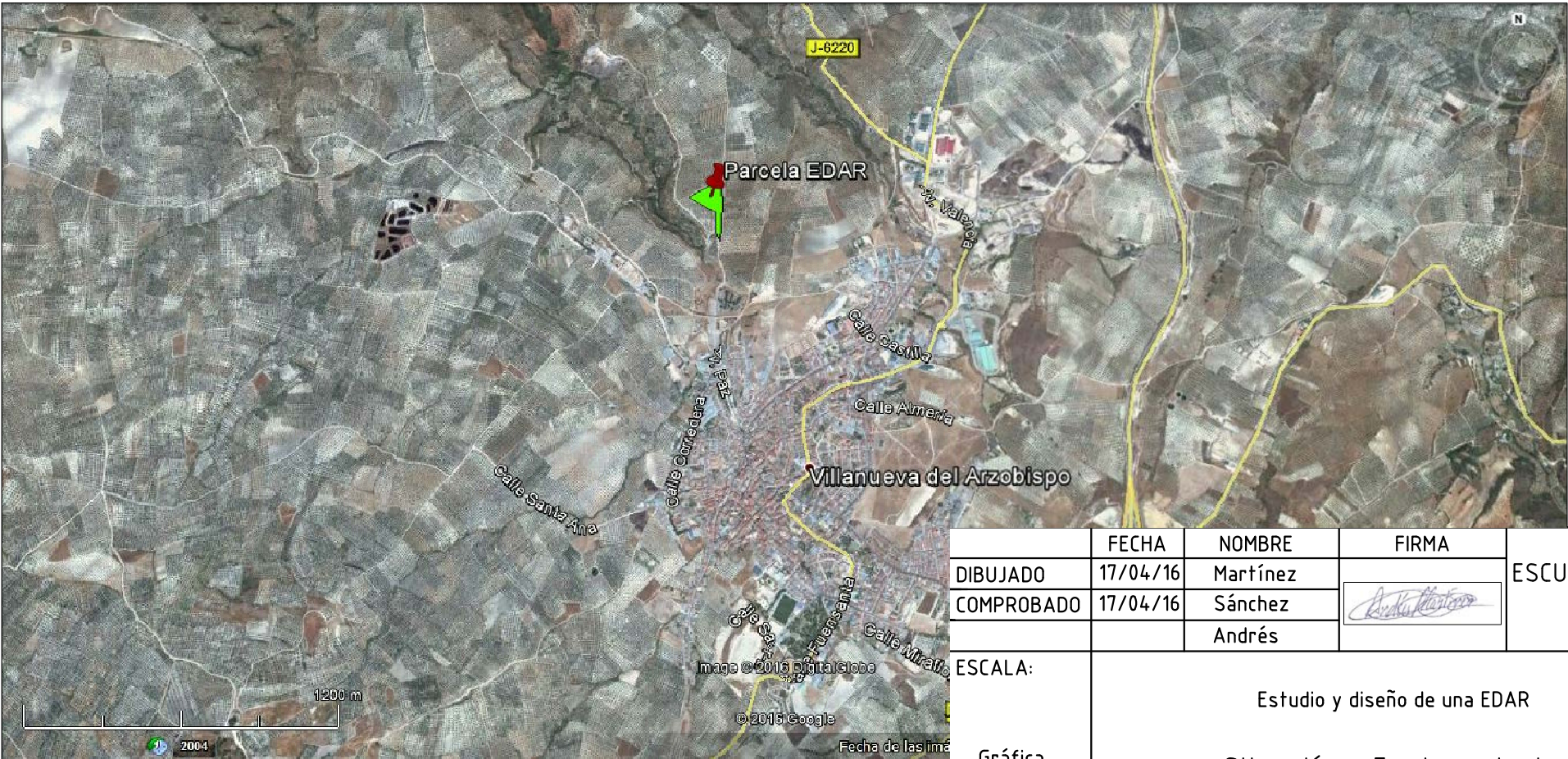


Fdo.: Andrés Martínez.

