

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE
GRAZALEMA

Autora: M^a Jesús ALPRESA CALVILLO

Fecha: Junio 2006







**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**DOCUMENTO Nº 1
MEMORIA DESCRIPTIVA**

ÍNDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	5
2.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
2.2.1. Justificación para la depuración.....	6
3. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	7
3.1. UBICACIÓN.....	7
3.2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	7
4. GRAZALEMA Y SU ENTORNO.....	8
4.1. MEDIO NATURAL.....	8
4.1.1. Situación geográfica.....	8
4.1.2. Climatología.....	9
4.1.3. Hidrología.....	10
4.1.4. Geología.....	11
4.1.5. Parque Natural Sierra de Grazalema.....	11
4.1.5.1. Flora.....	11
4.1.5.2. Fauna.....	12
4.2. MEDIO SOCIO-ECONÓMICO.....	13
4.3. RESEÑA HISTÓRICA.....	14
4.4. INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIÓN.....	15
5. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	15
5.1. AGUAS RESIDUALES.....	15
5.1.1. Consideraciones generales.....	15
5.1.2. Origen y clasificación.....	16
5.1.3. Características físicas, químicas y biológicas.....	18
5.1.3.1. Características físicas.....	18
5.1.3.2. Características químicas.....	22
5.1.3.3. Características biológicas.....	24
5.1.4. Caudal.....	26
5.2. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (E.D.A.R).....	27
5.2.1. Definición.....	27
5.2.2. Necesidad de implantación.....	28
5.2.3. Objetivos principales.....	28
5.2.4. Tipos de E.D.A.R.....	29

5.2.5. Elementos para el diseño de una E.D.A.R.....	30
5.3. NORMATIVA.....	30
6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DEPURACIÓN.....	32
6.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	32
6.2. PRESELECCIÓN.....	33
6.3. SELECCIÓN.....	35
6.3.1. Comparación entre las soluciones de depuración.....	36
6.3.2. Matriz final de selección.....	44
6.3.3. Conclusiones.....	45
7. UNIDADES DE TRATAMIENTO.....	47
7.1. PRETRATAMIENTO.....	47
7.1.1. Desbaste.....	48
7.1.1.1. Tipos de rejas.....	48
7.1.1.2. Canal de reja.....	52
7.1.1.3. Selección del tipo de reja.....	52
7.1.2. Desarenado y desengrasado.....	53
7.1.2.1. Desarenado.....	53
7.1.2.1.1. Desarenador de flujo horizontal.....	54
7.1.2.2. Desengrasado.....	55
7.1.2.3. Selección del desarenador-desengrasador.....	56
7.2. SISTEMA DE LAGUNAJE.....	56
7.2.1. Tipos de lagunas de estabilización.....	56
7.2.2. Lagunas anaerobias.....	57
7.2.2.1. Fundamentos del proceso de depuración.....	57
7.2.2.2. Morfología.....	59
7.2.3. Selección.....	59
7.2.3.1. Selección del proceso.....	59
7.2.3.2. Selección de la morfología.....	60
7.3. LECHOS BACTERIANOS.....	61
7.3.1. Consideraciones generales.....	61
7.3.2. Características constructivas y funcionales.....	63
7.3.3. Tipos de lechos bacterianos.....	66
7.3.4. Disposición o emplazamiento.....	67
7.3.5. Justificación de la selección del proceso.....	68
7.3.6. Justificación del diagrama de flujo.....	69
7.4. DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	69
7.4.1. Objeto de la decantación secundaria.....	69
7.4.2. Tipos de decantadores.....	70
7.4.3. Selección del decantador.....	72
7.5. ERAS DE SECADO.....	72

7.5.1. Tipos de eras de secado.....	72
7.5.2. Selección del tipo de eras de secado.....	75
8. DIMENSIONES FINALES Y LÍNEA DE TRATAMIENTO.....	75
8.1. CANAL DE ENTRADA.....	76
8.2. CANAL DE DESBASTE.....	76
8.2.1. Reja de medios.....	77
8.2.2. Reja de gruesos.....	78
8.3. CANAL DESARENADOR.....	78
8.4. LAGUNAS ANAEROBIAS.....	78
8.5. LECHO BACTERIANO.....	79
8.6. DECANTADOR SECUNDARIO.....	79
8.7. ERAS DE SECADO.....	80
9. CONCLUSIONES.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	83

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son el resultado de la utilización del agua para distintos fines. Cualquiera que sea su procedencia, las aguas residuales plantean una amenaza para el medio ambiente, ya que modifican las características iniciales del medio natural donde se produce su descarga, produciendo una serie de efectos, entre los que destaca la supresión del poder autodepurador de los cauces receptores con destrucción de su fauna y flora, imposibilitando ó dificultando su utilización. La importancia de esta amenaza depende de sus propiedades, es decir, su composición y cantidad.

Debido al crecimiento de población, el aumento de la actividad industrial, artesanal y ganadera, la contaminación de las aguas ha aumentado no solo en cantidad sino en variedad.

Este fenómeno ha provocado en los últimos años el desarrollado nuevas tecnologías de depuración que permiten aunar una buena calidad de los efluentes tratados y unos costes razonables de tratamiento.

2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto consiste, en primer lugar, en seleccionar el/los proceso/s más adecuados para la depuración de las aguas residuales del municipio de Grazalema (Cádiz). Para ello se utilizará un procedimiento cualitativo que tendrá en cuenta diversos aspectos, tales como la superficie necesaria, simplicidad de construcción, mantenimiento y explotación, impacto ambiental, etc, así como la tecnología actual existente.

Una vez seleccionado el proceso más idóneo, se procederá al dimensionamiento de las unidades de tratamiento que lo constituyen.

La consecución del objetivo propuesto permitirá devolver las aguas al cauce del río Guadalete en condiciones compatibles con el medio ambiente, aplicando la actual normativa sobre el vertido de aguas residuales.

Finalmente, y a modo de conclusión, se realizará una comparación de la planta proyectada y la planta real con el fin de aprovechar las instalaciones actuales, lo que supondría una disminución en los costes de construcción.

2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.2.1. Justificación para la depuración

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos (aguas residuales) es esencialmente el agua de que se desprende la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes. A este hecho cabe añadir la frecuente presencia en el agua residual bruta, de numerosos microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales.

También suele contener nutrientes, que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas, y puede incluir también compuestos tóxicos.

Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada.

El hecho de proyectar una nueva EDAR en el municipio de Grazalema se basa en los inconvenientes con los que cuenta la planta actual, que se resumen en los siguientes puntos:

1. Al tratarse del municipio con el índice de pluviosidad más elevado de España, los filtros de turba no se pueden secar, por lo que resulta imposible la retira de la capa superior y regeneración de éstos, quedando invalidado una parte del proceso de depuración.

2. Igualmente, este problema se agravaría en época de lluvias, ya que los colectores discurren por el lecho de un río y podrían sufrir infiltraciones que harían que el caudal que recibiera la planta superara al caudal de diseño, incluso después de cesar las lluvias.

3. Además, a lo largo del año, se detectan vertidos de elevada carga contaminante, procedentes de industrias alimentarias instaladas en el municipio, que no pueden ser asimilados por la planta actual.

3. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

3.1. UBICACIÓN

El núcleo urbano de Grazalema se asienta en el borde de la Sierra del Endrinal, en el que se puede apreciar un fuerte escarpe vertical, a cuyo pie discurre la carretera de Ronda C-344 (Documento N° 2 - Planos 01 y 02).

La parcela donde se ubica la EDAR es propiedad del Ayuntamiento de Grazalema y se encuentra a escasa distancia de dicha carretera, llegando a ella a través de un camino secundario sin asfaltar.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

La litología del entorno inmediato al emplazamiento se indica en el esquema adjunto.

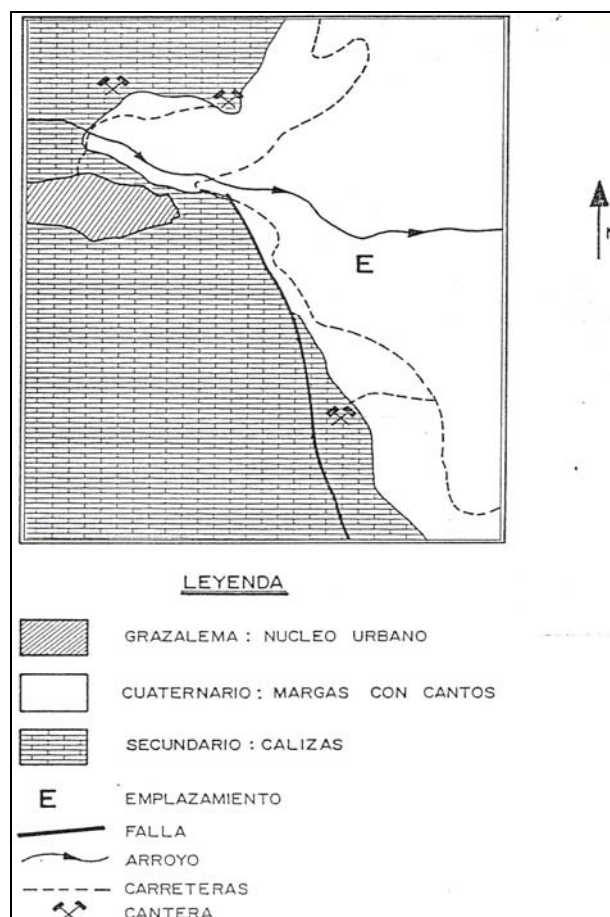


Figura 1. Litología del emplazamiento

Las calizas jurásicas forman los fuertes relieves de la sierra donde se encuentra situado el municipio.

Como se puede observar en el esquema, el escarpe vertical está formado por una falla muy importante de dirección aproximada Norte-Sur. Sobre los materiales que se encuentran al este de dicha falla está el emplazamiento. Son margas con cantos, acumulados al pie de la sierra, de ahí su denominación de “pie de monte”. Contienen bloques y macizos rocosos de un volumen considerado, caídos desde la montaña y por tanto desarraigados.

Se pueden apreciar algunos afloramientos del substrato calcáreo, es decir, parte de la misma masa rocosa que forma la sierra.

La parcela cuenta con algunas ventajas, entre las que destacan:

- Se encuentra en suelo municipal, evitando así posibles expropiaciones.
- No es necesario realizar impulsión alguna y el agua residual llega a la planta por gravedad, gracias a la topografía del terreno.
- Se sitúa lejos del núcleo urbano, al pie de un escarpe vertical, evitando molestias por olores, entre otros aspectos.

4. GRAZALEMA Y SU ENTORNO

4.1. MEDIO NATURAL

4.1.1. Situación geográfica

El término municipal de Grazalema se encuentra situado en el noreste de la provincia de Cádiz, enclavada en el corazón de la Sierra que lleva su nombre y comprendida dentro del Parque Natural Sierra de Grazalema.

La extensión de su término municipal es de 118 km² y su número de habitantes de derecho alcanza los 2.178.

El núcleo urbano se encuentra rodeado de fuertes laderas, excepto por el este, donde nace un valle abierto. Tiene una altitud de 812,4 m sobre el nivel del mar, y en sus proximidades tiene lugar el nacimiento del río Guadalete.

Linda al norte con el término municipal de Zahara de la Sierra, al sur con Villaluenga del Rosario, al este con el término municipal de Montejaque (Málaga), y al oeste con Benaocaz.

4.1.2. Climatología

Aunque la situación general del territorio de Grazalema caiga en el dominio de los climas templados y semihúmedos propios del sur peninsular, las peculiaridades geológicas de la zona provocan la existencia de unas características especiales muy destacables.

Entre ellas la más conocida es el elevado índice de pluviosidad, que es el mayor de toda España, ya que supera los 2.050 l/m² anuales, alcanzándose los valores máximos en octubre, con 460,4 l/m² (Instituto Nacional de Estadística, año 2.003).

Las altitudes allí encontradas representan los primeros obstáculos dignos de consideración que se oponen al avance de los frentes lluviosos y borrascas de componente occidental procedentes del Atlántico.

Estos vientos oceánicos, cargados de humedad ascienden y se condensan al topar con el paredón que representa el macizo de Grazalema produciendo fuertes precipitaciones; alcanzando máximos pluviométricos allí donde la altura lo sea también y donde la orientación de los macizos montañosos intercepten mejor los frentes.

Estas lluvias se distribuyen irregularmente a lo largo del año, como es normal en toda la región.

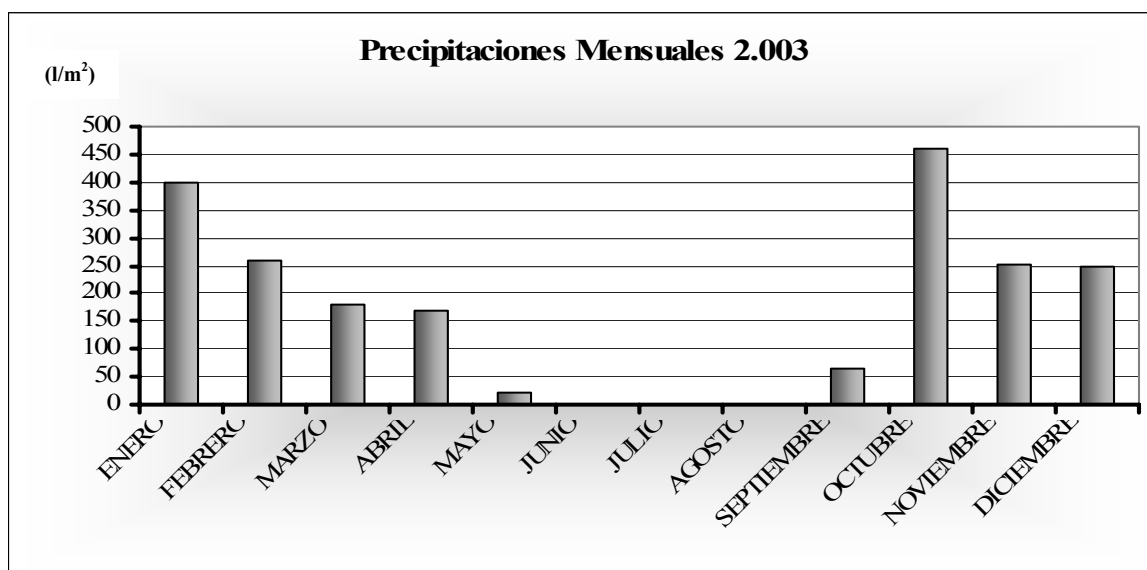


Figura 2. Precipitaciones mensuales 2.003 (l/m²)

Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 7 °C (Enero) y 26,7 °C (Agosto), con una media anual de 15,67 °C (Instituto Nacional de Estadística, año 2.003). No se dan las bajas temperaturas de otras sierras, salvo días aislados de enero y febrero.

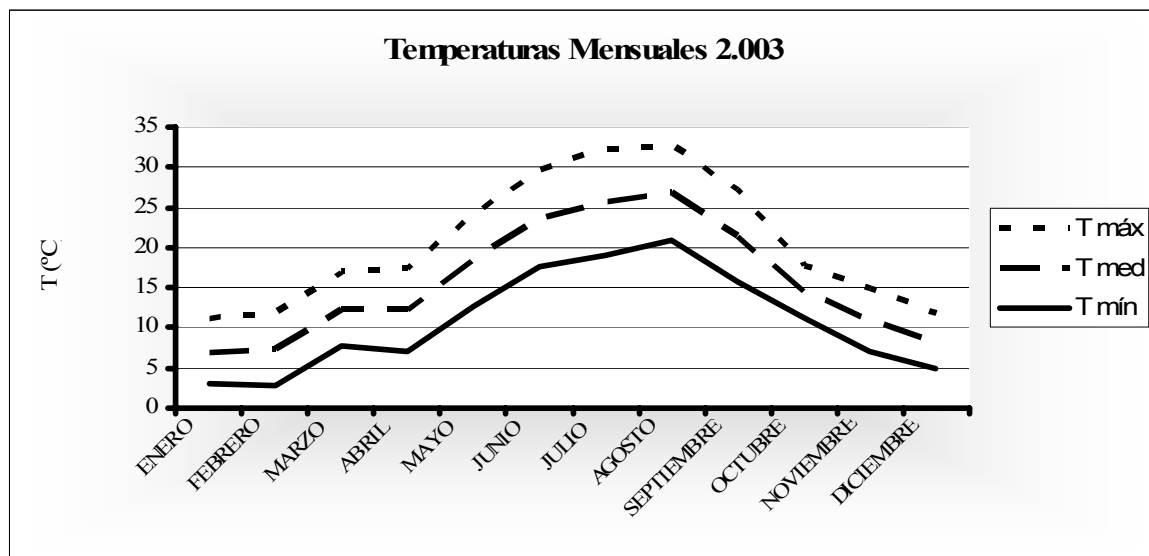


Figura 3. Temperaturas mensuales 2.003 (°C)

4.1.3. Hidrología

El macizo de Grazalema constituye el núcleo hidrográfico más importante de la provincia de Cádiz, siendo aquí donde tienen su nacimiento ríos como el Guadalete, Guadalcaçín o Majaceite, Tavizna, Gaduares, río de El Bosque, etc.

Se pueden observar, desde el puerto de la cumbre, dos tipos de redes de drenaje:

- La cuenca del Guadalete, en la zona próxima a su nacimiento que discurre por la vertiente meridional de la sierra del Pinar, dirigiéndose hacia el NE, por el Corredor del Boyar, a favor de los materiales más blandos.
- La vertiente septentrional se caracteriza por las fuertes pendientes y un régimen fluvial de tipo torrencial condicionado por la forma de herradura de su cabecera.

La principal vía fluvial del Parque la constituye el río Guadalete, nacido al pie de Zahara, en el manantial de Bocaleones. Este mismo nombre reciben el arroyo y el cañón que forma. Este tipo de modelado (garganta) es propio de cursos fluviales que atraviesan materiales muy resistentes a la meteorización mecánica, de ahí las fuertes pendientes del cauce. La erosión se realiza predominantemente a favor de la corriente del arroyo, que profundiza su cauce verticalmente, mientras que las laderas se meteorizan a menor ritmo, dada su resistencia; esto explica el perfil de este valle, muy distinto al típico en forma de "V" de los valles fluviales en las zonas de cabecera.

4.1.4. Geología

Los materiales más abundantes que nos encontramos en el macizo de Grazalema son dolomías y calizas de diferentes tipos procedentes del Jurásico, así como arcillas y margas del Triásico, todo ello perteneciente al dominio subbético.

Todo el complejo montañoso correspondiente al macizo de Grazalema es ámbito excepcional de la morfología cárstica. La naturaleza caliza de la roca, unida a las altas precipitaciones que se registran en esta sierra, provocan fenómenos de modelado cárstico de dos tipos:

- Superficiales, como el Cañón de Bocaleones (vertiente norte de la sierra del Pinar), grandes depresiones cerradas, como los Llanos de Líbar y los Llanos del Republicano, además de infinidad de simas, sumideros, etc.
- Subterráneos, como el sistema Hundidero-Gato, con más de 5 km de longitud, multitud de cuevas, simas e intrincadas redes de circulación de aguas.

4.1.5. Parque Natural Sierra de Grazalema

El Parque Natural Sierra de Grazalema es también Reserva de la Biosfera, declarada así por la UNESCO en 1.975 y Zona de Especial Protección para las Aves por la Unión Europea en 1.989.

Localizado al noreste de la provincia de Cádiz y al noroeste de la de Málaga, a una altitud que oscila entre los 250 y 1.654 m sobre el nivel del mar, con una extensión de 51.695 Has. Un total de 14 municipios se hallan incluidos en la superficie del Parque : Grazalema, Zahara de la Sierra, Villaluenga del Rosario, Benaocaz, Ubrique, El Bosque, Prado del Rey, El Gator y Algodonales de la provincia de Cádiz; Benaoján, Montejaque, Cortes de la Frontera, Jimena de Líbar y Ronda en la provincia de Málaga.

4.1.5.1. Flora

La vegetación que puebla los montes del Parque se puede considerar típicamente mediterránea. En estas sierras gaditanas es fácil distinguir varios pisos de vegetación que, a medida que aumenta la altitud y cambian las condiciones climáticas, nos muestran una amplia gama de especies y biotipos de adaptación diferentes de acuerdo con esta variación climática.

➤ Los pisos inferiores y toda la áspera y pedregosa vertiente meridional de esta sierra están dominados por los bosques de alcornoques (*Quercus suber*) y encinas (*Quercus ilex*), frecuentemente mezclados en bosques mixtos en los que también figuran algarrobos (*Ceratonia siliqua*), acebuches (*Olea europaea*), madroños (*Arbutus unedo*), espinos (*Crataegus*) y lentiscos (*Pistacia enticus*).

➤ En la vertiente septentrional, a altitudes cercanas a los 1.000 m, aparece el quejigo (*Quercus canariensis*), que raramente forma masas puras, asociándose a alcornoques y encinas en zonas de poca humedad. También en este piso aparecen ya ejemplares aislados de pinsapo (*Abies pinsapo*).

➤ Debido a particularidades climáticas y geológicas, la umbría de la sierra del Pinar encierra entre los 900 y 1.600 m de altitud el bosque de pinsapos, conocidos popularmente en esta zona como pinos. El bosque mejor conservado lo encontramos en la vertiente norte de dicha sierra y ocupa aproximadamente unas 300 ha.

4.1.5.2. Fauna

Al igual que ocurre con la vegetación, Grazalema encierra en sus bosques una enorme variedad de fauna.

El grupo más numeroso es el de las aves, estando censadas alrededor de 136 especies. Entre ellas destaca la mayor colonia de buitres leonados de Europa.

También se puede observar en estas sierras, aves rapaces como el alimoche (*Neophron percnopterus*), el más pequeño de los buitres, águilas reales, águilas pescadoras, águilas perdiceras, águila imperial, búhos reales (*Bubo bubo*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y gavilanes (*Accipiter nisus*).

Los mamíferos de mayor tamaño existentes en Grazalema son la cabra montés (*C. hispánica*), el ciervo (*Cervus elaphus*) y el corzo (*Capreolus capreolus*).

Depredadores como el meloncillo (*Herpestes ichneumon*), la nutria común (*Lutra lutra*), la gineta (*Genetta genetta*), el gato montés (*Felis sylvestris*) y el zorro (*Culpes culpes*), son típicos en este Parque.

Mención aparte merece la gran variedad de murciélagos que habitan en Grazalema, estando considerado el complejo de Hundidero-Gato como uno de los puntos con mayor concentración de murciélagos de Europa durante la época invernal.

La numerosa fauna se completa con un censo aproximado de hasta 40 especies de mamíferos, 10 de anfibios y 16 de reptiles.

4.2. MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

La economía de Grazalema se basa fundamentalmente en la ganadería, el turismo y la industria artesana.

El sector agrícola tiene una escasa incidencia económica, existiendo cultivos de cereal (cebada) y olivar, aunque son poco representativos de la economía local.

Tabla1. Cultivos herbáceos

Superficie (Ha)	154	
Cultivo de regadío	Principal cultivo	Hortalizas
	Superficie (Ha)	15
Cultivo de secano	Principal cultivo	Cereales
	Superficie (Ha)	86

Tabla 2. Cultivos leñosos

Superficie (Ha)	288	
Cultivo de regadío	Principal cultivo	Naranjos
	Superficie (Ha)	4
Cultivo de secano	Principal cultivo	Olivar
	Superficie (Ha)	284

La ganadería, sin embargo, es un pilar básico, sobre todo el ganado caprino, raza serrana y el ovino, raza merina, con producción de leche y carne.

La artesanía de Grazalema destaca, entre otras cosas, por la gran variedad de artículos elaborados con materias primas tales como las varas de olivo, el esparto o la palma. La “Manta de Grazalema”, elaborada a mano con pura lana de oveja, y los objetos decorativos de corcho, completan el abanico artesanal.

Destacar también el sector de la carpintería de madera, existiendo al menos cinco empresas dedicadas a la fabricación artesanal de muebles.

Pero, sin duda, el pilar fundamental de la economía grazalemeña es el turismo que, en la actualidad, supone una muy importante fuente de ingresos para la población.

El auge de este sector está permitiendo la creación de una importante infraestructura de servicios (hoteles, hostales, restaurantes, zonas de acampada, casas de labranza en alquiler, servicios complementarios...) y, a su vez, está suponiendo un gran empuje para la actividad artesana de la localidad.

Tabla 3. Infraestructuras de servicio

Restaurantes	13
Hoteles	2
Pensiones	1
Plazas en hoteles	76
Plazas en pensiones	56

Otros datos de interés se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Datos de interés diversos

Centros de Educación Primaria	1	Viviendas familiares	1.322
Centros de Enseñanza Secundaria	1	Viviendas familiares principales	685
Centros de Educación de Adultos	1	Viviendas familiares secundarias	499
Centros de Salud	0	Viviendas de nueva planta	1
Consultorios	2	Bibliotecas Municipales	2

4.3. RESEÑA HISTÓRICA

Por los restos hallados se desprende que el hombre comenzó su aparición en esta sierra en el período paleolítico. Luego, según todo hace suponer, fueron los celtas los primeros en fundar una villa, a la que dieron el nombre de Alexia. Con los romanos, la zona adquirió una mayor importancia pues Lacilbulba, el actual pueblo de Grazalema, ya tomó forma de asentamiento estable.

A mediados del siglo VIII se consolidan los primeros núcleos islámicos que dejaron una gran huella en los pueblos de la zona, que sigue perdurando hasta nuestros días.

Ejemplo de ello, el mismo nombre de Grazalema, denominada por los árabes “Gran Zulema”.

La influencia musulmana se prolongó hasta el año 1.485, cuando, tras ser reconquistada por el Marqués de Cádiz, Rodrigo Ponce de León, queda bajo el dominio de la Casa de Arcos, formando parte del Señorío de las Siete Villas, del que formaban parte Grazalema, Ubrique, Benaocaz, Cardela, Villaluenga, Archite y Aznalmara. A partir del siglo XVII, gracias a la industria de la pañería, empieza a crecer económicamente. En el siglo XX, la economía se sustentaba en el sector primario, y actualmente, la amplia oferta de turismo rural ha empezado a incidir de forma muy positiva en la prosperidad del municipio.

4.4. INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIÓN

Grazalema se encuentra situada estratégicamente en el centro de un triángulo formado por Cádiz, Sevilla y Málaga. Según la procedencia, las carreteras a seguir son:

Cádiz por Arcos de la Frontera	N-342, C-344
Sevilla por Villamartín	N-IV, C-344
Málaga por Marbella-Ronda	N-340, C-399, C-344

La estación de ferrocarril de Ronda (Málaga), así como la de Jerez de la Frontera (Cádiz), son las más cercanas al municipio serrano.

El aeropuerto de Jerez (único en la provincia), se encuentra a unos 105 km de Grazalema, y existen vuelos que operan a distintos destinos nacionales.

Otros aeropuertos cercanos son: Sevilla (126 km), Málaga (139 km) y Granada (189 km).

5. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

5.1. AGUAS RESIDUALES

5.1.1. Consideraciones generales

Las aguas residuales son el resultado de la utilización del agua para distintos fines.

Como consecuencia de este uso, el agua recoge materias en suspensión y disueltas que alteran sus propiedades. Dependiendo del tipo de utilización, las aguas residuales presentan características muy diferentes.

Existe una gran diferencia entre las aguas residuales urbanas ó domésticas, originadas por el uso del agua en las casas, y las aguas residuales industriales, procedentes de actividades industriales.

Estas últimas son de gran diversidad, ya que pueden presentar desde contaminación física hasta contaminación bioquímica de gran complejidad.

Independientemente de su procedencia, las aguas residuales plantean una amenaza para el medio ambiente, ya que modifican las características iniciales del medio natural donde se produce su descarga. La importancia de esta amenaza depende de sus propiedades, es decir, su composición y cantidad.

Por tanto, antes de escoger un método de tratamiento, el primer paso consiste en averiguar lo más exactamente posible todas las características del agua residual a tratar.

5.1.2. Origen y clasificación

El origen de las aguas residuales puede ser:

- Drenaje.
- Escorrentía.
- Doméstico.
 - Procedentes de la eliminación de excrementos.
 - Procedentes de la limpieza doméstica.
- Industrial/ Comercial.
- Agrario.
 - Procedentes de actividades agrícolas.
 - Procedentes de actividades ganaderas.

En base a ello, las aguas residuales se pueden clasificar como:

- Aguas pluviales.

Son las aguas procedentes de la escorrentía superficial provocadas por las precipitaciones atmosféricas, bien sea en forma de lluvia, nieve, granizo, etc.

Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies y terrenos.

➤ Aguas blancas.

Las aguas blancas están constituidas fundamentalmente por las aguas pluviales y en menor cantidad, por las aguas de drenaje.

Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes, y su contaminación procede de los restos de actividad humana y asociada (papeles, colillas, excrementos de animales, etc.), residuos del tráfico (aceites, hidrocarburos, etc.), carga contaminante del agua pluvial y la contaminación aportada por las aguas de drenaje (aguas salobres, fugas de alcantarillado, etc.).

➤ Aguas negras o urbanas.

Son aquellas aguas formadas por aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de drenaje y escorrentía pluvial.

En este tipo de aguas, se presentan gran variedad de compuestos químicos, entre los que se pueden citar: microorganismos, urea, albúmina, proteínas, ácido acético y láctico; bases jabonosas y almidones, diferentes tipos de aceites; hidrocarburos; gases (sulfhídrico, metano, etc.) y sales (bicarbonatos, sulfatos, nitratos, etc.).

➤ Aguas industriales.

Son todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, y que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Existen prácticamente tantos tipos de aguas residuales industriales como industrias, apareciendo en ellas elementos propios de cada actividad industrial, entre los que pueden citarse: tóxicos, productos químicos, productos radioactivos, iones metálicos, detergentes, hidrocarburos, pesticidas, etc.

➤ Aguas agrarias.

Son aguas procedentes de actividades agrícolas y ganaderas.

Además del contenido en sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden contener elementos propios de las actividades agrarias, destacando: fertilizantes, estiércol, biocidas (plaguicidas, pesticidas, productos fitosanitarios, etc.) y residuos varios.

5.1.3. Características físicas, químicas y biológicas

5.1.3.1. Características físicas

➤ Color.

El color del agua residual fresca es gris, con sólidos en suspensión o flotantes fácilmente reconocibles.

Si se deja pasar un tiempo excesivo entre la generación del agua residual y su tratamiento, las bacterias descomponen los compuestos orgánicos y el oxígeno disuelto en el agua se reduce a cero, cambiando el color a negro. En este caso se dice que el agua residual está séptica, y surgen también problemas de olores.

➤ Olor.

El agua residual urbana no debe presentar olores desagradables. Para ello es necesario que llegue a la planta de tratamiento en condiciones no sépticas, es decir, que no se hayan iniciado procesos de putrefacción durante el recorrido entre la población y la depuradora.

Esto se consigue evitando en lo posible grandes distancias y tiempos de transporte del agua residual.

Si el agua es séptica, su olor más característico es el del sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos.

Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos ó capaces de producir olores en el proceso de tratamiento.

➤ Sólidos.

Uno de los objetivos fundamentales en las depuradoras es la eliminación de los sólidos presentes en el agua residual. Estos sólidos son de varios tipos:

- Sólidos totales.

Si tomamos una muestra del agua residual, evaporamos toda el agua y pesamos el residuo seco resultante, obtendremos los sólidos totales contenidos en el agua de partida. Por tanto, esta medida nos da la cantidad total de sólidos presentes, independientemente de su naturaleza y de la forma en que se encuentren en el agua.

Para hacer estas distinciones podemos introducir las siguientes definiciones:

- Sólidos disueltos.

Son aquellos que atraviesan los filtros cuando se hace pasar una muestra de agua residual por un filtro de 0,45 μm .

- Sólidos en suspensión ó filtrables.

Son los sólidos que quedan retenidos en un filtro de 0,45 μm .

- Sólidos sedimentables.

Es la fracción de sólidos en suspensión capaz de separarse del agua residual por sedimentación al cabo de 1 hora. Esta medida tiene interés en el cálculo de decantadores y lagunas anaerobias.

- Sólidos no sedimentables.

Es el resto de sólidos en suspensión que no se separa por sedimentación. La diferencia entre el comportamiento de los sólidos sedimentables y no sedimentables se debe al tamaño, forma y densidad de las partículas.

La suma de sólidos sedimentables y no sedimentables nos da el total de sólidos en suspensión. Si a estos últimos les sumamos los sólidos disueltos, obtenemos los sólidos totales presentes en el agua residual:

$$S. \text{ Sedimentables} + S. \text{ No Sedimentables} = S. \text{ Suspensión}$$

$$S. \text{ Suspensión} + S. \text{ Disueltos} = S. \text{ Totales}$$

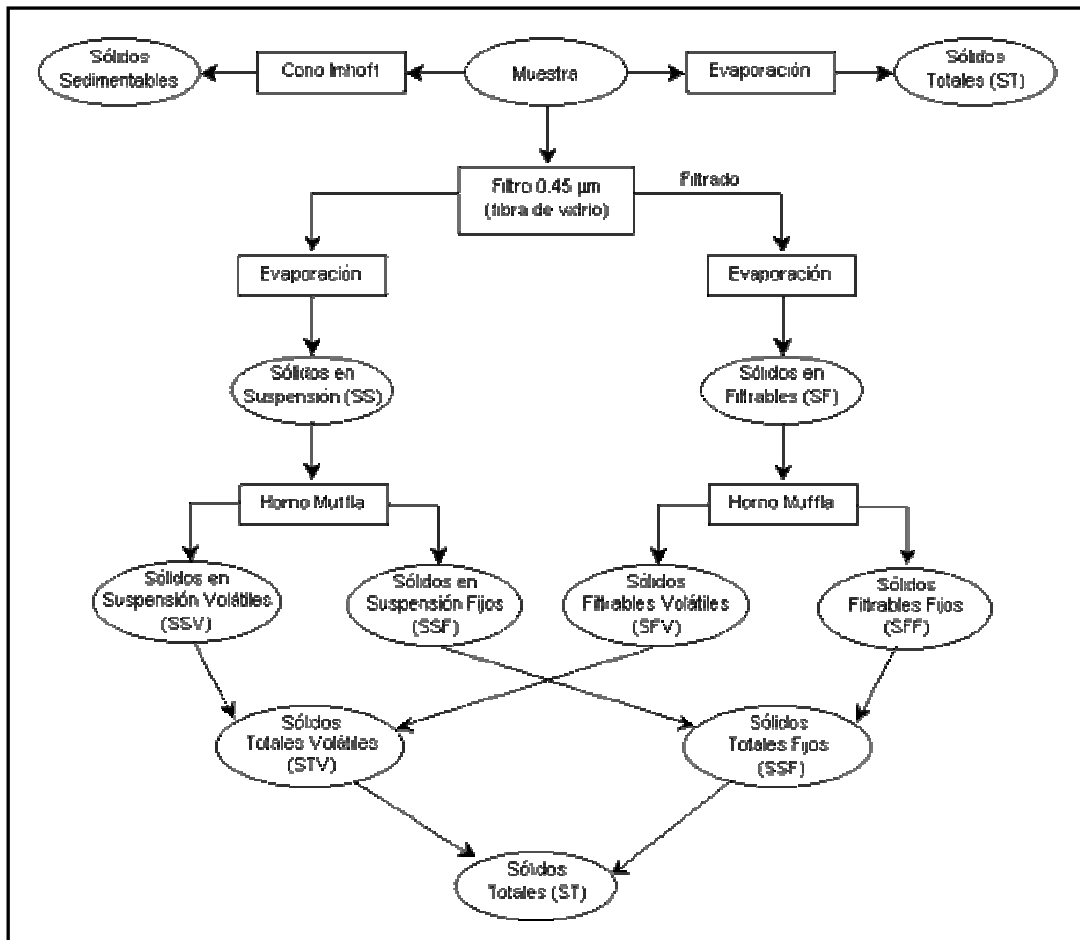


Figura 4. Clasificación de los sólidos presentes en el agua residual

Además de esta clasificación, también podemos distinguir entre sólidos orgánicos (sólidos volátiles) e inorgánicos (sólidos fijos).

➤ Conductividad.

La medida de la conductividad indica la facilidad con que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. El agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica, por tanto, una conductividad elevada indica la presencia de impurezas, y más concretamente, de sales disueltas.

La conductividad aumenta como resultado del uso doméstico del agua, y su valor suele estar comprendido entre 1.000-2.000 $\mu\text{siemens/cm}$. Su medida es muy útil para detectar vertidos procedentes de industrias alimentarias y químicas, o infiltraciones de agua de mar en las zonas costeras.

Además, informa sobre la posibilidad de usar el agua residual tratada como riego, ya que algunas plantas son sensibles al contenido en sales disueltas y exponer el terreno a un riego con aguas muy conductoras podría inutilizarlo para el cultivo.

➤ Turbidez.

La medición de la turbidez se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. La materia coloidal dispersa absorbe la luz, impidiendo su transmisión.

➤ Temperatura.

El agua residual urbana presenta una temperatura bastante uniforme a lo largo del año. Aunque hay pequeñas diferencias entre poblaciones, la temperatura suele ser de unos 15°C durante el invierno y 20°C durante el verano.

Cuanto mayor sea la distancia que el agua residual debe recorrer entre la población y la planta de tratamiento, más se parecerá la temperatura de entrada a la temperatura ambiente.

El agua residual urbana está normalmente algo más caliente que el agua de suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las casas y de actividades industriales.

Este parámetro es muy importante por su efecto en la vida acuática (una temperatura demasiado elevada puede producir cambios en las especies piscícolas), en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicabilidad del agua a usos útiles.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que la fría. El aumento de la velocidad de las reacciones químicas que supone un aumento de la temperatura, combinado con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales, puede causar agotamientos de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos aumentan cuando se vierten grandes cantidades de agua caliente a las aguas naturales receptoras.

Debe tenerse en cuenta que un cambio repentino de temperatura puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

5.1.3.2. Características químicas

➤ Materia orgánica.

El objetivo más importante del tratamiento de aguas residuales es la eliminación de la materia orgánica. Cuando se vierte el agua residual directamente sin depurar, se puede apreciar una degradación en la corriente de agua receptora, debida al contenido de materia orgánica.

La mayor parte de la materia orgánica contenida en el agua residual es biodegradable y los microorganismos la utilizan como alimento, para lo cual necesitan consumir oxígeno.

Este gas es relativamente soluble en agua y cuando se consume rápidamente para la degradación de la materia orgánica, su concentración disminuye, pudiendo llegar al agotamiento.

En estas condiciones aparecen olores desagradables, el agua cambia de color gris a negro y especies superiores, como los peces, no podrían vivir.