DOCUMENTO 7. PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

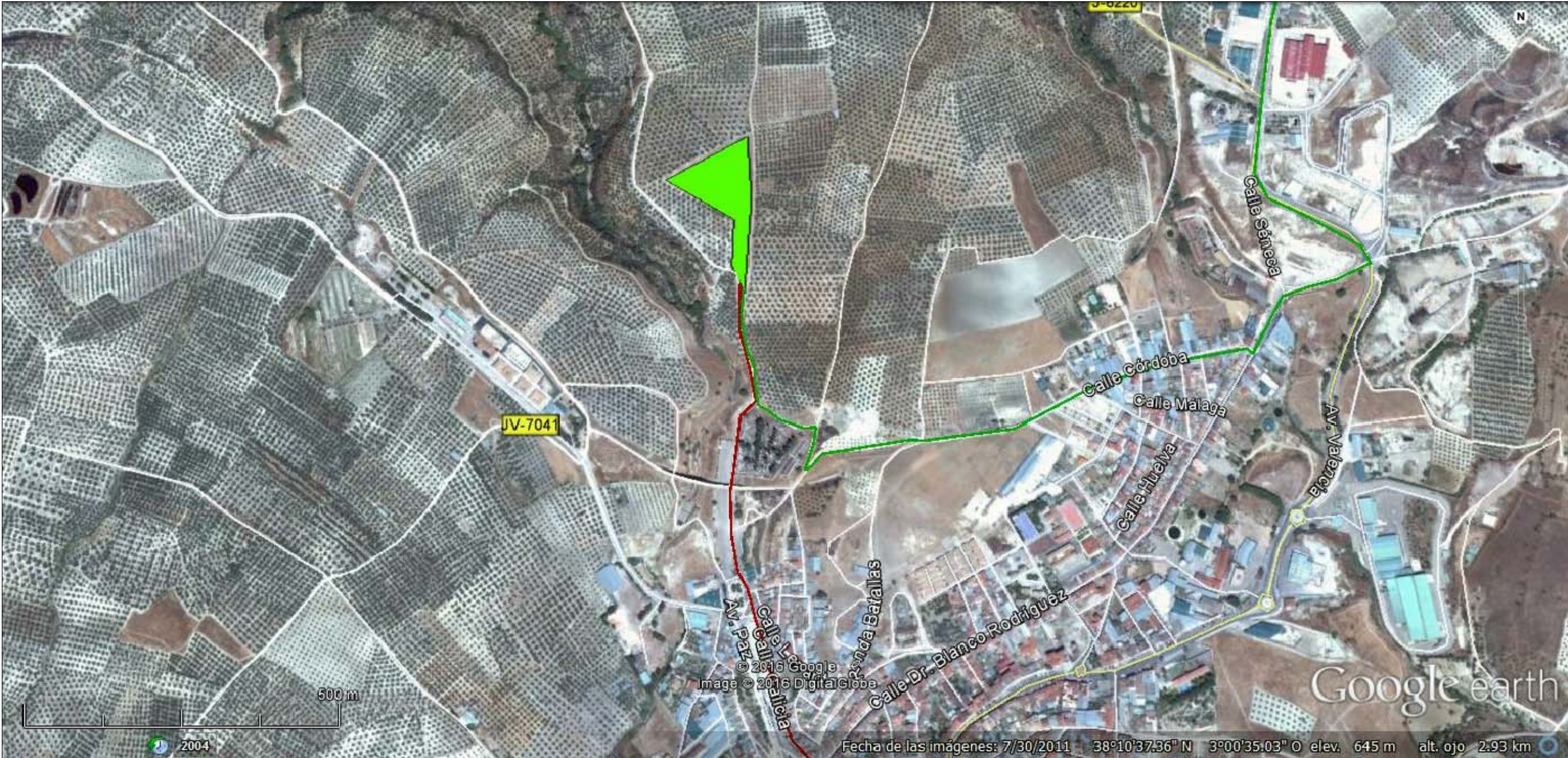
- Plano 1/11. Situación y emplazamiento
- Plano 2/11. Topográfico
- Plano 3/11. Accesos
- Plano 4/11. Planta
- Plano 5/11. Diagrama del proceso
- Plano 6/11. Pretratamiento
- Plano 7/11. Tratamiento Primario
- Plano 8/11. Tratamiento Secundario
- Plano 9/11. Espesadores
- Plano 10/11. Digestor anaerobio
- Plano 11/11. Cotas de agua, elementos EDAR y terreno



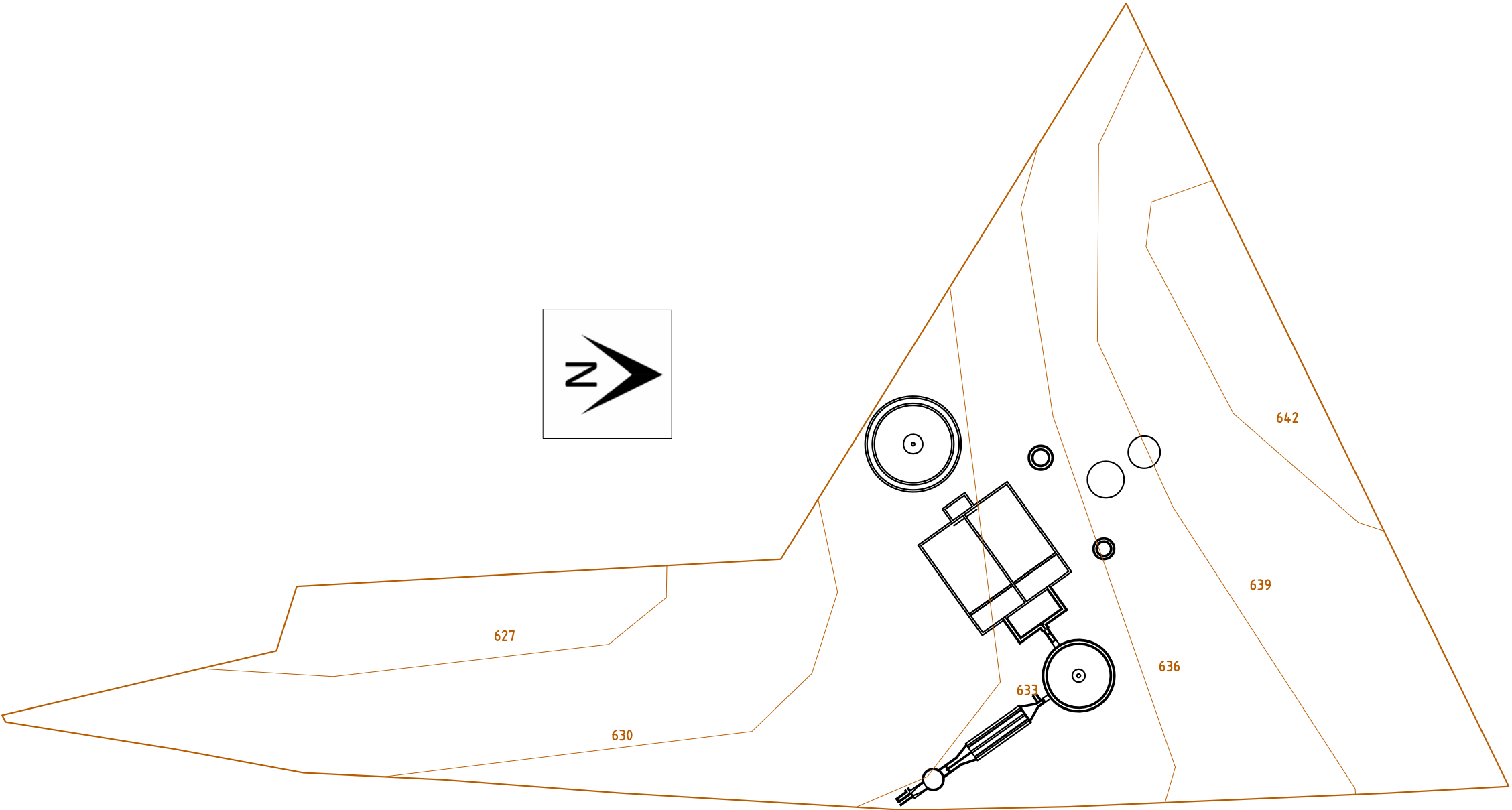
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/04/16	Martínez			
COMPROBADO	17/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Situación y Emplazamiento			Nº PLANO	
Gráfica				1/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/04/16	Martínez			
COMPROBADO	17/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Título del Plano			Nº PLANO 2/11	
Gráfica				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



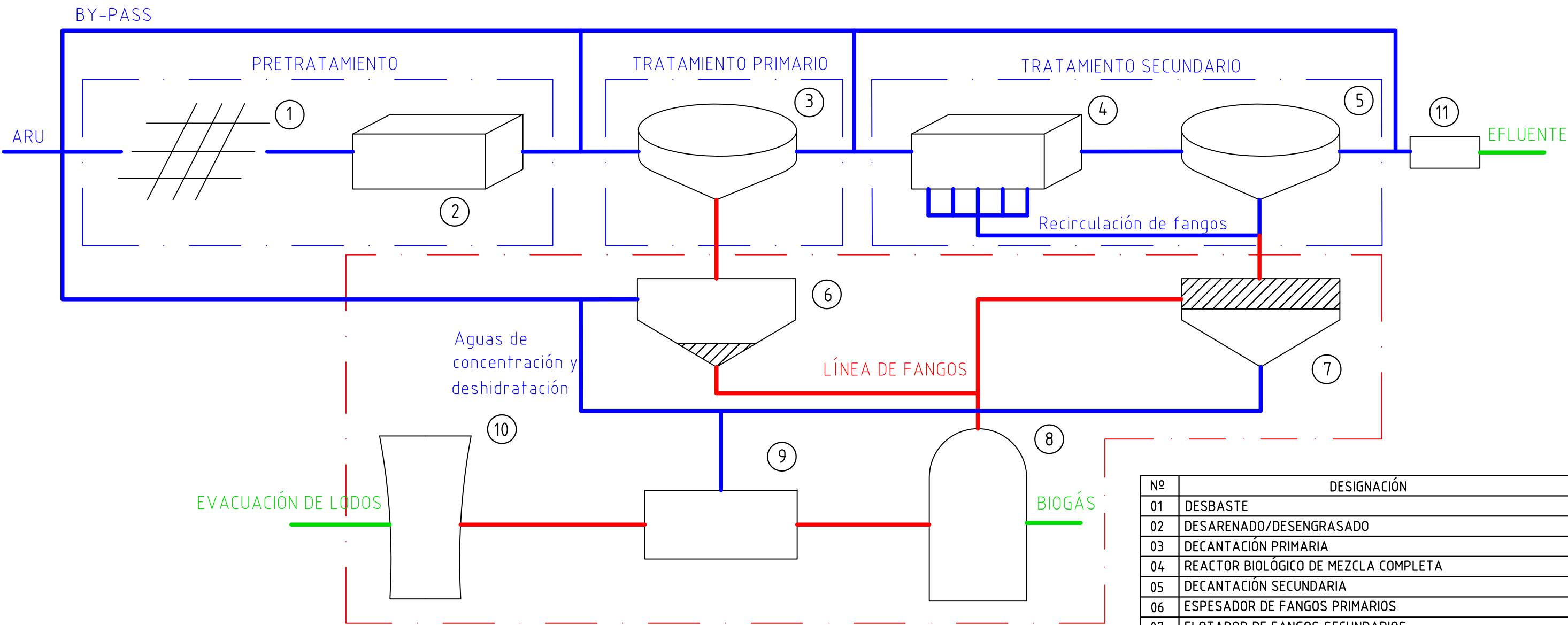
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/04/16	Martínez			
COMPROBADO	17/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Accesos			Nº PLANO	
Gráfica				3/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	03/05/16	Martínez			
COMPROBADO	03/05/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Planta			Nº PLANO	
1:1000				4 / 11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

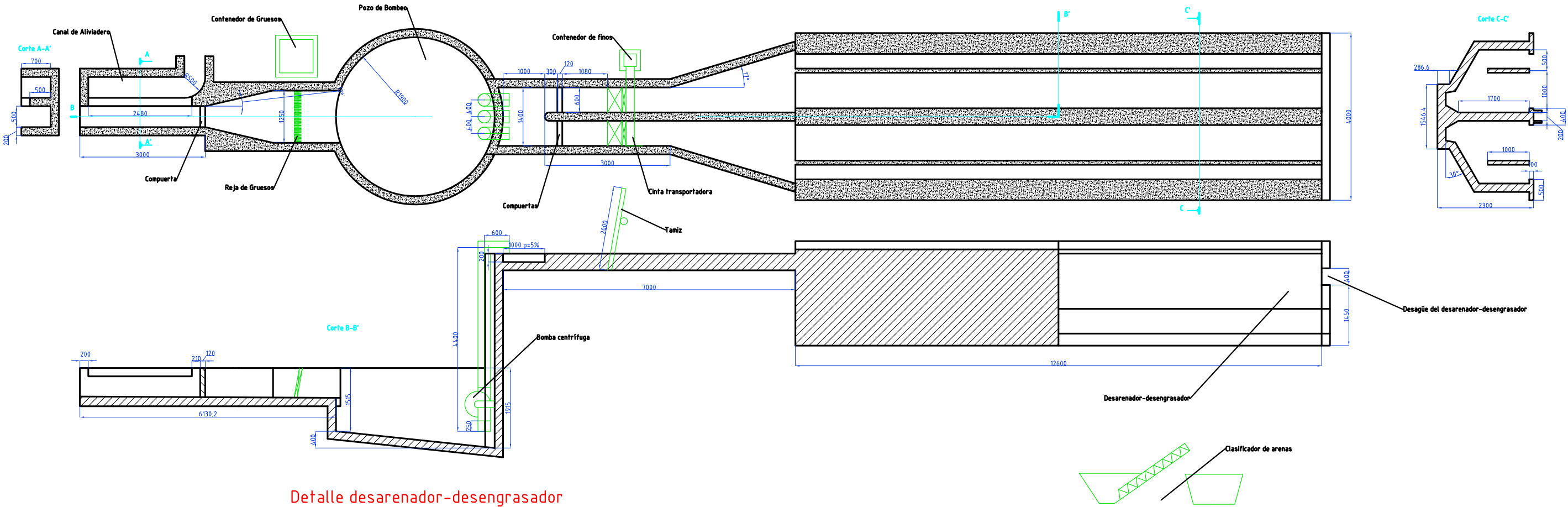
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