Es por ello, que la materia orgánica es la característica más importante del agua residual. Su origen puede ser vegetal o animal, y se suele aportar al agua como productos de desecho de la actividad humana.

Está formada por distintos tipos de compuestos, pero en el campo de la depuración, se evita su estudio pormenorizado y se opta por ciertas medidas que dan una idea acerca del oxígeno necesario para su estabilización.

Entre ellas destaca la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, que a continuación se definen:

- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅).

Esta medida representa la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar biológicamente la materia orgánica contenida en una muestra de agua, incubada durante cinco días a 20 °C.

- Demanda química de oxígeno (DQO).

Con esta medida se estima el oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica contenida en el agua. Puesto que por medios químicos la oxidación de la materia orgánica es más completa, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO₅.

Es posible establecer una relación aproximada entre DQO y DBO₅ para aguas residuales urbanas no tratadas, y es la siguiente:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,5$$

La mayor ventaja de la DQO frente a la DBO₅ son la rapidez de ensayo, en el primer caso, un par de horas, además de una mayor fiabilidad y reproducibilidad de la técnica de medida.

➤ Materia inorgánica.

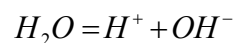
La materia inorgánica presente en el agua residual tiene gran repercusión en los procesos biológicos de depuración. Algunas de las medidas más importantes son:

- Oxígeno disuelto.

Los microorganismos responsables de la depuración son diferentes según el medio contenga o no oxígeno disuelto. Para la degradación de la materia orgánica se necesita un aporte de oxígeno disuelto, pero cuando el consumo es superior a dicho aporte, el agua se encuentra en condiciones anaerobias, pudiéndose producir olores desagradables, enlentecimiento de la depuración, y en definitiva, un funcionamiento incorrecto de la depuradora.

- pH.

Las moléculas de agua tienen la capacidad de disociarse en dos iones con carga eléctrica de distinto signo, ión hidrógeno e ión hidroxilo:



El pH se define como la medida de los iones hidrógeno en el agua, y puede variar desde 1 (carácter ácido) a 14 (carácter básico), tomando 7 como valor neutro (agua pura).

La medida del pH en sí misma no es un indicador de impurezas en el agua, ya que un agua residual muy cargada puede tener un pH neutro.

Sin embargo, el pH es muy importante para determinar si el agua residual puede ser tratada biológicamente, ya que los microorganismos responsables de la depuración presentan poca tolerancia a los cambios de pH. El margen adecuado para el tratamiento biológico es de 6-9, y por debajo o por encima, los microorganismos no se adaptan.

- Nutrientes.

Los nutrientes son las especies químicas utilizadas por los microorganismos como alimentos. Están formados por especies que utilizan en menor cantidad, y por otras, esenciales para el desarrollo de estos, como son el nitrógeno y el fósforo, en las siguientes formas:

Nitrógeno: El nitrógeno se encuentra presente en el agua residual en forma orgánica, y en su forma inorgánica como amoníaco, nitritos y nitratos.

Fósforo: También se encuentra en el agua residual en forma orgánica e inorgánica. Entre las formas inorgánicas la más importante es el fósforo soluble (ortofosfatos), que resulta directamente utilizable por los microorganismos.

En ambos casos, las distintas formas de estos elementos químicos son interconvertibles, dando así lugar al ciclo del nitrógeno y del fósforo respectivamente.

Tanto el nitrógeno como el fósforo se presentan en el agua residual en concentraciones muy elevadas, permitiendo su tratamiento biológico sin tener que ajustar la composición de la corriente de entrada a la depuradora. Frente a esto, se encuentra el inconveniente de que estimulan el crecimiento de microorganismos en los cursos de las aguas receptoras.

Además del nitrógeno y del fósforo, el azufre se presenta como otro elemento químico necesario para el desarrollo de los microorganismos, aunque en menor cantidad que los anteriores. Normalmente, se presenta en forma orgánica y, en forma inorgánica como sulfatos, sulfitos y sulfuros; y son los responsables de muchos de los olores desagradables cuando el agua residual está en condiciones anaerobias.

5.1.3.3. Características biológicas

Entre la materia viva (microorganismos) presente en las aguas residuales pueden citarse: virus, protozoos, bacterias, hongos, insectos, rotíferos, etc.

Los microorganismos pueden clasificarse en:

- Parásitos.

Viven a expensas de otros organismos vivos y pueden ser Benignos ó Patógenos. Los parásitos patógenos pueden ser causa de enfermedades que afectan directamente al hombre, como hepatitis, fiebres tíficas, cóleras, salmonelosis, disenterías, etc.

➤ Saprofitos.

Descomponen la materia orgánica muerta para poder alimentarse. De su actividad metabólica se origina nueva materia viva, productos de desechos y formación de flóculos.

Otra posible clasificación de los microorganismos sería atendiendo a la posibilidad que tienen para la captación de oxígeno, como elemento básico energético de su vida. De esta forma, podemos clasificarlos en:

➤ Aerobios.

Son aquellos que captan el oxígeno disuelto en el agua de una forma directa. Constituyen el 60-65% de los microorganismos totales presentes en el agua residual.

➤ Anaerobios.

Obtienen el oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por tres o más elementos (C, H, O, N, S, P, K). Suponen un 10-25% de los microorganismos totales presentes en el agua residual.

➤ Facultativos.

Constituyen el 10-30%. Estos pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas.

Debe tenerse presente que, si bien existen microorganismos patógenos, que pueden originar serios problemas sanitarios al hombre, también existen muchas especies de microorganismos, que colaboran con la naturaleza ayudando a un continuo reciclado, reutilización de la materia, cerrando ciclos como los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre. Finalmente deben mencionarse los organismos macroscópicos, que son visibles, como gusanos, insectos y otras formas, que ayudan también a la descomposición biológica de la materia orgánica.

5.1.4. Caudal

Uno de los datos fundamentales a la hora de proyectar una planta de tratamiento es la cantidad de vertido por unidad de tiempo que va a llegar a la instalación. Esta cantidad o caudal depende de la población servida por la planta de tratamiento y de las costumbres en relación al uso del agua.

El caudal del agua residual suele estimarse en función del caudal de agua potable suministrado a la red por los servicios municipales, teniendo en cuenta que existen una serie de pérdidas que provocan que el caudal de aguas residuales generado sea inferior al de agua potable suministrada.

Estas pérdidas se deben, fundamentalmente, al estado de la red. Cuando ésta se encuentra en mal estado se producen infiltraciones importantes en el subsuelo.

Otras posibles pérdidas se deben a usos del agua en los que no se produce su reincorporación al alcantarillado, como ocurre en los riegos.

En general, se considera que un 60-80 % del agua potable se transformará en agua residual.

Por otra parte, la red de alcantarillado puede disponer o no de sistemas que permitan separar las aguas de lluvia de las aguas residuales.

En el primer caso, la red se llama separativa, ya que las aguas pluviales se incorporan a distintas conducciones y, en consecuencia, nunca llegan a la planta de tratamiento de residuales.

En el segundo caso, la red se llama unitaria. Esta diferencia es muy importante cuando se proyecta la planta depuradora, puesto que para las redes unitarias durante los periodos lluviosos hay un aumento de caudal a tratar acompañado por una reducción en la carga orgánica por unidad de volumen, es decir, una dilución del agua residual ocasionada por la incorporación a ésta del agua de lluvia. En consecuencia, la instalación debe tener la capacidad para encajar tanto la punta de caudal como el efecto de dilución del agua residual.

Otro aspecto muy importante es la estacionalidad del caudal, es decir, si la cantidad de agua residual que llega a la planta por día es la misma durante todo el año o varía de una época a otra.

Estas variaciones son especialmente acusadas en zonas turísticas, donde la población sufre un aumento considerable en los meses de verano.

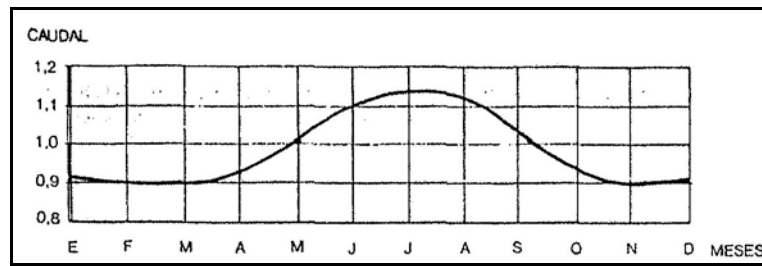


Figura 5. Variaciones de caudal mensual.

Además de estas variaciones estacionales, que pueden o no presentarse dependiendo de la zona, el caudal presenta siempre variaciones diarias, ya que el uso es mucho menor durante la noche y es máximo en la parte central del día.

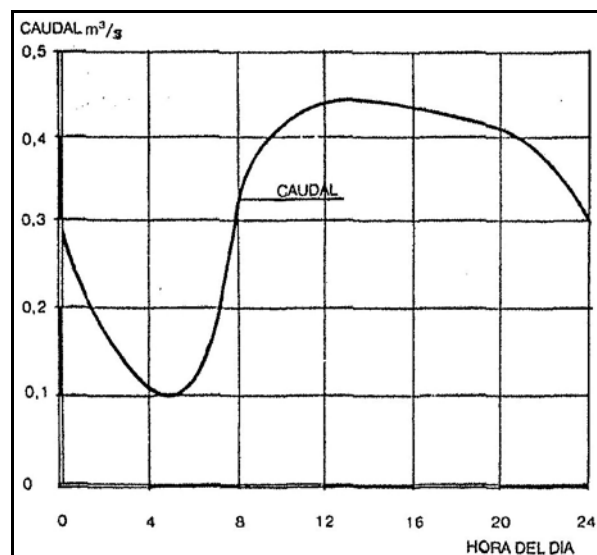


Figura 6. Variaciones diarias de caudal.

5.2. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES

5.2.1. Definición

Un Estación Depuradora de Aguas Residuales es una planta donde se recoge el agua residual de una población o de una industria y es sometida a una serie de tratamientos y procesos, para separar y concentrar o transformar los diferentes tipos de contaminantes presentes, con el objetivo de garantizar la calidad requerida del vertido del agua depurada al canal final receptor, dependiendo de los usos que se le asigne.

El proceso de depuración se realiza por medio de una serie de etapas u operaciones unitarias secuenciales, que pueden ser de tipo físico, químico o biológico.

5.2.2. Necesidad de implantación

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce, produce varios efectos sobre él:

- Tapiza la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual (plásticos, utensilios, restos de alimentos, colillas, etc).
- Acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en el fondo y orillas del cauce, entre otros, arena y materia orgánica.
- Consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.
- Formación de malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- En el cauce receptor aumenta la entrada de microorganismos, entre los cuales pueden existir una gran cantidad de patógenos.
- En función del tipo de vertido industrial, se puede producir contaminación por compuestos químicos tóxicos.
- Aumenta la eutrofización al aportar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno.

5.2.3. Objetivos principales

La depuración de las aguas residuales tiene dos finalidades básicas:

- Prevenir la transmisión de enfermedades por vía hídrica.
- Evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Además de estas dos finalidades fundamentales, el tratamiento de aguas residuales puede enfocarse desde el punto de vista de la recuperación de un recurso renovable y escaso como es el agua.

Para conseguir dichas finalidades, en una EDAR se debe:

- Eliminar residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. Y evacuar a un punto de destino final adecuado.
- Eliminar materias decantables orgánicas e inorgánicas.
- Eliminar la materia orgánica.
- Eliminar compuestos amoniacales y aquellos que contengan fósforo (si el vertido se produce en una zona sensible).
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

Si se consigue todo lo anteriormente citado, se puede decir que la depuradora funciona correctamente.

5.2.4. Tipos de E.D.A.R

Son varias las formas en las que se pueden clasificar una EDAR. Atendiendo al grado de complejidad y tecnología empleada, se puede distinguir:

- EDAR de tratamientos convencionales.

Se emplean en núcleos de población importantes y que producen un efecto notable sobre el receptor. Utiliza tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable y precisan mano de obra especializada.

- EDAR de tratamientos no convencionales o blandos.

Se emplean en núcleos de población pequeños, edificaciones aisladas de redes de saneamiento. Su principal premisa es la de tener unos costos de mantenimiento bajos y precisar de mano de obra no cualificada. Su grado de tecnología es muy bajo, necesitando poca o nula energía eléctrica.

Otra posible clasificación sería en función del tipo de agua que reciben:

- EDAR urbana.

Reciben aguas residuales procedentes mayoritariamente de aglomeraciones humanas.

- EDAR industrial.

Reciben las aguas residuales procedentes de una o varias industrias.

5.2.5. Elementos para el diseño de una E.D.A.R

Algunos de los factores que se deben tener en cuenta a la hora de elaborar un proyecto son:

1. Necesidades del propietario de la explotación.

Normalmente es un organismo público (Ayuntamiento, Mancomunidad..), que tiene unas limitaciones de superficie, instalaciones, personal, etc.

2. Experiencia previa.

La experiencia que se posea en el proyecto y en la explotación del mismo es muy importante, de tal manera que se conozcan de manera realista las posibilidades y limitaciones de los diferentes procesos.

3. Requisitos de las agencias e instituciones de control.

4. Análisis y elección de los procesos.

Es la parte central del proyecto, en la que se debiera establecer el diagrama de flujos, criterios de dimensionamiento, balance de masas, estudio hidráulico, etc.

5. Compatibilidad con las instalaciones existentes.

Cuando se trata de mejorar una instalación en funcionamiento.

6. Análisis de costes.

Se deben incluir los costes de instalación, explotación y mantenimiento.

7. Consideraciones ambientales.

Se debe considerar el impacto ambiental que la instalación de la planta puede ejercer sobre el entorno, cumpliendo los requisitos legales al respecto.

5.3. NORMATIVA

No todas las EDAR son iguales ni cumplen las mismas especificaciones. Actualmente, las autoridades con competencias medioambientales, antes de establecer las necesidades o situaciones críticas de los vertidos, definen los usos que van a tener los cauces receptores.

➤ A nivel de la Unión Europea se debe recurrir a:

- Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de Mayo, sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas (DOCE nº L 135, de 30.05.91).

- Directiva 98/15/CE de la Comisión de 27 de Febrero de 1998 por la que se modifica la Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de Mayo, en relación con determinados requisitos establecidos en su Anexo I, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (DOCE nº L 67, de 07.03.98).

➤ En España:

- Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de Diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (BOE nº 312, de 30.12.95).

(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 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 (BOE nº 77, de 29.03.96).

(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 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 aguas residuales (BOE nº 251, de 20.10.98).

(Traspone la Directiva 98/15/CE, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE).

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE nº 176, de 24.07.01)

6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DEPURACIÓN

6.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para establecer unos criterios de selección entre las diferentes alternativas posibles, resulta necesaria la comparación de diferentes aspectos.

Se han considerado los siguientes:

1. Superficie necesaria.
2. Simplicidad de construcción.
 - Movimiento de tierras.
 - Obra civil.
 - Equipos.
3. Mantenimiento y explotación.
 - Simplicidad de funcionamiento.
 - Necesidad de personal.
 - Duración del control.
 - Frecuencia del control.
4. Costos de construcción.
5. Costos de explotación.
6. Rendimientos.
 - DQO.
 - DBO₅.
 - SS.
 - NT.
 - PT.
 - Coliformes.
7. Estabilidad.
 - Efecto de la temperatura.
 - Turbidez efluente.
 - Variación de caudal y carga.

8. Impacto ambiental.

- Molestia de olores.
- Molestia de ruidos.
- Molestia de insectos.
- Integración con el entorno.
- Riesgos para la salud.
- Efectos en el suelo.

9. Producción de fangos.

6.2. PRESELECCIÓN

La elección entre los posibles sistemas de depuración debe pasar por una primera etapa de preselección, donde según las circunstancias específicas de cada lugar: población de cálculo (campo poblacional de la aplicación), superficie disponible (necesidades de superficie), grado de depuración exigido (legislación sobre vertidos), limitaciones económicas tanto en construcción como en explotación, tipo de agua residual a tratar y otras características propias de cada lugar; haga viables o desechables algunas de las alternativas propuestas.

A continuación se presentan las tablas correspondientes a los campos poblacionales de aplicación y la superficie necesaria por habitante para cada una de las alternativas posibles.

Tabla 5. Campo poblacional de aplicación de las diferentes alternativas de depuración

Alternativas	Población equivalente							
	100	200	500	1.000	2.000	5.000	10.000	>10.000
Fosa séptica	+++	++	+					
Tanque Imhoff	+++	+++	++	+				
Zanja filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Lecho filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Filtro de arena	+++	+++	+++	++	+			
Lecho de turba	++	+++	+++	+++	+++	++	+	
Pozo filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Filtro verde	+	++	+++	+++	+++	++	++	+
Lecho de juncos	+	++	+++	+++	+++	++	+	+
Infiltración rápida	+	++	+++	+++	+++	++	+	+
Esc.superficial	++	+++	+++	+++	++	+	+	+
Lag.aireada			+	++	+++	+++	+++	+++
Lag.aerobia	+	+	++	+++	+++	+++	++	++

Alternativas	Población equivalente							
	100	200	500	1.000	2.000	5.000	10.000	>10.000
Lag.facultativa	+	++	+++	+++	+++	+++	++	++
Lag.anaerobia	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Lecho bacteriano	+	++	+++	+++	++	++	++	++
Biodisco			+	+	++	+++	+++	+++
Aireación prolongada	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Físico-Químico		+	+	++	+++	+++	+++	++

(+): poco; (++): medio; (+++): mucho

Partiendo de una población de diseño de 4.500 habitantes (Ver Anexo I, apartado 1.1), y atendiendo a la Tabla 5, se excluyen las siguientes alternativas de depuración:

- Fosa séptica.
- Tanque Imhoff.
- Zanja filtrante.
- Lecho filtrante.
- Filtro de arena.
- Pozo filtrante.
- Escorrentía superficial.

Los sistemas que requieren mayor superficie de terreno son los de aplicación subsuperficial y superficial, por lo que se excluyen las alternativas:

- Filtro verde.
- Infiltración rápida.
- Lecho de juncos.

Concluida la etapa de preselección, las soluciones de tratamiento que se consideran viables son:

- Lecho de turba.
- Laguna aireada.
- Laguna aerobia.
- Laguna facultativa.
- Laguna anaerobia.

- Lecho bacteriano.
- Biodiscos.
- Aireación prolongada.
- Físico-Químico.

Una segunda etapa de selección nos permitirá conocer de forma razonada y justificada las soluciones más válidas.

6.3. SELECCIÓN

En esta fase se trata de elegir alguna alternativa, entre las preseleccionadas, de una forma justificada. Para ello, confeccionaremos tantas matrices como efectos contemplados en la selección (Tablas 6-18).

Los efectos se valorarán, para cada alternativa preseleccionada, bien con cifras (m^2/hab , $\text{€}/\text{hab}\cdot\text{año}$, $1 \text{ fango}/\text{m}^3 \text{ AR}$, etc.) o con apreciaciones adimensionales (MS: muy simple, S: simple, C: complejo, P: poco, R: regular, etc.)

Estas valoraciones se traducirán en cifras numéricas entre 0 y 10, que contemplan las situaciones extremas más desfavorables respectivamente, para cada uno de los efectos.

A su vez, en cada matriz podremos dar diferentes pesos en cada una de las filas (subefectos), según las circunstancias propias del lugar. Los pesos pueden modificarse a voluntad, siempre que se razone o justifique.

Como resumen, se expone para cada solución objeto de estudio, una matriz final de selección (Tabla 19), donde se dan diferentes pesos parciales (a_i) a cada uno de los ocho efectos analizados, según las circunstancias específicas del lugar, que nos conduzca a un ordenamiento razonado entre las alternativas preseleccionadas.

La puntuación total se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=1}^{i=8} \alpha_{ij} \cdot a_i \quad \text{Ecuación 1}$$

A partir de ella se obtiene, para las alternativas que quedan de las 19 iniciales, una valoración que engloba todos los efectos contemplados (A_j).

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} \alpha_{ij} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^{i=8} a_i} \quad j = 1 \dots 9 \quad \text{Ecuación 2}$$

Si los pesos asignados a cada efecto han sido razonados y justificados, se elegirá como solución más idónea aquella que esté entre las de máxima puntuación.

6.3.1. Comparación entre las soluciones de depuración

De los resultados señalados en las matrices de selección, pueden establecerse las siguientes conclusiones comparativas entre los diferentes sistemas de depuración.

- Simplicidad de construcción (Tablas 6 y 7).

El movimiento de tierras que se realiza en la fase constructiva de un sistema de tratamiento de aguas residuales, resulta habitualmente simple en su ejecución en la mayoría de los casos, salvo circunstancias especiales debidas a la naturaleza del terreno. De las alternativas expuestas, los sistemas de lagunaje son los sistemas que pueden presentar mayor complejidad en la fase constructiva del movimiento de tierras.

En las variables obra civil y equipos, los resultados numéricos muestran una marcada diferencia entre los procesos físico-químicos y aireación prolongada frente al resto de los sistemas. En ambos casos, las bajas valoraciones obtenidas en sus respectivas matrices, reflejan la complejidad en la instalación de los equipos mecánicos de dichos sistemas de tratamiento de agua residual.

Tabla 6. Simplicidad de construcción

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolog.	F-Q
Mov. tierras	MS	C	C	C	C	MS	MS	S	S
Obra civil	S	MS	MS	MS	MS	C	C	MC	MC
Equipos	MS	MS	MS	MS	MS	C	C	MC	MC

MS: Muy Simple; S: Simple; C: Complicado; MC: Muy Complicado

Tabla 7. Valoración de la simplicidad de construcción

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolog.	F-Q	Peso
Mov. tierras	10	5	5	5	5	10	10	8	8	10

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
Obra civil	8	8	10	10	10	5	5	3	3	10
Equipos	10	8	10	10	10	5	5	3	3	10
TOTAL	28	21	25	25	25	20	20	14	14	30
NOTA	9	7	8	8	8	7	7	5	5	

MS: 10; S: 8; C: 5

➤ Explotación y mantenimiento (Tablas 8 y 9).

El lagunaje es el sistema que ofrece mayor flexibilidad y simplicidad de funcionamiento, y los sistemas más complejos de instalación: aireación prolongada y físico-químico, son también los de mayor complejidad en funcionamiento.

En cuanto a su complejidad en el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, vuelven a ser la aireación prolongada y físico-químico, los que ocupan la peor situación. Los sistemas de lagunaje requieren menor frecuencia en el control que el resto de los procesos.

Tabla 8. Explotación y mantenimiento

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
Simplic. funcion.	S	N	MS	MS	MS	C	C	MC	MC
Necesidad personal	R	R	P	P	P	M	M	M	M
Duración del control	P	R	P	P	P	M	M	M	M
Frecuencia en el control	RF	RF	PF	PF	PF	F	F	MF	MF

MS: Muy Simple; S: Simple; N: Normal; C: Complicado; MC: Muy Complicado

PF: Poco Frecuente; RF: Razonablemente Frecuente; F: Frecuente; MF: Muy Frecuente

P: Poco; R: Regular; M: Mucho

Tabla 9. Valoración de explotación y mantenimiento

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
Simplic. funcionam.	8	6	10	10	10	4	4	2	2	10
Necesidad personal	7	7	10	10	10	4	4	4	4	10
Duración del control	10	7	10	10	10	4	4	4	4	10
Frecuencia en el control	8	8	10	10	10	8	8	3	3	10
TOTAL	33	28	40	40	40	20	20	13	13	40
NOTA	8	7	10	10	10	5	5	3	3	

MS: 10; S: 8; N: 6; C: 5; MC: 2

PF: 10; RF: 8; F: 5; MF: 3

P: 10; R: 7; M: 4

➤ Costos de construcción (Tabla 10).

Los procesos más costosos de implantación son, con diferencia, los de aplicación superficial. Su rango de aplicación se reduce a núcleos muy pequeños, y en nuestro caso, no se encuentran en las alternativas seleccionadas.

Para el resto de los sistemas el costo de construcción oscila entre 42 €/hab (lagunas anaerobias) y 451 €/hab (aireación prolongada), con un valor medio de 246,5 €/hab.

Tabla 10. Costos de construcción

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
100	-	-	-	-	-	1038	1902	2075	-
100-200	-	-	-	-	-	934	1211	1072	-
201-500	571	-	-	-	-	744	623	865	-
501-1000	380	-	-	277	-	588	553	692	-
1001-2000	346	536	-	208	69	519	519	605	519
2001-5000	294	450	-	173	61	432	450	519	277
5001-10000	242	380	-	121	35	311	346	432	208
>10000	208	259	-	86	35	249	311	380	173
VAL.MEDIOS	251	348	-	125	42	340	374	451	223
NOTA	6	4	-	8	9	4	4	2	6

Coste: €/hab (2005)

➤ Costos de explotación y mantenimiento (Tabla 11).

Los procesos más costosos en explotación son los de aplicación subsuperficial. Dentro de nuestras alternativas, resultan unos costos de explotación entre 2 €/hab.año (lagunas anaerobias y lagunas aerobias) y 28 €/hab.año (aireación prolongada), con un valor medio de 15 €/hab.año.

Tabla 11. Costos de explotación y mantenimiento

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
100	-	-	-	14	-	61	111	69	-
100-200	43	-	-	12	-	43	-	62	35
201-500	-	-	-	-	-	38	-	52	-
501-1000	35	-	-	9	-	31	-	43	26
1001-2000	-	38	3	-	3	26	-	-	-
2001-5000	17	24	2	-	2	21	35	31	21
5001-10000	-	17	1	3	1	17	26	26	-
>10000	7	12	0,9	3	0,9	14	17	22	17
VAL.MEDIOS	6	10	2	3	2	17	22	28	14
NOTA	9	8	10	10	10	8	8	7	9

Coste: €/hab (2005)

➤ Rendimientos (Tablas 12 y 13).

De forma global, en los sistemas de aplicación al terreno, tanto superficial como subsuperficial, se alcanzan los niveles más altos de rendimiento en la depuración de aguas residuales y, como sabemos en los tratamientos previos (fosa séptica, tanque Imhoff), se obtienen los rendimientos más bajos.

- DQO, DBO₅.

Los valores medios oscilan entre el 75 y 80%.

- SS.

Para los sistemas de estudio, se obtiene una eliminación de SS media del 80%.

- NT, PT.

Los niveles más bajos se obtienen con los procesos de lagunaje, sobre todo en las lagunas aireadas, y los procesos de biopelícula ocupan una situación intermedia.

Los niveles más altos de nitrificación (90%) y fósforo se alcanzan en los procesos de aireación prolongada y tratamiento físico-químico.

- Coliformes.

El lagunaje alcanza los rendimientos más altos, con valores que superan el 99%. Por el contrario, los biodiscos se presentan como el proceso que menor rendimiento consigue.

Tabla 12. Rendimientos

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
DQO	60-75	70-90	50	50-85	20	68-81	70-85	68-90	60-75
DBO₅	60-85	60-96	65-85	60-95	50-85	60-95	70-97	85-99	50-75
SS	85-90	70-90	90	49-90	60-80	52-90	75-97	83-99	65-90
NT	20-70	8-50	60	60	30	15-70	30-80	50-90	10-20
PT	20-25	25-35	10	10-35	10	5-30	8-30	15-70	85-95
Colif. Fecales	99,5	99	99-99,9	99-99,9	99-99,9	80-90	85	90	99

Rendimiento: %.

Tabla 13. Valoración del rendimiento

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
DQO	7	8	5	7	2	7	8	8	7	10
DBO₅	7	8	8	8	6	8	8	9	6	10
SS	9	8	9	7	7	7	9	9	8	10
NT	5	3	6	6	3	4	6	7	2	5
PT	2	3	1	2	1	2	2	4	9	5
Colif. Fecales	10	10	10	10	10	9	9	9	10	5

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
TOTAL	32	32	31	31	22	30	34	36	32	45
NOTA	7	7	7	7	5	7	8	8	7	

➤ Estabilidad (Tabla 14).

De forma global, los más estables son los procesos de biopelícula y tratamientos convencionales. Los más inestables son los sistemas de lagunaje.

La estabilidad respecto de la temperatura se analiza en función de su incidencia sobre el grado de depuración, siendo el lagunaje el proceso más sensible a sus efectos en el rendimiento, debido a las características propias del sistema.

En cuanto a la calidad del efluente, los procesos de biopelícula y tratamiento convencional (excepto físico-químico) mantienen una situación intermedia. Los de peor calidad son las lagunas y físico-químico.

Los más estables frente a las variaciones de caudal y carga son, en este caso, los procesos de lagunaje y físico-químico. Los procesos biopelícula y convencional (excepto físico-químico) ocupan una situación intermedia.

Tabla 14. Estabilidad

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
Efectos T^a	8	3	3	3	3	5	5	5	7	10
Turbidez Efluente	5	2	1	3	3	5	5	3	2	10
Variación Caudal-Carga	5	10	10	10	10	5	10	10	10	10
TOTAL	18	15	14	16	16	15	20	18	19	30
NOTA	6	5	5	5	5	5	7	6	6	

➤ Impacto ambiental (Tablas 15 y 16).

La recopilación bibliográfica ha sido la fuente principal de la valoración numérica que se ha obtenido para cada variable. La manera adecuada de obtener un resultado fiable es mediante el estudio pormenorizado de cada caso en particular.

Los sistemas que presentan mejor integración ambiental son los procesos de biopelícula (lechos bacterianos y biodiscos).

Los sistemas que presentan peor integración en el medio natural son los de lagunaje, en especial el anaerobio.

Tabla 15. Impacto ambiental

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bacter.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
Molestia olores	PN	PA	PN	PN	PF	PA	PA	PA	PN
Molestia ruidos	PI	PF	PI	PI	PI	PA	PI	PF	PI
Molestia insectos	PN	PN	PN	PN	PN	PA	PI	PI	PI
Integrac. con entorno	N	N	N	N	N	M	M	M	M
Riesgos para salud	Me	Me	Me	Me	A	Ba	Ba	Ba	Ba
Efectos en el suelo	PI	PN	PN	PN	PN	PI	PI	PI	PI

B: Buena; N: Normal; M: Mala

PI: Problema inexistente; PA: Problema Atípico; PN: Problema Normal; PF: Problema frecuente

A: Alto; Me: Medio; Ba: Bajo

Tabla 16. Valoración de impacto ambiental

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
Molestia olores	5	8	5	5	2	8	8	8	5	10
Molestia ruidos	10	2	10	10	10	8	10	2	10	10
Molestia insectos	5	5	5	5	5	8	10	10	10	10

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
Integra. con entorno	7	7	7	7	7	4	4	4	4	10
Riesgos para salud	7	7	7	7	4	10	10	10	10	10
Efectos en el suelo	10	5	5	5	5	10	10	10	10	10
TOTAL	44	34	39	39	33	48	52	44	49	60
NOTA	7	6	6	6	5	8	9	7	8	

B: 10; N: 7; M: 4

PI: 10; PA: 8; PN: 5; PF: 2

A: 4; Me: 7; Ba: 10

➤ Producción de fangos (Tablas 17 y 18).

La producción y tratamiento de lodos en un proceso de depuración de aguas residuales, muchas veces absorbe una gran parte de los costos de explotación, por lo que deben considerarse prioritarios aquellos sistemas donde la producción de fango sea menor.

Los sistemas donde se produce la mayor cantidad de fangos son la aireación prolongada y, sobre todo, el tratamiento físico-químico (6-25 l/m³ AR)

Los sistemas de lagunaje presentan la ventaja, debido a sus grandes dimensiones, de almacenar los fangos producidos en el tiempo, llegándose a su mineralización y evacuación posterior cada cierto número de años.

En los procesos de biopelícula, la producción es inferior a la que se obtiene en los tratamientos convencionales; y algo mayor que en el lagunaje.

Tabla 17. Producción de fangos

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q
Prod.de fango	0,5-1	1-2,5	1-2	1,2-1,6	0,4-0,7	1-3	3-4	3-7	6-25

Producción= 1/m³ A.R.

Tabla 18. Valoración de la producción de fangos

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso
TOTAL	10	9	9	9	10	9	8	7	1	10
NOTA	10	9	9	9	10	9	8	7	1	

6.3.2. Matriz final de selección

Como resumen, se expone la matriz final de selección (Tabla 19), que engloba a todas las soluciones objeto de estudio y donde se dan diferentes pesos parciales (a_i) a cada uno de los ocho efectos (α_{ij}) analizados.

Como ya se comentó en el Apartado 6.3, los pesos pueden modificarse a voluntad, siempre que se razone o justifique, según las circunstancias específicas del lugar, que nos conduzca a un ordenamiento razonado entre las alternativas preseleccionadas.

En este caso, los pesos se valoraran del 1 al 5, según la menor o mayor importancia del efecto en cuestión para Grazalema. Por ejemplo, los efectos más valorados son:

- Impacto ambiental: el municipio se encuentra dentro del perímetro del Parque Natural Sierra de Grazalema.
- Costo de explotación y mantenimiento: al tratarse de una localidad pequeña, este factor debe primar en la selección ya que de lo contrario, la EDAR podría abandonarse a su suerte por falta de recursos económicos y financieros.
- Producción de fangos: es un factor que está muy relacionado con el anterior; deben primar aquellas tecnologías donde no exista la necesidad de tratar fango, al menos de forma continua, debido a la falta de recursos técnicos, además de económicos.
- Explotación y mantenimiento: las pequeñas poblaciones requieren tecnologías muy flexibles, con un funcionamiento simple y con poca frecuencia de control, ya que disponen de menos recursos humanos especializados o cualificados (Químicos, Electromecánicos, etc).

Los demás factores ocupan un orden de prioridad secundario, y se les dará menor valoración.

Tabla 19. Matriz final de selección

	Lecho turba	Lag. aireada	Lag. aerobia	Lag. facult.	Lag. anaer.	Lecho bact.	Biod.	Aire. Prolg.	F-Q	Peso (a _i)
Simpl. const.	9	7	8	8	8	7	7	5	5	1
Explot. mant.	8	7	10	10	10	5	5	3	3	4
Costo const.	6	4	-	8	9	4	4	2	6	2
Costo expl. y mant.	9	8	10	10	10	8	8	7	9	5
Rendim.	7	7	7	7	5	7	8	8	7	1
Estabilid.	6	5	5	5	5	5	7	6	6	1
Imp.Amb.	8	6	6	6	5	8	9	7	8	5
Fangos	10	9	9	9	10	9	7	7	1	5
TOTAL	201	170	129	201	201	172	170	140	132	
NOTA	8,4	7,1	5,4	8,4	8,4	7,2	7,1	5,8	5,5	24

6.3.3. Conclusiones

Como resumen del estudio comparativo entre las diferentes soluciones de depuración de aguas residuales en pequeños núcleos, pueden establecerse las siguientes conclusiones generales:

1. Los posibles sistemas de tratamiento forman seis grandes grupos: tratamientos primarios, aplicación subsuperficial, lagunaje, procesos de biopelícula y tratamiento convencional.
2. En poblaciones superiores a 200 habitantes, los costos y necesidades de terreno hacen inviable el uso de los sistemas de aplicación subsuperficial.
3. En tales casos, la elección del sistema más adecuado debe hacerse en base a criterios amplios de selección, que contemplen los efectos analizados, considerando las particularidades propias del lugar, que pueden excluir o hacer más viable unas soluciones frente a otras.

4. De un modo muy genérico, siempre que las disponibilidades de terreno sean suficientes y los efluentes tengan la calidad exigida en cada caso concreto, la prioridad en la selección de los procesos de depuración va en el siguiente orden: aplicación superficial al terreno, lagunaje, procesos de biopelícula y tratamiento convencional.

5. En general, resulta necesario o conveniente la combinación de varios sistemas de depuración.

Según la matriz final de selección, se debe elegir como solución/nes más idónea/as aquella/s que esté/n entre las de máxima puntuación.

Tabla 20. Valoración de las alternativas de depuración

Alternativas	Puntuación
Lechos de turbas Laguna facultativa Laguna anaerobia	8,4
Lecho bacteriano	7,2
Laguna aireada Biodiscos	7,1
Aireación prolongada	5,8
Físico-Químico	5,5
Laguna aerobia	5,4

El proceso seleccionado estará formado por lagunaje anaerobio y un sistema de biopelícula (lecho bacteriano).

Las razones por las que se excluyen los lechos de turba y la laguna facultativa, aún encontrándose entre las alternativas con más puntuación, son:

➤ Grazalema es el municipio con el índice de pluviosidad más elevado de España. Los lechos de turbas resultan inadecuados en este caso, ante la imposibilidad de secarlos para su posterior regeneración, repercutiendo en el rendimiento final de la planta.

➤ La laguna facultativa tiene mayores costos de construcción, de explotación y mantenimiento que la laguna anaerobia. Además, la producción de fangos es mayor.

7. UNIDADES DE TRATAMIENTO

Se conoce como operaciones unitarias aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos se conocen como procesos unitarios. En la actualidad, las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado), y tratamiento de lodos.

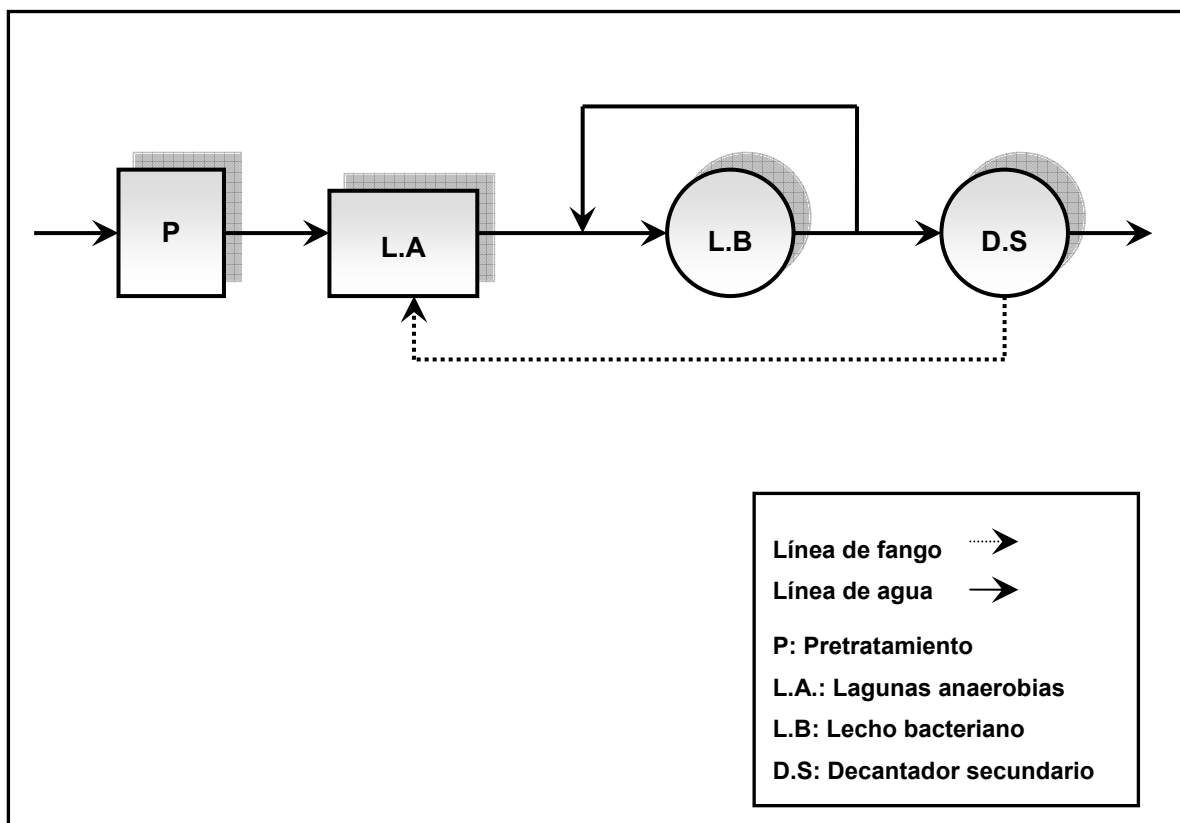


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de depuración

7.1. PRETRATAMIENTO

Se consideran pretratamientos, aquellos procesos que se sitúan en cabecera para eliminar residuos sólidos gruesos, arenas y grasas, ya que su presencia en el efluente

perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta. Por ello el pretratamiento no constituye un tratamiento en sí, aún cuando elimina una cierta contaminación, sino que busca fundamentalmente una protección de las operaciones y procesos subsiguientes.

El pretratamiento consta de los siguientes procesos:

- Desbaste, para eliminación de las sustancias de tamaño excesivamente grueso.
- Desarenado, para eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
- Desengrasado, para eliminación de distintos tipos de grasas y aceites presentes en el agua residual, así como de elementos flotantes.

7.1.1. Desbaste

El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene por objeto el retener y separar los cuerpos voluminosos, flotantes y en suspensión, que el agua arrastra consigo. Con esta operación conseguimos:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Interceptar objetos que, por su excesivo volumen, podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores.
- Aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores.

Puede decirse, que salvo excepciones, la instalación de rejillas de desbaste es indispensable en cualquier depuradora, retirando al máximo las impurezas del agua para su eliminación directa, compactadas o no, en vertederos de residuos sólidos, o por incineración.

7.1.1.1. Tipos de rejas

Las rejas pueden clasificarse en función de diferentes criterios:

A. Según la inclinación de la rejilla:

- Horizontales.

- Verticales.
- Inclinadas.
- Curvas.

B. Según la separación libre entre barras:

- Finas.
- Medias.
- Gruesas.

Aunque no existe criterio único para la delimitación de los distintos tipos, se pueden considerar como rejillas finas aquellas en que la separación libre de aberturas es inferior a 1,5 cm.

La distancia entre barras, en las llamadas rejillas de separación media, oscila entre 1,5 y 5,0 cm. Son las más empleadas en la actualidad, puesto que retienen la mayor parte de las sustancias arrastradas que no pueden eliminarse por sedimentación.

Para el desbaste de grueso del efluente se emplean rejillas de abertura entre 5 y 15 cm cuya limpieza se suele realizar manualmente. Se colocan en la entrada del colector a la estación depuradora, sirviendo como pretratamiento respecto a la rejilla media colocada a continuación.

C. Según las partes que la componen:

- Fijas.
- Móviles.

D. Según la forma en que se realiza la retirada de los sólidos retenidos:

- Rejas de limpieza manual.

Se colocan en el canal de aguas residuales de pequeñas instalaciones con una inclinación de 30-45° con la vertical, y como su propio nombre indica, en este tipo de rejas debe procederse a retirar los sólidos retenidos utilizando algún utensilio apropiado, como un rastrillo. La longitud de esta no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano.

Los barrotes de la reja no serán menores de 1 cm de anchura por 5 cm de profundidad, e irán soldados a unas barras de separación situados en la cara posterior, fuera del recorrido de las púas del rastrillo. Encima de la reja deberá colocarse una placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su drenaje.

➤ Rejas de limpieza automática.

Las rejas de limpieza automática pueden colocarse totalmente verticales, o con inclinaciones de hasta 30°.

En este caso, la retirada de los sólidos la llevan a cabo unos rastrillos deslizantes acoplados al mismo dispositivo, que arrastran los sólidos hacia unas bandejas de recogida, desde donde han de ser finalmente retirados por el operador.

El automatismo del sistema limpiador puede ser regulado:

- Con intervalo de tiempo fijo.
- Con intervalo de tiempo modificado con arreglo al grado de obstrucción de la rejilla.

Las rejas de limpieza mecánica se dividen en cuatro tipologías principales:

➤ Rejas de cadena (tipo más frecuente).

Las rejas de limpieza mecánica que emplean cadenas se pueden dividir en diferentes categorías según que la limpieza se lleve a cabo por la cara anterior (aguas arriba) de la reja o por la cara posterior de la misma (aguas abajo), y en función de la cara de la reja por la cual el peine rascador se desplaza hasta la zona inferior de aquélla.

A pesar de que el funcionamiento es, básicamente, el mismo, cada tipo de reja tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

En general, las rejas de limpieza y retorno frontales son más modernas y eficientes en la retención de sólidos, pero son menos robustas y más susceptibles a que el peine se encalle por la acumulación de sólidos en la base de la reja.

La mayoría de las rejas de accionamiento mediante cadenas presentan el problema de que las de cadenas de transmisión están sumergidas, lo cual precisa de un seguimiento especial por parte de los operadores y provoca dificultades de mantenimiento.

Otros inconvenientes que presenta son el ajuste y separación de las pesadas cadenas de transmisión, y la necesidad de vaciar el canal para llevar a cabo la inspección y reparación de los componentes sumergidos.

➤ Reja oscilante.

Las rejas de barras de limpieza mediante movimientos oscilatorios imitan la secuencia de movimientos de una persona que rastrilla la reja. El rastrillo se desplaza hasta la parte inferior de la reja, se coloca entre las barras, y asciende arrastrando las basuras hasta la parte superior de aquella, lugar donde son extraídas. Una ventaja importante de este método es que todos los componentes que precisan actuaciones de mantenimiento se sitúan por encima del nivel del agua, de modo que su inspección y mantenimiento no hace necesario el vaciado del canal y que el sistema de limpieza y retorno frontal minimiza el arrastre de sólidos.

Este tipo de reja presenta el inconveniente de que dispone únicamente de un rastrillo de limpieza en lugar de los múltiples rastrillos empleados en las rejas de limpieza mediante cadenas, lo cual limita la capacidad de la reja para tratar aguas con altos contenidos en residuos. Este hecho se hace especialmente patente en canales de gran profundidad, en los que es necesario disponer de una reja de largo alcance. La gran altura libre por encima del nivel del agua necesaria para instalar el mecanismo de funcionamiento de este tipo de rejas puede limitar su utilización en actuaciones de rehabilitación de plantas existentes.

➤ Reja de catenaria.

En el caso de rejas de catenaria de limpieza y retorno frontales, el rastrillo se mantiene en contacto con la reja gracias al peso de la cadena. Una ventaja de este sistema consiste en que el mecanismo de transmisión no tiene ruedas dentadas sumergidas, mientras que el espacio necesario para su instalación, relativamente grande, representa su mayor inconveniente.

➤ Reja accionada con cable.

Las rejas de limpieza mecánica accionadas mediante cables son de limpieza y retorno frontales que emplean un rastrillo pivotante que asciende y desciende por unas guías accionado por un dispositivo formado por un cable y un tambor. El rastrillo desciende por gravedad, pivota hasta engarzarse con la reja, y se eleva por acción del cable.

La principal ventaja que presenta es el hecho de que el rastillo es el único elemento mecánico que se sumerge en el agua residual. Las desventajas que presenta este sistema incluyen la limitada capacidad de rastrillado y los problemas de mantenimiento asociados al destensado de los cables, a su enrollamiento en los tambores, y a fallos en el funcionamiento de los mecanismos de frenado.

Para evitar inundaciones en caso de fallo del sistema de limpieza automática de la reja ó para realizar labores de mantenimiento, es recomendable la colocación de una reja de seguridad manual.

Finalmente, el destino de los residuos retenidos en las rejillas puede ser: incorporación al sistema público de recogida de basura, enterramiento ó incineración.

7.1.1.2. Canal de reja

El canal donde se ubica la reja se debe proyectar de modo que se evite la acumulación en el mismo de arenas y demás materiales pesados, tanto antes como después de la reja. La solera del canal puede ser horizontal o descendente en la dirección de circulación a través de la reja, sin baches o imperfecciones en las que pudieran quedar atrapados algunos sólidos. Asimismo, es conveniente achaflanar las uniones de las paredes laterales.

Preferiblemente, el canal deberá ser recto y perpendicular a la reja, con la finalidad de conseguir una distribución uniforme de sólidos en el flujo y en la reja.

Con el objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre limpieza y limpieza, es necesario que la velocidad de aproximación del agua a la reja sea de unos 0,45 m/s a caudal medio. El área adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal de la reja y colocando esta con una inclinación más suave.

7.1.1.3. Selección del tipo de reja

Se selecciona una reja automática de cadena de limpieza y retorno frontal, ya que presenta las siguientes ventajas:

- Se reduce al mínimo el trabajo manual.
- Es el tipo de reja más frecuente, lo que supondrá mayor disponibilidad de repuestos y de mano de obra de mantenimiento especializada.
- Son más modernas y eficientes.

En la reja de medios (reja automática) la separación libre entre barrotes será de 20 mm, y un ancho de 10 mm cada uno.

La línea de emergencia contará con una reja de gruesos de limpieza manual, con una separación entre barrotes de 50 mm, y 25 mm de ancho.

7.1.2. Desarenado y Desengrasado

7.1.2.1. Desarenado

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos), que lleva el agua residual y que perjudiquen el tratamiento posterior, generando:

- Sobrecargas en fangos.
- Depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales.
- Abrasión en rodetes de bombas y equipos.
- Disminución de la capacidad hidráulica.

La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos ó canales, donde luego se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la sección de paso. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito ó canal denominado desarenador.

Existen varias clasificaciones de los desarenadores, pero una de las menos equívocas podría ser la siguiente:

- Desarenadores de flujo horizontal.
- Desarenadores de flujo vertical.
- Desarenadores de flujo inducido.

En el primero de ellos se produce una separación natural por decantación en canales o depósitos. Requiere una constancia absoluta en el paso del agua, y es la técnica más utilizada en pequeños núcleos.

En los desarenadores de flujo vertical el agua entra tangencialmente en un depósito cilíndrico con fondo tronco-cónico produciendo un efecto Vortex, el cual da como resultado la sedimentación de las arenas.

Por último, los desarenadores de flujo inducido son tanques en los que el agua presenta un flujo espiral, con control de velocidad mediante la geometría del tanque y la cantidad de aire insuflado.

7.1.2.1.1. Desarenador de flujo horizontal

Los desarenadores de flujo horizontal son canales o depósitos diseñados de forma que la velocidad del agua se mantenga en el intervalo de 0,3-0,4 m/s. Esta velocidad se considera el límite a partir del cual se produce también la sedimentación de las partículas orgánicas.

Cuando el desarenador se ha diseñado correctamente y la velocidad del agua a su través está comprendida en el intervalo de 0,3-0,4 m/s, las partículas de arena sedimentan, pero las partículas orgánicas permanecen en suspensión, e incluso las que hubieran podido sedimentar vuelven a incorporarse a la capa líquida.

La longitud del desarenador ha de ser tal que permita la sedimentación de la partícula más ligera de arena, es decir, que ésta alcance el fondo del tanque antes que la salida. Puesto que la velocidad del agua en el desarenador varía mucho durante el día o el año es necesario disponer de desarenadores con control de velocidad.

Cuando se hace el diseño del desarenador hay que tener en cuenta el volumen de arenas extraídas, ya que su falta de previsión puede dar importantes problemas de funcionamiento en la depuradora al llegar volúmenes superiores a los considerados teóricamente. Esto puede ocurrir en poblaciones con calles sin pavimentar, con redes de alcantarillado en mal estado...,etc.

Si no se tienen datos reales de la cantidad de arena posible, es necesario calcular por exceso los volúmenes de extracción, considerando valores normales:

Redes separativas: 5 l/m³ de agua residual

Redes unitarias: 50 l/m³ de agua residual

Otro dato a tener en cuenta es que se pueden llegar a recoger de 1-15 l/hab/año.

La extracción de la arena en este tipo de desarenador puede ser:

- Manual (plantas pequeñas).
- Mecánica.

La extracción se realiza mediante unas bombas especiales incorporadas a un puente y con la longitud adecuada para llegar al fondo del canal, donde se depositan las arenas, pero

sin llegar a tocar el suelo. El puente va avanzando a lo largo del canal y al mismo tiempo la bomba va succionando las arenas depositadas.

7.1.2.2. Desengrasado

Son importantes los volúmenes de grasas que se vierten en los colectores, procedentes de los garajes (desprovistos generalmente de decantadores de grasas antes de su acometida a la red de alcantarillado), de los hogares y calefacciones, de lavaderos, mataderos y de la escorrentía superficial en colectores unitarios.

Las grasas crean muchos problemas en las estaciones depuradoras de aguas residuales, sobre todo en los elementos y procesos siguientes:

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación.
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por el sistema de fangos activos dificultan la correcta aireación, disminuyendo así el coeficiente de transferencia al 55-70 % al subir las grasas de 0 a 70 mg / l y participan en la producción del fenómeno de «bulking».
- Perturban el proceso de digestión de lodos.
- La DQO se incrementa en un 20-30 %, por las grasas contenidas en los vertidos.

Las cantidades de grasas incorporadas en las aguas residuales son muy variables, pero para aguas urbanas, pueden considerarse unas cifras de 24 gramos por habitante y día, o bien el 28 % de los sólidos en suspensión.

El sistema más comúnmente utilizado para la eliminación de grasas consta de dos fases:

- La emulsión de las grasas en el desarenador mediante aireación, permitiendo su ascenso a la superficie, para su posterior retirada.

La velocidad ascensional de las burbujas de grasa puede estimarse entre 3 y 4 mm./s.

- Separación de grasas residuales en las balsas de decantación, retirando éstas por medio de rasquetas superficiales.

7.1.2.3. Selección del desarenador y desengrasador

El sistema seleccionado consiste en un desarenador de flujo horizontal con extracción manual de arenas donde a su vez se producirá la separación de grasas, es decir, un proceso conjunto de desarenado y desengrasado. Se proyecta un doble canal para facilitar las tareas de limpieza.

La realización de las dos técnicas conjuntamente en un mismo canal, presenta las siguientes ventajas:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar el desarenado y la desemulsión de grasas en el mismo canal. Ello es lógico si se considera la diferencia de densidades entre las partículas de arena y de grasa.
- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades ascensionales de las partículas de grasa. Disponen así éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de la flotación de grasas.

7.2. SISTEMA DE LAGUNAJE

El tratamiento por lagunaje de aguas residuales consiste en el almacenamiento de éstas durante un tiempo variable en función de la carga aplicada y las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica resulte degradada mediante la actividad de bacterias heterótrofas presentes en el medio. Se considera un método biológico natural de tratamiento ya que no interviene la acción del hombre.

Con el paso del tiempo, se han ido incorporando mejoras de diseño que han permitido obtener calidades crecientes en el efluente de las plantas. Entre otras, destaca el tratamiento final del efluente en filtros de turba, aumentando la calidad de éste de forma que no plantee ningún problema en el medio ambiente.

7.2.1. Tipos de lagunas de estabilización

Atendiendo a la presencia de oxígeno disuelto en las lagunas, se pueden clasificar en:

➤ **Lagunas anaerobias.**

La depuración ocurre por la acción de las bacterias anaerobias. En estas lagunas, como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo, y eliminar parte de la carga orgánica.

➤ **Lagunas facultativas.**

Estanques caracterizados por poseer una zona aerobia, próxima a la superficie, y una zona anaerobia en el fondo. La finalidad de estas lagunas consiste en la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado principalmente por las algas presentes.

➤ **Lagunas de maduración.**

En estas lagunas se mantiene un ambiente aerobio en toda su profundidad, lo que se consigue con menores cargas aplicadas, de forma que la fotosíntesis y la reaireación sean suficientes para proporcionar el oxígeno disuelto a toda la columna de agua. De esta forma, se consigue una elevada desinfección del agua tratada, así como la mineralización de los nutrientes orgánicos.

7.2.2. Lagunas anaerobias

7.2.2.1. Fundamentos del proceso de depuración

En las lagunas anaerobias, la degradación de materia orgánica se produce en ausencia de oxígeno. La Figura 8 recoge una representación secuencial del proceso de digestión anaerobio.

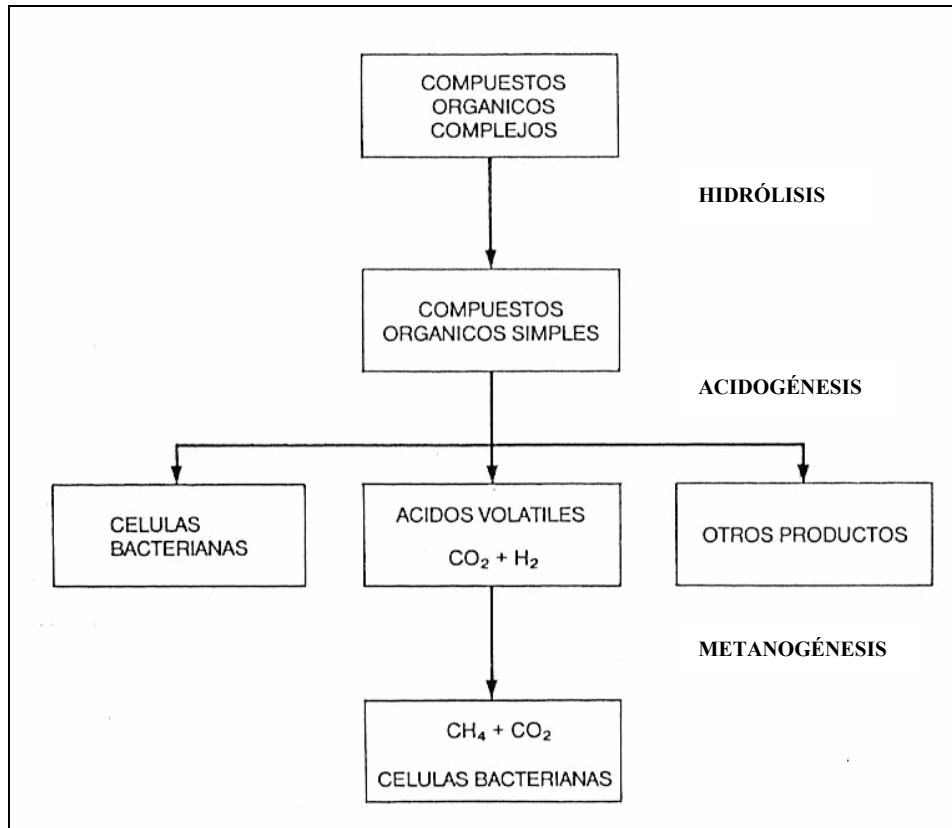


Figura 8. Digestión anaerobia

Según se aprecia en la figura, se distinguen tres etapas:

1. Hidrólisis.

Proceso por el cual los compuestos orgánicos complejos e insolubles se convierten en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.

2. Acidogénesis.

Mediante la acción de bacterias anaerobias o facultativas, formándose fundamentalmente, ácido acético, propiónico y butírico.

Dado que estos productos del metabolismo de las bacterias acidogénicas están muy poco estabilizados en relación con los productos de partida, la reducción de DBO_5 o DQO en esta etapa es muy pequeña.

3. Metanogénesis.

Una nueva categoría de bacterias transforma los ácidos volátiles en metano y dióxido de carbono. Se trata de microorganismos con un metabolismo más lento y muy sensible a las condiciones ambientales.

Los gases liberados son los responsables de la aparición de burbujas en las lagunas, síntoma del buen funcionamiento de éstas.

7.2.2.2. Morfología

Las lagunas anaerobias se construyen de acuerdo con una de las dos concepciones básicas siguientes:

A. Lagunas pequeñas, profundidad media a alta y tiempos cortos de residencia.

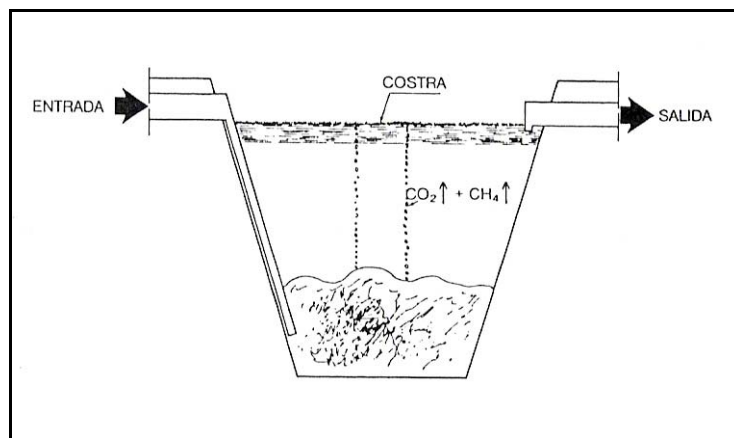


Figura 9. Laguna anaerobia pequeña

B. Lagunas de gran tamaño, poca profundidad y tiempos de residencia del agua residual medios.

7.2.3. Selección

7.2.3.1. Selección del proceso

El lagunaje presenta una serie de ventajas frente a otros procesos, entre las que destacan las siguientes:

➤ La estabilización de la materia orgánica alcanzada es muy elevada, con un bajo coste y un mínimo de mantenimiento.

➤ La eliminación de microorganismos patógenos es muy superior a la alcanzada mediante otros métodos de tratamiento (se puede conseguir una desinfección de hasta 99,99%).

- El lagunaje anaerobio constituye un excelente pretratamiento para vertidos industriales con alto contenido en materias biodegradables.
- Bajo coste de instalación y muy bajo de operación.
- Nulo consumo energético.
- Generación baja de fangos, que se van acumulando durante un periodo de 1-2 meses antes de su extracción.

7.2.3.2. Selección de la morfología

Se opta por la alternativa de la Figura 9. Las razones son las siguientes:

- Conservación del calor. La temperatura se mantiene próxima a la de la alimentación debido a la escasa superficie expuesta a intercambio atmosférico y al sistema de aislamiento que le proporcionan las paredes.
- Ahorro de terreno, con una reducción del 40-50 % de la superficie total ocupada.
- Disminución del riesgo de arrastre de sólidos, ya que el fango sedimenta en el fondo y es muy difícil que los sólidos puedan ser arrastrados.
- Menor oxigenación.
- Mejor compactación de los fangos en el fondo, ya que los sólidos se concentran en una zona pequeña.
- Menor coste de mantenimiento, debido a la acumulación del fango durante varios años.
- Mayor flexibilidad de operación al permitir establecer distintos tipos de circulación y modificar los tiempos de tratamiento si se detectan anomalías en su funcionamiento.

Es necesario establecer más de una laguna anaerobia, en nuestro caso dos, para las operaciones de vaciado y limpieza, produciéndose una minimización de costes al tratarse de lagunas pequeñas.

7.3. LECHOS BACTERIANOS

7.3.1. Consideraciones generales

Los lechos bacterianos son procesos biológicos de depuración en los que el agua residual, después de sufrir un pretratamiento y en algunas ocasiones tratamiento primario, se rocía y distribuye a través de un medio de soporte fijo, donde se alberga y desarrolla la biomasa denominada biopelícula.

Los microorganismos presentes en la biopelícula oxidan la materia orgánica y las sustancias contaminantes que toman del agua residual, valiéndose del aire que circula, de forma natural o forzada, a través de los huecos que existen entre el material soporte.

La biopelícula no debe tener más de 3 mm de espesor ya que no se puede asegurar la acción del oxígeno en espesores mayores.

Los microorganismos que forman parte de ésta, son principalmente bacterias autótrofas (fondo) y heterótrofas (superficie), hongos (*Fusarium*), algas verdes y protozoos. También se encuentran en el interior del lecho, organismos más evolucionados, como gusanos, larvas de insectos, caracoles y limacos.

El agua residual, una vez que atraviesa el lecho se recoge en el fondo, pasando a un decantador secundario para que sedimente la biopelícula que se va desprendiendo del medio soporte. El efluente del decantador puede verterse directamente, o bien recircular un cierto porcentaje a cabecera para diluir el afluente y aumentar la carga hidráulica.

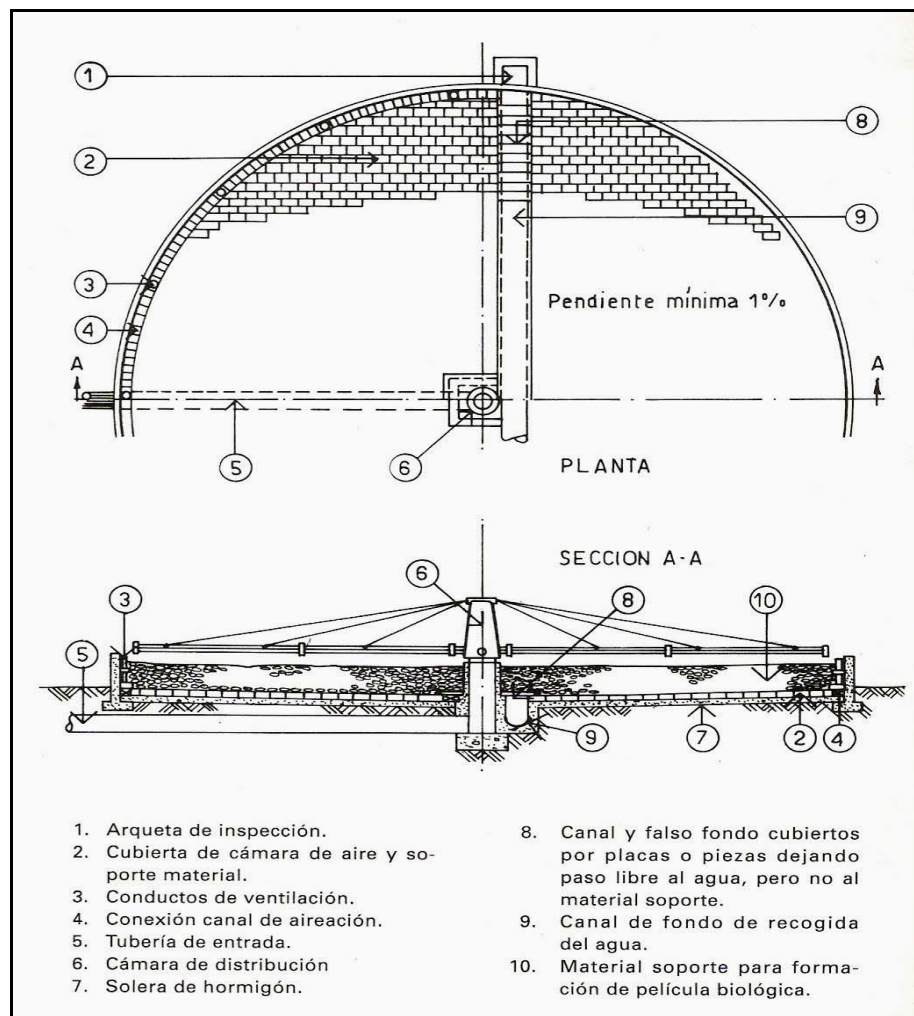


Figura 10. Sección y planta del lecho bacteriano

El agua a tratar en un lecho bacteriano debe cumplir tres condiciones fundamentales:

- No debe contener grasas ni sólidos en suspensión, de ahí la necesidad del pretratamiento y decantación primaria.
- Tampoco puede contener elementos tóxicos o inhibidores de los procesos biológicos.
- La contaminación tiene que ser biodegradable.

Para lograr una depuración correcta, es necesario un proceso previo de maduración del lecho, es decir, el desarrollo de la película biológica que realizará la degradación de la contaminación. En verano tarda algunas semanas, pero en invierno requiere meses.

7.3.2. Características constructivas y funcionales

A. Distribución del agua.

La distribución del agua residual debe ser lo más uniforme y continua posible, por lo que hay que evitar atascos y paradas. Pueden ser:

➤ Sistemas de distribución de boquilla fija.

Consisten en una serie de boquillas rociadoras situadas en los vértices de un conjunto de triángulos equiláteros que cubren el lecho del filtro. Un sistema de tuberías distribuye el agua residual uniformemente a todas las boquillas.

Se utilizan unas boquillas especiales que consiguen un rociado plano variándose de forma sistemática la presión para que el agua rociada caiga primero a mayor distancia de la boquilla para luego, conforme se produce un descenso gradual de la carga, caiga a una distancia cada vez menor. De esta manera, se consigue aplicar una dosis uniforme a toda la superficie del filtro. A lo largo de las paredes laterales del filtro también se utilizan boquillas de medio rociado.

Las boquillas se alimentan por medio de unos tanques de dosificación gemelos que tienen el fondo de manera que proporcionan mayor volumen a mayor carga (requerida por la mayor superficie de rociado). Los tanques están dispuestos de manera que se llenan y descargan de forma alternada, y la descarga a las boquillas se realiza a través de sifones automáticos. La carga necesaria, medida desde la superficie del filtro hasta el nivel máximo del agua en el tanque de dosificación, suele oscilar entre 2,4 y 3 m.

➤ Sistema de distribución rotatorio.

El distribuidor está formado por dos o más brazos montados sobre un pivote central, que giran en un plano horizontal. Los brazos son huecos y cuentan con una serie de boquillas por las cuales se distribuye el agua residual sobre el medio filtrante.

El movimiento del distribuidor puede estar gobernado por la reacción dinámica de la descarga del agua residual en su salida por las boquillas, o por un motor eléctrico. La velocidad de rotación varía en función de la carga orgánica y del caudal.

Entre la parte inferior del distribuidor y la superficie del medio filtrante debe existir un espacio libre de entre 150 y 225 mm. Este espacio libre permite la distribución del agua residual que sale por las boquillas de forma que el medio quede uniformemente cubierto, y

evita que las acumulaciones de hielo que se puedan producir en los periodos fríos interfieran con el movimiento del distribuidor.

Los brazos del distribuidor pueden ser de sección transversal constante para unidades pequeñas, o de sección decreciente para mantener una velocidad mínima de transporte. El espaciamiento de las boquillas es irregular para asegurar un mayor caudal por unidad de longitud en la periferia que en la zona central. Para obtener una distribución uniforme sobre toda la superficie del filtro, el caudal por unidad de longitud debe ser proporcional a la distancia al centro del filtro.

La pérdida de carga a través del distribuidor suele ser del orden de 0,6 a 1,5 m. Las características más importantes que hay que tener en cuenta al elegir un determinado distribuidor son la robustez de la estructura, la facilidad de limpieza, la capacidad de manejar grandes variaciones de caudal manteniendo una adecuada velocidad de giro, y la resistencia a la corrosión de los materiales y recubrimientos.

B. Masa soporte.

Para que se pueda formar una mayor cantidad de película biológica, es necesario que la masa soporte tenga la mayor superficie específica posible. Además, hay que tener en cuenta el índice de huecos, ya que éstos serán los que permitan el paso del aire y del agua.

Los materiales soporte pueden ser naturales o artificiales. Hay que prestar especial atención a la uniformidad del medio poroso, su durabilidad y resistencia.

Las características físicas de los medios filtrantes más empleados se indican en la Tabla 21.

Los soportes naturales presentan un tamaño entre 5 y 10 cm., y los más usados son la piedra silícea, el pórfido o las puzolanas. La mayoría de los lechos de medio rocoso están entre 1 y 2 m de profundidad.

Los artificiales, pueden ser desde escorias hasta elementos plásticos, fabricados especialmente para conjugar la superficie y los huecos, de forma que se aumente el rendimiento por unidad de volumen.

Tabla 21. Propiedades físicas de los medios filtrantes más comunes

Medio	Tamaño nominal, mm	Masa por unidad de volumen, kg/m ³	Superficie específica, m ² /m ³	Porcentaje de huecos, %
Gravas de río				
Pequeñas	25-62,5	1.250-1.440	55-69	40-50
Grandes	100-125	800-990	39-164	50-60
Escorias de altos hornos				
Pequeñas	50-75	900-1.200	55-69	40-50
Grandes	75-125	800-990	46-59	50-60
Plástico				
Convencional	600 × 600 × 1.200 ^b	32-96	79-98	94-97
Alta superficie específica	600 × 600 × 1.200 ^b	32-96	98-196	94-97
Madera de secuoya	1.200 × 1.200 × 500 ^b	144-176	39-49	70-80
Relleno desordenado	25-87,5	48-96	125-279	90-95

^b Tamaño del módulo

C. Ventilación.

Para el correcto funcionamiento de un lecho bacteriano es de esencial importancia la existencia de un flujo de aire o ventilación a través del mismo, la cual puede ser:

➤ Natural.

Se produce por efecto de la diferencia de temperatura del aire y el agua. Al calentarse o enfriarse el aire en el interior del lecho se produce una variación de densidad que provoca el movimiento de la masa.

Cuando la diferencia no es mayor de 2 °C, se para el tiro. Por tanto, el lecho estará aireado cuando se produzca una diferencia térmica, entre agua y aire, superior a 2 °C.

➤ Forzada.

En el caso de lechos extremadamente cargados o extremadamente profundos, la ventilación forzada puede presentar algunas ventajas siempre y cuando el diseño, instalación y uso del sistema se realicen correctamente. En estos casos se debe disponer de un caudal mínimo de aire, en cualquier dirección, de 18 m³/m²·h.

En épocas en que la temperatura del aire sea extremadamente baja, puede ser necesario restringir el flujo de aire a través del lecho para evitar su congelación.

D. Recogida del agua.

La recogida del agua residual tratada se efectúa por medio de un dispositivo de drenaje en el fondo del lecho bacteriano. Este sistema contará con un sistema de canales de recogida, con la característica fundamental de que no deben existir sedimentaciones, ya que el agua residual lleva los flóculos que sedimentarán en el decantador secundario. Para ello la pendiente será del 1% ó 2%, y la sección no irá nunca llena, ya que deberá servir también como canal de aireación. Una recomendación de diseño marca que la zona de salida al falso fondo de agua y aire, sea el 15 ó 20% de la superficie total del lecho.

7.3.3. Tipos de lechos bacterianos

Los lechos bacterianos pueden clasificarse atendiendo a aspectos funcionales o a aspectos constitutivos. Según el criterio elegido se pueden distinguir distintos tipos:

A. Atendiendo a la recirculación:

- Sin recirculación.
- Con recirculación

B. Atendiendo a la carga:

- Baja.
- Media.
- Alta

C. Tipo de material soporte:

- Natural /Árido: piedra silícea, pórfido, puzolanas, etc.
- Artificial: escorias, materiales plásticos diversos, etc.

D. Según el tipo de construcción:

- Forma:
 - Rectangular.
 - Circular.
- Aislamiento:
 - Abiertos.

- Cerrados.

E. Según la ventilación:

- Natural.
- Forzada.

F. Según la forma de trabajo:

- Lechos normales.
- Lechos sumergidos o fluidificados.

G. Según la movilidad del material soporte:

- Lechos fijos.
- Lechos fluidificados.
- Biodiscos/ Biocilindros.

7.3.4. Disposición o emplazamiento

En las siguientes figuras pueden observarse los diferentes diagramas de flujo para lechos de media y alta carga con sus correspondientes recirculaciones.

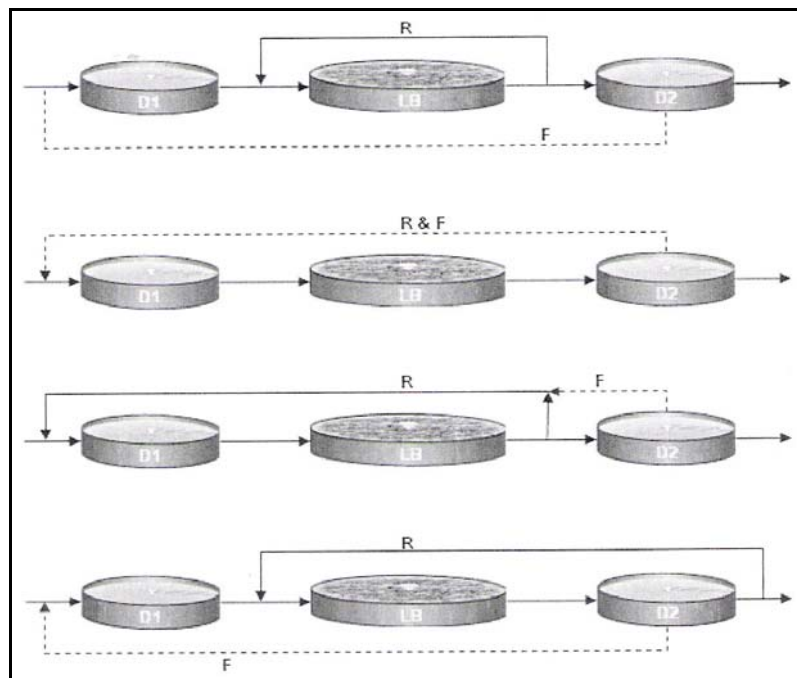


Figura 11. Diagramas de lechos bacterianos en etapa única.