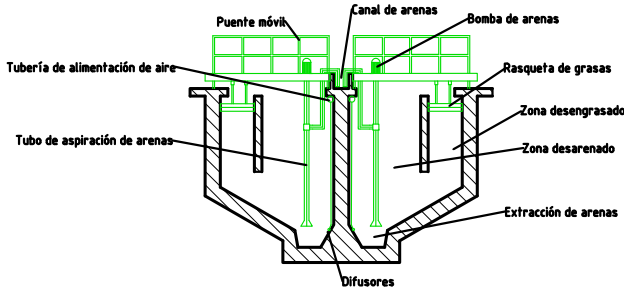
Nº	DESIGNACIÓN
01	DESBASTE
02	DESARENADO/DESENGRASADO
03	DECANTACIÓN PRIMARIA
04	REACTOR BIOLÓGICO DE MEZCLA COMPLETA
05	DECANTACIÓN SECUNDARIA
06	ESPESADOR DE FANGOS PRIMARIOS
07	FLOTADOR DE FANGOS SECUNDARIOS
08	DIGESTIÓN ANAEROBIA
09	DESHIDRATADO/SECADO
10	SILO DE LODOS
11	TOMA DE MUESTRAS

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	22/03/16	Martínez			
COMPROBADO	22/03/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR DIAGRAMA DEL PROCESO			Nº PLANO	
N.A.				5/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