D1: Decantador Primario
 LB: Lecho bacteriano
 D2: Decantador Secundario
 R: Recirculación de agua
 F: Recirculación de Fangos

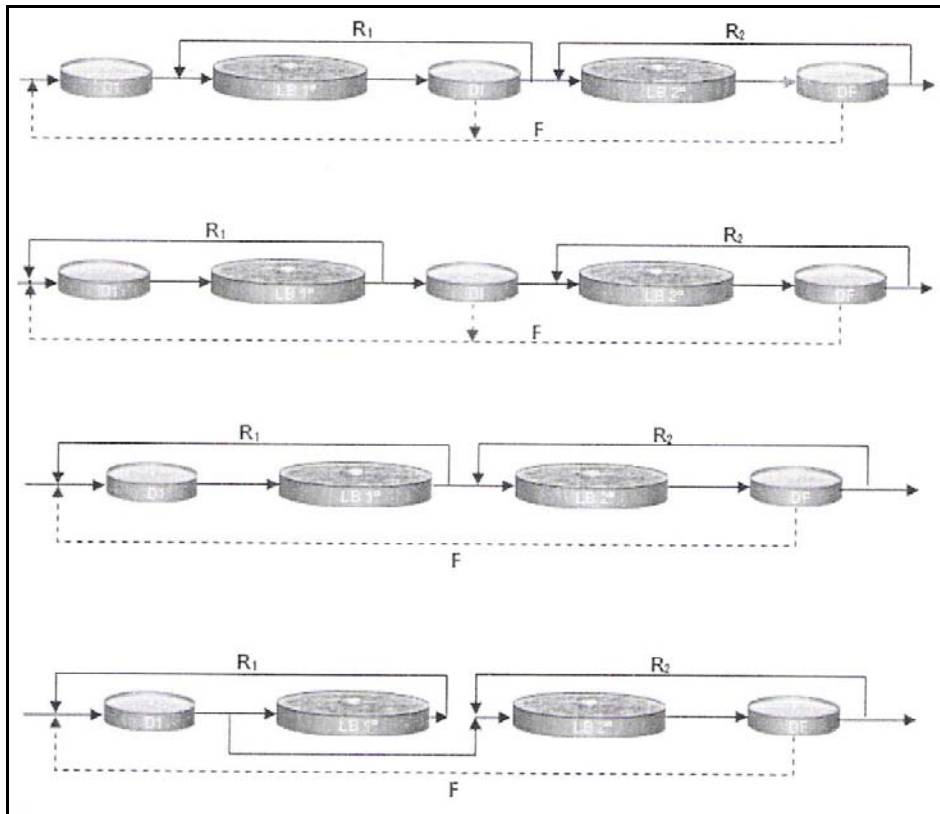


Figura 12. Diagramas de lechos bacterianos en doble etapa

D1: Decantador Primario
 LB: Lecho bacteriano
 DI: Decantador Intermedio
 DF: Decantador Final
 R: Recirculación de agua
 F: Recirculación de Fangos

7.3.5. Justificación de la selección del proceso

Actualmente, el uso del sistema de lechos bacterianos se ha extendido mucho en el campo de las pequeñas comunidades, y su elección frente a otros procesos se fundamenta en las siguientes características:

- Bajo coste de operación.
- Facilidad de control (sencillez de explotación y mantenimiento).
- Alto rendimiento de eliminación de materia orgánica.
- Gran estabilidad frente a choques de carga y caudal.
- Escasa producción de lodos y lodos muy estabilizados.

En nuestro caso, se elige un material de soporte natural por presentar algunas ventajas frente a los materiales artificiales, como son:

- Menor coste.
- Mayor rendimiento en el tratamiento de las aguas residuales.

Atendiendo a la clasificación realizada en el apartado anterior, podemos decir que la planta contará con un lecho abierto de alta carga de relleno natural, con recirculación, de forma circular y ventilación natural.

7.3.6. Justificación del diagrama de flujo

Para un lecho bacteriano de alta carga en etapa única, calculado en el Apartado 2.4.2 de la Memoria de Cálculo, seleccionamos el primer diagrama de flujo de la Figura 11 atendiendo a las siguientes razones:

➤ Es el circuito más económico desde el punto de vista de inversión, ya que no obliga a sobredimensionar algunos decantadores para tener en cuenta el caudal suplementario de recirculación, como en el caso del decantador primario en el segundo circuito, o del secundario en el circuito último.

- Mejor resultado que los demás diagramas expuestos. ^[8]

7.4. DECANTACIÓN SECUNDARIA

7.4.1. Objeto de la decantación secundaria

La decantación secundaria tiene por objeto eliminar la mayor cantidad posible de las materias en suspensión contenidas en el efluente del lecho bacteriano. Estas materias ya existían a la entrada del lecho y están constituidas principalmente, por materias no

sedimentables, coloidales, no eliminadas en el sistema de lagunaje previo. Hay que añadir a estas materias la producción de fangos del lecho bacteriano, formados por los trozos de películas que se han desprendido; la biopelícula absorbe una parte de los coloides de entrada, que se convierten en sedimentables.

En el caso de los lechos bacterianos, se produce muy poca floculación biológica natural, debido principalmente a los escasos tiempos de residencia del agua y a la baja concentración de las materias en suspensión.

Por ello, es imposible sedimentar las materias coloidales que no hayan sido adsorbidas por la biopelícula.

7.4.2. Tipos de decantadores

Los diversos tipos de decantadores pueden considerarse bajo varios aspectos.

A. Respecto al tipo de proceso.

➤ D. primario.

Tratan el agua residual bruta por simple proceso físico. Su función es separar los sólidos sedimentables.

➤ D. secundario.

Tratan el agua residual procedente de un tratamiento químico ó biológico. Su función es separar los sólidos floculados.

B. Respecto al flujo hidráulico.

➤ D. de flujo vertical.

El agua fluye de abajo arriba en el decantador. Pueden ser circulares o rectangulares.

➤ D. de flujo horizontal.

El agua fluye horizontalmente, de un lado a otro del decantador. Pueden ser circulares (el agua fluye del centro a la periferia o de un sector a otro) o rectangulares.

- D. rectangulares.

Los tanques de sedimentación rectangulares pueden incorporar sistemas de rascado de fangos con rascadores accionados por cadenas o con puentes de traslación. Sujetos a las cadenas, a intervalos regulares de aproximadamente 3 m, se colocan tablonces de madera o de fibra de vidrio, que se extienden por toda la anchura del tanque.

Los lodos decantados son evacuados por purgas periódicas mediante un equipo de bombeo, o mediante un tubo telescópico que por sifonamiento lo envía a un pozo de bombeo.

Los canales de entrada del agua a tratar se deben situar transversalmente, de forma que se distribuya a lo largo de toda la sección. La salida del líquido clarificado se realiza de la misma forma que la entrada, mediante un vertedero ajustable en forma de “V”.

Las rasquetas que en su camino por el fondo han transportado los lodos hasta el punto de descarga, en su retorno por la superficie arrastran los flotantes y las espumas hasta unos deflectores donde son retiradas.

Los decantadores rectangulares se acoplan fácilmente cuando son necesarias varias unidades siendo interesantes cuando hay escasez de terreno.

- D. circulares.

El agua residual a decantar se introduce normalmente por el centro (excepto los de alimentación periférica) y sale por la periferia por un vertedero ajustable.

Los fangos son arrastrados hacia un pozo de lodos, situado muy próximo al centro, por medio de brazos giratorios que barren el fondo y son eliminados mediante purgas periódicas, bien con bombas o por diferencia de nivel.

La eliminación de espumas y flotantes se lleva a cabo mediante un brazo radial que gira solidario con las rasquetas de los lodos. La velocidad periférica de estas rasquetas es del orden de 1,5 a 2,5 m/min.

El fondo del tanque tiene forma tronco-cónica con una pendiente aproximada del 8-8,5 %.

C. Respecto a la concentración de fangos.

- Sin dispositivo alguno. Los lodos se concentran dando pendientes adecuadas a sus paredes $>60^\circ$.

- Con rasquetas de arrastre.

- Con sistema de aspiración en continuo.

D. Según la reutilización de los lodos.

- Decantador sin recirculación de lodos preformados, decantador estático.

- Decantador con recirculación de lodos preformados, decantador dinámico. Éstos pueden clasificarse en tipo de lecho de fango y tipo de recirculación de fango.

7.4.3. Selección del decantador

La sedimentación secundaria se lleva a cabo en un decantador circular con alimentación central del efluente procedente de los lechos bacterianos. En el pilar central, el agua residual pasa por una campana circular diseñada para distribuir el flujo uniformemente en todas direcciones.

El puente rascador gira lentamente y puede tener dos o cuatro brazos equipados con rascadores de fondo, que conducen el fango hacia una zona central de descarga. También puede incluir unos rascadores superficiales para la eliminación de espumas.

El líquido clarificado sale por la parte superior, por rebose hacia un canal desde donde se conduce para ser vertido al cauce del río Guadalete.

7.5. ERAS DE SECADO

Cualquiera que sea la concepción de la estación, se deben concentrar los fangos, es decir, deshidratarlos de manera que aumente el porcentaje en sólidos en suspensión lo más posible para reducir el volumen al máximo.

Las eras de secado son un método de deshidratación que consiste en incorporar sobre una balsa de lecho granular y fondo drenado, los lodos que deben estar bien estabilizados. De esta forma se efectúa una primera pérdida de agua por drenaje, a la vez que los lodos van decantando. Simultáneamente se pierde agua por evaporación.

Una vez seco, el fango se retira y evacua a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.

7.5.1. Tipos de eras de secado

Se utilizan cuatro tipos de eras de secado: convencionales de arena, pavimentadas, de medio artificial y por vacío.

- Eras de secado convencionales de arena.

Se suelen utilizar en comunidades de pequeñas dimensiones y población de tamaño medio, aunque se han dado casos en los que se han empleado en instalaciones más grandes.

Para la deshidratación del fango en ciudades con poblaciones superiores a los 20.000 habitantes se deben considerar otras alternativas.

En este tipo de eras, el fango se extiende sobre la misma, formando una capa de 20-30 cm de espesor y se deja secar.

Las paredes y fondo de las eras se construyen impermeables. La capa drenante queda constituida por una capa soporte de 20 a 40 cm de grava con granulometría entre 0,3 a 2,3 cm, y una capa verdaderamente drenante de 10 a 20 cm de arena con una granulometría entre 0,3 y 1,2 mm, con coeficiente de uniformidad inferior a 4.

Las eras pueden ser descubiertas o cubiertas en zonas lluviosas.

Las eras descubiertas se suelen utilizar en los casos en los que se dispone de una superficie adecuada y suficientemente aislada como para evitar las quejas provocadas por la generación ocasional de olores.

Deben ubicarse en emplazamientos que disten un mínimo de 100 m de edificios y urbanizaciones.

Las eras de secado cubiertas con cerramientos similares a los de los invernaderos se utilizan en los casos en los que es necesario deshidratar el fango de forma continua a lo largo de todo el año, con independencia de las condiciones climáticas, así como en los casos en los que el aislamiento no es suficiente para la instalación de eras de secado descubiertas.

El fango se puede extraer de las eras después de que se haya secado y drenado suficientemente para ser paleable.

En los climas fríos, se ha observado que el efecto de las heladas y del deshielo mejora las características de deshidratación del fango. Las heladas y el deshielo transforman la estructura gelatinosa del fango en un material granular que drena rápidamente.

La extracción del fango se realiza manualmente con palas cargando carretillas o camiones, o mediante una pala rascadora o de ataque frontal. Para facilitar operación, es necesario adoptar las medidas adecuadas para permitir el desplazamiento de los camiones a lo largo de las eras.

➤ Eras de secado pavimentadas.

Como alternativa a las eras de secado convencionales de arena, se han empleado dos tipos de eras de secado pavimentadas: de drenaje, y de decantación.

Las eras de tipo de drenaje funcionan de forma similar a las convencionales desde el punto de vista que también se recoge el líquido drenado en su zona inferior, pero la extracción del fango se lleva a cabo utilizando palas cargadoras de ataque frontal.

Este tipo de eras de secado requiere mayor superficie que las eras de secado convencionales de arena.

Las eras del tipo de decantación son un diseño relativamente novedoso que resulta ventajoso en climas cálidos, semiáridos, y áridos. Este tipo de eras utiliza lechos construidos con un pavimento impermeable de bajo coste que dependen de la decantación del sobrenadante y del mezclado del fango a secar para conseguir promover y mejorar la evaporación.

➤ Eras de secado de medio artificial.

Las innovaciones recientes en materia de diseño de eras de secado incluyen el uso de medios drenantes artificiales tales como mallas de acero inoxidable, o paneles de poliuretano de alta densidad.

En el primer caso, el fango líquido se introduce en un medio drenante horizontal relativamente abierto, que consiste en pequeñas barras de acero inoxidable con forma de cuña, dispuestas con la cara plana en la parte superior. Las aberturas de las ranuras entre barras son de 0,25 mm. Con estos elementos se forman paneles que se instalan sobre un falso fondo. Para el control del drenaje se utiliza una válvula dispuesta en la salida.

En los sistemas de medio formado a base de poliuretano de alta densidad, se utilizan paneles encajables diseñados para su instalación sobre una placa inclinada o sobre bandejas autolimpiantes de acero prefabricadas. Cada panel dispone del 8% de la superficie abierta para la deshidratación, y cuenta con un sistema de drenaje inferior incorporado.

➤ Eras de secado por vacío.

El uso de eras de secado por vacío es un método utilizado para acelerar el proceso de deshidratación y secado de fangos. La deshidratación y secado se favorecen al aplicar el vacío en la parte inferior de las placas porosas del filtro.

El ciclo operativo de este tipo de unidades suele constar de las siguientes etapas: preacondicionamiento del fango mediante la adición de polímero; llenado de las eras con fango; deshidratación del fango por drenaje, inicialmente por gravedad seguido de la aplicación del vacío; secado del fango al aire durante 24-48 h; extracción del fango deshidratado mediante palas excavadoras y finalmente, limpieza de las superficies de las placas porosas mediante mangueras de alta presión para eliminar los restos de fango.

7.5.2. Selección del tipo de era de secado

De entre todos los tipos de eras de secado expuestos en el apartado anterior, seleccionamos las eras convencionales de arena.

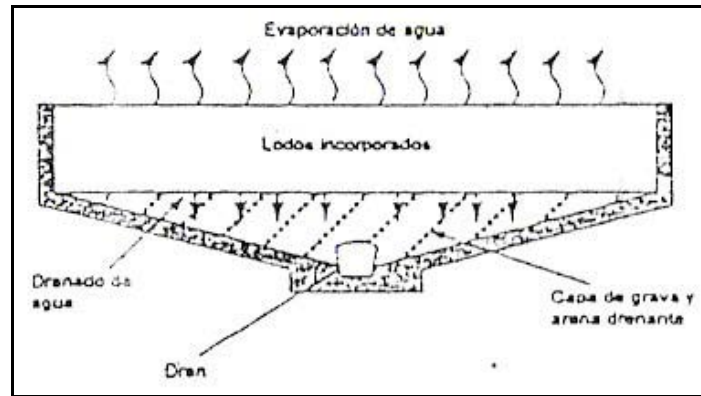


Figura 13. Era de secado convencional (sección)

Las ventajas con las que cuentan este tipo de eras de secado son:

- Se trata de la tipología de uso más extendido.
- En los casos en los que se dispone de superficie, es el método de menor coste inicial.
- Escaso seguimiento y preparación de los operarios.
- Bajo consumo de energía.
- No hay consumo de productos químicos.

8. DIMENSIONES FINALES Y LÍNEA DE TRATAMIENTO

En la Figura 14 se representa la línea de tratamiento de la planta proyectada, y en los apartados sucesivos se detallan las dimensiones finales de los diferentes equipos que la componen.

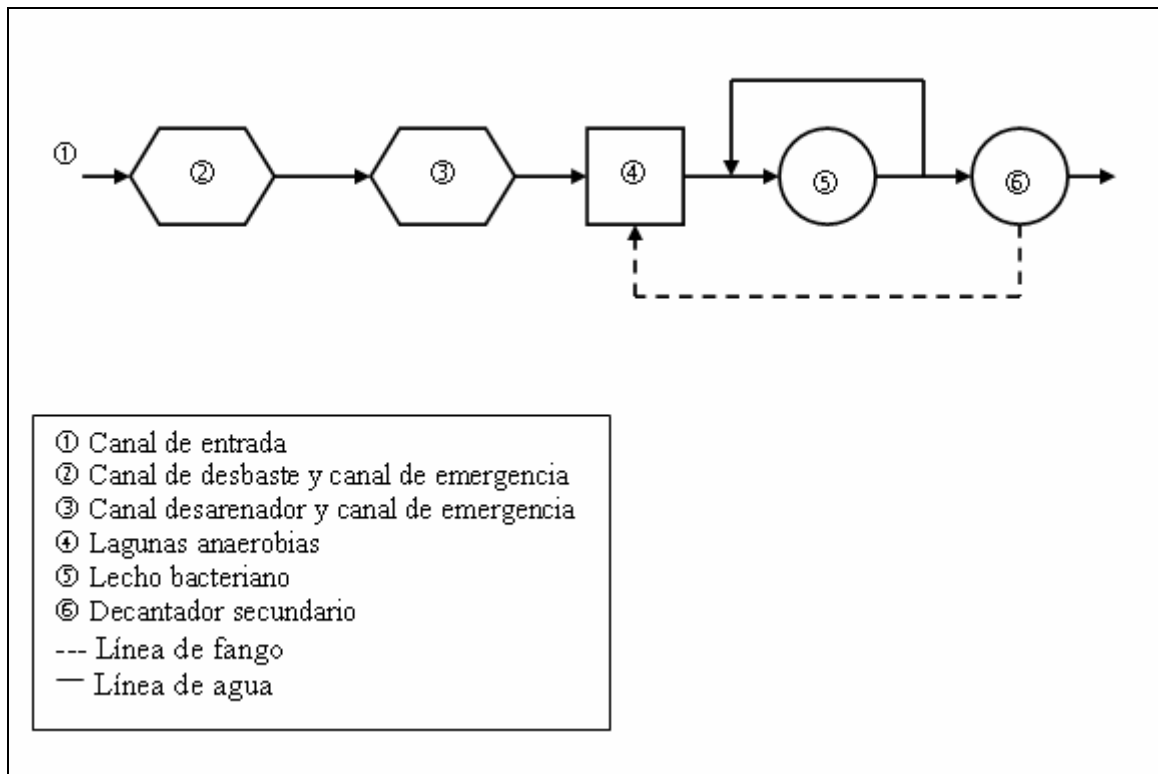


Figura 14. Línea de tratamiento

8.1. CANAL DE ENTRADA

Unidades 1 canal

Dimensiones

Pendiente	0,5 %
Sección	Rectangular
Anchura del canal	0,4 m
Altura útil	0,1 m
Altura construida	1 m

Caudal de diseño 0,0302 m³/s

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.1
Documento N° 2, Plano 06

8.2. CANAL DE DESBASTE

Unidades 1 canal de desbaste y 1 canal de emergencia

Dimensiones

Pendiente	0,5 %
Sección	Rectangular
Anchura del canal	0,4 m
Altura útil	0,1 m
Altura construida	1 m

Caudal de diseño 0,0302 m³/s

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.1
Documento N° 2, Plano 06

Equipos adyacentes

Reja vertical de medios de limpieza mecánica
Reja de gruesos de limpieza manual

Potencia instalada 1,5 c.v.

8.2.1. Reja de medios

Unidades 1 reja

Dimensiones

Ancho	0,8 m
Altura	1 m
Sobreelevación	2,1 m
Separación libre entre barrotes	20 mm
Ancho de barrote	10 mm

Velocidad de la rasqueta 5 m/min

Potencia 1,5 c.v.

Pérdida de carga 6,1 cm aprox.

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.2

8.2.2. Reja de gruesos

Unidades 1 reja

Dimensiones

Separación libre entre barrotes 50 mm

Ancho de barrote 25 mm

Número de barrotes 10

Pérdida de carga 4,2 cm aprox

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.3

8.3. CANAL DESARENADOR

Unidades 1 canal desarenador y 1 canal de emergencia

Dimensiones

Longitud 3 m

Ancho 0,75 m

Altura 1 m

Volumen 2,25 m³

Caudal de diseño 0,0302 m³/s

Tiempo de sedimentación 74,5 s

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.2.2.1

Documento N° 2, Plano 06

8.4. LAGUNAS ANAEROBIAS

Unidades 2 lagunas anaerobias

Dimensiones

Profundidad útil 4,5 m

Resguardo mínimo 0,5 m

Área superficial unitaria 184 m²

Área del fondo unitaria 154 m²

Volumen unitario 760 m³

Volumen total 1.520 m³

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.3.4. y 3.3.2

8.5. LECHO BACTERIANO

Unidades 1 lecho

Material de relleno Natural

Dimensiones

Diámetro 10 m

Superficie 78,54 m²

Altura 1,75 m

Volumen 137,45 m³

Distribuidor de agua

Nº de brazos 3

Velocidad de giro 2,5 m/min

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.4.2

Documento Nº 2, Plano 07

Equipos adyacente Bomba de impulsión

8.6. DECANTADOR SECUNDARIO

Unidades 1 decantador

Dimensiones

Superficie útil 63,62 m²

Diámetro 9 m

Altura recta sobre vertedero 3 m

Volumen 190,86 m³

Capacidad

Caudal medio 28 m³/h

Caudal máximo 108,92 m³/h

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.5.3

Documento Nº 2, Plano 09

Equipos adyacentes Grupo motor para rasquetas

8.7. ERAS DE SECADO

Unidades	1 era de secado
Dimensiones	
	Área total 900 m ²
	Profundidad de la capa drenante 0,6 m
	Volumen total 540 m ³
Tiempo de residencia	1 año
Referencia	Memoria de Cálculo, apartado 3.6

9. CONCLUSIONES

El objetivo en este apartado es comparar la planta de tratamiento proyectada con la planta real con el fin de determinar si existe alguna similitud entre ambas que se pudiera traducir en una adecuación o aprovechamiento de las instalaciones actualmente en funcionamiento.

Grazalema cuenta con una EDAR en la que el agua bruta se somete a un pretratamiento (tamiz rotativo y desarenador-desengrasador aireado), tras el cual se conduce a un sistema de lagunas anaerobias y lechos de turba. Los periodos prolongados de lluvia hacen que no puedan efectuarse los ciclos de operación, secado y extracción de fango seco de los lechos. Por este motivo, la instalación cuenta con un by-pass que permite el vertido al río del efluente de las lagunas cuando los lechos se encuentran inoperativos.

Las unidades de pretratamiento reales y proyectadas son diferentes. No ocurre lo mismo con el sistema de lagunaje anaerobio, común en ambas instalaciones.

Tabla 22. Características de los sistemas de lagunaje real y proyectado

	Lagunas reales	Lagunas proyectadas
Unidades	2	2
Profundidad útil (m)	4	4,5
Superficie unitaria (m²)	250	184
Volumen unitario (m³)	1.000	760
Volumen total (m³)	2.000	1.520

Basándonos en las características de la tabla anterior, podemos afirmar que las lagunas actuales son adecuadas para la planta proyectada sin necesidad de construir nuevos embalses, ya que las dimensiones de éstas superan a las calculadas en el apartado 3.3.2 de la Memoria de Cálculo.

El proceso de biopelícula (lecho bacteriano), así como la decantación secundaria, son sistemas de depuración más idóneos que los lechos de turba, según las conclusiones extraídas de la matriz final de selección (Apartado 6.2.3).

No obstante, hay que contar con la posibilidad de aprovechar los lechos de turba como eras de secado. Las características de cada unidad se recogen en la Tabla 23.

Tabla 23. Características de los lechos de turba y eras de secado

	Lechos de turba	Eras de secado
Unidades	6	1
Prof. capa drenante (m)	0,9	0,6
Área total (m²)	876	900
Volumen total (m³)	788,4	540

Podemos concluir que los lechos de turba son adecuados para ser utilizados como eras de secado, debido a la similitud existente entre las dimensiones de ambos.

De esta forma, se procedería a la retirada del relleno de los lechos, sustituyéndose por una capa drenante formada por grava y arena, convirtiéndolos finalmente en eras de secado.

Como conclusión final, decir que según los cálculos realizados en el presente proyecto se puede mejorar la planta actual introduciendo nuevas unidades de depuración y modificando algunas de las ya existentes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Metcalf-Eddy**; “Tratamiento y depuración de las aguas residuales”, Ed. Labor, 1.977.
- [2] **Metcalf-Eddy**; “Tratamiento, vertido y reutilización”, 3ª Edición, Ed. McGraw-Hill, 1.995.
- [3] **Collado Lara, Ramón**; “Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades”, Colección Senior N°12, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1.992.
- [4] **Hernández Muñoz, Aurelio; Hernández Lehmann, Aurelio; Galán Martínez, Pedro**; “Manual de depuración de Uralita. Sistemas para la depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes”, 3ª Edición, Ed. Thomson-Paraninfo, 2.004
- [5] **Hernández Lehmann, Aurelio**; “Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1.997
- [6] **Hernández Muñoz, Aurelio**; “Depuración de aguas residuales”, Colección Senior N°9, Ed. Paraninfo, 1.990
- [7] **M.O.P.T**; “Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de operadores”, 1.991
- [8] **Ronzano, Eduardo; Dapena, José Luis**; “Tratamiento biológico de las aguas residuales”, Ed. Díaz de Santos (Pridesa Grupo Iberdrola), 2.002
- [9] **Ron Crities, George**; “Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados”, Ed. McGraw-Hill, 2.000

PÁGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

www.ine.es

www.grazalema.es

www.mma.es

www.cma.es



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**ANEXO N° 1
MEMORIA DE CÁLCULO**

ÍNDICE.....	1
1. BASE DE CÁLCULO.....	3
1.1. ESTUDIO DE POBLACIÓN.....	3
1.2. CAUDALES DE DISEÑO.....	6
1.3 PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN.....	7
1.4. RESUMEN DE LOS DATOS DE PARTIDA.....	8
2. DIMENSIONAMIENTO DE UNIDADES DE DEPURACIÓN.....	9
2.1. CANAL DE ENTRADA.....	9
2.2. PRETRATAMIENTO.....	11
2.2.1. Desbaste.....	11
2.2.1.1. Canal de desbaste.....	12
2.2.1.2. Reja de medios.....	13
2.2.1.3. Reja de gruesos.....	18
2.2.2. Desarenado-Desengrasado.....	19
2.2.2.1. Estructuración del cálculo del desarenador-desengrasador.....	19
2.2.2.2. Cantidad de arena retirada.....	25
2.2.2.3. Reducción de la materia orgánica.....	26
2.2.2.4. Balance de materia.....	26
2.3. LAGUNAS ANAEROBIAS.....	26
2.3.1. Parámetros de diseño.....	26
2.3.2. Criterio de diseño.....	27
2.3.3. Métodos de diseño.....	28
2.3.4. Dimensionamiento de las lagunas.....	28
2.3.5. Balance de materia.....	31
2.4. LECHO BACTERIANO.....	31
2.4.1. Parámetros de diseño.....	32
2.4.2. Dimensionamiento del lecho bacteriano.....	32
2.4.3. Balance de materia.....	37
2.5. DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	37
2.5.1. Parámetros de diseño.....	37
2.5.2. Ecuaciones necesarias para el cálculo.....	38
2.5.3. Dimensionamiento del decantador.....	39
2.5.3.1. Cálculo de la superficie.....	39
2.5.3.2. Cálculo del volumen y altura.....	39
2.5.3.3. Zona de entrada.....	41
2.5.3.4. Vertedero de salida.....	42
2.5.4. Balance de materia.....	42

3. REITERACIÓN DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEFINITIVO DE UNIDADES.....	42
3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA.....	42
3.2. BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO.....	43
3.2.1. Lagunas anaerobias.....	43
3.2.2. Tratamiento biológico y decantación secundaria.....	45
3.2.3. Balance final.....	48
3.3. LAGUNAS ANAEROBIAS.....	49
3.3.1. Acumulación de fango y volumen adicional.....	49
3.3.2. Redimensionamiento de las lagunas.....	49
3.4. LECHO BACTERIANO.....	50
3.4.1. Comprobación de la carga hidráulica.....	50
3.4.2. Comprobación de la carga volumétrica.....	50
3.5. DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	51
3.5.1. Cálculo de la superficie.....	51
3.5.2. Cálculo del volumen y altura.....	51
3.5.3. Comprobación de velocidad ascensional y carga de sólidos.....	52
3.5.4. Comprobación de carga sobre vertedero.....	52
3.5.5. Dimensiones finales del decantador secundario.....	53
3.6. ERAS DE SECADO.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	57

1. BASE DE CÁLCULO

1.1. ESTUDIO DE POBLACIÓN

Los datos de población de derecho para el municipio de Grazalema obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE), son:

Tabla 1. Población de derecho (INE).

Año	1996	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Nº hab.	2.298	2.256	2.249	2.240	2.230	2.219	2.200	2.178

Representando gráficamente se obtiene:

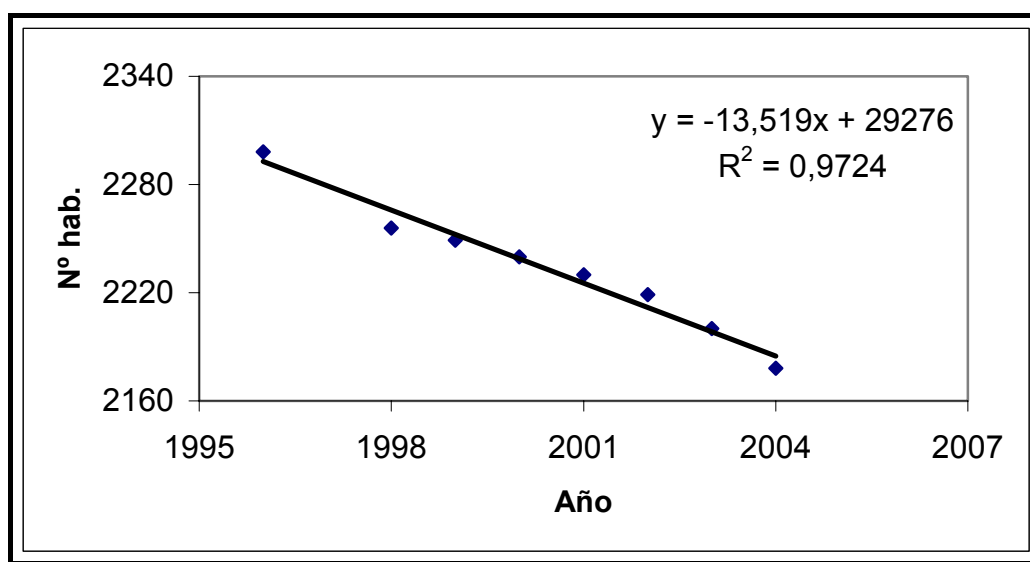


Figura 1. Evolución de la población de derecho

Como se puede apreciar en la Figura 1, la tendencia demográfica de la población estable de Grazalema tiene una evolución descendente.

Hay que tener en cuenta la gran actividad turística del municipio, sobre todo en periodos festivos, con lo que resultan insuficientes los datos anteriormente expuestos y se opta por hacer una estimación aproximada de la población de hecho, para que los resultados obtenidos sean lo más próximo a la realidad posible.

Para ello, se parte de los caudales de abastecimiento de agua potable de Grazalema durante el periodo transcurrido desde Julio de 2.004 hasta Mayo de 2.005 (Empresa: “Aguas Sierra de Cádiz”).

En general, se considera que un 60-80% del agua de abastecimiento, acabará en la red de saneamiento, ya que hay que tener en cuenta que se producen pérdidas debidas al estado de la red ^[1].

Considerando unas pérdidas del 20%, los resultados de caudal de aguas residuales urbanas obtenidos son:

Tabla 2. Caudal de aguas residuales (m³/mes) obtenido a partir del caudal de abastecimiento de agua potable (m³/mes)

Mes	Año	Q _{abast.} (m ³ /mes)	Q _{A.R.U} (m ³ /mes)
Julio	2.004	25.133	20.106,4
Agosto	2.004	22.425	17.940
Septiembre	2.004	21.177	16.941,6
Octubre	2.004	19.268	15.414,4
Noviembre	2.004	16.748	13.398,4
Diciembre	2.004	16.241	12.992,8
Enero	2.005	16.153	12.922,4
Febrero	2.005	15.533	12.426,4
Marzo	2.005	18.058	14.446,4
Abril	2.005	16.313	13.050,4
Mayo	2.005	17.031	13.624,8

Donde:

Q_{abast} = Caudal de abastecimiento de agua potable (m³/mes)

Q_{A.R.U} = Caudal medio de aguas residuales urbanas (m³/mes)

Para poblaciones entre 1.000-6.000 habitantes, la dotación de aguas residuales se establece en 150 l/hab·día ^[2].

El cociente entre el Q_{A.R.U} y la dotación de aguas residuales, proporciona una estimación del número de habitantes de hecho, en los que ya van incluidos turistas, transeúntes, etc.

Así, por ejemplo, para el mes de Julio tendríamos:

$$\frac{20106,4 \text{ m}^3 / \text{mes}}{150 \text{ l} / \text{hab} \cdot \text{día}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{10^3 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 4.468,1 \text{ hab. de hecho}$$

La población de hecho del municipio, calculada conforme al ejemplo anterior, se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Población de hecho de Grazalema

Mes	Año	Nº hab. de hecho
Julio	2.004	4.468,1
Agosto	2.004	3.986,7
Septiembre	2.004	3.764,8
Octubre	2.004	3.425,4
Noviembre	2.004	2.977,4
Diciembre	2.004	2.887,3
Enero	2.005	2.871,6
Febrero	2.005	2.761,4
Marzo	2.005	3.210,3
Abril	2.005	2.900,1
Mayo	2.005	3.027,7
Promedio		3.298,3

Representando gráficamente:

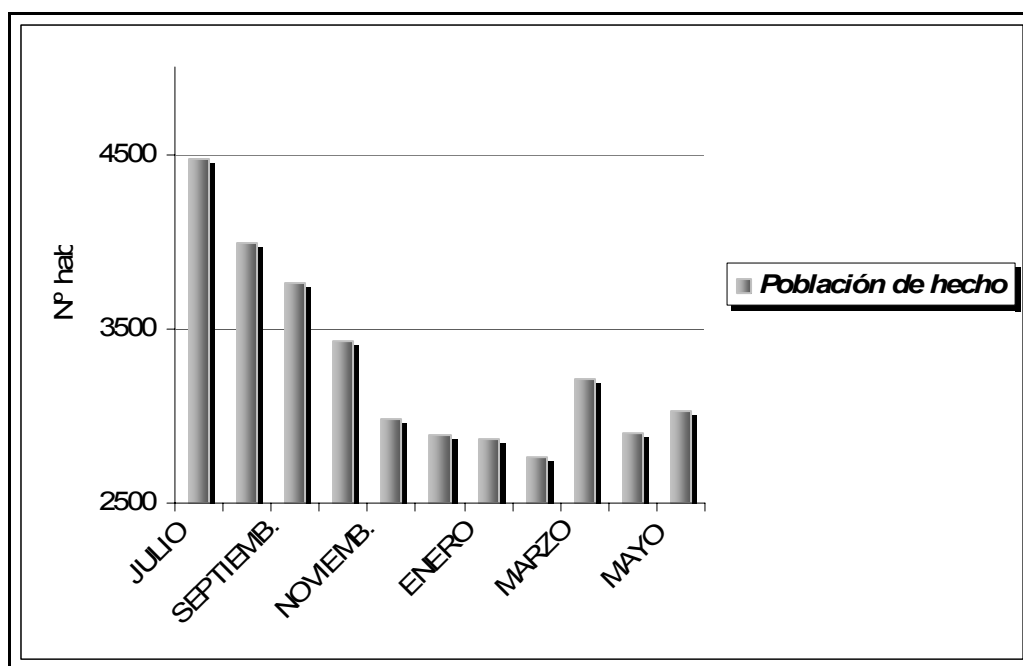


Figura 2. Evolución de la población de hecho

Si tomamos las siguientes consideraciones:

- La tendencia descendiente de la población de Grazalema.
- Que la relación entre la población de derecho y de hecho se mantiene constante en el tiempo.

La población de diseño adoptada es la máxima que aparece en la Tabla 3, esto es 4.468. A efectos de cálculo, se tomará un valor de 4.500 habitantes.

1.2. CAUDALES DE DISEÑO

Partiendo de los datos de caudales de abastecimiento de agua potable recogidos en la Tabla 2 y considerando que el caudal de agua residual que entrará en la EDAR será el 80% del agua suministrada al municipio, debido a las pérdidas mencionadas en el apartado anterior, el caudal de aguas residuales que entra en la planta desde Julio (2.004) hasta Mayo (2.005) es:

Tabla 4. Caudal de aguas residuales (m³/mes)

Mes	Q _{A.R.U} (m ³ /mes)
Julio	20.106,4
Agosto	17.940
Septiembre	16.941,6
Octubre	15.414,4
Noviembre	13.398,4
Diciembre	12.992,8
Enero	12.922,4
Febrero	12.426,4
Marzo	14.446,4
Abril	13.050,4
Mayo	13.624,8

Donde:

$$Q_{A.R.U} = \text{Caudal medio de aguas residuales urbanas (m}^3\text{/mes)}.$$

A partir de los datos mostrados en la Tabla 4, se toma como caudal medio el valor correspondiente al mes de Julio (máximo caudal de entrada en la planta):

$$Q_{\text{medio}} = 20.106,4 \text{ m}^3\text{/mes} = 670,2 \text{ m}^3\text{/día} = 28 \text{ m}^3\text{/h}$$

Por otra parte, utilizando las expresiones deducidas por Mara ^[3], se calculan los coeficientes punta máximo y mínimo del caudal, en función del tamaño de la población P, en miles de habitantes:

$$P = 4,5$$

$$C_{p,\text{máx}} = \frac{5}{P^{1/6}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$C_{p,\text{máx}} = 3,89$$

$$C_{p,\min} = \frac{P^{1/6}}{5} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$C_{p,\min} = 0,26$$

Para aguas residuales urbanas:

$$Q_{\max} (\text{m}^3/\text{h}) = C_{p,\max} \cdot Q_{\text{medio}} (\text{m}^3/\text{h}) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Q_{\min} (\text{m}^3/\text{h}) = C_{p,\min} \cdot Q_{\text{medio}} (\text{m}^3/\text{h}) \quad \text{Ecuación 4}$$

En este caso:

$$Q_{\max} (\text{m}^3/\text{h}) = 3,89 \cdot 28 = 108,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\min} (\text{m}^3/\text{h}) = 0,26 \cdot 28 = 7,28 \text{ m}^3/\text{h}$$

Resumiendo:

Tabla 5. Caudales de diseño

	m^3/h	m^3/s
Q_{\max}	108,92	0,0302
Q_{medio}	28	0,0078
Q_{\min}	7,28	0,0020

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL URBANA

Los parámetros de contaminación a controlar son:

Tabla 6. Valores de los parámetros de contaminación a la entrada de la EDAR

Parámetro	Unidad	Cantidad media (*)	Desviación Estándar
DQO	mg/l	400	283
DBO₅	mg/l	245	195
Sólidos Suspendidos	mg/l	147	108

(*) Resultados obtenidos de valores medios mensuales determinados durante doce meses.

Como indica la desviación estándar, hay una alta variabilidad de los valores de los parámetros de contaminación y esto podría ser debido a la presencia de una industria alimentaria (quesería) en la población.

La industria quesera dispone de un sistema de depuración propio para determinados efluentes, pero utiliza la red de saneamiento municipal para verter otros muchos, pudiendo producir alteraciones puntuales en los niveles de contaminación del agua residual.

Según el Real Decreto 509/1996, de 15 de Marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, los niveles mínimos de contaminación exigidos a los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas son:

Tabla 7. Niveles mínimos de contaminación en vertidos.

Parámetro	Concentración	% mínimo de reducción (*)
DQO	125 mg/l	75
DBO₅	25 mg/l	70-90
Sól. Susp.	35 mg/l	90 (**)

(*): Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

(**): Requisito optativo.

Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Al ser el punto de vertido (Río Guadalete) una zona no sensible, no se han considerado los niveles mínimos de nitrógeno y fósforo.

1.4. RESUMEN DATOS DE PARTIDA

Población (hab)	4.500
Q_{máx} (m³/h)	108,92

Q_{medio}(m³/h)	28
DBO₅ entrada (mg/l)	245
SS entrada (mg/l)	147
DQO entrada (mg/l)	400

2. DIMENSIONAMIENTO DE UNIDADES DE DEPURACIÓN

2.1. CANAL DE ENTRADA

Las dimensiones del canal de entrada a la E.D.A.R. deben ser las suficientes para recibir el caudal máximo para el cual se diseña la instalación, en este caso, 0,0302 m³/s.

Los parámetros de diseño característicos para este tipo de canales que se deben tener en cuenta son ^[4]:

Pendiente del canal	0,5 %
Sección	Rectangular
Anchura	0,3- 0,7 m

Los pasos a seguir en el cálculo serán los siguientes:

- A. Se fija el ancho del canal entre 0,3 y 0,7 m. Para cada valor de ancho de canal, se dan distintos valores de altura de la lámina de agua y se calculan las características geométricas e hidráulicas del canal.
- B. Para hacer una selección de entre todos los resultados obtenidos, se deben hacer dos observaciones ^[6]:
 - La velocidad de paso del agua debe ser superior a 0,4 m/s.
 - La altura de la lámina de agua debe superar los 0,1 m.

En ambos casos se evitarían las deposiciones de grandes sólidos en el canal que podrían ocasionar problemas de atasco.

C. Por último, se selecciona la anchura de canal que mejor se ajuste a los requisitos anteriores.

Partiendo de los valores de ancho de canal y altura de la lámina de agua, la forma de calcular las características geométricas e hidráulicas del canal es la siguiente:

- Superficie (m^2) = Ancho (m) · Altura (m) Ecuación 5
- Perímetro mojado (m) = Ancho (m) + [2 · Altura (m)] Ecuación 6
- Radio hidráulico (m) = Superficie (m^2) / Perímetro mojado (m) Ecuación 7
- Velocidad de transporte. Se calcula mediante la Ecuación de Manning ^[1]:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

v: Velocidad de transporte del fluido (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

(Para el hormigón sin alisar: n = 0,014)

R_H: Radio hidráulico (m).

i: Pendiente del canal (m/m).

- Caudal transportado (m^3/s) = Velocidad (m/s) · Superficie (m^2) Ecuación 9

Siguiendo la secuencia de cálculo definida, y operando con Microsoft Excel, se obtienen los resultados recogidos en el Anexo II Resultados de cálculos realizados, del cual se ha sustraído la siguiente tabla resumen donde se reflejan las dimensiones de todos los posibles canales.

Tabla 8. Características del Canal de entrada para diferentes anchos de canal.

Ancho canal (m)	Altura (cm)	Superficie (m^2)	Perímetro (m)	R _H ^{2/3} (m)	V (m/s)	Q (m^3/s)
0,3	14	0,042	0,580	0,174	0,877	0,0369
0,4	10	0,040	0,600	0,164	0,830	0,0332
0,5	7,9	0,040	0,658	0,153	0,774	0,0306
0,6	7	0,042	0,740	0,148	0,746	0,0313
0,7	6,2	0,043	0,824	0,141	0,710	0,0308

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas sobre la velocidad de paso del agua y la altura de la lámina de ésta, se opta por un canal de 0,4 m de ancho.

En la práctica, se debe dejar una altura de resguardo del canal superior a 0,4 m ^[4], tomando finalmente un valor de 1m.

De igual modo, para el ancho seleccionado, se han calculado el nivel y la velocidad de las aguas a $Q_{\text{máx}}$, Q_{med} , y $Q_{\text{mín}}$. Estas características quedan reflejadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Características del Canal de entrada para $Q_{\text{máx}}$, Q_{med} y $Q_{\text{mín}}$.

Ancho canal (m)	Altura (cm)	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	$R_H^{2/3}$ (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	
0,4	9,4	0,038	0,588	0,159	0,806	0,0	$Q_{\text{máx}}$
0,4	3,9	0,016	0,478	0,102	0,516	0,008	Q_{med}
0,4	1,7	0,007	0,434	0,063	0,316	0,002	$Q_{\text{mín}}$

Las características finales del canal de entrada son:

Pendiente	0,5 %
Sección	Rectangular
Anchura del canal	0,4 m
Altura útil	0,10 m
Altura construida	1 m

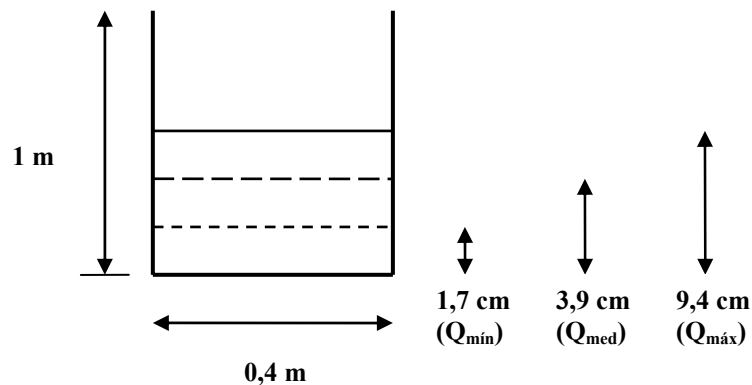


Figura 3. Características del canal de entrada

2.2. PRETRATAMIENTO

2.2.1. Desbaste

El desbaste se realizará mediante una reja de medios de limpieza automática. Se proyecta también la construcción de una línea de emergencia con desbaste manual de gruesos,

para que en caso de fallo del sistema de limpieza automática de la reja, no se produzcan inundaciones.

2.2.1.1. Canal de desbaste

El caudal de diseño adoptado para el canal de desbaste es el mismo que para el canal de entrada, es decir, el caudal máximo para el cual se diseña la instalación.

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo que en el apartado 2.1., se obtienen varias posibles secciones de canal (son los mismos que para el cálculo del canal de entrada), y se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10. Características del Canal de desbaste para diferentes anchos de canal.

Ancho canal (m)	Altura (cm)	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	$R_H^{2/3}$ (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0,3	14	0,042	0,580	0,174	0,877	0,0369
0,4	10	0,040	0,600	0,164	0,830	0,0332
0,5	7,9	0,040	0,658	0,153	0,774	0,0306
0,6	7	0,042	0,740	0,148	0,746	0,0313
0,7	6,2	0,043	0,824	0,141	0,710	0,0308

De todas las posibles anchuras de canal calculadas, y utilizando los mismos criterios que en el apartado 2.1, se selecciona 0,4 m. La altura construida será la misma que para el canal de entrada (1 m), ya que no aparecen en la bibliografía rejas normalizadas para valores inferiores a 1m.

Las características finales del canal de desbaste serán (Figura 3):

Pendiente	0,5 %
Sección	Rectangular
Anchura del canal	0,4 m
Altura útil	0,10 m
Altura construida	1 m

2.2.1.2. Reja de medios

Para el dimensionamiento de la reja fijamos los siguientes valores:

Anchura de barrotes ^[6]	a = 10 mm
Separación libre entre barrotes ^[6]	s = 20 mm
Anchura del canal	0,4 m
Pendiente del canal ^[4]	0,5 %
Caudal máximo, Q _{max}	0,0302 m ³ /s

El parámetro de control fundamental en la comprobación de rejas es la velocidad de paso del agua entre los barrotes.

Se recomiendan las siguientes velocidades de paso a caudal medio y caudal máximo ^[5]:

$$V_{\text{paso}} (Q_{\text{med}}) > 0,6 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{paso}} (Q_{\text{max}}) < 1,0 \text{ m/s (con limpieza a favor de corriente)}$$

$$V_{\text{paso}} (Q_{\text{max}}) < 1,2 \text{ m/s (con limpieza en contracorriente)}$$

En nuestro caso la limpieza se hará en contracorriente. Por tanto, para evitar un aumento de la velocidad de paso como consecuencia de la colocación de la reja de medios (con la consecuente reducción de la sección de paso) será necesario establecer un sobreelevación del canal en el punto de colocación de la reja.

La anchura de canal en la zona de rejas vendrá dada por la siguiente expresión ^[5]:

$$W = \frac{Q_{\text{max}}}{v \cdot D} \cdot \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{\text{rej}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

W: Ancho del canal de rejillas (m).

v: Velocidad de paso del agua en rejillas (m/s).

D: Nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m).

C_{rej}: Coeficiente de seguridad (m).

Siendo:

$$v = 0,8304 \text{ m/s.}$$

$$D = 0,10 \text{ m.}$$

$$C_{rej} = 0,2 \text{ m}^{[5]}$$

Sustituyendo valores en la *Ecuación 10*, se obtiene:

$$W = \frac{0,0302 \frac{m^3}{s}}{0,8304 \frac{m}{s} \cdot 0,10 \text{ m}} \cdot \left(\frac{0,01 + 0,02}{0,02} \right) + 0,2 = 0,75 \text{ m}$$

Según se observa en la bibliografía [4] no existen rejas para este ancho de canal, por lo que se opta por el inmediato superior que aparece en la tabla correspondiente, $W = 0,8 \text{ m}$.

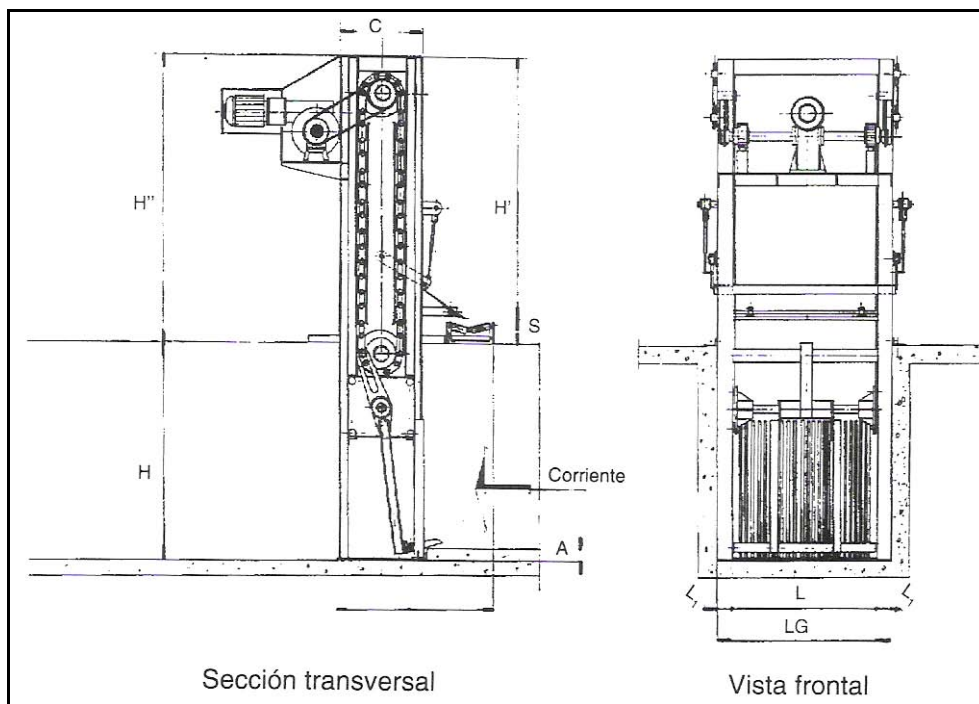


Figura 4. Reja vertical de limpieza en contracorriente

Tabla 11. Características de reja vertical de medios

ESPECIFICACIÓN		REF.	DIM.	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES
DIMENSIONES DEL CANAL	Ancho	L	m	0,8
	Altura	H	m	1,00
		L'	m	0,10
		C	m	0,60
		A	m	0,025
DIMENSIONES DE LA REJILLA	Ancho	Lg	m	0,98
	Altura	H	m	1,00
	Longitud	L	m	1,1/1,3
	Altura descarga	S	m	0,10
	Sobreelevación	H''	m	2,10
H'		m	2,00	
VELOCIDAD DE LA RASQUETA		---	m/min	5
POTENCIA		---	C.V.	1,5

La pérdida de carga se calcula como ^[5]:

$$\Delta h = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right) \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

Δh : Pérdida de carga (m).

K_1 : Coeficiente de atascamiento.

K_2 : Coeficiente de forma de la sección horizontal de los barrotes.

K_3 : Coeficiente de la sección de paso entre barrotes.

v: Velocidad de paso en el canal (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m^2/s).

A. Cálculo de K_1

Este factor se calcula mediante la expresión ^[5]:

$$K_1 = \left(\frac{100}{C} \right)^2 \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

C = Porcentaje de sección de paso que subsiste al atascamiento máximo tolerado.

El valor típico de porcentaje de atascamiento máximo tolerado es del 30 %. Con lo cual, el porcentaje de sección de paso será del 70 %.

Sustituyendo éste en la *Ecuación 12* nos queda:

$$K_1 = \left(\frac{100}{70} \right)^2 = 2,041$$

B. Cálculo de K_2

Este factor vendrá dado en función de la forma de la sección horizontal de los barrotes ^[5]:

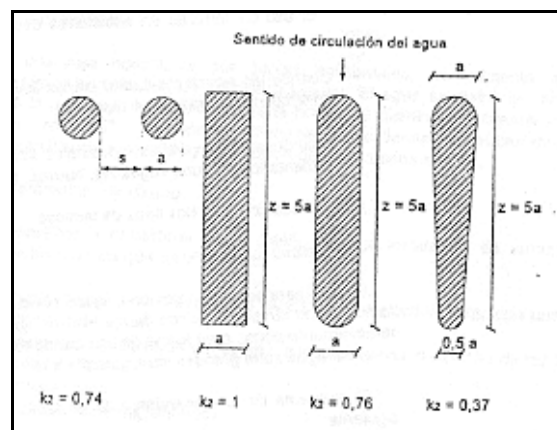


Figura 5. Coeficiente K_2

En nuestro caso, al ser las rejas pletinas rectangulares:

$$K_2 = 1$$

C. Cálculo de K_3

Para el cálculo de este factor, debemos apoyarnos en la Tabla 12 ^[5]:

Tabla 12. Valores del coeficiente K_3

$\frac{z}{4} \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right)$	$\left(\frac{s}{s+a} \right)$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,61	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

Previamente, se deben calcular las siguientes expresiones:

Variable 1	Variable 2
$\frac{z}{4} \cdot \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right)$	$\frac{s}{s+a}$

Donde:

z: Espesor de los barros

$$z = 5 \cdot a \quad \text{Ecuación 13}$$

$$z = 5 \cdot 10 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$$

h: Altura sumergida de los barros, vertical u oblicua (0,1 m)

Los valores que resultan para las variables son:

$$\text{Variable 1} = 1,375$$

$$\text{Variable 2} = 0,67$$

Interpolando en la Tabla 12 se obtiene K_3 :

$$K_3 = 0,843$$

Por lo que la pérdida de carga determinada a partir de la Ecuación 11 es:

$$\Delta h = 2,041 \cdot 1 \cdot 0,843 \cdot \frac{0,8304^2}{2 \cdot 9,8} \text{ m.}$$

$$\Delta h = 0,061 \text{ m.}$$

Para el cálculo del volumen de materias retenido en la reja, se puede recurrir a cifras basadas en la experiencia^[5], y para una separación entre barras de 20 mm, es de 5 a 10 l/hab·año. Tomando un valor intermedio de 7,5 l/hab·año, el volumen de materias retenido es:

$$4.500 \text{ hab} \cdot 7,5 \frac{\text{l}}{\text{hab} \cdot \text{año}} \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 92,5 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 0,0925 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Teniendo en cuenta que el volumen de un contenedor de basura es de 1,1 m³, y que debemos tener capacidad de almacenamiento para al menos 48 horas, ya que los domingos no se recoge la basura, el número de contenedores que hacen falta serán:

$$\text{Materia retenida en 2 días} = 2 \text{ días} \cdot 0,0925 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 0,185 \text{ m}^3 \rightarrow 1 \text{ contenedor}$$

2.2.1.3. Reja de gruesos

Esta reja tendrá una separación entre barrotes de 50 mm y el ancho de estos será de 25 mm.

La anchura del canal en la zona de rejillas vendrá dada por la *Ecuación 10* y en este caso, los valores a sustituir son:

$$Q_{\max} = 0,0302 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$v = 0,8304 \text{ m/s}.$$

$$D = 0,10 \text{ m}.$$

$$a = 0,025 \text{ m}.$$

$$s = 0,050 \text{ m}.$$

$$C_{\text{rej}} = 0,30 \text{ m} \text{ [5]}$$

Resultando un ancho de canal para la zona de la reja de:

$$W = 0,85 \text{ m}.$$

El número de barrotes vendrá dado por^[4]:

$$n = \frac{W-s}{a+s} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$n = \frac{850 - 50}{25 + 50} = 10 \text{ barrotes}$$

La pérdida de carga se establece, al igual que en el caso anterior, según la *Ecuación 11*.

Calculando de igual forma los coeficientes K_1 , K_2 y K_3 obtenemos los siguientes resultados:

$$K_1 = 2,041$$

$$K_2 = 1$$

$$K_3 = 0,58$$

Sustituyendo valores en la *Ecuación 11*, se obtiene una pérdida de carga de:

$$\Delta h = 0,042 \text{ m.}$$

En el caso de separación entre barras mayor de 40 mm, el valor del volumen de materia retenida oscila entre 2 y 3 l/hab·año^[5]. Para un valor intermedio de 2,5 l/hab·año, obtenemos:

$$4.500 \text{ hab} \cdot 2,5 \frac{\text{l}}{\text{hab} \cdot \text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 30,82 \frac{\text{l}}{\text{dia}}$$

Esta cantidad de residuos es despreciable, puesto que la reja de gruesos difícilmente entrará en funcionamiento (sólo lo hará en situaciones de emergencia).

2.2.2. Desarenado-Desengrasado

Se proyecta un equipo desarenador-desengrasador conjunto, consistente en un canal donde la velocidad debe ser tal, que bajo las condiciones más adversas posibles, la partícula de arena más ligera alcance el fondo del canal antes de llegar al extremo del mismo.

Dicha velocidad, permitirá la circulación a través de la unidad de la mayor parte de la materia orgánica y la puesta en suspensión de todas aquellas partículas orgánicas que hayan sedimentado, pero permite la sedimentación de la arena pesada.

2.2.2.1. Estructuración del cálculo del desarenador-desengrasador

A. Datos base

Caudal de entrada al desarenador	0,0302 m ³ /s
Diámetro de la arena que se quiere eliminar ^[6]	0,15 mm

Temperatura del agua ^[1]

15,5 °C

B. Determinación de las velocidades

- Velocidad horizontal crítica

Se define como el valor máximo de velocidad a partir del cual las partículas sedimentadas pueden volver a estar en suspensión y ser arrastradas por el efluente.

En la práctica, y con suficiente aproximación, se pueden tomar como base los datos siguientes ^[5]:

Tabla 13. Datos de sedimentación de partículas

D (mm)	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	1	2	3	5	10
V_S (cm/s)	0,2	0,7	2,3	4,4	5,6	7,2	15	27	35	47	74
V_S' (cm/s)	0	0,5	1,7	3	4	5	11	21	26	33	-
V_h (cm/s)	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

Donde:

D: Diámetro de la partícula de arena.

V_S: Velocidad de sedimentación, para un fluido de velocidad horizontal nula.

V_S' : Velocidad de sedimentación, para un fluido de velocidad horizontal V_h.

V_h: Velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

Interpolando en la tabla anterior para un diámetro de partícula de 15 mm, resulta:

$$V_h = 0,235 \text{ m/s}$$

Otra forma de calcular la velocidad horizontal sería mediante la ecuación de Bloodgood ^[5]:

$$V_h = \sqrt{230 \cdot (s - 1) \cdot d} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

V_h : Velocidad horizontal crítica (m/s).

s : Peso específico de la partícula (2,65 ^[1]).

d : Diámetro de partícula (m).

Sustituyendo valores en la *Ecuación 15*:

$$V_h = \sqrt{230 \cdot (2,65 - 1) \cdot 0,00015} = 0,24 \frac{m}{s}$$

Finalmente, se adopta un valor de: $V_h = 0,24$ m/s

- Velocidad de sedimentación

Dado que la velocidad horizontal crítica, en la práctica, dista mucho de la real, debido a los problemas de turbulencia que se producen a la entrada y a la salida del canal, en el proyecto de estas unidades, el procedimiento normal de diseño se debe basar en considerar una velocidad final de partícula V_s e intentar que queden eliminadas todas aquellas partículas cuya velocidad de caída final sea igual o superior a V_s .

Dicha velocidad de sedimentación se calculará por medio de la Ecuación de Stokes ^[1]:

$$V_s = \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2).

ρ_s : Densidad de la partícula sólida (Kg/m^3) ^[1].

ρ_l : Densidad del líquido, en este caso agua (Kg/m^3) ^[7].

d: Diámetro de partícula (m).

μ : Viscosidad dinámica del agua ($Kg/m \cdot s$) ^[7].

Sustituyendo valores:

$$V_s = \frac{9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (2650 - 998,875) \frac{kg}{m^3} \cdot (0,00015 m)^2}{18 \cdot (1,1444 \cdot 10^{-3}) \frac{Kg}{m \cdot s}} = 0,018 \frac{m}{s}$$

$$V_s = 0,018 \text{ m/s}$$

C. Consideraciones de diseño adoptadas

Las relaciones adimensionales y parámetros de diseño recomendados para el cálculo de este tipo de canales son:

$$\frac{L}{a} = 3 - 5 \quad [5]$$

$$\frac{h}{a} = 1 - 5 \quad [5]$$

$$t_0 = 45-90 \text{ s (óptimo 60 s)} \quad [6]$$

L, a, h: Longitud, ancho y altura del canal (m)

t_0 : Tiempo de sedimentación de las partículas en aguas en reposo; Tiempo preciso por una determinada partícula con velocidad de sedimentación V_s para sedimentar desde una altura h del tanque (s).

D. Cálculo del desarenador-desengrasador

En función de las relaciones adimensionales y parámetros expuestos en el apartado anterior, se desarrolla el cálculo de todos los posibles canales en base a todas las combinaciones que se pueden llegar a dar, según la siguiente metodología de cálculo.

Se define la superficie horizontal (S_H) y la sección transversal (S_T) del canal como:

$$\frac{Q}{V_s} = S_H = L \cdot a \quad \text{Ecuación 17}$$

$$\frac{Q}{V_H} = S_T = h \cdot a \quad \text{Ecuación 18}$$

A partir de la *Ecuación 17* se puede determinar el valor de la superficie horizontal del canal:

$$S_H = \frac{Q}{V_s} = \frac{0,0302 \frac{m^3}{s}}{0,018 \frac{m}{s}} = 1,68 m^2$$

De esta misma ecuación se puede despejar a de la siguiente forma:

$$a = \frac{S_H}{L} = \frac{S_H}{(3-5) \cdot a}$$

$$a^2 = \frac{S_H}{(3-5)}$$

$$a = \sqrt{\frac{S_H}{(3-5)}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Variando la relación L/a y conocido S_H , se obtienen posibles valores de anchura y longitud de canal utilizando la *Ecuación 17* y *19* respectivamente (Anexo II, Tabla 5).

Por otro lado, para cada valor de a obtenido y variando la relación h/a en el intervalo recomendado, se obtienen diferentes resultados para la altura del canal (Anexo II, Tablas 6-10).

Sucesivamente, se determinará t_0 y V_h de la forma que se detalla a continuación:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Despejando se obtiene:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}} = \frac{a \cdot L \cdot h}{V_S \cdot S_H} = \frac{a \cdot L \cdot h}{V_S \cdot a \cdot L} = \frac{h}{V_S}$$

$$t_0 = \frac{h}{V_S} \quad \text{Ecuación 20}$$

A partir de la *Ecuación 18* se define V_H como:

$$V_H = \frac{Q}{a \cdot h}$$

Una vez realizados los cálculos, se seleccionan las dimensiones del canal en función de los criterios expuestos en el apartado C.

Se debe prever cierta longitud adicional para tener en cuenta la turbulencia que se produce a la entrada y a la salida del canal.

La determinación de la longitud real del canal se hace con la ayuda de la constante de Kalbskopf^[5], teniendo en cuenta la granulometría de las partículas y la eficiencia deseada en el equipo, en este caso un 90%.

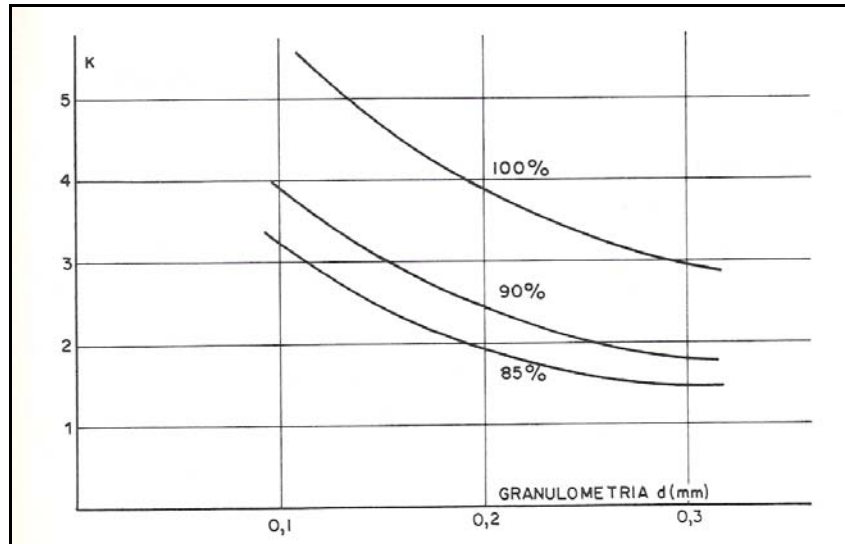


Figura 6. Constante K de Kalbskopf

A partir de la Figura 6 y para el diámetro de partícula seleccionado, resulta un valor de $K = 1,3$, por lo que la longitud real del desarenador se determina como^[5]:

$$L_{\text{real}} = K \cdot L_{\text{teórica}} \quad \text{Ecuación 21}$$

En la Tabla 14 se muestra un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 14. Posibles Desarenadores-Desengrasadores para Q_{max} .

L (m)	h/a	a (m)	h (m)	To (s)	Vh (m/s)	Lr (m)	V (m³)
2,250	1,5	0,75	1,125	62,50	0,036	2,925	2,468
2,415	1,5	0,69	1,035	57,50	0,042	3,140	2,242
2,600	1,5	0,65	0,975	54,17	0,048	3,380	2,142
2,745	2	0,61	1,220	67,78	0,041	3,569	2,656
2,900	2	0,58	1,160	64,44	0,045	3,770	2,536

Teniendo en cuenta las consideraciones de diseño del apartado C, se opta por el primer canal.

A efectos constructivos, las dimensiones finales adoptadas, extraídas de la Tabla 12 del Anexo II, serán:

Longitud de canal	3 m
Ancho de canal	0,75 m
Altura de canal	1 m

E. Comprobaciones

Se deben comprobar las relaciones adimensionales y parámetros considerados en el cálculo:

	Valores recomendados	Resultados obtenidos
L/a	3-5	4
h/a	1-5	1,33
t₀ (s)	45-90 (óptimo 60)	74,5

2.2.2.2. Cantidad de arena retirada

La cantidad de arena retenida en este equipo, se obtendrá en función de la cantidad de sólidos en suspensión totales de entrada, siendo esta cantidad el 5 % de dichos sólidos. También hay que tener en cuenta la eficiencia del equipo a la hora de eliminar las arenas, siendo en este caso la eficiencia supuesta de un 90 % ^[5], con lo cual:

$$SST \text{ entrada} = 0,0302 \frac{m^3}{s} \cdot 147 \frac{mg}{l} \cdot \frac{1Kg}{10^6 mg} \cdot \frac{86400 s}{1 \text{ día}} \cdot \frac{10^3 l}{1 m^3} = 383,6 \frac{Kg}{d}$$

$$Arena \text{ retirada} = 383,6 \frac{Kg}{d} \cdot \frac{5}{100} = 19,18 \frac{Kg}{d} \cdot \frac{90}{100} = 17,26 \frac{Kg}{d}$$

El número de contenedores necesarios para almacenar las arenas retiradas en 2 días es de un contenedor de 1,1 m³, como los de desbaste.

2.2.2.3. Reducción de la materia orgánica

Se prevé la reducción de la materia orgánica en un 2,5 %. Midiendo esta reducción en función de la DBO₅ inicial tenemos:

$$DBO_5 \text{ entrada} = 0,0302 \frac{m^3}{s} \cdot 245 \frac{mg}{l} \cdot \frac{1Kg}{10^6 mg} \cdot \frac{86400 s}{1 \text{ día}} \cdot \frac{10^3 l}{1 m^3} = 639,27 \frac{Kg}{d}$$

$$DBO_5 \text{ reducida} = 639,27 \frac{Kg}{d} \cdot \frac{2,5}{100} = 15,98 \frac{Kg}{d}$$

$$DBO_5 \text{ salida} = 639,27 - 15,98 = 623,29 \frac{Kg}{d}$$

2.2.2.4. Balance de materia

Tabla 15. Balance de materia al canal desarenador

Q _{máx} =108,72 m ³ /h	Reducción (%)	Entrada		Salida	
		kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹	kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹
DBO ₅	2,5	26,64	245	25,97	238,9
SS	5	15,98	147	15,26	140,38
DQO	2,5	43,49	400	42,40	390

2.3. LAGUNAS ANAEROBIAS

El diseño de lagunas anaerobias se lleva a cabo mediante procedimientos empíricos. Existe una gran variedad de ellos, lo que constituye un reflejo de las múltiples condiciones en las que éstos han sido deducidos (distintos tipos de alimentación, situación geográfica, condiciones climáticas, etc).

Hasta el momento, no ha habido acuerdo en lo referente a un diseño común para este tipo de lagunas. La dispersión encontrada en los datos relativos al funcionamiento, rango de criterios y recomendaciones es muy grande.

2.3.1. Parámetros de diseño

Todos los procedimientos de diseño disponibles en la bibliografía adoptan, como base, los siguientes parámetros:

- Carga volumétrica, kg DBO₅/m³·día.
- Tiempo de retención hidráulico, días.
- Profundidad de la laguna, m.
- Carga hidráulica, kg DBO₅/m³·día.

De todos ellos, los parámetros más adecuados para lagunas anaerobias son la carga volumétrica y el tiempo de retención hidráulico, ya que la depuración en medio anaerobio es independiente de los fenómenos de superficie (reaireación, fotosíntesis) que desempeñan un papel primordial en las lagunas facultativas y de maduración.

A pesar de esto, algunos autores sugieren datos de carga superficial (kg DBO₅/Ha·día) para mantener la laguna en condiciones anaerobias, que aunque son muy diferentes los unos de los otros, también se hará referencia aunque no se considerará parámetro de diseño.

2.3.2. Criterio de diseño

El criterio de diseño más relevante para la construcción de lagunas de estabilización anaerobias es el “*Criterio del Banco Mundial*” [8].

Teniendo siempre presente que este criterio es aproximado, en la siguiente tabla se recogen los valores de los parámetros de diseño que adopta.

Tabla 16. Parámetros de diseño adoptados por el Banco Mundial

	C_v (kgDBO ₅ /m ³ ·día)	Tiempo retención (días)	C_s (kgDBO ₅ /Ha·día)	Profundidad (m)
Banco Mundial	0,1-0,4	2-5	4.000-16.000	2,5-5

Respecto a la carga volumétrica, se debe tener en cuenta que los valores alrededor de 0,1 deben ser utilizados en zonas donde la estación fría es prolongada y alrededor de 0,4 donde hay unos valores anuales de temperaturas templados (27-30°C) [4].

Los valores de carga superficial sugeridos en la bibliografía son [9].

Tabla 17. Valores de carga superficial

Autor	C_s (kg DBO₅/Ha·día)
Eckenfelder (1.970)	280 - 4.500
Yáñez (1980)	1.000 - 4.500
EPA (Agenc. Protección Medio Ambiente de E.E.U.U.)	220 - 1.100

2.3.3. Métodos de diseño

Además del criterio de diseño mencionado anteriormente, se han desarrollado relaciones empíricas recogidas en dos métodos: “Método de Vincent o Sudafricano” y “Método Israelí”.

De la comparación entre ambos métodos, se deduce que el primero es más flexible, aunque más difícil de aplicar que el segundo, ya que los valores obtenidos en Sudáfrica no parecen ser extrapolables a otras zonas geográficas y por ello, resulta más adecuado el empleo del método israelí, fijando una carga ≤ 125 gDBO₅/m³·día.

El Método Israelí nos dice que una vez seleccionada la carga de diseño, se elige la profundidad de la laguna, teniendo en cuenta las condiciones del lugar, y el área se determina a partir de la siguiente ecuación ^[8]:

$$A = \frac{L_i \cdot Q}{\lambda_v \cdot D} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

L_i : DBO₅ del influente (mg/l).

Q: Caudal (m³/día).

λ_v : Carga volumétrica máxima admitida (≤ 125 g DBO₅/m³· día).

D: Profundidad de operación (líquido) de la laguna (m).

2.3.4. Dimensionamiento de las lagunas

El área superficial de las lagunas se determina a partir de la *Ecuación 22*, adoptando como parámetros de diseño:

$$\lambda_v = 115 \text{ g DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día}^{[8]}$$

$$D = 4 \text{ m}^{[4]}$$

$$Q = Q_{\text{med}} = 672 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$L_i = 238,9 \text{ mg/l}$$

$$\text{Área} = \frac{238,9 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot 672 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{115 \frac{\text{g DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{día}} \cdot 4 \text{ m}} = 349 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = A \cdot D = 349 \cdot 4 = 1396 \text{ m}^3$$

Adoptando dos lagunas anaerobias:

$$A_{\text{unitaria}} = 174,5 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{unitario}} = 698 \text{ m}^3$$

Para una relación largo-ancho de 3:1^[11] resulta:

$$\text{Ancho} = 7,63 \text{ m} \cong 8 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 22,88 \text{ m} \cong 23 \text{ m}$$

Y el nuevo valor para el área superficial son 184 m².

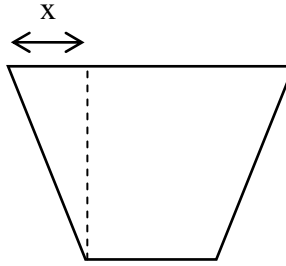
El área del fondo de las lagunas dependerá de la forma que éstas adopten. En este caso, el volumen de un tronco de pirámide, cuyas bases son paralelas y tienen superficies A_s y A_f , y cuya altura es h , se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$V = \left[A_s + A_f + \sqrt{A_s \cdot A_f} \right] \cdot \frac{h}{3} \quad \text{Ecuación 23}$$

Sustituyendo en la *Ecuación 23* y despejando A_f , resulta un valor de:

$$A_f = 165,17 \text{ m}^2$$

Para determinar las dimensiones del fondo:



$$A_f = L_f \cdot a_f \quad \text{Ecuación 24}$$

Siendo:

$$L_f = L_s - 2 \cdot x \quad \text{Ecuación 25}$$

$$a_f = a_s - 2 \cdot x \quad \text{Ecuación 26}$$

L_f , a_f : Longitud y ancho del fondo respectivamente (m).

L_s , a_s : Longitud y ancho de la superficie respectivamente (m).

Sustituyendo en la *Ecuación 24*:

$$A_f = L_f \cdot a_f = (L_s - 2 \cdot x) \cdot (a_s - 2 \cdot x)$$

$$165,17 = (L_s - 2 \cdot x) \cdot (a_s - 2 \cdot x) = (23 - 2 \cdot x) \cdot (8 - 2 \cdot x)$$

$$x = 0,309 \text{ m}$$

A partir de las Ecuaciones 25 y 26:

$$L_f = 22,38 \text{ m} \cong 22,5 \text{ m}$$

$$a_f = 7,38 \text{ m} \cong 7,5 \text{ m}$$

Nueva A_f : $168,75 \text{ m}^2$

El nuevo volumen unitario de las lagunas es de $705,28 \text{ m}^3$.

Se comprueba que con las nuevas dimensiones calculadas se cumplen los parámetros de diseño establecidos en el apartado 2.3.2:

$$\lambda_{\text{volumétrica}} = \frac{L_i \cdot Q}{V} = \frac{238,9 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot 672 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{2 \cdot 705,28 \text{ m}^3} \cdot 10^{-3} = 0,114 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{día}$$

(Correcto, según Tabla 16)

$$t_r = \frac{V}{Q} = \frac{2 \cdot 705,28 \text{ m}^3}{672 \text{ m}^3 / \text{día}} = 2,01 \text{ días} \quad (2 \leq 2,01 \leq 5 \text{ días})$$

(Correcto, según Tabla 16)

$$\lambda_{\text{superficial}} = \frac{L_i \cdot Q}{A} = \frac{238,9 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot 672 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{2 \cdot 184 \text{ m}^2} \cdot 10 = 4.362,5 \text{ kg} / \text{Ha} \cdot \text{día}$$

(El valor obtenido cumple con el criterio del Banco Mundial (Tabla 16) y además, se encuentra dentro del intervalo recomendado por Eckenfelder y Yáñez, según la Tabla 17).

Las dimensiones de la laguna se consideran correctas.

2.3.5 Balance de materia

Aplicando una reducción del 50% de la DBO₅, 50% de DQO y 70% de los Sólidos en Suspensión ^[9], el balance en las lagunas quedaría:

Tabla 18. Balance de materia en las lagunas

Q _{med} = 28 m ³ /h	Reducción (%)	Entrada		Salida	
		kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹	kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹
DBO₅	50	6,69	238,9	3,34	119,45
SST	70	3,93	140,38	1,18	42,11
DQO	50	10,92	390	5,46	195

2.4. LECHO BACTERIANO

Los datos de dimensionado del tratamiento biológico serán:

Q _{med} (m ³ /h)	28
--------------------------------------	----

Q_{máx} (m³/h)	108,92
KgDBO₅/día (a Q_{med})	80,27
KgSST/día (a Q_{med})	28,3
KgDQO/día (a Q_{med})	131,04

2.4.1. Parámetros de diseño

Los lechos bacterianos de material pétreo se dimensionan para mantener los valores de los parámetros de diseño que se recogen en la Tabla 19 ^[5].