PRETRATAMIENTO

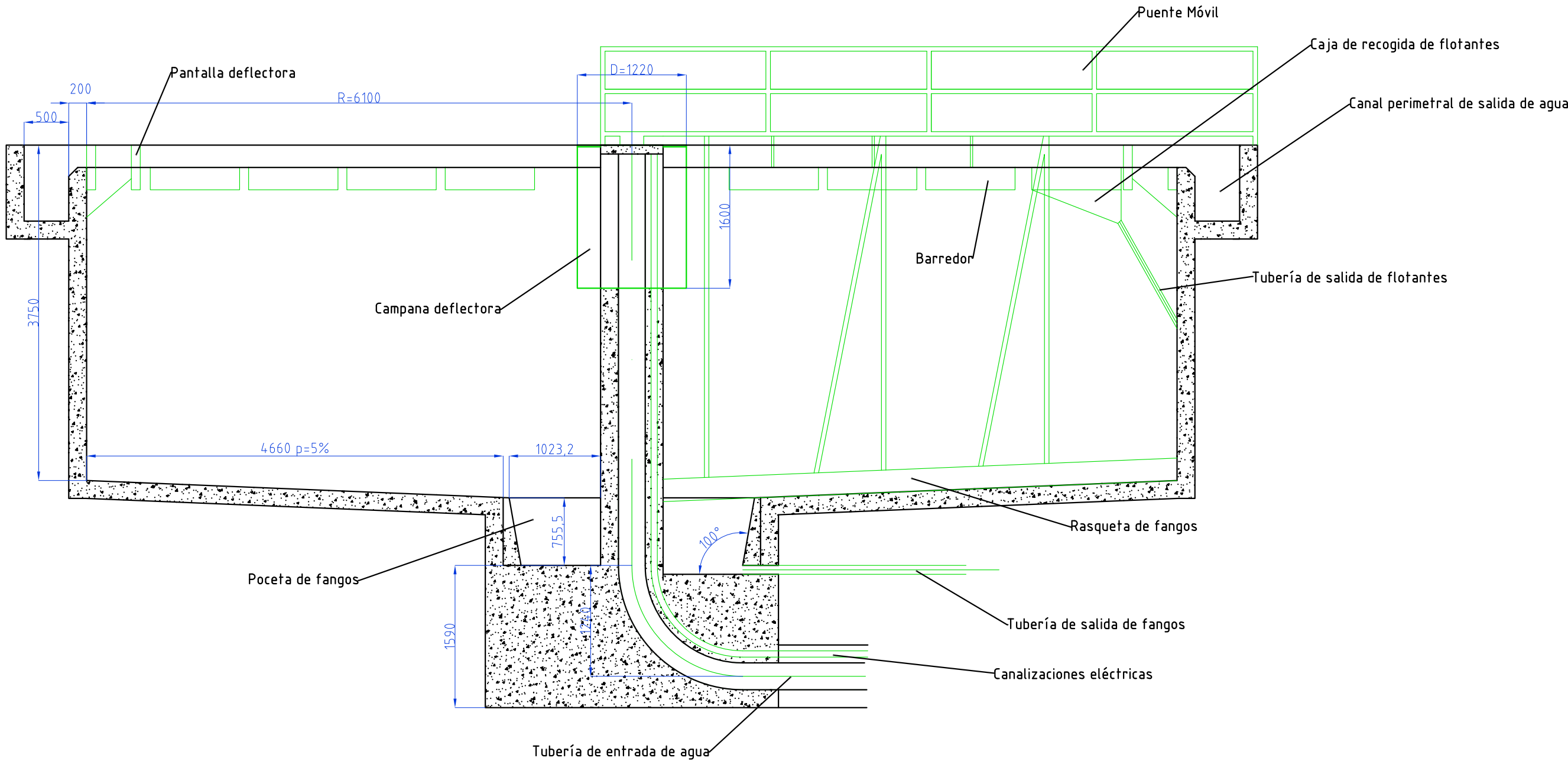


Detalle desarenador-desengrasador

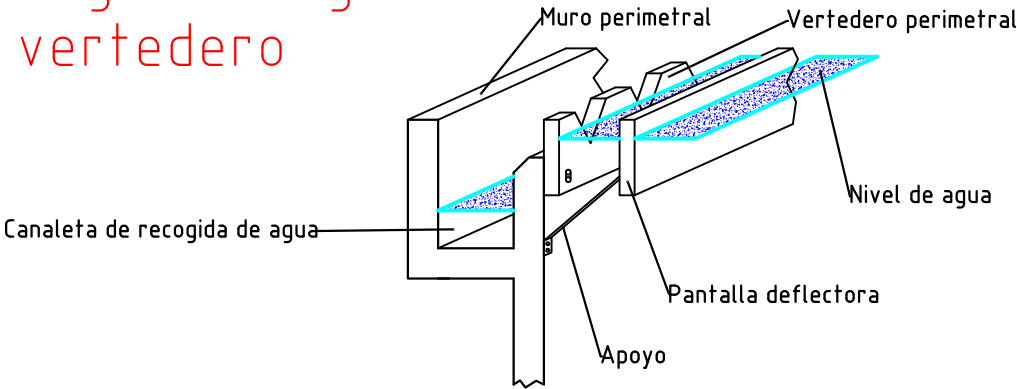


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	02/04/16	Martínez			
COMPROBADO	02/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Pretratamiento			Nº PLANO	
1:100				6/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

TRATAMIENTO PRIMARIO

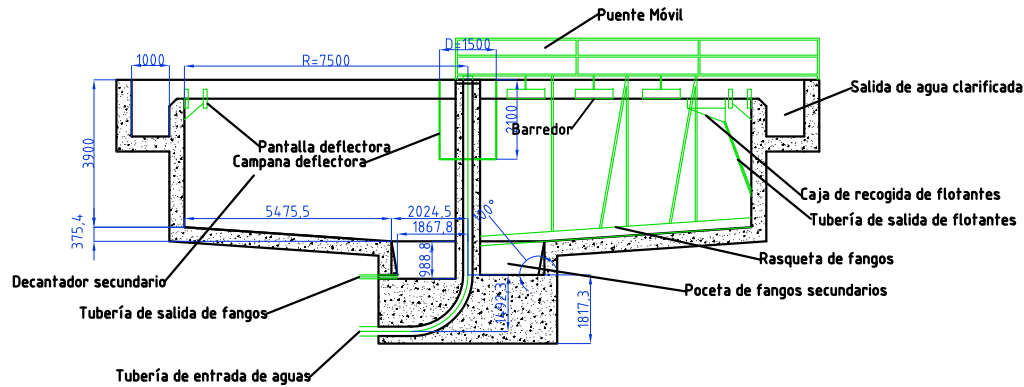
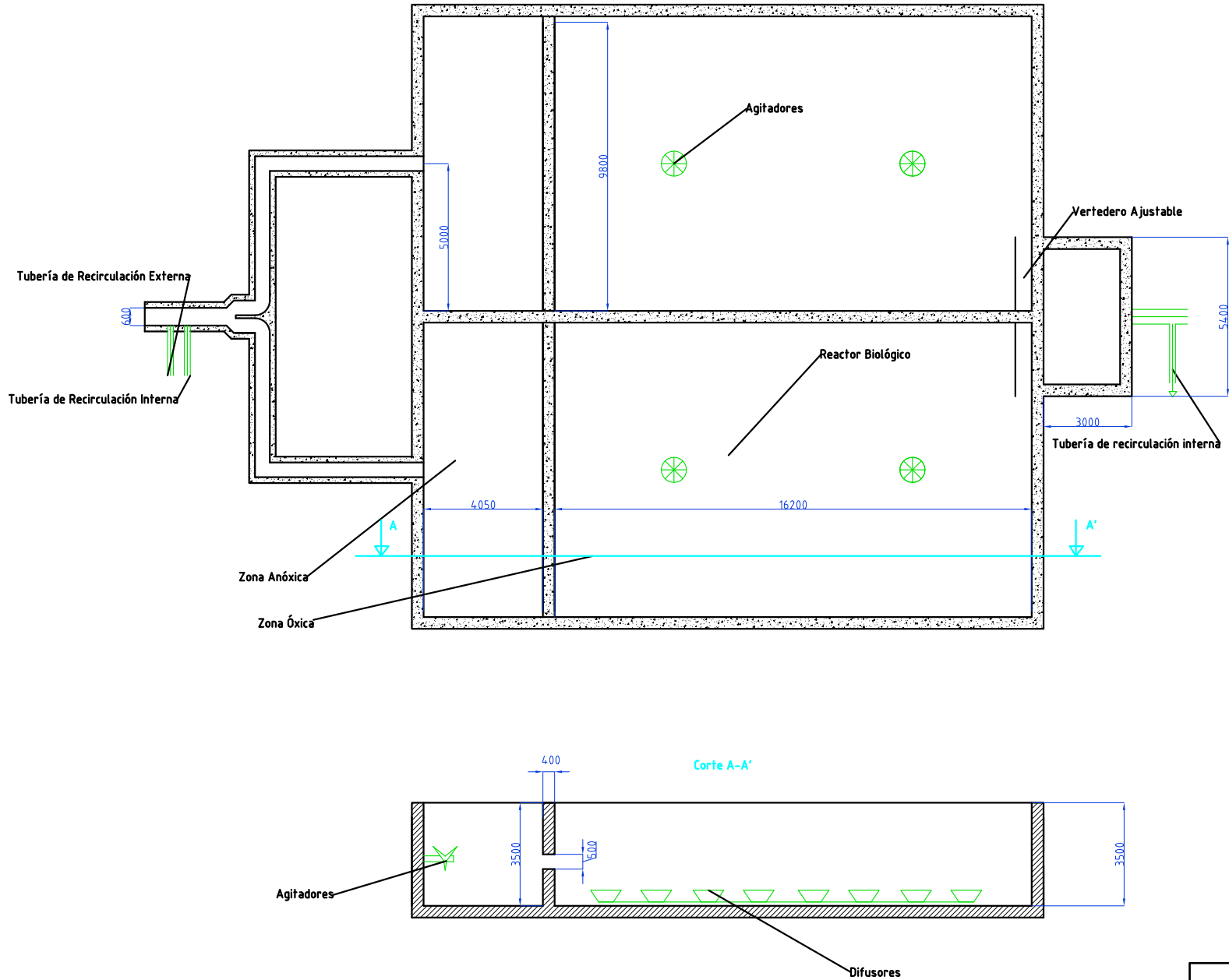