Tabla 19. Valores de diseño recomendados

Características		Baja carga	Media carga	Alta carga
Carga hidráulica (m ³ /m ² ·h)		0,02-0,13	0,04-0,41	0,35-1,55
Carga volúmica (kg DBO ₅ /m ³ ·día)		0,08-0,4	0,3-0,7	0,4-1,8
Profundidad útil (m)	Una etapa	1,8-3,0	1,5-2,5	0,9-2,4
	Varias etapas		0,75-1,2	0,5-1,2

2.4.2. Dimensionamiento del lecho bacteriano

Lo primero que se debe determinar es si será suficiente colocar un único lecho bacteriano o bien será necesario colocar dos unidades en serie.

Partimos de la hipótesis de lecho en etapa única.

A. Eficiencia requerida

El rendimiento del proceso biológico debe ser:

$$E = \frac{(mg\ DBO_5 / l)_{entrada} - (mg\ DBO_5 / l)_{salida}}{(mg\ DBO_5 / l)_{entrada}} \times 100 \quad \text{Ecuación 27}$$

$$E = \frac{119,45 - 25}{119,45} \times 100 = 79,1$$

B. Cálculo del factor de recirculación

Se define como coeficiente de recirculación al cociente:

$$r = \frac{Q_r}{Q} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

r: coeficiente de recirculación.

Q: Caudal de agua residual entrado en la planta.

Q_r: Caudal recirculado.

En función de la concentración de DBO₅ a la salida del sistema de lagunas anaerobias, establecemos una relación de recirculación 1:1^[5], es decir, el coeficiente de recirculación será:

$$r = \frac{Q_r}{Q} = \frac{1 \cdot Q}{Q} = 1$$

Se denomina factor de recirculación al número de veces que la materia orgánica pasa por el lecho. Este factor viene dado por:

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,1 \cdot r)^2} \quad \text{Ecuación 29}$$

Para: r=1 → F = 1,65

C. Cálculo del volumen del lecho

Para determinar el volumen del lecho bacteriano utilizamos la fórmula del rendimiento dada por el Nacional Research Council (NRC). Es una expresión empírica obtenida del estudio del comportamiento de plantas reales, dado que la irregular naturaleza de las piedras, cantos rodados y escorias empleados en la construcción de este tipo de lechos, hace difícil obtener expresiones teóricas que se ajusten a la realidad del funcionamiento de este tipo de instalaciones.

Para un filtro de material pétreo de un proceso que conste de un solo filtro, la ecuación es la siguiente:

$$E = \frac{100}{1 + 0,4425 \cdot \sqrt{\frac{W}{V \cdot F}}} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

E: Rendimiento de eliminación de la DBO₅ a la temperatura de 20°C, incluyendo los efectos de la recirculación y la sedimentación (porcentaje).

W: Carga de DBO₅ aplicada al filtro (kg/día).

V: Volumen del medio filtrante (m³).

F: Factor de recirculación.

Despejando V y sustituyendo valores:

$$V = \frac{W}{F \cdot \left(\frac{100 - E}{0,4425 \cdot E} \right)^2} = \frac{80,27}{1,65 \cdot \left(\frac{100 - 79,1}{0,4425 \cdot 79,1} \right)^2} = 136,45 \text{ m}^3$$

No se trata de un volumen excesivo, por lo que se da por válida la hipótesis inicial y la planta contará con un único lecho bacteriano.

D. Dimensiones del lecho bacteriano

La determinación de la superficie del lecho dependerá de la carga hidráulica aplicada.

Seleccionamos una carga hidráulica para un lecho de alta carga:

$$C_H = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Se deduce la superficie necesaria:

$$C_H = \frac{\text{Caudal aplicado}}{\text{Superficie lecho}} = \frac{Q + Q_r}{A} \quad \text{Ecuación 31}$$

$$A = \frac{28 + 1 \cdot 28}{0,95} = 58,95 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 4,33 \text{ m}$$

Radio adoptado: 5 m

Nueva Área: $A = \pi \cdot r^2 = 78,54 \text{ m}^2$

Altura del lecho:

$$h = \frac{V}{A} = \frac{136,45}{78,54} = 1,74 \cong 1,75 \text{ m}$$

Nuevo Volumen: $V = 137,45 \text{ m}^3$ (la diferencia es mínima y no afecta a la eficiencia y el valor de eficiencia obtenido por la *Ecuación 30* es 0,791).

E. Comprobaciones

Sustituyendo en la *Ecuación 31*, la carga hidráulica resulta:

$$C_H = \frac{56 \text{ m}^3 / \text{h}}{78,54 \text{ m}^2} = 0,713 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Y la carga volumétrica:

$$C_v = \frac{W}{V} = \frac{80,27 \text{ kg} / \text{día}}{137,45 \text{ m}^3} = 0,584 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{día}$$

Los resultados obtenidos se comparan con los valores recomendados ^[5] en la Tabla 20.

Tabla 20. Comparación de los resultados obtenidos con los recomendados

Características		Valores recomendados	Resultados obtenidos
Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)		0,35-1,55	0,713
Carga volúmica ($\text{kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día}$)		0,4-1,8	0,584
Profundidad útil (m)	Una etapa	0,9-2,4	1,75

El dimensionamiento del lecho bacteriano se considera válido.

Sus características quedan reflejadas en el perfil que se incluye en la Figura 7 y en el cuadro de dimensiones correspondientes.

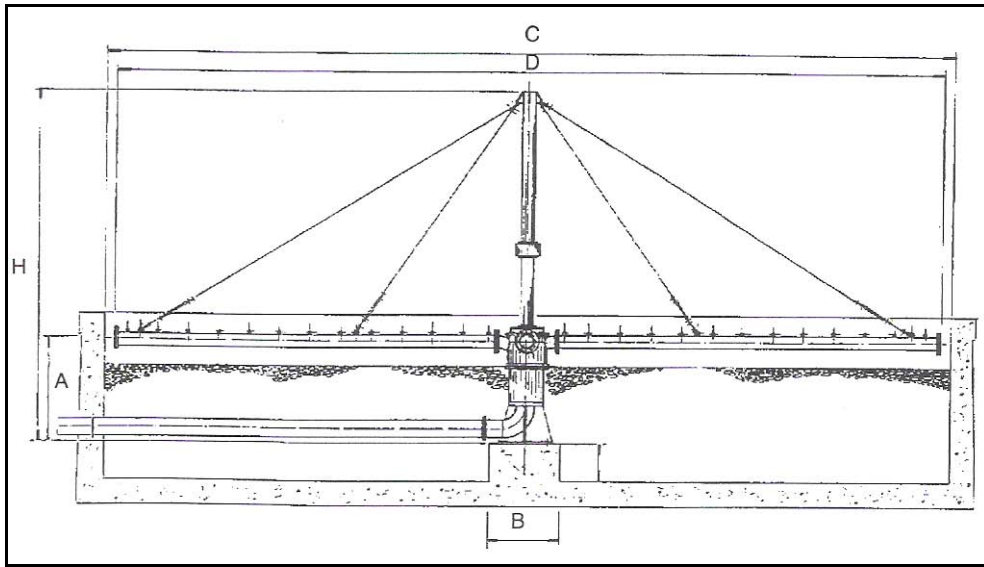


Figura 7. Lecho bacteriano

ESPECIFICACIÓN	REF.	UD	DIMENSIONES
DIMENSIONES DEL TANQUE	C	m	10
	A	m	1,75
	B	m	0,6
DIMENSIONES DEL DISTRIBUIDOR DE AGUA	D	m	9,80
	H	m	4
	Nº de brazos		3
VELOCIDAD DE GIRO		m/min	2,5-3,0
MÍNIMA ALTURA HIDROSTÁTICA		m	1.200

F. Producción de fangos

La producción de fangos en el lecho bacteriano se determina a partir de los kg de DBO_5 eliminados:

$$80,27 \frac{kg DBO_5}{día} \cdot 0,791 = 63,49 \frac{kg DBO_5}{día}$$

Adoptando una producción de 0,75 kg de SS por kg de DBO₅ eliminada ^[5]:

$$P_x = 0,75 \cdot 63,49 = 47,62 \text{ kgSS/día} = 1,98 \text{ kg SS/h}$$

2.4.3. Balance de materia

Tabla 21. Balance de materia al lecho bacteriano

Q _{med} = 28 m ³ /h	Reducción (%)	Entrada		Salida	
		kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹	kg·h ⁻¹	mg·l ⁻¹
DBO ₅	79,1	3,34	119,45	0,7	24,96 ≅ 25
SS	-	1,18	42,11	3,16	112,98
DQO	70	5,46	195	1,64	58,5

2.5 DECANTACIÓN SECUNDARIA

2.5.1. Parámetros de diseño

Las recomendaciones sobre parámetros en decantación, después de un proceso de lechos bacterianos vienen dadas en la Tabla 22.

Tabla 22. Valores de diseño recomendados para decantadores secundarios en un proceso de lechos bacterianos

Parámetros	Valores recomendados	
	Q _{med}	Q _{máx}
Velocidad ascensional (m ³ /m ² ·h)	0,7 - 1,0	1,5 - 2,0
Carga de sólidos (kg/m ² ·h)	2,9 - 4,9	≤ 7,8
Tiempo de retención (h)	2,5	1,5
Carga sobre vertedero (m ³ /h·m)	≤ 8,5	≤ 15

En cuanto a la altura recta sobre vertedero (profundidad del agua medida en los muros perimetrales en los decantadores circulares), la E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) recomienda los siguientes valores:

$$3,0 \leq h \leq 3,6 \text{ m}$$

2.5.2. Ecuaciones necesarias para el cálculo

Las expresiones de cálculo del decantador secundario son:

$$V_{asc} = \frac{Q}{S} \quad \text{Ecuación 32}$$

donde “ V_{asc} ” es la velocidad ascensional, “ Q ” es el caudal aplicado y “ S ” es la superficie del decantador.

$$t_r = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 33}$$

donde “ t_r ” es el tiempo de residencia, “ V ” es el volumen y “ Q ” el caudal.

$$C_{ss} = \frac{C_s}{S} \quad \text{Ecuación 34}$$

donde “ C_{ss} ” es la carga de sólidos, “ C_s ” es el caudal másico de entrada de sólidos y “ S ” la superficie.

$$C_{vert} = \frac{Q}{L_{vert}} \quad \text{Ecuación 35}$$

donde “ C_{vert} ” es la carga sobre vertedero, “ Q ” es el caudal y “ L_{vert} ” es la longitud de vertedero.

$$h = \frac{V}{S} \quad \text{Ecuación 36}$$

donde “ h ” es la altura recta sobre vertedero, “ V ” es el volumen y “ S ” la superficie.

$$S = \pi \cdot r^2 \quad \text{Ecuación 37}$$

donde “ S ” es la superficie y “ r ” el radio del decantador.

2.5.3. Dimensionamiento del decantador

2.5.3.1. Cálculo de la superficie

Se calcula la superficie del decantador para Q_{med} y $Q_{m\acute{a}x}$ usando los valores de velocidad ascensional y carga de sólidos seleccionados de la Tabla 22.

$$\text{A } Q_{m\acute{a}x}: \quad A_{(Q_{m\acute{a}x})} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v_{asc(Q_{m\acute{a}x})}} = \frac{108,92 \frac{m^3}{h}}{1,8 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 60,51 m^2$$

$$A_{(Q_{m\acute{a}x})} = \frac{C_s}{C_{ss}} = \frac{12,305 \frac{kg}{h}}{6 \frac{kg}{m^2 \cdot h}} = 2,05 m^2$$

$$\text{A } Q_{med}: \quad A_{(Q_{med})} = \frac{Q_{med}}{v_{asc(Q_{med})}} = \frac{28 \frac{m^3}{h}}{0,8 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 35 m^2$$

$$A_{(Q_{med})} = \frac{C_s}{C_{ss}} = \frac{3,163 \frac{kg}{h}}{3,5 \frac{kg}{m^2 \cdot h}} = 0,904 m^2$$

Se adopta la solución más desfavorable (mayor superficie).

La planta contará con una unidad circular de decantación, de radio:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{60,51}{\pi}} = 4,39 m \cong 4,5 m$$

$$Sup.real = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 4,5^2 = 63,62 m$$

2.5.3.2. Cálculo del volumen

El volumen teórico del decantador se calcula usando los valores de tiempo de residencia seleccionados de la Tabla 22, según la *Ecuación 33*:

$$\text{A } Q_{\text{máx}}: \quad V_{(Q_{\text{máx}})} = t_{r(Q_{\text{máx}})} \cdot Q_{\text{máx}} = 1,5 \cdot 108,92 = 163,38 \text{ m}^3$$

$$\text{A } Q_{\text{med}}: \quad V_{(Q_{\text{med}})} = t_{r(Q_{\text{med}})} \cdot Q_{\text{med}} = 2,5 \cdot 28 = 70 \text{ m}^3$$

Es decir, el volumen de decantación debe ser mayor o igual a $163,38 \text{ m}^3$. Conocidos volumen y área, calculamos la altura recta sobre vertedero (*Ecuación 36*):

$$h = \frac{V}{\text{Sup.real}} = \frac{163,38}{63,62} = 2,57 \text{ m}$$

Como este valor es menor al mínimo recomendado, fijamos una altura de 3 m, y por lo tanto el volumen real será:

$$V_{\text{real}} = 3 \cdot 63,62 = 190,86 \text{ m}^3$$

Recalculamos la velocidad ascensional (*Ecuación 32*), ya que al aumentar la superficie, los valores han variado:

$$V_{\text{asc}}(Q_{\text{máx}}) = \frac{108,92}{63,62} = 1,71 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)}$$

$$V_{\text{asc}}(Q_{\text{med}}) = \frac{28}{63,62} = 0,44 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)}$$

Los valores obtenidos están por debajo de los máximos recomendados, por lo que se consideran correctos.

Comprobación de la carga de sólidos (*Ecuación 34*):

$$C_{ss}(Q_{\text{máx}}) = \frac{12,305 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{63,62 \text{ m}^2} = 0,193 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \leq 7,8 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (Tabla 22)}$$

$$C_{ss}(Q_{\text{med}}) = \frac{3,163 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{63,62 \text{ m}^2} = 0,05 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \leq 4,9 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (Tabla 22)}$$

2.5.3.3. Zona de entrada

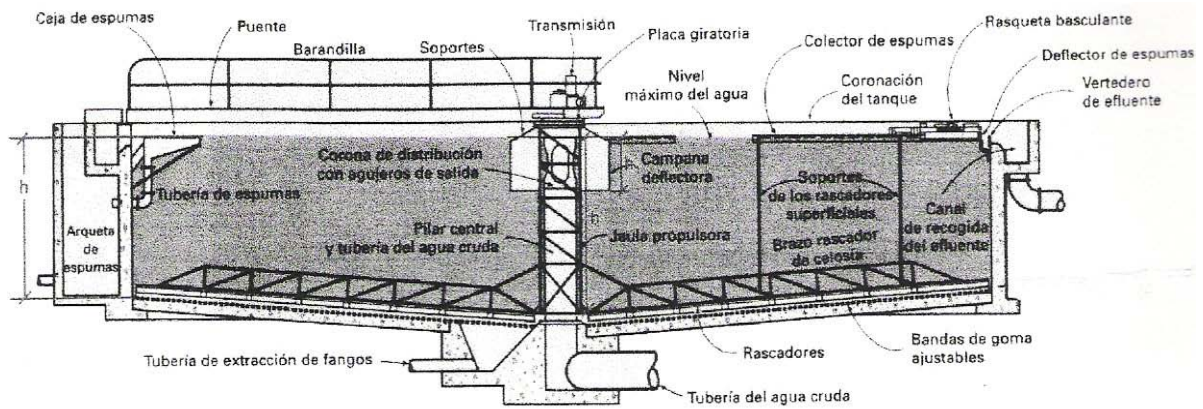


Figura 8. Decantador secundario circular

- **Altura en la zona de reparto, h'**

La altura de la zona de reparto, considerando una pendiente en la base del tanque del 3%^[5] y siendo h la altura del decantador, es:

$$h' = h + 0,03 \cdot r \quad \text{Ecuación 38}$$

Sustituyendo:

$$h' = 3 + 0,03 \cdot 4,5 = 3,13 \text{ m}$$

- **Altura sumergida en chapa deflectora, h_1**

Adoptando una relación de alturas $h_1/h' = 0,4$ ^[5], la altura sumergida en la chapa es:

$$h_1 = 3,13 \cdot 0,4 = 1,25 \text{ m}$$

- **Diámetro de chapa deflectora, \varnothing_1**

El diámetro de la chapa deflectora, adoptando una relación de diámetros $\varnothing_1/\varnothing = 0,15$ ^[5], y siendo \varnothing el diámetro del tanque, es:

$$\varnothing_1 = 0,15 \cdot \varnothing = 0,15 \cdot 9 = 1,35 \text{ m}$$

2.5.3.4. Vertedero de salida

- **Longitud del vertedero de salida**

Esta longitud vendrá dada por la relación:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r \quad \text{Ecuación 39}$$

Obtenemos sustituyendo valores que:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot 4,5 = 28,27 \text{ m}$$

- **Carga sobre vertedero**

$$\text{A } Q_{\text{máx}}: C_{\text{vert}} = \frac{108,92}{28,27} = 3,79 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h} < 15 \quad (\text{valor máximo recomendado})$$

$$\text{A } Q_{\text{med}}: C_{\text{vert}} = \frac{28}{28,27} = 0,99 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h} < 8,5 \quad (\text{valor máximo recomendado})$$

2.5.4. Balance de materia

Tabla 23. Balance de materia al decantador

$Q_{\text{med}} = 28 \text{ m}^3/\text{h}$	Reducción (%)	Entrada		Salida	
		$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
DBO₅	-	0,7	24,96 \cong 25	0,7	25
SS	60,46	3,16	112,98	0,98	35
DQO	-	1,64	58,5	1,64	58,5

3. REITERACIÓN DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEFINITIVO DE LAS UNIDADES

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA

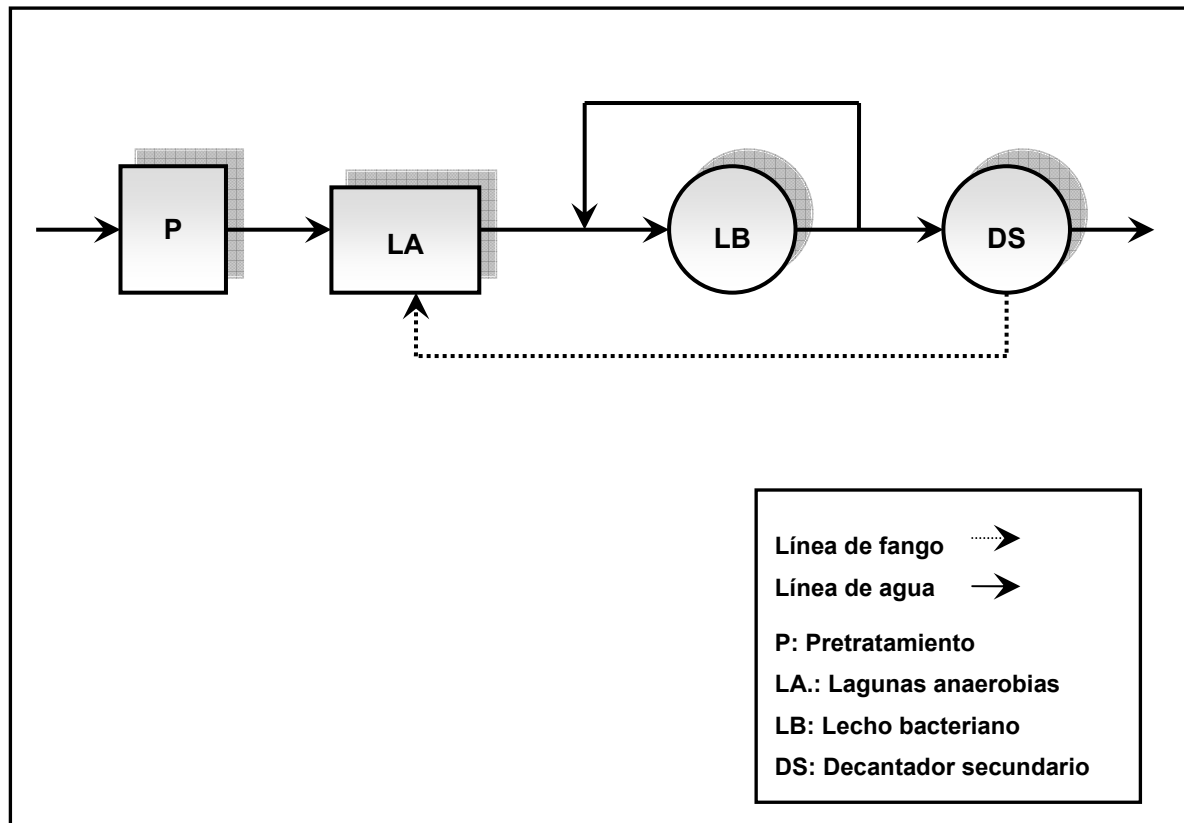


Figura 9. Diagrama de flujo de la planta

En el diagrama de flujo podemos observar que una parte del licor que sale del lecho bacteriano, se mezcla con el efluente de las lagunas anaerobias.

Los fangos del decantador secundario se envían a las lagunas anaerobias, lo que supondrá un volumen adicional que deberá ser calculado.

Normalmente, se considera como caudal de la corriente de recirculación de fango, Q_f , a [10].

$$Q_f = 2 \text{ a } 3 \% \text{ de } Q_{med}$$

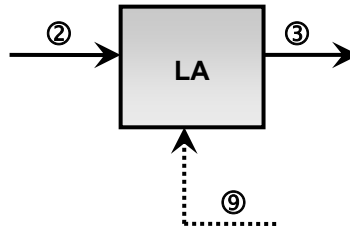
Si consideramos un valor intermedio de 2,5 %, resulta:

$$Q_f = 0,025 \cdot 28 = 0,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2. BALANCES DE MATERIA DEL PROCESO

3.2.1. Lagunas anaerobias

Partiendo de que tanto el efluente del decantador como la corriente de recirculación de fangos tendrán una concentración de 25 mg DBO₅/l, tenemos:



Línea de flujo	Caudal (m ³ /h)	DBO ₅		S.Suspensión	
		(mg/l)	(kg/h)	(mg/l)	(kg/h)
②	28	238,9	6,69	140,38	3,93
③	28,7	C ₁	C	B ₁	B
⑨	0,7	25	0,02	A ₁	A

- Balance de DBO₅

$$\left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de materia} \\ \text{acumulada en el} \\ \text{volumen de control} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de materia} \\ \text{que entra al volumen} \\ \text{de control} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de materia} \\ \text{que sale del volumen} \\ \text{de control} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad neta de} \\ \text{materia generada en} \\ \text{el volumen de control} \end{array} \right)$$

$$(A) = (E) - (S) + (G) - (C) \quad \text{Ecuación 40}$$

Suponiendo que se alcanza el estado estacionario en el proceso continuo, el término de acumulación es nulo. Si además, no se produce generación de DBO₅, el balance quedaría:

$$(E) = (S) + (C)$$

$$6,69 \text{ kg/h} + 0,02 \text{ kg/h} = C \text{ kg/h} + 0,5 \cdot 6,71 \text{ kg/h}$$

$$C = 3,35 \text{ kg/h}$$

$$C_1 = 116,72 \text{ mg/l}$$

• **Balance SS**

En este caso, la cantidad neta de SS generados en el volumen de control es nulo y el balance a partir de la *Ecuación 40* resulta:

$$(A) = (E) - (S)$$

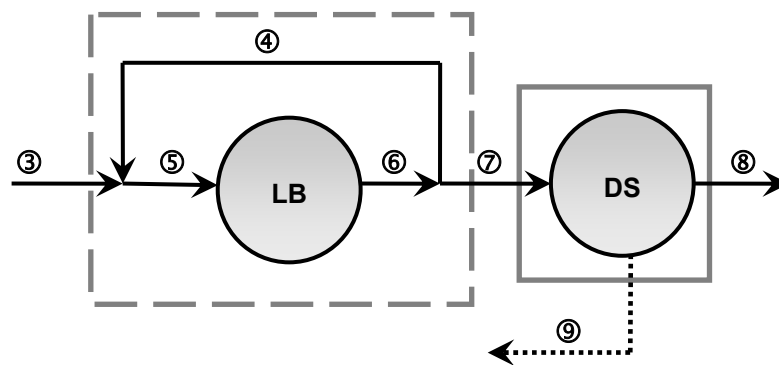
Suponiendo un 90% ^[6] de captación de los sólidos de los fangos en la laguna:

$$(A) = 3,93 \text{ kg/h} + A \text{ kg/h} - B \text{ kg/h} \quad \text{Ecuación 41}$$

$$B \text{ kg/h} = [0,3 \cdot 3,93 \text{ kg/h} + 0,1 \cdot A \text{ kg/h}] \quad \text{Ecuación 42}$$

$$(A) = 3,93 \text{ kg/h} + A \text{ kg/h} - [0,3 \cdot 3,93 \text{ kg/h} + 0,1 \cdot A \text{ kg/h}]$$

3.2.2. Tratamiento biológico y decantación secundaria



Línea de flujo	Caudal (m ³ /h)	DBO ₅		S.Suspensión	
		(mg/l)	(kg/h)	(mg/l)	(kg/h)
③	28,7	116,72	3,35	B ₁	B
④	Q ₄	25	G	H ₁	H
⑤	Q ₅	E ₁	E	F ₁	F
⑥	Q ₆	25	I	J ₁	J
⑦	28,7	25	0,72	D ₁	D
⑧	28	25	0,7	35	0,98
⑨	0,7	25	0,02	A ₁	A

Manteniendo la eficacia calculada para el lecho bacteriano por la *Ecuación 27*, y sustituyendo los correspondientes valores en la *Ecuación 30*, se determina el nuevo valor del factor de recirculación:

$$\frac{100}{79,1} = 1 + 0,4425 \cdot \sqrt{\frac{80,4}{F \cdot 137,45}}$$

$$F = 1,64$$

Y sustituyendo en la *Ecuación 29*, la relación de recirculación resulta:

$$1,64 = \frac{1 + r}{(1 + 0,1 \cdot r)^2}$$

$$r = 0,976 \xrightarrow{\text{Ecuación 23}} Q_r = Q_4 = 0,976 \cdot 28 = 27,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Balance de DBO₅ en el punto de mezcla y en el punto de bifurcación**

Para el punto de mezcla:

$$(E) = (S)$$

$$116,72 \text{ mg/l} \cdot 28,7 \text{ m}^3/\text{h} + 25 \text{ mg/l} \cdot 27,32 \text{ m}^3/\text{h} = E_1 \text{ mg/l} \cdot Q_5 \text{ m}^3/\text{h} = E_1 \text{ mg/l} \cdot (Q_3 + Q_4) \text{ m}^3/\text{h}$$

$$116,72 \text{ mg/l} \cdot 28,7 \text{ m}^3/\text{h} + 25 \text{ mg/l} \cdot 27,32 \text{ m}^3/\text{h} = E_1 \text{ mg/l} \cdot 56,02 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$E_1 = 71,99 \text{ mgDBO}_5/\text{l}$$

$$E = 4,03 \text{ kgDBO}_5/\text{h}$$

Para el punto de bifurcación:

$$(E) = (S)$$

$$25 \text{ mg/l} \cdot Q_6 \text{ m}^3/\text{h} = 25 \text{ mg/l} \cdot 28,7 \text{ m}^3/\text{h} + 25 \text{ mg/l} \cdot 27,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$25 \text{ mg/l} \cdot 56,02 \text{ m}^3/\text{h} = 25 \text{ mg/l} \cdot 28,7 \text{ m}^3/\text{h} + 25 \text{ mg/l} \cdot 27,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$I = 1,4 \text{ kgDBO}_5/\text{h}$$

- **Balance de SS**

La nueva producción de fangos en el lecho bacteriano se determina a partir de los kg de DBO₅ eliminados:

$$80,4 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{día}} \cdot 0,791 = 63,6 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{día}}$$

Adoptando una producción de 0,75 kg de SS por kg de DBO₅ eliminada ^[5]:

$$P_x = 0,75 \cdot 63,6 = 47,7 \text{ kgSS/día} = 1,99 \text{ kg SS/h}$$

Si hacemos un balance al volumen de control punteado (----) para los SS:

$$(E) + (G) = (S)$$

$$B \text{ kgSS/h} + 1,99 \text{ kgSS/h} = D \text{ kgSS/h}$$

$$[0,3 \cdot 3,93 \text{ kg/h} + 0,1 \cdot A \text{ kg/h}] + 1,99 \text{ kgSS/h} = D \text{ kgSS/h} \quad \text{Ecuación 43}$$

En el decantador, el balance de SS quedaría:

$$(E) = (S)$$

$$D \text{ kgSS/h} = 0,98 \text{ kgSS/h} + A \text{ kg/h} \quad \text{Ecuación 44}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones formado por las *Ecuaciones 43 y 44*:

$$D = 3,41 \text{ kgSS/h} \quad \rightarrow \quad D_1 = 118,81 \text{ mg/l}$$

$$A = 2,43 \text{ kgSS/h} \quad \rightarrow \quad A_1 = 3471,43 \text{ mg/l}$$

A partir de la *Ecuación 42*:

$$B = 1,42 \text{ kgSS/h} \quad \rightarrow \quad B_1 = 49,55 \text{ mg/l}$$

- **Balance de los SS en el punto de bifurcación**

$$(E) = (S)$$

$$118,81 \cdot 56,02 \text{ m}^3/\text{h} = 118,81 \cdot 28,7 \text{ m}^3/\text{h} + 118,81 \cdot 27,32 \text{ m}^3/\text{h} = 3,41 + 3,25$$

$$J = 6,66 \text{ kgSS/h} \quad \rightarrow \quad J_1 = 118,81 \text{ mg/l}$$

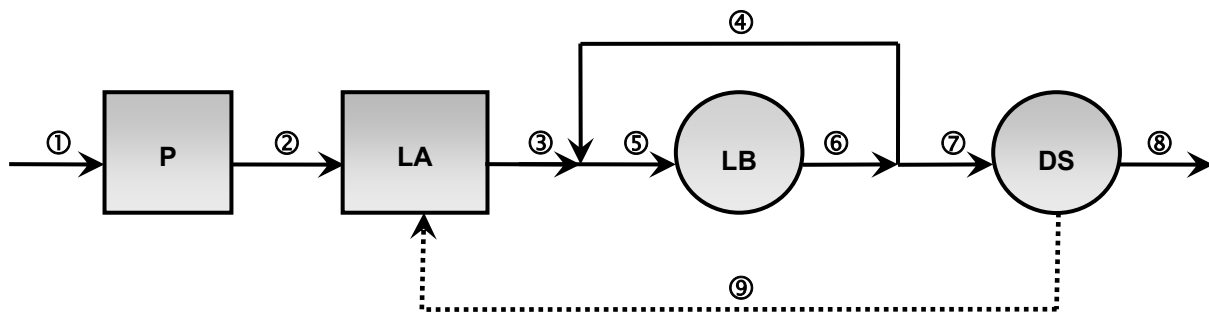
- Balance de SS en el punto de mezcla

$$(E) = (S)$$

$$1,42 \text{ kg/h} + 3,25 \text{ kg/h} = F \text{ kg/h}$$

$$F = 4,67 \text{ kg/h} \rightarrow F_1 = 83,36 \text{ mg/l}$$

3.2.3. Balance final



Línea de flujo	Caudal (m ³ /h)	DBO ₅		S.Suspensión	
		(mg/l)	(kg/h)	(mg/l)	(kg/h)
①	28	245	6,86	147	4,12
②	28	238,9	6,69	140,38	3,93
③	28,7	116,72	3,35	49,55	1,42
④	27,32	25	0,68	118,81	3,25
⑤	56,02	71,99	4,03	83,36	4,67
⑥	56,02	25	1,4	118,81	6,66
⑦	28,7	25	0,72	118,81	3,41
⑧	28	25	0,7	35	0,98
⑨	0,7	25	0,02	3471,43	2,43

3.3. LAGUNAS ANAEROBIAS

3.3.1. Acumulación de fango y volumen adicional

Los fangos acumulados en las lagunas según la *Ecuación 41* son:

$$(A) = 4,94 \text{ kg/h} = 118,56 \text{ kg/día}$$

Se realizará una extracción de fango cada mes, para ser depositado en eras de secado.

Si se toma un margen de confianza de un mes, el fango acumulado durante dos meses es:

$$118,56 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 60 \text{ días} = 7.113,6 \text{ kg de fango}$$

Con una concentración de los fangos del 8 % ^[2], el volumen que ocuparán será:

$$\frac{1 \text{ m}^3}{80 \text{ kg fango}} \cdot 7.113,6 \text{ kg fango} = 88,92 \text{ m}^3$$

Como tenemos dos lagunas, cada una contará con un volumen adicional de 45 m³, además de los 705,28 m³ calculados en el apartado 2.3.4.

3.3.2. Redimensionamiento de las lagunas

Fijando una nueva altura de 4,5 m y conocida el área superficial (A_s) y el volumen (V) necesario, el área del fondo (A_f) se calcula a partir de la *Ecuación 23*:

$$A_f = 150,04 \text{ m}^2$$

A partir de la *Ecuación 24*:

$$x = 0,568$$

Y las dimensiones del fondo:

$$L_f = 21,86 \text{ m} \cong 22 \text{ m}$$

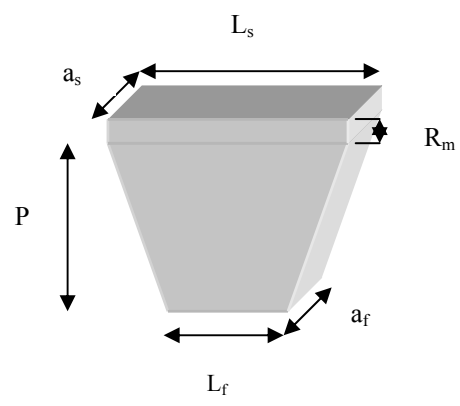
$$a_f = 6,86 \text{ m} \cong 7 \text{ m}$$

Nueva A_f: 154 m²

Nuevo volumen unitario: 760 m³

Las características finales de las lagunas se recogen en la Tabla 24.

Tabla 24. Características finales de las lagunas

Nº Lagunas	2	
Forma		
P, Profundidad (m)	4,5	
Rm, Resguardo mínimo (m)	0,5	
Área superficial unitaria (m ²)	L _s = 23 m	184
	a _s = 8 m	
Área del fondo unitaria (m ²)	L _f = 22 m	154
	a _f = 7 m	
Volumen unitario (m ³)	760	
Volumen total (m ³)	1520	

3.4. LECHOS BACTERIANOS

3.4.1. Comprobación de carga hidráulica

$$C_H = \frac{56,02 \text{ m}^3 / \text{h}}{78,54 \text{ m}^2} = 0,71 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h} \quad (0,35 \leq 0,71 \leq 1,55 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h})$$

3.4.2. Comprobación de carga volumétrica

$$C_v = \frac{W}{V} = \frac{80,4 \text{ kg} / \text{día}}{137,45 \text{ m}^3} = 0,585 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{día} \quad (0,4 \leq 0,585 \leq 1,8 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{día})$$

3.5. DECANTACIÓN SECUNDARIA

3.5.1. Cálculo de la superficie

A partir de las Ecuaciones 32 y 34:

$$\text{A } Q_{\text{máx}}: \quad A_{(Q_{\text{máx}})} = \frac{Q_{\text{máx}}}{v_{\text{asc}}(Q_{\text{máx}})} = \frac{111,64 \frac{m^3}{h}}{1,8 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 62,02 \text{ m}^2$$

$$A_{(Q_{\text{máx}})} = \frac{C_s}{C_{ss}} = \frac{18,562 \frac{kg}{h}}{6 \frac{kg}{m^2 \cdot h}} = 3,09 \text{ m}^2$$

$$\text{A } Q_{\text{med}}: \quad A_{(Q_{\text{med}})} = \frac{Q_{\text{med}}}{v_{\text{asc}}(Q_{\text{med}})} = \frac{28,7 \frac{m^3}{h}}{0,8 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 35,88 \text{ m}^2$$

$$A_{(Q_{\text{med}})} = \frac{C_s}{C_{ss}} = \frac{3,412 \frac{kg}{h}}{3,5 \frac{kg}{m^2 \cdot h}} = 0,975 \text{ m}^2$$

Se adopta la solución más desfavorable (mayor superficie):

$$r = 4,44 \text{ m} \cong 4,5 \text{ m}$$

$$Sup.\text{real} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 4,5^2 = 63,62 \text{ m}$$

3.5.2. Cálculo del volumen

A partir de la Ecuación 33:

$$\text{A } Q_{\text{máx}}: \quad V_{(Q_{\text{máx}})} = t_{r(Q_{\text{máx}})} \cdot Q_{\text{máx}} = 1,5 \cdot 111,64 = 167,46 \text{ m}^3$$

$$\text{A } Q_{\text{med}}: \quad V_{(Q_{\text{med}})} = t_{r(Q_{\text{med}})} \cdot Q_{\text{med}} = 2,5 \cdot 28,7 = 71,75 \text{ m}^3$$

Es decir, el volumen de decantación debe ser mayor o igual a $167,46 \text{ m}^3$. Calculamos la altura recta sobre vertedero (*Ecuación 36*):

$$h = \frac{V}{\text{Sup.real}} = \frac{167,46}{63,62} = 2,63 \text{ m}$$

Como este valor es menor al mínimo recomendado, fijamos una altura de 3 m, y por lo tanto el volumen real será:

$$V_{\text{real}} = 3 \cdot 63,62 = 190,86 \text{ m}^3$$

3.5.3. Comprobación de velocidad ascensional y carga de sólidos

Velocidad ascensional (*Ecuación 32*):

$$V_{\text{asc}}(Q_{\text{máx}}) = \frac{111,64}{63,62} = 1,75 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)}$$

$$V_{\text{asc}}(Q_{\text{med}}) = \frac{28,7}{63,62} = 0,451 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)}$$

Los valores obtenidos están por debajo de los máximos recomendados y se consideran correctos.

Carga de sólidos (*Ecuación 34*):

$$C_{\text{ss}}(Q_{\text{máx}}) = \frac{18,562 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{63,62 \text{ m}^2} = 0,293 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \leq 7,8 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (Tabla 22)}$$

$$C_{\text{ss}}(Q_{\text{med}}) = \frac{3,412 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{63,62 \text{ m}^2} = 0,054 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \leq 4,9 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (Tabla 22)}$$

3.5.4. Comprobación de la carga sobre vertedero

A partir de la *Ecuación 35*:

$$C_{\text{vert}}(Q_{\text{máx}}) = \frac{111,64}{28,27} = 3,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} < 15 \text{ (valor máximo recomendado)}$$

$$C_{vert}(Q_{med}) = \frac{28,7}{28,27} = 1,01 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h} < 8,5 \text{ (valor máximo recomendado)}$$

3.5.5. Dimensiones finales del decantador secundario

Unidades	1
Diámetro (m)	9
Área superficial (m²)	63,62
Volumen (m³)	190,86
Altura recta sobre vertedero (m)	3

3.6. ERAS DE SECADO

Para el dimensionamiento de las eras de secado se pueden seguir dos criterios, según las Tablas 25 y 26 ^[4]:

Tabla 25. Superficie de eras de secado

Tipo de fango	Eras descubiertas (m²/he)	Eras cubiertas (m²/he)
Primario digerido	0,09- 0,14	0,07-0,09
Primario y humus digerido	0,11- 0,16	0,09- 0,11
Primario y activado digerido	0,16-0,23	0,11- 0,14
Primario y químicamente precipitado digerido	0,18-0,23	0,11- 0,14

Tabla 26. Dimensionado de eras de secado

Tipo de fangos	He/m²	Kg.M.S./m²·año	Referencias
Urbanos	8	100- 150	BÖHNKE (R.F.A. 1969)
Urbanos	5(F.Act.) 10 (L.B)	180 (ho=0,2 m)	IMHOFF (R.F.A. 1965)
Urbanos	4- 6	70-110	W.P.C.F. (U.S.A 1969)

Para fango primario y activado digerido depositado sobre una era de secado descubierta, según la Tabla 25, la superficie necesaria es:

$$0,2 \frac{m^2}{he} \cdot 4500 he = 900 m^2$$

El fango acumulado en las lagunas es de 43.274,4 kgSS/año, según los resultados obtenidos en el apartado 3.3. Para un valor de 100 kgSS/m²·año seleccionado de la Tabla 26, la superficie necesaria será:

$$\frac{43.274,4 \text{ kgSS} / \text{año}}{100 \text{ kgSS} / m^2 \cdot \text{año}} = 432,74 m^2$$

En este caso, la superficie necesaria será de 900 m², por tratarse del resultado más desfavorable.

La capa drenante quedará constituida por una capa soporte de 40 cm de grava con granulometría entre 0,3 a 2,3 cm, y una capa verdaderamente drenante de 20 cm de arena con una granulometría entre 0,3 y 1,2 mm ^[4], siendo el espesor total de 60 cm.

El volumen necesario de la era de secado es:

$$V = S \cdot h = 900 m^2 \cdot 0,6 m = 540 m^3$$

Para una extracción mensual de fangos con una concentración del 8% ^[2], el volumen necesario es:

$$\frac{118,56 \cdot 30 \text{ kg}}{80 \text{ kgSS} / m^3} = 44,46 m^3$$

Y el tiempo de residencia de los fangos en la era de secado:

$$t_r = \frac{V}{Q} = \frac{540 m^3}{44,46 m^3 / mes} = 12,15 \text{ meses} \cong 1 \text{ año}$$

Las características finales de la era de secado son:

Tabla 27. Características de las eras de secado

Área total (m²)	900
Altura capa drenante (m)	0,6
Volumen total (m³)	540
Tiempo de residencia (años)	1

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Metcalf-Eddy**; “Tratamiento y depuración de las aguas residuales”, Ed. Labor, 1.977
- [2] **Hernández Muñoz, Aurelio**; “Depuración de aguas residuales”, Colección Senior N°9, Ed. Paraninfo, 1.990
- [3] **Collado Lara, Ramón**; “Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades”, Colección Senior N°12, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1.992
- [4] **Hernández Muñoz, Aurelio; Hernández Lehmann, Aurelio; Galán Martínez, Pedro**; “Manual de depuración de Uralita. Sistemas para la depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes”, 3ª Edición, Ed. Thomson-Paraninfo, 2.004
- [5] **Hernández Lehmann, Aurelio**; “Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1.997
- [6] **Metcalf-Eddy**; “Tratamiento, vertido y reutilización”, 3ª Edición, Ed. McGraw-Hill, 1.995
- [7] **Ocón García, J.; Tojo Barreiro, Gabriel**; “Problemas de Ingeniería Química. Tomo I”, Ed. Aguilar
- [8] **Alamancos, J.M; Saez, J.; Llorens, M.**; “Sistema de lagunaje. Diseño de lagunas anaerobias”. Ingeniería Química, Enero 2.003
- [9] **M.O.P.T**; “Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de operadores”, 1.991
- [10] **Ronzano, Eduardo; Dapena, José Luis**; “Tratamiento biológico de las aguas residuales”, Ed. Díaz de Santos (Pridesa Grupo Iberdrola), 2.002.

PÁGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

- [11] www.iowadnr.com/water/wastewater/dstandards.html



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**ANEXO Nº 2
RESULTADOS DE
CÁLCULOS REALIZADOS**

ÍNDICE	1
1. CANAL DE ENTRADA	3
Tabla 1: “Características del canal de entrada para diferentes anchos de canal”.....	3
Tabla 2: “Resumen de las características expuestas en la Tabla1”	4
Tabla 3: “Características del canal de entrada para $Q_{\text{máx}}$, Q_{med} y $Q_{\text{mín}}$ ”	5
Tabla 4: “Resumen de las características expuestas en la Tabla 3”.....	5
2. DESARENADOR-DESENGRASADOR	5
Tabla 5: “Determinación de posibles dimensiones del desarenador”	5
Tabla 6: “Determinación de posibles valores de h para $a= 0,75 \text{ m}$ ”	6
Tabla 7: “Determinación de posibles valores de h para $a= 0,69 \text{ m}$ ”	6
Tabla 8: “Determinación de posibles valores de h para $a= 0,65 \text{ m}$ ”	6
Tabla 9: “Determinación de posibles valores de h para $a= 0,61 \text{ m}$ ”	7
Tabla 10: “Determinación de posibles valores de h para $a= 0,58 \text{ m}$ ”	7
Tabla 11: “Resumen de los resultados obtenidos”	7
Tabla 12: “Características finales del canal desarenador-desengrasador”	7
3. LECHO BACTERIANO	8
Tabla 13: “Características del lecho bacteriano para baja, media y alta carga”	8
4.DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO A LECHO BACTERIANO	8
5. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA EL DRENAJE DE LAS ERAS DE SECADO	11

1. CANAL DE ENTRADA

Tabla 1. “Características del canal de entrada para diferentes anchos de canal”

Ancho (m)	Alt.Lam. Agua (m)	Superf. (m ²)	Per.moj. (m)	$R_h^{2/3}$	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0,3	0,900	0,270	2,100	0,2547	1,2866	0,3474
0,3	0,800	0,240	1,900	0,2518	1,2715	0,3052
0,3	0,700	0,210	1,700	0,2480	1,2528	0,2631
0,3	0,600	0,180	1,500	0,2433	1,2288	0,2212
0,3	0,500	0,150	1,300	0,2370	1,1971	0,1796
0,3	0,400	0,120	1,100	0,2283	1,1531	0,1384
0,3	0,300	0,090	0,900	0,2154	1,0882	0,0979
0,3	0,200	0,060	0,700	0,1944	0,9819	0,0589
0,3	0,180	0,054	0,660	0,1885	0,9519	0,0514
0,3	0,160	0,048	0,620	0,1816	0,9175	0,0440
0,3	0,140	0,042	0,580	0,1737	0,8775	0,0369
0,3	0,120	0,036	0,540	0,1644	0,8304	0,0299
0,3	0,100	0,030	0,500	0,1533	0,7741	0,0232
0,3	0,080	0,024	0,460	0,1396	0,7052	0,0169
0,4	0,900	0,360	2,200	0,2992	1,5110	0,5440
0,4	0,800	0,320	2,000	0,2947	1,4886	0,4763
0,4	0,700	0,280	1,800	0,2892	1,4609	0,4090
0,4	0,600	0,240	1,600	0,2823	1,4259	0,3422
0,4	0,500	0,200	1,400	0,2733	1,3803	0,2761
0,4	0,400	0,160	1,200	0,2610	1,3182	0,2109
0,4	0,300	0,120	1,000	0,2433	1,2288	0,1475
0,4	0,200	0,080	0,800	0,2154	1,0882	0,0871
0,4	0,100	0,040	0,600	0,1644	0,8304	0,0332
0,4	0,019	0,008	0,438	0,0670	0,3385	0,0026
0,4	0,018	0,007	0,436	0,0648	0,3275	0,0024
0,4	0,017	0,007	0,434	0,0626	0,3163	0,0022
0,5	0,600	0,300	1,70	0,3146	1,5891	0,4767
0,5	0,500	0,250	1,50	0,3029	1,5296	0,3824
0,5	0,400	0,200	1,30	0,2871	1,4502	0,2900
0,5	0,300	0,150	1,10	0,2649	1,3381	0,2007
0,5	0,200	0,100	0,90	0,2311	1,1673	0,1167
0,5	0,100	0,050	0,70	0,1722	0,8695	0,0435
0,5	0,090	0,045	0,68	0,1636	0,8263	0,0372
0,5	0,088	0,044	0,676	0,1618	0,8173	0,0360
0,5	0,086	0,043	0,672	0,1600	0,8080	0,0347
0,5	0,084	0,042	0,668	0,1581	0,7986	0,0335
0,5	0,082	0,041	0,664	0,1562	0,7890	0,0324
0,5	0,080	0,040	0,66	0,1543	0,7793	0,0312
0,5	0,079	0,040	0,658	0,1533	0,7744	0,0306
0,6	0,600	0,360	1,800	0,3420	1,7273	0,6218

0,6	0,500	0,300	1,600	0,3276	1,6546	0,4964
0,6	0,400	0,240	1,400	0,3086	1,5586	0,3741
0,6	0,300	0,180	1,200	0,2823	1,4259	0,2567
0,6	0,200	0,120	1,000	0,2433	1,2288	0,1475
0,6	0,100	0,060	0,800	0,1778	0,8983	0,0539
0,6	0,090	0,054	0,780	0,1686	0,8516	0,0460
0,6	0,088	0,053	0,776	0,1667	0,8418	0,0444
0,6	0,086	0,052	0,772	0,1647	0,8319	0,0429
0,6	0,084	0,050	0,768	0,1627	0,8217	0,0414
0,6	0,082	0,049	0,764	0,1607	0,8115	0,0399
0,6	0,080	0,048	0,760	0,1586	0,8010	0,0384
0,6	0,078	0,047	0,756	0,1565	0,7904	0,0370
0,6	0,076	0,046	0,752	0,1543	0,7796	0,0355
0,6	0,074	0,044	0,748	0,1522	0,7686	0,0341
0,6	0,072	0,043	0,744	0,1499	0,7574	0,0327
0,6	0,070	0,042	0,740	0,1477	0,7459	0,0313
0,6	0,068	0,041	0,736	0,1454	0,7343	0,0300
0,6	0,066	0,040	0,732	0,1430	0,7225	0,0286

0,7	0,100	0,070	0,900	0,1822	0,9203	0,0644
0,7	0,080	0,056	0,860	0,1619	0,8175	0,0458
0,7	0,078	0,055	0,856	0,1596	0,8063	0,0440
0,7	0,076	0,053	0,852	0,1574	0,7949	0,0423
0,7	0,074	0,052	0,848	0,1551	0,7834	0,0406
0,7	0,072	0,050	0,844	0,1528	0,7716	0,0389
0,7	0,071	0,050	0,842	0,1516	0,7657	0,0381
0,7	0,070	0,049	0,840	0,1504	0,7597	0,0372
0,7	0,069	0,048	0,838	0,1492	0,7536	0,0364
0,7	0,068	0,048	0,836	0,1480	0,7475	0,0356
0,7	0,067	0,047	0,834	0,1468	0,7414	0,0348
0,7	0,066	0,046	0,832	0,1456	0,7351	0,0340
0,7	0,065	0,046	0,830	0,1443	0,7289	0,0332
0,7	0,064	0,045	0,828	0,1431	0,7225	0,0324
0,7	0,063	0,044	0,826	0,1418	0,7161	0,0316
0,7	0,062	0,043	0,824	0,1405	0,7097	0,0308

Tabla 2. “Resumen de las características expuestas en la Tabla1”

Ancho (m)	Alt.Lam. Agua (m)	Superf. (m ²)	Per.moj. (m)	$R_h^{2/3}$	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0,3	0,140	0,042	0,580	0,1737	0,8775	0,0369
0,4	0,100	0,040	0,600	0,1644	0,8304	0,0332
0,5	0,079	0,040	0,658	0,1533	0,7744	0,0306
0,6	0,070	0,042	0,740	0,1477	0,7459	0,0313
0,7	0,062	0,043	0,824	0,1405	0,7097	0,0308

Tabla 3. “Características del canal de entrada para Q_{\max} , Q_{med} y Q_{\min} ”

Ancho (m)	Alt.Lam. Agua (m)	Superf. (m ²)	Per.moj. (m)	$R_h^{2/3}$	V (m/s)	Q (m ³ /s)	
0,4	0,100	0,040	0,600	0,1644	0,8304	0,0332	
0,4	0,095	0,038	0,590	0,1607	0,8115	0,0308	
0,4	0,094	0,038	0,587	0,1596	0,8061	0,0302	Q_{max}
0,4	0,093	0,037	0,586	0,1591	0,8037	0,0299	
0,4	0,090	0,036	0,580	0,1568	0,7918	0,0285	
0,4	0,080	0,032	0,560	0,1484	0,7493	0,0240	
0,4	0,070	0,028	0,540	0,1391	0,7023	0,0197	
0,4	0,060	0,024	0,520	0,1287	0,6499	0,0156	
0,4	0,058	0,023	0,516	0,1264	0,6386	0,0148	
0,4	0,056	0,022	0,512	0,1242	0,6271	0,0140	
0,4	0,050	0,020	0,500	0,1170	0,5907	0,0118	
0,4	0,040	0,016	0,480	0,1036	0,5231	0,0084	
0,4	0,039	0,016	0,478	0,1021	0,5158	0,0080	Q_{med}
0,4	0,038	0,015	0,476	0,1007	0,5084	0,0077	
0,4	0,037	0,015	0,474	0,0992	0,5008	0,0074	
0,4	0,028	0,011	0,456	0,0845	0,4268	0,0048	
0,4	0,024	0,010	0,448	0,0771	0,3897	0,0037	
0,4	0,018	0,007	0,436	0,0648	0,3275	0,0024	
0,4	0,017	0,007	0,434	0,0626	0,3163	0,0022	Q_{min}
0,4	0,016	0,006	0,432	0,0603	0,3047	0,0019	
0,4	0,012	0,005	0,424	0,0504	0,2546	0,0012	
0,4	0,010	0,004	0,420	0,0449	0,2269	0,0009	

Tabla 4. “Resumen de las características expuestas en la Tabla 3”

Ancho (m)	Alt.Lam. Agua (m)	Superf. (m ²)	Per.moj. (m)	$R_h^{2/3}$	V (m/s)	Q (m ³ /s)	
0,4	0,094	0,038	0,587	0,1596	0,8061	0,0302	Q_{max}
0,4	0,039	0,016	0,478	0,1021	0,5158	0,0080	Q_{med}
0,4	0,017	0,007	0,434	0,0626	0,3163	0,0022	Q_{min}

2. DESARENADOR-DESENGRASADOR

Tabla 5. “Determinación de posibles dimensiones del desarenador”

L/a	a (m)	L (m)
3	0,75	2,250
3,5	0,69	2,415
4	0,65	2,600
4,5	0,61	2,745
5	0,58	2,900

Tabla 6. "Determinación de posibles valores de h para $a=0,75\text{ m}$ "

h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)
1	0,75	0,750	41,67	0,054
1,5	0,75	1,125	62,50	0,036
2	0,75	1,500	83,33	0,027
2,5	0,75	1,875	104,17	0,021
3	0,75	2,250	125,00	0,018
3,5	0,75	2,625	145,83	0,015
4	0,75	3,000	166,67	0,013
4,5	0,75	3,375	187,50	0,012
5	0,75	3,750	208,33	0,011

Tabla 7. "Determinación de posibles valores de h para $a=0,69\text{ m}$ "

h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)
1	0,69	0,690	38,33	0,063
1,5	0,69	1,035	57,50	0,042
2	0,69	1,380	76,67	0,032
2,5	0,69	1,725	95,83	0,025
3	0,69	2,070	115,00	0,021
3,5	0,69	2,415	134,17	0,018
4	0,69	2,760	153,33	0,016
4,5	0,69	3,105	172,50	0,014
5	0,69	3,450	191,67	0,013

Tabla 8. "Determinación de posibles valores de h para $a=0,65\text{ m}$ "

h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)
1	0,65	0,650	36,11	0,071
1,5	0,65	0,975	54,17	0,048
2	0,65	1,300	72,22	0,036
2,5	0,65	1,625	90,28	0,029
3	0,65	1,950	108,33	0,024
3,5	0,65	2,275	126,39	0,020
4	0,65	2,600	144,44	0,018
4,5	0,65	2,925	162,50	0,016
5	0,65	3,250	180,56	0,014

Tabla 9. "Determinación de posibles valores de h para $a=0,61\text{ m}$ "

h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)
1	0,61	0,610	33,89	0,081
1,5	0,61	0,915	50,83	0,054
2	0,61	1,220	67,78	0,041
2,5	0,61	1,525	84,72	0,032
3	0,61	1,830	101,67	0,027
3,5	0,61	2,135	118,61	0,023
4	0,61	2,440	135,56	0,020
4,5	0,61	2,745	152,50	0,018
5	0,61	3,050	169,44	0,016

Tabla 10. "Determinación de posibles valores de h para $a=0,58\text{ m}$ "

h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)
1	0,58	0,580	32,22	0,090
1,5	0,58	0,870	48,33	0,060
2	0,58	1,160	64,44	0,045
2,5	0,58	1,450	80,56	0,036
3	0,58	1,740	96,67	0,030
3,5	0,58	2,030	112,78	0,026
4	0,58	2,320	128,89	0,022
4,5	0,58	2,610	145,00	0,020
5	0,58	2,900	161,11	0,018

Tabla 11. "Resumen de los resultados obtenidos"

L (m)	h/a	a (m)	h (m)	t_o (s)	V_h (m/s)	L_r (m)	V (m ³)
2,250	1,5	0,75	1,125	62,50	0,036	2,925	2,468
2,415	1,5	0,69	1,035	57,50	0,042	3,140	2,242
2,600	1,5	0,65	0,975	54,17	0,048	3,380	2,142
2,745	2	0,61	1,220	67,78	0,041	3,569	2,656
2,900	2	0,58	1,160	64,44	0,045	3,770	2,536

Tabla 12. "Características finales del canal desarenador-desengrasador"

L (m)	a (m)	h (m)	h/a	t_o (s)	V_h (m/s)	L_r (m)	V (m ³)
2,250	0,75	1	1,33	74,5	0,0403	$2,925 \cong 3$	2,250

3. LECHO BACTERIANO

Tabla 13. “Características del lecho bacteriano para baja, media y alta carga”

W (kg/día)	C _H (m ³ /m ² ·h)	E	r	F	V (m ³)	A (m ²)	R (m)	h (m)	C _v (kg/m ³ ·día)
80,27	0,02	0,791	1	1,65	135,73	2800,00	29,85	0,05	0,59
80,27	0,075	0,791	1	1,65	135,73	746,67	15,42	0,18	0,59
80,27	0,13	0,791	1	1,65	135,73	430,77	11,71	0,32	0,59
80,27	0,04	0,791	1	1,65	135,73	1400,00	21,11	0,10	0,59
80,27	0,225	0,791	1	1,65	135,73	248,89	8,90	0,55	0,59
80,27	0,41	0,791	1	1,65	135,73	136,59	6,59	0,99	0,59
80,27	0,35	0,791	1	1,65	135,73	160,00	7,14	0,85	0,59
80,27	0,95	0,791	1	1,65	135,73	58,95	4,33	2,30	0,59
80,27	1,55	0,791	1	1,65	135,73	36,13	3,39	3,76	0,59

4. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO A LECHO BACTERIANO

Para la determinación del tipo de bomba necesario para la recirculación al lecho, así como para el drenaje de las eras de secado, se utiliza el programa PumTutor Version 2.2.

❖ Datos proyectados

Caudal	57 m ³ /h
Altura de impulsión	4,5 m
Fluido	Aguas residuales
Tipo inst.	Bomba simple
Nº bombas	1

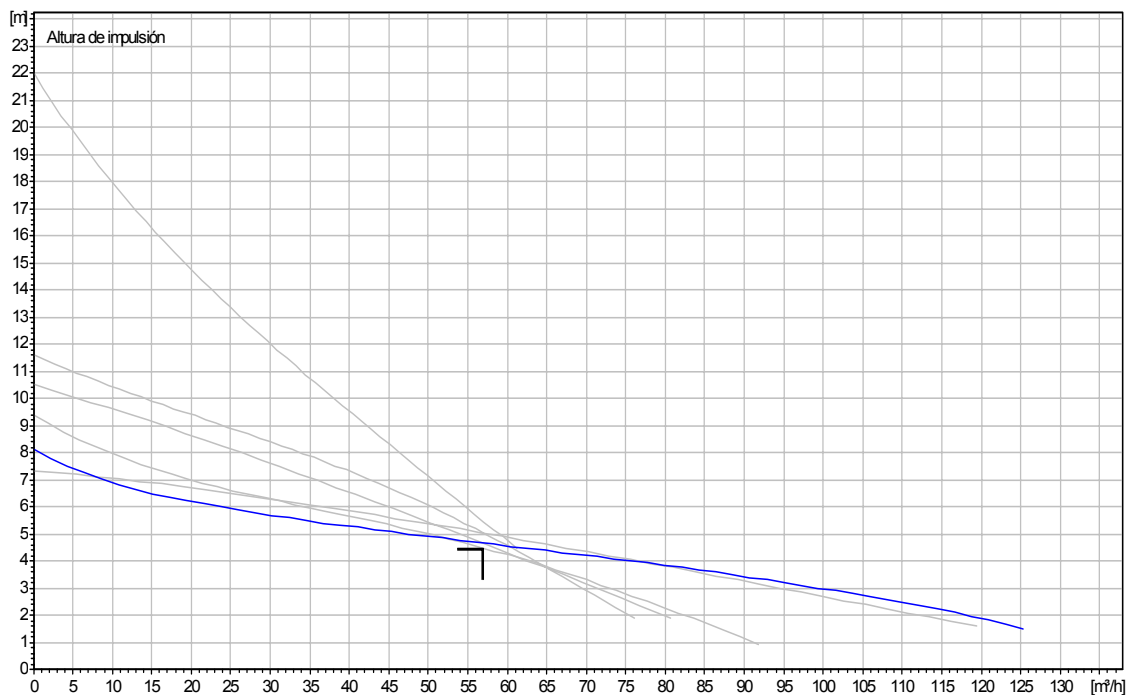
❖ Tipo de bomba seleccionada

Electrobomba sumergible KCMGH 01861ND-E 6p con:

- cuerpo bomba, caja de aceite y carcasa de motor de hierro fundido.
- rodete monocanal de hierro fundido, encajado en el eje por medio de chaveta.
- anillo de cierre de goma.

- eje, tornillos y tapones del aceite de acero inoxidable.
- boca de descarga embridada, con junta estanca.
- doble cierre mecánico en el eje, lubricado por el aceite contenido en la cámara:
 - cierre mecánico lado bomba de carburo de silicio/óxido de alúmina;
 - cierre mecánico lado motor de grafito/esteatita.
- motor: asíncrono, trifásico, aislamiento clase F, protección IP68, rotor soportado por cojinetes de bolas lubricados con grasa.
- protecciones:
 - sondas térmicas conectadas en serie y acopladas en el bobinado motor.
 - sonda de conductividad acoplada en la cámara de aceite para detectar posibles pérdidas del líquido bombeado.
- barnizado: homologada para agua potable.
- cable de alimentación NSSHÖU-J.

❖ Diagrama



❖ **Datos de trabajo de la bomba**

Caudal	57,9 m ³ /h
Altura de impulsión	4,64 m
Potencia absorbida	1,5 hp
Rendimiento	65,5 %
Altura H (Q=0)	86 m
Boca de impulsión	100 mm
Instalación	Stationäre Nabaufstellung
Rodete	Monocanal
Paso libre	80 mm

❖ **Datos del motor**

Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Velocidad nominal	980 1/min
Nº de polos	6
Pot. nominal P2	2,414 hp
Corriente nominal	5,2 A
Tipo de motor	3~
Clase de aislamiento	F
Tipo de protección	IP 68

❖ **Límites operativos**

Arranques / h máx	20
T ^a máxima líquido bombeado	313 K
Densidad máx.	998 kg/m ³
Máx. viscosidad	1 mm ² /s

❖ **Datos generales**

Peso	77 kg
------	-------

❖ **Materiales**

Cuerpo bomba		Fundición
Rodete		Fundición
Anillo alojamiento rodete		Acero/Goma
Cuerpo aspiración		Fundición
Eje		Acero inox.
Cierre mecánico lado bomba	Carburo siliceo/Óx. alúmina	
Caja aceite		Fundición
Carcasa motor		Fundición
Sondas térmicas		Sí
Sonda de conductividad		Sí
Cierre mecánico lado motor		Grafito/Esteatita
Tornillos y tuercas		Acero inox.
Cable de alimentación		10 m

❖ **Dimensiones de la bomba**

Ver Documento N° 2 – Plano 08

❖ **Dimensiones del pozo**

Ver Documento N° 2 – Plano 08

5. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA EL DRENAJE DE LAS ERAS DE SECADO

❖ **Datos proyectados**

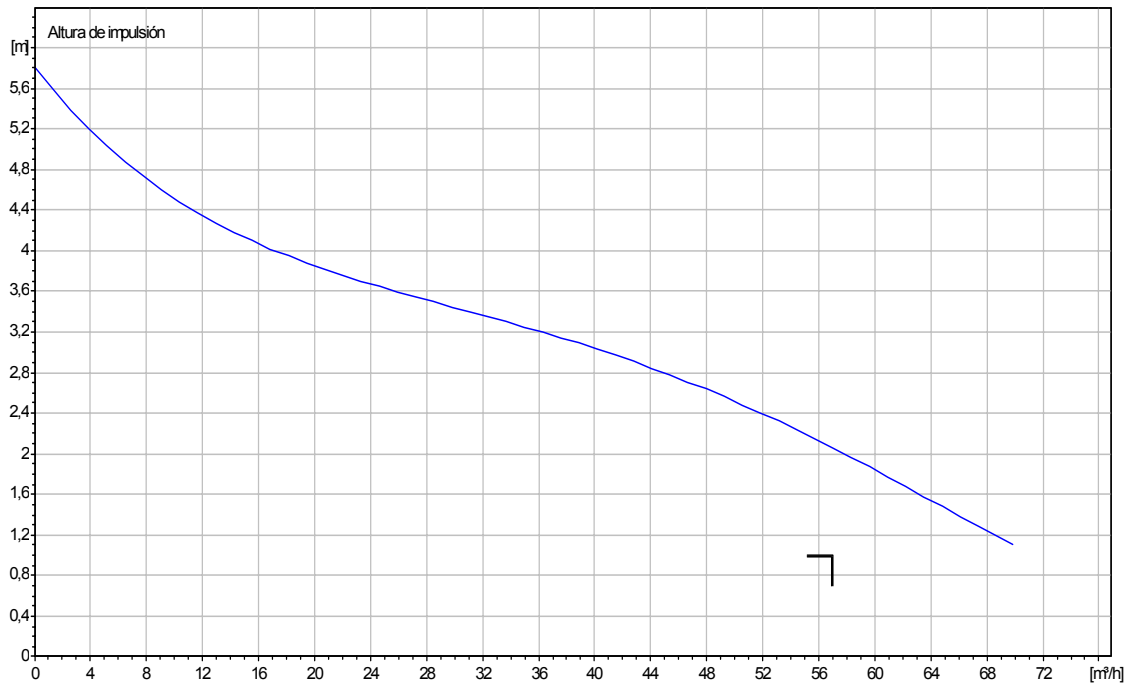
Caudal		57 m ³ /h
Altura de impulsión		1 m
Fluido		Aguas de drenaje
Tipo inst.		Bomba simple
N° bombas		1

❖ Tipo de bomba seleccionada

Electrobomba sumergible KCMFH 01161ND-E 6p con:

- cuerpo bomba, caja de aceite y carcasa de motor de hierro fundido.
- rodete monocanal de hierro fundido, encajado en el eje por medio de chaveta.
- anillo de cierre de goma.
- eje, tornillos y tapones del aceite de acero inoxidable.
- boca de descarga embridada, con junta estanca.
- doble cierre mecánico en el eje, lubricado por el aceite contenido en la cámara:
 - cierre mecánico lado bomba de carburo de silicio/óxido de alúmina;
 - cierre mecánico lado motor de grafito/esteatita.
- motor: asíncrono, trifásico, aislamiento clase F, protección IP68, rotor soportado por cojinetes de bolas lubricados con grasa.
- protecciones:
 - sondas térmicas conectadas en serie y acopladas en el bobinado motor.
 - sonda de conductividad acoplada en la cámara de aceite para detectar posibles pérdidas del líquido bombeado.
- barnizado: homologada para agua potable.
- cable de alimentación NSSHÖU-J.

❖ Diagrama



❖ Datos de trabajo de la bomba

Caudal	65,5 m ³ /h
Altura de impulsión	1,36 m
Potencia absorbida	0,747 hp
Rendimiento	44,1 %
Altura H (Q=0)	5,8 m
Boca de impulsión	80 mm
Instalación	Transportable Nabaufstellung
Rodete	Monocanal
Paso libre	73 mm

❖ Datos del motor

Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Velocidad nominal	960 1/min
Nº de polos	6
Pot. nominal P2	1,48 hp
Corriente nominal	3,7 A
Tipo de motor	3~

Clase de aislamiento	F
Tipo de protección	IP 68

❖ Límites operativos

Arranques / h máx	20
Tª máxima líquido bombeado	313 K
Densidad máx.	998 kg/m ³
Máx. viscosidad	1 mm ² /s

❖ Datos generales

Peso	65 kg
------	-------

❖ Materiales

Cuerpo bomba	Fundición
Rodete	Fundición
Anillo alojamiento rodete	Acero/Goma
Cuerpo aspiración	Fundición
Eje	Acero inox.
Cierre mecánico lado bomba	Carburo siliceo/Óx. alúmina
Caja aceite	Fundición
Carcasa motor	Fundición
Sondas térmicas	Sí
Sonda de conductividad	Sí
Cierre mecánico lado motor	Grafito/Esteatita
Tornillos y tuercas	Acero inox.
Cable de alimentación	10 m

❖ Dimensiones de la bomba

Ver Documento N° 2 – Plano 10

❖ **Dimensiones del pozo**

Ver Documento N° 2 – Plano 10



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**ANEXO Nº 3
ESTUDIO BÁSICO DE
SEGURIDAD Y SALUD**

ÍNDICE.....	1
1. APLICACIÓN Y OBLIGATORIEDAD.....	3
2. OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	4
3.1. FASES DE OBRA.....	4
3.2. MAQUINARIA PREVISTA.....	5
3.3. MEDIOS AUXILIARES.....	5
4. APLICACIÓN DE LA SEGURIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	5
4.1. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD.....	5
4.1.1. Colores de seguridad.....	5
4.1.2. Señales en forma de panel.....	6
4.1.2.1. Señales de advertencia.....	6
4.1.2.2. Señales de prohibición.....	7
4.1.2.3. Señales de obligación.....	8
4.1.2.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.....	8
4.1.2.5. Señales de salvamento o socorro.....	8
4.1.3. Señales luminosas acústicas.....	9
4.1.3.1. Características y requisitos de las señales luminosas.....	9
4.1.3.2. Características y requisitos de uso de las señales acústicas.....	10
4.1.3.3. Disposiciones comunes.....	10
4.1.4. Comunicaciones verbales.....	11
4.1.4.1. Características intrínsecas.....	11
4.1.4.2. Reglas particulares de utilización.....	11
4.1.5. Señales gestuales.....	12
4.1.5.1. Características.....	12
4.1.5.2. Reglas particulares de utilización.....	12
4.1.6. Gestos codificados.....	13
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS GENERALES EN LA OBRA.....	15
4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS EN CADA FASE DE OBRA.....	15
4.3.1. Normas o medidas preventivas y protecciones aplicadas a cada tipo de riesgo.....	20
4.4. MAQUINARIA: RIESGOS, NORMAS PREVENTIVAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	37

4.5. MEDIOS AUXILIARES: RIESGOS, NORMAS PREVENTIVAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	54
4.6. RIESGOS A TERCEROS.....	67
4.7. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	67
5. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	67
6. SERVICIO MÉDICO.....	68
7. INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES.....	68

1. APLICACIÓN Y OBLIGATORIEDAD

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Del mismo modo, en el ámbito de la Unión Europea se han ido fijando, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en determinados lugares de trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la Directiva 92/57/CEE, de 24 de junio, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles.

Mediante el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, se procede a la transposición al Derecho español de la citada Directiva.

Por tanto, dadas las características del presente proyecto y conforme al apartado 2 del artículo 4 del Real Decreto anteriormente mencionado, se procede a la elaboración de un “Estudio Básico de Seguridad y Salud”.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, se contempla la identificación de los riesgos laborales que pueden ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello. En los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, se especifican las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

La finalidad del estudio es, teniendo en cuenta todos aquellos puntos que afecten o puedan afectar a la seguridad de las personas durante la ejecución de las obras, conseguir:

- Preservar la integridad de los trabajadores y de todas las personas del entorno.
- Que la organización del trabajo se realice de forma que el riesgo sea mínimo.
- Determinar las instalaciones y útiles necesarios para la protección colectiva e individual del personal.
- Definir las instalaciones para la higiene y bienestar de los trabajadores.
- Definir la realización de los primeros auxilios y evacuación de heridos.

El estudio se redacta considerando los riesgos que pueden surgir en el transcurso de la obra. En caso de aparecer otros riesgos diferentes, deberán ser estudiados de la forma más profunda posible por la Dirección Facultativa de obra, que será la encargada de adoptar las soluciones oportunas.

Quienes intervengan en la ejecución de los trabajos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas que intervengan en los mismos y los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Estudio Básico de Seguridad y Salud estará en el lugar de trabajo a disposición permanente de los mismos.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1. FASES DE OBRA

Una relación no exhaustiva de las unidades de obra, así como su posible secuencia de ejecución es:

- Trabajos previos.
- Trabajos topográficos.
- Desbroce y limpieza del terreno.
- Movimiento de tierras.
- Excavaciones en zanjas.
- Colocación de tuberías.
- Terraplenes y rellenos.
- Encofrado y desencofrado de arquetas y depósitos.
- Ferrallado.
- Hormigonado.
- Albañilería en edificio.
- Forjados.
- Cubiertas.
- Instalaciones.
- Firmes.
- Aceras.
- Jardinería.

3.2. MAQUINARIA PREVISTA

- Retroexcavadora.
- Pala cargadora.
- Camión basculante.
- Dumper.
- Compactadora.
- Pisones (pequeñas compactadoras).
- Hormigonera.
- Camión hormigonera.
- Grúa móvil.
- Soldadura eléctrica.
- Grupo electrógeno.
- Compresor.
- Camión cuba.
- Herramientas manuales.
- Máquinas herramientas.

3.3. MEDIOS AUXILIARES

Como medios auxiliares, destacar el uso de andamios, escaleras de mano, plataformas de trabajo, puntales, etc.

4. APLICACIÓN DE LA SEGURIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

4.1. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

4.1.1. Colores de seguridad

Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización
Amarillo, o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación
Azul	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual
Verde	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

Cuando el color de fondo sobre el que tenga que aplicarse el color de seguridad pueda dificultar la percepción de este último. Se utilizará un color de contraste que enmarque o se alterne con el de seguridad, de acuerdo con la siguiente tabla:

Color de seguridad	Color de contraste
Rojo	Blanco
Amarillo o amarillo anaranjado	Negro
Azul	Blanco
Verde	Blanco

Cuando la señalización de un elemento se realice mediante un color de seguridad, las dimensiones de la superficie coloreada deberán guardar proporción con las del elemento y permitir su fácil identificación.

4.1.2. Señales en forma de panel

4.1.2.1. Señales de advertencia

Forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal), bordes negros.



Como excepción, el fondo de la señal sobre "materias nocivas o irritantes" será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.

4.1.2.2. Señales de prohibición

Forma redonda. Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45° respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35% de la superficie de la señal).



4.1.2.3. Señales de obligación

Forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



4.1.2.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios

Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



4.1.2.5. Señales de salvamento o socorro

Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



4.1.3. Señales luminosas y acústicas

4.1.3.1. Características y requisitos de las señales luminosas

➤ La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, en función de las condiciones de uso previstas. Su intensidad deberá asegurar su percepción, sin llegar a producir deslumbramientos.

➤ La superficie luminosa que emita una señal podrá ser de color uniforme, o llevar un pictograma sobre un fondo determinado. En el primer caso, el color deberá ajustarse a lo dispuesto en el apartado 1 del Anexo II del Real Decreto 485/1997, sobre Señalización de seguridad en el trabajo; en el segundo caso, el pictograma deberá respetar las reglas aplicables a las señales en forma de panel definidas en el apartado anterior.

➤ Si un dispositivo puede emitir una señal tanto continua como intermitente, la señal intermitente se utilizará para indicar, con respecto a la señal continua, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

➤ No se utilizarán al mismo tiempo dos señales luminosas que puedan dar lugar a confusión, ni una señal luminosa cerca de otra emisión luminosa apenas diferente. Cuando se utilice una señal luminosa intermitente, la duración y frecuencia de los destellos deberán permitir la correcta identificación del mensaje, evitando que pueda ser percibida como continua o confundida con otras señales luminosas.

➤ Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

4.1.3.2. Características y requisitos de uso de las señales acústicas

➤ La señal acústica deberá tener un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que sea claramente audible, sin llegar a ser excesivamente molesto. No deberá utilizarse una señal acústica cuando el ruido ambiental sea demasiado intenso.

➤ El tono de la señal acústica o, cuando se trate de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos, deberá permitir su correcta identificación y clara distinción frente a otras señales acústicas o ruidos ambientales.