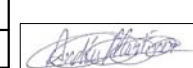
Detalle recogida de aguas y vertedero



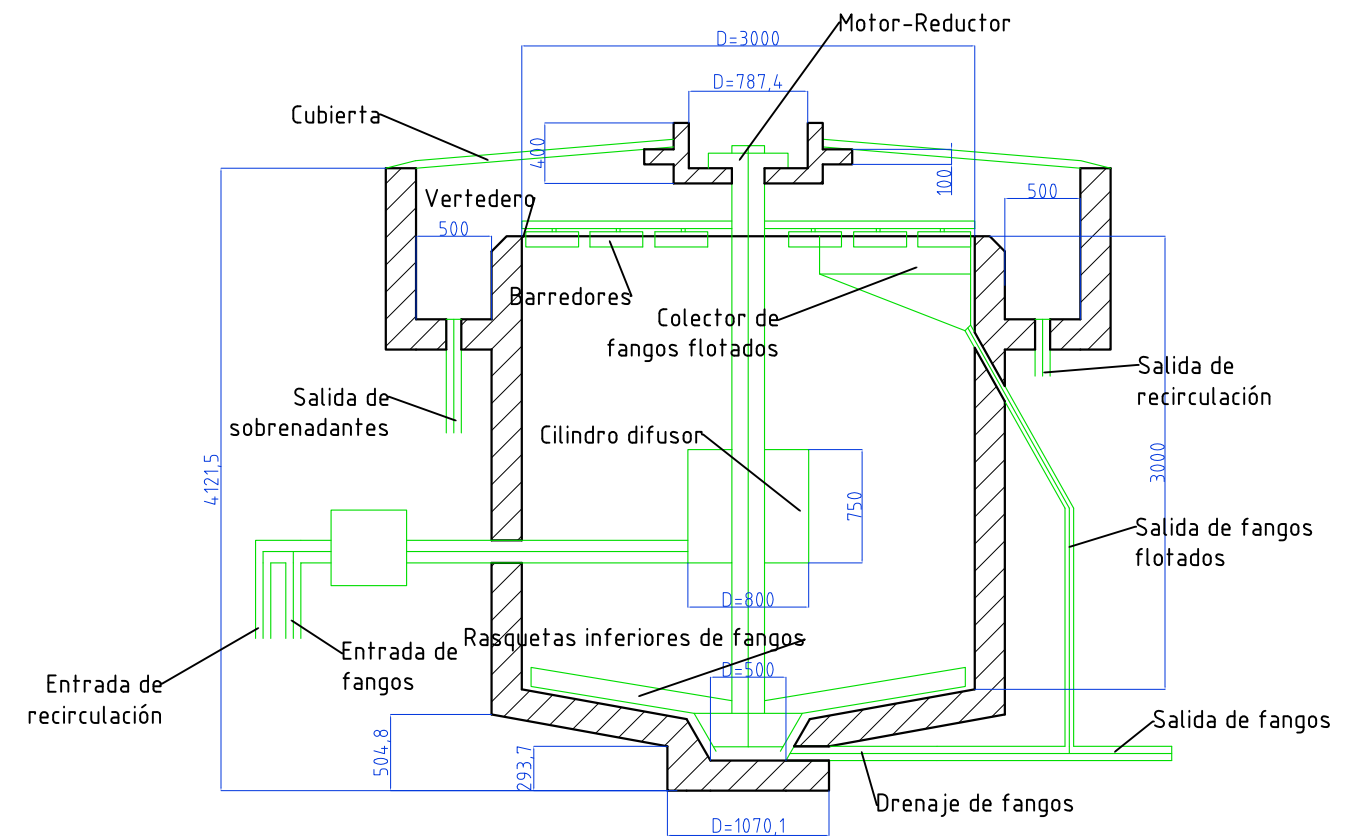
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	03/04/16	Martínez			
COMPROBADO	03/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Tratamiento Primario			Nº PLANO	
1:50				7/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

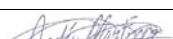
TRATAMIENTO SECUNDARIO

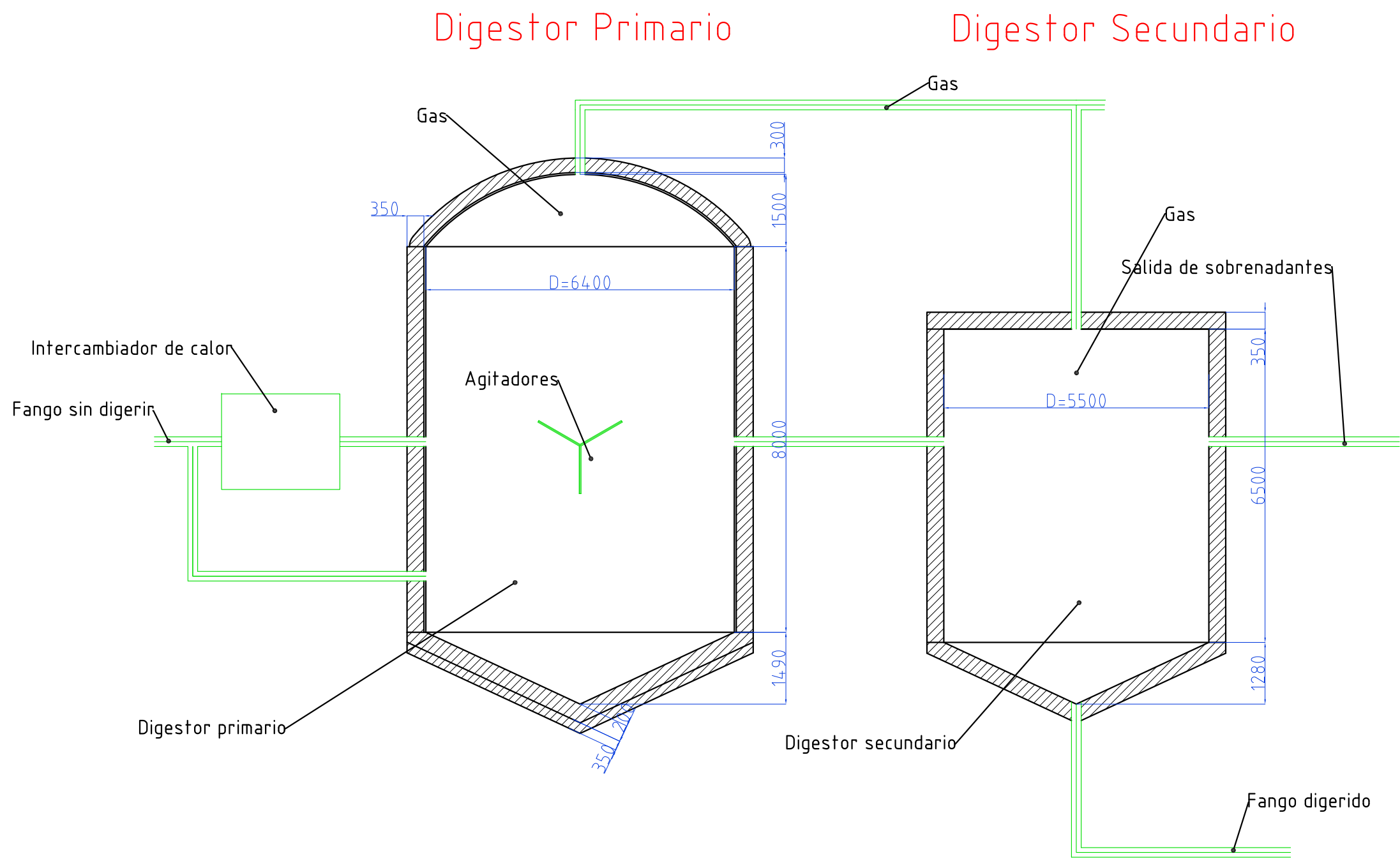


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/04/16	Martínez			
COMPROBADO	17/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Tratamiento Secundario			Nº PLANO	
1:200				8/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

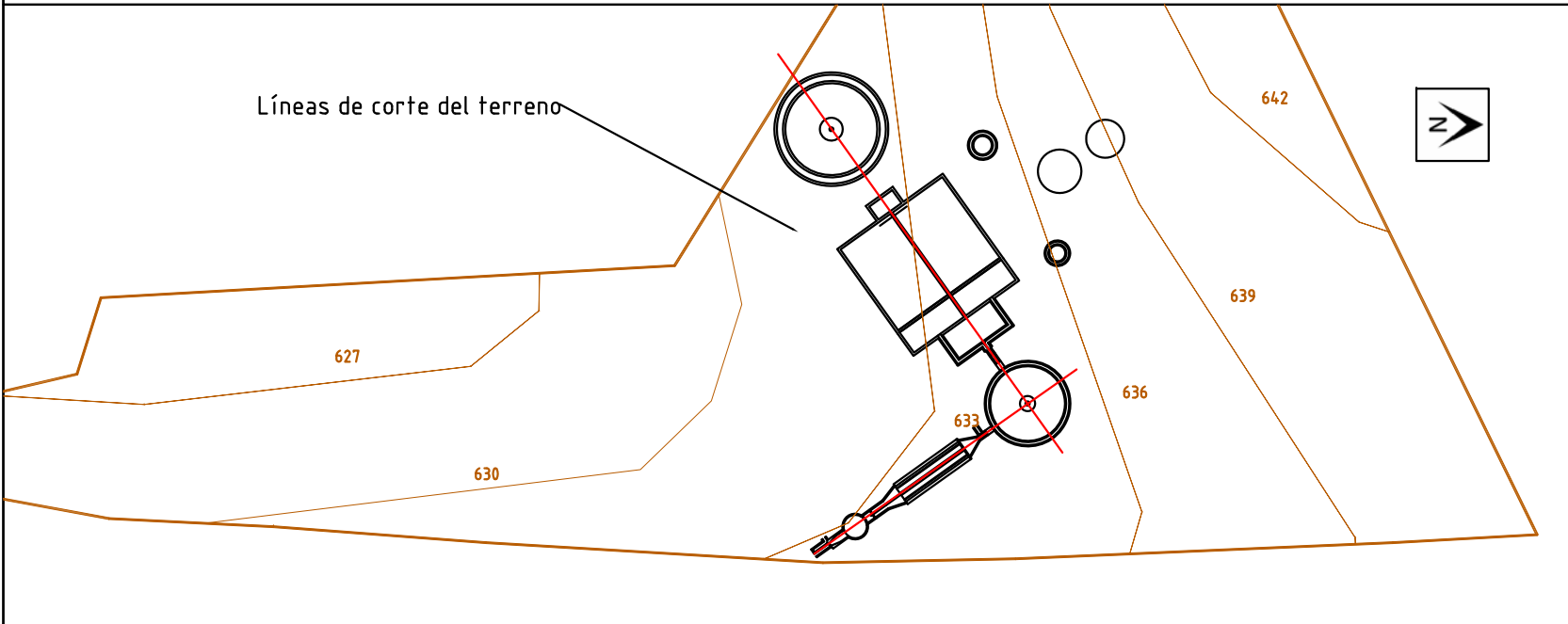
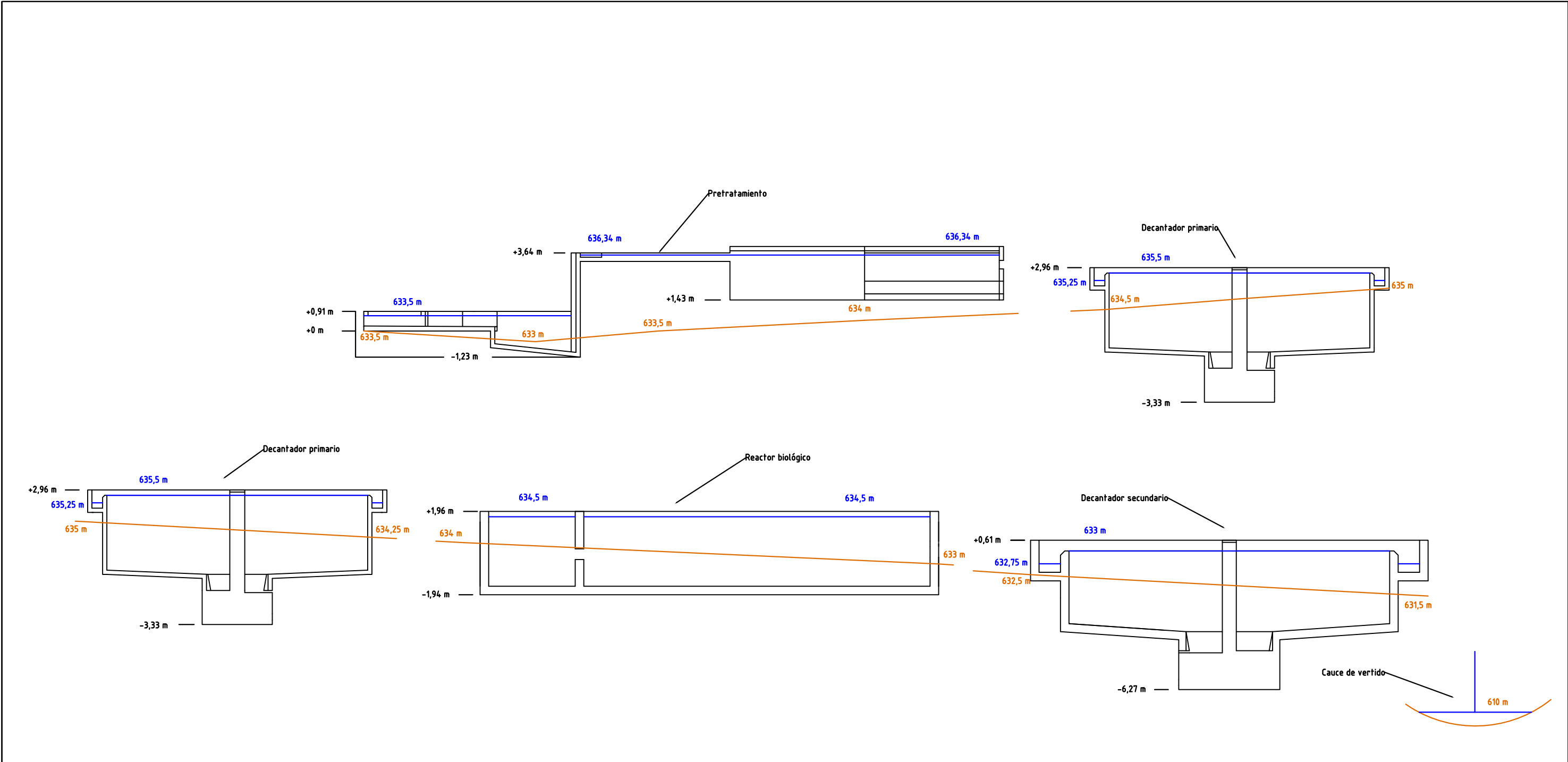
Espesador por Flotación

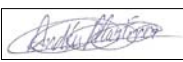


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	23/04/16	Martínez			
COMPROBADO	25/04/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Espesadores de Fangos			Nº PLANO	
1:50				9/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	02/05/16	Martínez			
COMPROBADO	02/05/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Digestor anaerobio			Nº PLANO	
1:100				10/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	03/05/16	Martínez			
COMPROBADO	03/05/16	Sánchez			
		Andrés			
ESCALA:	Estudio y diseño de una EDAR Cotas de agua, elementos EDAR y terreno			Nº PLANO	
N.A.				11/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	