No deberán utilizarse dos señales acústicas simultáneamente.

➤ Si un dispositivo puede emitir señales acústicas con un tono o intensidad variables o intermitentes, o con un tono o intensidad continuos, se utilizarán las primeras para indicar, por contraste con las segundas, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida. El sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo.

4.1.3.3. Disposiciones comunes

➤ Una señal luminosa o acústica indicará, al ponerse en marcha, la necesidad de realizar una determinada acción, y se mantendrá mientras persista tal necesidad. Al finalizar la emisión de una señal luminosa o acústica se adoptarán de inmediato las medidas que permitan volver a utilizarlas en caso de necesidad.

➤ La eficacia y buen funcionamiento de las señales luminosas y acústicas se comprobará antes de su entrada en servicio, y posteriormente mediante las pruebas periódicas necesarias.

➤ Las señales luminosas y acústicas intermitentes previstas para su utilización alterna o complementaria deberán emplear idéntico código.

4.1.4. Comunicaciones verbales

4.1.4.1. Características intrínsecas

➤ La comunicación verbal se establece entre un locutor o emisor y uno o varios oyentes, en un lenguaje formado por textos cortos, frases, grupos de palabras o palabras aisladas, eventualmente codificados.

➤ Los mensajes verbales serán tan cortos, simples y claros como sea posible; la aptitud verbal del locutor y las facultades auditivas del o de los oyentes deberán bastar para garantizar una comunicación verbal segura.

➤ La comunicación verbal será directa (utilización de la voz humana) o indirecta (voz humana o sintética, difundida por un medio apropiado).

4.1.4.2. Reglas particulares de utilización

➤ Las personas afectadas deberán conocer bien el lenguaje utilizado, a fin de poder pronunciar y comprender correctamente el mensaje verbal y adoptar, en función de éste, el comportamiento apropiado en el ámbito de la seguridad y la salud.

➤ Si la comunicación verbal se utiliza en lugar o como complemento de señales gestuales, habrá que utilizar palabras tales como, por ejemplo:

- Comienzo: para indicar la toma de mando.
- Alto: para interrumpir o finalizar un movimiento.
- Fin: para finalizar las operaciones.
- Izar: para izar una carga.
- Bajar: para bajar una carga.
- Avanzar retroceder a la derecha a la izquierda: para indicar el sentido de un movimiento (el sentido de estos movimientos debe, en su caso, coordinarse con los correspondientes códigos gestuales)
- Peligro: para efectuar una parada de emergencia
- Rápido: para acelerar un movimiento por razones de seguridad.

4.1.5. Señales gestuales

4.1.5.1. Características

Una señal gestual deberá ser precisa, simple, amplia, fácil de realizar y comprender y claramente distinguible de cualquier otra señal gestual.

La utilización de los dos brazos al mismo tiempo se hará de forma simétrica y para una sola señal gestual.

Los gestos utilizados, por lo que respecta a las características indicadas anteriormente, podrán variar o ser más detallados que las representaciones recogidas en el apartado 5.3, a condición de que su significado y comprensión sean, por lo menos, equivalentes.

4.1.5.2. Reglas particulares de utilización

➤ La persona que emite las señales, denominada "encargado de las señales", dará las instrucciones de maniobra mediante señales gestuales al destinatario de las mismas, denominado "operador".

➤ El encargado de las señales deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras sin estar amenazado por ellas. En caso contrario, se recurrirá a uno o varios encargados de las señales suplementarias.

➤ El encargado de las señales deberá dedicarse exclusivamente a dirigir las maniobras y a la seguridad de los trabajadores situados en las proximidades.

➤ El operador deberá suspender la maniobra que esté realizando para solicitar nuevas instrucciones cuando no pueda ejecutar las órdenes recibidas con las garantías de seguridad necesarias.




➤ Accesorios de señalización gestual.

El encargado de las señales deberá ser fácilmente reconocido por el operador. El encargado de las señales llevará uno o varios elementos de identificación apropiados tales como chaqueta, manguitos, brazal o casco y, cuando sea necesario, raquetas. Los elementos de identificación indicados serán de colores vivos, a ser posible iguales para todos los elementos, y serán utilizados exclusivamente por el encargado de las señales.




4.1.6. Gestos codificados

El conjunto de gestos codificados que se incluye no impide que puedan emplearse otros códigos, en particular en determinados sectores de actividad, aplicables a nivel comunitario e indicadores de idénticas maniobras.






➤ Gestos generales

Significado	Descripción	Ilustración
Comienzo: Atención Toma de mando	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia adelante.	
Alto: Interrupción Fin de movimiento	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia adelante.	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho	


➤ Movimientos verticales

Significado	Descripción	Ilustración
Izar	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo	
Bajar	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo	
Distancia vertical	Las manos indican la distancia	

➤ Movimientos horizontales

Significado	Descripción	Ilustración
Avanzar	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
Retroceder	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente alejándose del cuerpo.	
Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de las señales	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal	Las manos indican la distancia	

➤ Peligro

Significado	Descripción	Ilustración
Peligro: Alto o parada de emergencia	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	
Rápido	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez	
Lento	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente	

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS GENERALES EN LA OBRA

De forma general, los riesgos que van a existir en cualquier lugar de la obra, independientemente de la fase en la que nos encontremos, son:

- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- Caídas de objetos, bien por desprendimiento, derrumbamiento o manipulación.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Golpe contra o por objetos y herramientas.
- Golpes y contactos con elementos móviles de maquinaria.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.
- Atropellos, golpes y choques contra vehículos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Exposición a temperaturas externas.
- Fuegos.
- Sobreesfuerzos.
- Inhalación o ingestión de sustancias nocivas.
- Causados por seres vivos.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS EN CADA FASE DE OBRA

❖ TRABAJOS PREVIOS.

Previo al inicio de los trabajos, se procederá a la ubicación de las instalaciones de higiene y bienestar, definidas en apartados posteriores.

Se realizará las acometidas de energía eléctrica, agua potable y saneamiento.

Asimismo, se procederá a la colocación de carteles de obra.

Se llevará a cabo el vallado del perímetro de la parcela, según planos.

❖ TRABAJOS TOPOGRÁFICOS.

- Caídas de personas al mismo nivel.

- Desprendimientos de tierras o rocas.
- Atropellos.
- Trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas.
- Picaduras de insectos.
- ❖ DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Vuelco de maquinaria.
 - Desprendimientos de tierras o rocas.
 - Atropellos, colisiones y falsas maniobras.
- ❖ MOVIMIENTO DE TIERRAS.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Vuelco de maquinaria.
 - Desprendimientos de tierras o rocas.
 - Atropellos, colisiones y falsas maniobras.
 - Trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas.
 - Inhalación de polvo.
 - Interferencias con conducciones de servicio.
- ❖ EXCAVACIONES EN ZANJAS.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Caídas de personas al interior de la zanja.
 - Caídas de objetos.
 - Desprendimiento de tierras o rocas.
 - Atrapamiento de personas por maquinaria.
 - Golpes por objetos.
 - Interferencias con conducciones de servicio.
 - Los inherentes al manejo de maquinaria.
- ❖ COLOCACIÓN DE TUBERÍAS.
 - Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
 - Desprendimiento de taludes en zanjas.
 - Golpes y cortes con herramientas manuales.

- Dermatitis por contacto con el cemento.
 - Explosión por gases o líquidos.
 - Inhalación de sustancias nocivas.
 - Electrocuación.
 - Ataque de ratas (entronques con alcantarillas o tuberías subterráneas).
 - Sobreesfuerzos.
- ❖ TERRAPLENES Y RELLENOS.
- Caídas de personas desde las cajas o carrocerías de los vehículos.
 - Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
 - Vuelco de vehículos durante descargas en sentido de retroceso.
 - Interferencias entre vehículos por falta de dirección o señalización en las maniobras.
 - Atropello de personas.
 - Siniestros de vehículos por conducción en ambientes polvorientos de poca visibilidad, por exceso de carga o mal mantenimiento.
 - Vibraciones.
 - Ruido.
 - Los inherentes al manejo de maquinaria.
- ❖ ENCOFRADO Y DESENCOFRADO.
- Caídas a distinto nivel.
 - Desprendimientos por el mal apilado de la madera.
 - Golpes en la cabeza, en las manos, etc.
 - Pisadas sobre clavos.
 - Dermatitis por contacto con el cemento.
 - Sobreesfuerzos.
- ❖ FERRALLADO.
- Caídas de personas al mismo nivel (Tropiezos y torceduras al caminar entre las parrillas).
 - Caídas de objetos.
 - Hundimiento de la superficie de apoyo.

- Atrapamientos.
 - Cortes y heridas en manos, piernas y pies.
 - Pinchazos.
- ❖ **HORMIGONADO.**
- Caídas de personas al mismo nivel.
 - Caídas de objetos.
 - Hundimientos.
 - Atrapamientos.
 - Pisadas sobre objetos punzantes.
 - Dermatitis por contacto con el hormigón.
 - Electrocuación.
 - Vibraciones por el manejo de la aguja vibrante.
 - Ruido.
- ❖ **ALBAÑILERÍA EN EDIFICIO.**
- Caídas de personas al mismo nivel.
 - Proyección de fragmentos a los ojos.
 - Golpes con herramientas.
 - Dermatitis por contacto con el cemento u otros materiales.
- ❖ **FORJADOS.**
- Son de interés los riesgos descritos para los trabajos de encofrado y desencofrado en madera, en cuanto a los elementos y situaciones comunes.
- ❖ **CUBIERTAS.**
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
 - Caídas de objetos a niveles inferiores.
 - Hundimiento de la superficie de apoyo.
 - Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales, piezas cerámicas o de hormigón.
 - Quemaduras (sellados, impermeabilizaciones en caliente).
 - Sobre esfuerzos.

❖ INSTALACIONES.

Instalación eléctrica:

- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- Golpes y cortes causados por herramientas manuales.
- Pinchazos en las manos.
- Pisadas sobre clavos.
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.

Pruebas de conexiónado y puesta en servicio de la instalación eléctrica:

- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.
- Electrocción o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.
- Electrocción o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.
- Electrocción o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocción o quemaduras por puenteo de los mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).
- Electrocción o quemaduras por conexiónados directos sin clavijas macho-hembra.

Instalación de fontanería y de aparatos sanitarios:

- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- Atrapamientos entre piezas pesadas.
- Cortes en las manos por objetos y herramientas.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.
- Explosión (del soporte, botellas de gases licuados, etc.)
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al uso de la soldadura autógena.

❖ FIRMES.

- Caídas al subir o bajar de la máquina.
- Vuelco de maquinaria.
- Atropello de personas.
- Colisión de vehículos.

- Quemaduras.

- ❖ ACERAS.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Cuerpos extraños en los ojos.
 - Cortes en las manos.
 - Dermatitis por contacto con el cemento.

- ❖ JARDINERÍA.
 - Pinchazos.
 - Alergias.

4.3.1. Normas o medidas preventivas y protecciones aplicadas a cada tipo de riesgo

- ❖ CAÍDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL.
 - Medidas preventivas:
 - Se establecerán zonas predeterminadas de acopio de útiles y material, fuera de las zonas de paso del personal.
 - Las zonas de trabajo se encontrarán limpias de puntas, armaduras, virutas, cascotes y escombros. A tal efecto, habrá contenedores en cada zona destinados a recoger los recortes y desechos.
 - Además, se le proporcionará al personal una cantidad suficiente de palas, rastrillos, escobas de brezo, azadones, picos, tablones, bridas, cables, ganchos y lonas de plástico para garantizar la limpieza de la zona de trabajo.
 - Las cremalleras, flejes y elementos disgregables estarán almacenados a granel en bateas o bidones.
 - La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras. Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
 - En invierno, disponer arena y sal gorda sobre los charcos susceptibles de heladas.

- Equipos de protección individual:
 - Calzado de protección con suela con propiedades antideslizantes.
 - Casco protector.

❖ CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL.

- Medidas preventivas:
 - Siempre que sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de una excavación, se dispondrán vallas móviles que se iluminarán cada 10 m con puntos de luz portátil. En general las vallas acotarán no menos de un metro el paso de peatones y dos metros el de vehículos.
 - Las vallas se dispondrán en el borde contrario al que se acopian los productos procedentes de la excavación, o en ambos lados si éstos se retiran.
 - Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto a causa de los distintos trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo, instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra. Esta norma siempre deberá cumplirse cuando existan esperas de armaduras posicionadas verticalmente. Las pasarelas se utilizarán siempre que sea necesario el paso de peatones sobre zanjas, pequeños desniveles y obstáculos.
 - Se revisará diariamente la estabilidad y buena colocación de los andamios, así como el estado de los materiales que lo componen, antes de iniciar los trabajos. Se extremará esta precaución cuando los trabajos hayan estado interrumpidos más de un día y/o en caso de alteraciones atmosféricas de lluvia o heladas.
 - La coronación de muros de contención, se protegerá mediante una barandilla de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié, situada a 0,50 m como mínimo del borde de coronación del muro.
 - Procurar que los materiales, así como la plataforma de apoyo y de trabajo del operario estén a la altura en que se ha de trabajar con ellos. Cada vez que un operario tiene que bajar y subir para recoger material, existe la posibilidad de una caída.
 - De esta forma hay que acortar en lo posible las distancias a recorrer por el material manipulado evitando estacionamientos intermedios entre el lugar de partida del material de montaje y el emplazamiento definitivo de su puesta en obra.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Señalización y balizamiento.
- Barandillas, vallas.
- Iluminación adecuada.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco protector.
- Cinturón de seguridad anticaídas.

❖ CAÍDAS DE OBJETOS.

➤ Medidas preventivas:

- Se evitará el paso de personas bajo las cargas suspendidas.
- Cuando se realicen trabajos en niveles superpuestos se protegerá a los trabajadores de los niveles inferiores con redes, marquesinas rígidas o elementos de protección equivalentes.

- Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

- Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

- Los soportes, cartelas, máquinas, etc., se dispondrán horizontalmente, separando las piezas mediante tacos de madera que aíslen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas.

- La altura máxima del apilado en vertical de piezas será función de la estabilidad que ofrezca el conjunto. En el caso de piezas de madera y estratificadas esta altura no será superior a un metro.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Señalización y balizamiento de las áreas de trabajo en las que existan cargas suspendidas.

➤ Equipos de protección individual:

- Bolsa portaherramientas.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.

- Casco protector contra riesgos mecánicos.

❖ CAÍDA O VUELCO DE MAQUINARIA.

➤ Medidas preventivas:

- Los accesos de vehículos deben ser de superficies regulares, bien compactados y nivelados. Si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que éstas no superen un 11 % de desnivel.

- Al bascular un camión al borde de un talud para rellenar, lo hará a distancia suficiente para evitar el vuelco, y si no hubiese ayudante se pondrá un tope físico que impida que el camión se aproxime en exceso al borde.

- La circulación en las inmediaciones de zanjas, taludes o escalones, deberá realizarse a una distancia superior o como mínimo igual a la profundidad de la posible zona de vuelco o caída.

- En los trabajos de excavación en los que el terreno esté en malas condiciones, se reforzará especialmente la zona sobre la que se encuentre situada la máquina. Se señalará a todos los maquinistas los puntos en los que pudiera estar comprometida la estabilidad de la máquina.

- No se permitirá a los maquinistas realizar operaciones arriesgadas como dejar orugas en el aire o desbrozar y empujar hacia arriba los materiales en fuertes pendientes, dado que las máquinas pueden volcar.

- Cuando el suelo sobre el que trabaje una máquina esté en pendiente, frenarla y trabajar con la máquina y el equipo orientado hacia la pendiente.

- Para desplazarse por dicho terreno, orientar el brazo hacia la parte de abajo, tocando casi el suelo, y realizarlo en todo momento siguiendo la línea de máxima pendiente.

- Para la extracción, trabajar de cara a la pendiente. Al parar, orientar el equipo hacia la parte alta de la pendiente y apoyarlo en el suelo.

- Una pendiente se baja con la misma velocidad que se sube.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Señalización de vías, zanjas y taludes.
- Balizamiento.
- Topes de desplazamiento.

❖ PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS.

- Medidas preventivas:
 - Las máquinas o herramientas con capacidad de corte tendrán el disco protegido con una carcasa antiproyecciones.
 - Acotación de zonas de trabajo.

- Equipos de protección individual:
 - Casco protector contra riesgos mecánicos.
 - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
 - Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.

❖ CUERPO EXTRAÑOS EN LOS OJOS.

- Equipos de protección individual:
 - Gafas de seguridad contra protección de líquidos.
 - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
 - Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.

❖ DERRUMBAMIENTOS.

- Medidas preventivas:
 - Se inspeccionarán antes de la reanudación de los trabajos interrumpidos por cualquier causa el buen comportamiento de las entibaciones, comunicando cualquier anomalía a la Dirección de Obra tras haber paralizado los trabajos sujetos al riesgo detectado.
 - Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo (entibado, etc.).
 - El acopio de materiales y las tierras extraídas en desmontes con cortes de profundidad superior a 1,30 m, se dispondrá a distancia no menor de 2 m del borde del corte.
 - En los cortes de profundidad superior a 1,30 m, siempre que haya operarios trabajando al pie de los mismos, se deberá mantener uno de retén en el exterior, el cual podrá

simultanear su actuación de vigilancia con la de ayudante en el trabajo, dando la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

- Al suspender los trabajos, no deben quedar elementos o cortes del terreno en equilibrio inestable. En caso de imposibilidad material, de asegurar su estabilidad provisional, se aislarán mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome. En cortes del terreno es recomendable cubrirlo con un plástico o lona impermeable para asegurar el mantenimiento de la humedad del propio terreno facilitando su cohesión.

- El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Entibación y señalización de las zonas susceptibles de desplome.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco protector.

❖ DESPRENDIMIENTOS.

➤ Medidas preventivas:

- Antes de iniciar un trabajo se tendrá la certeza de que no puede haber desprendimientos debidos a falta de saneo o trabajos de otros operarios en niveles superiores.

- Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo (entibado, etc).

- Los terrenos muy sueltos deben entibarse verticalmente. Siempre que sea posible, se utilizarán tablestacas metálicas planas o sistemas de entibación deslizante, según proceda.

- Las zonas en las que se puedan producir desprendimientos de rocas o árboles con raíces descarnadas, sobre personas, máquinas o vehículos deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente. Los árboles, postes o elementos inestables deberán apuntalarse adecuadamente con tornapuntas y jabalcones.

- Después de días de lluvia, se revisarán los taludes y elementos de contención, con el fin de detectar las alteraciones del terreno que denoten riesgos de desprendimiento.

- Se inspeccionarán antes de la reanudación de trabajos interrumpidos por cualquier causa el buen comportamiento de las entibaciones, comunicando cualquier anomalía a la Dirección de Obra tras haber paralizado los trabajos sujetos al riesgo detectado.

- No se permitirá que se arranque o cargue material haciendo cueva, ya que podría ser atrapado el maquinista en un desprendimiento.

- Los elementos estructurales inestables deberán apearse y ser apuntalados adecuadamente.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Entibación.
- Señalización.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco protector.

❖ ATRAPAMIENTOS.

➤ Medidas preventivas:

- Toda la maquinaria utilizada durante la obra, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso involuntario de personas u objetos a dichos mecanismos.

- Los perfiles metálicos y las viguetas acopiadas se colocarán de forma acunada para evitar desplazamientos laterales.

- Se prohíbe acceder o bajar de vehículos o maquinaria en marcha, aunque sea a poca velocidad.

➤ Equipos de protección individual:

- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector contra riesgos mecánicos.
- Guantes de protección frente a abrasión.

❖ ATROPELLOS Y/O COLISIONES CON VEHÍCULOS Y/O MAQUINARIA.

➤ Medidas preventivas:

- Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal; en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.

- El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 km/h y ceda el paso. Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en el sentido de salida.

- Siempre que se prevea interferencia entre los trabajos de excavación y las zonas de circulación de peatones o vehículos, se ordenará y controlará por personal auxiliar debidamente adiestrado que vigile y dirija la circulación.

- Se ordenará el tráfico de vehículos y se dispondrá de personal que ayude a los camiones o máquinas en las operaciones de marcha atrás, de forma que estas personas estén fuera del alcance de los vehículos, pero visibles por sus operarios.

- Se prohíbe permanecer o trabajar en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina, ni que circule o permanezca personal al lado opuesto del camión para el que se realiza la carga.

- La distancia mínima entre las partes móviles más salientes de la maquinaria empleada para los trabajos de pilotaje, acopios de materiales y movimientos de tierras, y los obstáculos verticales más próximos, será de 70 cm.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Señalización de las zonas de paso.
- Vallado de las zonas de paso de personas.

❖ GOLPES Y CORTES POR OBJETOS Y/O HERRAMIENTAS.

➤ Medidas preventivas:

- Para evitar el uso continuado de la sierra circular en obra, se procurará que las piezas de pequeño tamaño y de uso masivo en obra (p.e. cuñas), sean realizadas en talleres especializados.

- Antes de la puesta en marcha de dicha sierra, se comprobará siempre el estado del disco y el correcto emplazamiento y articulación de sus protectores y resguardos, así como la no existencia de objetos o recortes en los alrededores de la máquina y que pudieran provocar tropiezos y caídas sobre la misma durante su uso.

- En trabajos de vidriería, las piezas se recibirán del taller con los cantos matados, realizándose durante el montaje únicamente los cortes de ajuste imprescindibles.
- Los desechos o fragmentos de vidrio procedentes de recortes o roturas se recogerán lo antes posible en recipientes destinados para ello y se transportarán a vertedero autorizado, procurando reducir al máximo su manipulación.
- Los vidrios estarán apilados verticalmente sobre una base de material antideslizante, con barandilla rígida de resguardo en aquellas zonas de paso de personal.
- Todas las piezas a usar en los distintos trabajos estarán clasificadas según sus usos y limpias de clavos o aristas vivas.
- La distancia mínima entre las partes móviles más salientes de la maquinaria empleada para el preformado, acopios de armaduras y alcance de las mismas, y los obstáculos verticales más próximos, será de 70 cm en horizontal y 2,5 m en altura en los obstáculos horizontales para evitar alcances a personas.
- Las lámparas portátiles que se utilicen tendrán protección antichoques. Las luminarias estarán colocadas de manera que no supongan riesgo de accidentes para los trabajadores.
- Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz.

➤ Equipos de protección individual:

- Bolsa portaherramientas.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector contra riesgos mecánicos.
- Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores.
- Guantes de protección frente a abrasión.

❖ PISADAS SOBRE OBJETOS PUNZANTES.

➤ Medidas preventivas:

- Las piezas de madera estarán libres de clavos.
- Las zonas de trabajo se encontrarán limpias de puntas, maderas y escombros. A tal efecto, se dispondrá de contenedores para recortes y desechos.

Al finalizar la jornada se retirarán todas las virutas, fragmentos de vidrio y cascotes originados por los trabajos de carpintería y vidriería.

- Así mismo, los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán y acopiarán para su posterior carga y transporte al vertedero. Además se efectuará un barrido periódico de puntas, alambres y recortes de ferralla entorno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

- Se instalarán “caminos de tres tablones de anchura” (60 cm como mínimo) que permitan la circulación sobre forjados en fase de armado de negativos (o tendido de mallazos de reparto). Estas plataformas estarán formadas por tableros de longitud tal que abarquen, como mínimo, tres viguetas.

- Protecciones colectivas:

- Limpieza y orden de las zonas de trabajo.

- Equipos de protección individual:

- Calzado de protección con suela antiperforante.

❖ AFECCIONES EN LA PIEL POR CONDICIONES EXTERNAS.

- Medidas preventivas:

- Cuando se trate de protegerse frente a radiaciones solares, se utilizarán cremas protectoras apropiadas al tipo de piel.

- Elementos de protección colectiva:

- Frente a las radiaciones solares, toldos o elementos apropiados para evitar la radiación directa en los tajos expuestos.

- Equipos de protección individual:

- Guantes de protección frente a abrasión
- Guantes de protección frente a agentes químicos
- Guantes de protección frente a agentes mecánicos.
- Sombrero de paja o gorras.

❖ FUEGO Y EXPLOSIONES.

➤ Medidas preventivas:

- En las zonas donde se ejecuten trabajos de pintura, así como en los lugares de almacenamiento de elementos de madera o materiales inflamables se colocarán señales de seguridad avisando de la presencia de estos materiales y de la prohibición expresa de encender cualquier tipo de llama o fumar en las inmediaciones.

- En el mantenimiento de maquinaria y equipos, no limpiar nunca las piezas con gasolina, salvo en locales muy ventilados y zonas destinadas a tal fin; en cualquier caso no fumar.

- No utilizar nunca un mechero o cerillas para iluminar un motor.

➤ Elementos de protección colectiva:

- Extintor de polvo polivalente.

➤ Equipos de protección individual:

- Guantes de protección frente a abrasión.
- Guantes de protección frente a agentes químicos.
- Guantes de protección frente a calor.

❖ INHALACIÓN O INGESTIÓN DE SUSTANCIAS NOCIVAS.

➤ Medidas preventivas:

- Se evitará la formación de polvo regando ligeramente las zonas de paso de vehículos rodados y aquellas zonas de trabajo que puedan originar polvareda durante su remoción.

➤ Equipos de protección individual:

- Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico.
- Gafas de seguridad para uso básico.
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.

❖ CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS.

➤ Medidas preventivas:

- La distribución desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante canalizaciones enterradas.

- En caso de efectuarse tendido de cables y mangueras, éste se realizará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

- El tendido de los cables para cruzar viales de obra, como ya se ha indicado anteriormente, se efectuará enterrado. Se señalará el "paso del cable" mediante una cubrición permanente de tabloncillos que tendrán por objeto el proteger mediante reparto de cargas, y señalar la existencia del "paso eléctrico" a los vehículos. La profundidad de la zanja mínima, será entre 40 y 50 cm.; el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido, de PVC, rellenándose con hormigón el resto de la zanja en función de la situación de la misma.

- En caso de tener que efectuar empalmes entre mangueras se tendrá en cuenta:

- a) Siempre estarán elevados. Se prohíbe mantenerlos en el suelo.

- b) Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

- c) Los empalmes definitivos se ejecutarán utilizando cajas de empalmes normalizados estancos de seguridad.

- La interconexión de los cuadros secundarios en planta baja, se efectuará mediante canalizaciones enterradas, o bien mediante mangueras, en cuyo caso serán colgadas a una altura sobre el pavimento en torno a los 2 m., para evitar accidentes por agresión a las mangueras por uso a ras del suelo.

- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.

- Las mangueras de "alargadera", si son para cortos periodos de tiempo, podrán llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

- Los cables eléctricos que presenten defectos del cubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

- Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de "peligro, electricidad".
- Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de "pies derechos" estables.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de "peligro, electricidad".
- Se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien, a "pies derechos" firmes.
- Se prohíben las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea: " NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".
- La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables sólo la efectuarán los electricistas.
- Los cuadros eléctricos no se instalarán en el desarrollo de las rampas de acceso al fondo de la excavación (pueden ser arrancados por la maquinaria o camiones y provocar accidentes).
- Los cuadros eléctricos de intemperie, por protección adicional se cubrirán con viseras contra la lluvia.
- Los cuadros eléctricos, en servicio, permanecerán cerrados con las cerraduras de seguridad de triángulo (o de llave) en servicio.
- No se permite la utilización de fusibles rudimentarios (trozos de cableado, hilos, etc.). Hay que utilizar "cartuchos fusibles normalizados" adecuados a cada caso.
- Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:
 - Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.
 - Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

- Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

- Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberán ser homologadas.

- Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

- En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen el riesgo.

- Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislantes (vinilo).

➤ Protecciones colectivas:

- Delimitación y señalización de la zona donde se efectúen trabajos eléctricos.
- Señalización de cuadros eléctricos y del paso de cables por viales de obra.

➤ Equipo de protección individual:

- Calzado con protección contra descargas eléctricas.
- Casco protector contra riesgos eléctricos.
- Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos.

❖ CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS.

➤ Medidas preventivas:

- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra en una primera fase se efectuará a través de una pica o placa a ubicar junto al cuadro general, desde el que se distribuirá a la totalidad de los receptores de la instalación.

- La red general de tierra será única para toda la instalación, incluidas las uniones a tierra de los carriles para estancia o desplazamiento de las grúas.

- Caso de que las grúas pudiesen aproximarse a una línea eléctrica de media o alta tensión carente de apantallamiento aislante adecuado, la toma de tierra deberá ser eléctricamente independiente de la red general de tierra de la instalación eléctrica provisional de obra.

- Los receptores eléctricos dotados de sistema de protección por doble aislamiento y los alimentados mediante transformador de separación de circuitos, carecerán de conductor de protección, a fin de evitar su referenciación a tierra. El resto de carcasas de motores o máquinas se conectarán debidamente a la red general de tierra.

- Las tomas de tierra estarán situadas en el terreno de tal forma, que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.

- La conductividad del terreno se aumentará vertiendo en el lugar de hincado de la pica (placa o conductor) agua de forma periódica.

- El punto de conexión de la pica (placa o conductor), estará protegido en el interior de una arqueta practicable.

- El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible, y como máximo será igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad (Vs), que en locales secos será de 50 V y en los locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad en amperios del diferencial (A).

- La iluminación de los tajos será mediante proyectores ubicados sobre "pies derechos" firmes.

- La energía eléctrica que deba suministrarse a las lámparas portátiles para la iluminación de tajos encharcados (o húmedos), se servirá a través de un transformador de corriente con separación de circuitos que la reduzca a 24 V.

- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.

- La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.

- En las inmediaciones de zonas eléctricas en tensión se mantendrán las distancias de seguridad: Alta y Media tensión 5 m y Baja tensión 3 m.

- Los postes provisionales de los que colgar las mangueras eléctricas no se ubicarán a menos de 2 m. (como norma general), del borde de la excavación, carretera y asimilables.

- El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso para vehículos o para el personal y nunca junto a escaleras de mano.

- Diariamente, antes de poner en funcionamiento el equipo de soldadura, se revisarán los cables de alimentación, conexiones, pinzas y demás elementos del equipo eléctrico.

❖ CONTACTOS TÉRMICOS.

➤ Medidas preventivas:

- Los grupos electrógenos tendrán en sus inmediaciones un extintor con agente seco o producto halogenado para combatir incendios. Como es obvio, no se debe utilizar jamás agua o espumas, para combatir incendios en grupos electrógenos o instalaciones eléctricas en general.

- Se prohíbe colocar focos para alumbrado reposando sobre las armaduras.

➤ Protecciones colectivas:

- Extintor de polvo polivalente.

➤ Protecciones individuales

- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.

❖ CAUSADOS POR SERES VIVOS.

➤ Medidas preventivas:

- Conocimiento de las conducciones subterráneas que pudieran existir en la zona.

- Iluminación suficiente para poder ver. La energía eléctrica se suministrará a 24 V y todos los equipos serán blindados.

➤ Protecciones individuales:

- Casco de polietileno con equipo de iluminación autónoma.

- Guantes de cuero, goma y P.V.C.
- Calzado de seguridad.
- Botas de seguridad de goma.
- Ropa de trabajo.
- Equipo de iluminación autónoma.

❖ VIBRACIONES.

➤ Protecciones individuales:

- Cinturón antivibratorio.
- Muñequeras antivibratorias.

❖ SOBRESFUERZOS.

➤ Medidas preventivas:

- Para poder mecanizar las manipulaciones de cargas y reducir los sobreesfuerzos, es conveniente paletizar los materiales.
- Hay que evitar la manipulación manual de cargas en los siguientes casos:
 - Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.
 - Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.
 - Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.
 - Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.
 - Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.
- Se debe evitar realizar esfuerzos físicos, en los siguientes casos:
 - Cuando es demasiado importante.
 - Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.
 - Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.
 - Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.
 - Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

- Puede aumentar el riesgo de sobreesfuerzo cuando el puesto de trabajo reúne las siguientes características:

- Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.

- Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.

- Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.

- Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de carga en niveles diferentes.

- Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.

- Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.

- Cuando la iluminación no sea adecuada.

- Es aconsejable evitar que la actividad que se realice implique alguna de las siguientes exigencias:

- Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.

- Periodo insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.

- Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

- Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

- Protecciones individuales:

- Cinturón o faja de protección lumbar.

❖ RUIDO.

- Protecciones individuales:

- Protectores auditivos.

4.4. MAQUINARIA: RIESGOS, NORMAS PREVENTIVAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

❖ RETROEXCAVADORA.

- Riesgos más comunes:

- Atropello.
 - Vuelco de la máquina.
 - Choque contra otros vehículos.
 - Quemaduras.
 - Atrapamientos.
 - Caída de personas desde la máquina.
 - Golpes.
 - Ruido.
 - Vibraciones.
- Normas o medidas preventivas:
- Conocimiento del trabajo a realizar, zonas para desplazarse y lugares peligrosos.
 - Comprobación del estado de funcionamiento de la máquina, no trabajar con la máquina averiada.
 - El personal de obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes, es conveniente tener localizada la zona de trabajo.
 - La cabina será antivuelco y anti-impacto.
 - Al circular lo hará con la cuchara plegada.
 - Durante la excavación, la maquinaria estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.
 - No se permitirá acceder a la máquina personas no autorizadas.
 - Cuando se desplace por terrenos inclinados, situará el brazo hacia la parte alta de la pendiente.
 - Los materiales excavados se depositaran a más de 2 m. de la zanja para no sobrecargar el terreno.
 - Regulará el asiento para acceder con facilidad a los mandos.
- Equipos de protección individual:
- Casco de seguridad.
 - Ropa de trabajo adecuada.
 - Botas antideslizantes.
 - Cinturón elástico antivibratorio.

- Guantes de cuero.

❖ PALA CARGADORA.

- Riesgos más comunes:
 - Caídas de personas desde la máquina.
 - Atropellos, colisiones y falsas maniobras.
 - Vuelco de la máquina.
 - Atrapamientos.
 - Golpes.
 - Vibraciones.
 - Ruido.
- Normas o medidas preventivas:
 - Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado.
 - Se prohíbe transportar a personas en el interior de la cuchara, peldaños, guardabarros o cualquier otro lugar no adecuado a tal efecto.
 - No se admitirán máquinas desprovistas de cabinas antivuelco o pórticos de seguridad.
 - Cuando el conductor abandone la máquina deberá desconectar el motor, apoyar la cuchara en el suelo y quitar la llave de contacto.
 - Se prohíbe arrancar el motor sin cerciorarse de que no hay nadie en la zona de trabajo de la pala. Además, se asegurará de que no existe peligro para las personas que se encuentren trabajando próximas al lugar de excavación.
 - Durante los transportes de tierra, la cuchara permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse con la máxima estabilidad.
 - Circulará por las zonas señaladas y a velocidad adecuada.
 - No trabajar en las proximidades de una línea eléctrica con tensión sin asegurarse que se han tomado las medidas oportunas, desconexión de la red o distancias de seguridad.
 - El suelo donde se estaciona la máquina debe ser firme y sólido, libre de charcos y lo más horizontal posible.
 - Comprobación y conservación periódica de los elementos de la máquina.

- Equipos de protección individual:
 - El operador de la máquina llevará en todo momento casco de seguridad.
 - Botas antideslizantes.
 - Protección auditiva (cascos o tapones).
 - Ropa de trabajo.
 - Guantes.
 - Gafas para el polvo.
 - Cinturón antivibratorio.

❖ CAMIÓN BASCULANTE.

- Riesgos más comunes:
 - Caídas de personas desde la máquina.
 - Atropellos, colisiones y falsas maniobras.
 - Vuelco de la máquina.
 - Atrapamientos (apertura o cierre de la caja).
- Normas o medidas preventivas:
 - Las entradas y salidas de la obra se realizarán con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
 - La carga no superará la máxima marcada por el fabricante, para prevenir los riesgos de sobrecarga.
 - Si por cualquier circunstancia, tuviera que parar en la rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
 - La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
 - Respetará todas las normas del código de circulación, así como la señalización de la obra.
 - La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
 - Los camiones estarán en perfectas condiciones de mantenimiento y conservación.
 - No se permitirá que personas no autorizadas accedan al camión.

- Equipos de protección individual:
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
 - Casco de seguridad (si sale de la cabina).

❖ DUMPER.

Este vehículo suele utilizarse para la realización de transportes de poco volumen (masas, escombros, tierras). Es una máquina versátil y rápida.

- Riesgos más comunes:
 - 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.

- Normas o medidas preventivas:
 - Con el vehículo cargado deben bajarse 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 se colocará un tope que impida el avance del dumper más allá de una distancia prudencial, teniendo en cuenta el ángulo natural del talud.

- Si la descarga es lateral, dicho tope se prolongará el extremo 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 pueda utilizarlo.
- Se revisará la carga antes de iniciar la marcha observando su correcta disposición y que no provoque desequilibrio en la estabilidad del dumper.
- Las cargas serán apropiadas al tipo de volquete disponible y nunca dificultarán la visión del conductor.
- En previsión de accidentes, se prohíbe el transporte de piezas (puntales, tablones y similares) que sobresalgan lateralmente del cubilote del dumper.
- Se prohíbe expresamente, conducir los dumpers a velocidades superiores a los 20 Km. por hora.
- Los conductores de dumpers estarán en posesión del carnet de clase B, para poder ser autorizados a su conducción.
- El conductor del dumper 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 descompresor.
- La revisión general del vehículo y su mantenimiento deben seguir las instrucciones marcadas por el fabricante. Es aconsejable la existencia de una manual de mantenimiento preventivo en el que se indiquen las verificaciones, lubricación y limpieza a realizar periódicamente en el vehículo.

- Equipos de protección individual:
 - Casco de seguridad.
 - Botas de seguridad.

- ❖ COMPACTADORA.
 - Riesgos más comunes:
 - Atropellos y colisiones.
 - Vuelcos.
 - Caídas al subir o bajar de la máquina.
 - Vibraciones.

 - Normas o medidas preventivas:
 - Los conductores serán personas cualificadas.
 - Se prohíbe el acceso y manejo de la máquina a personas no autorizadas.
 - Antes de comenzar el trabajo, se comprobará mediante maniobras lentas que todos los mandos responden perfectamente.
 - No se liberarán los frenos de la máquina en posición de parada si antes no se han colocado los tacos.
 - No saltar directamente al suelo, utilizar los peldaños y asideros dispuestos para tal menester.
 - La compactadora debe estar dotada de luces de marcha y bocina, así como cabina antivuelco.
 - El repostaje se realizará en un lugar apropiado, evitando fumar y cualquier tipo de fuego en las proximidades.

 - Equipos de protección individual:
 - Casco de seguridad.
 - Protectores auditivos.
 - Cinturón antivibratorio.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas adecuadas para la conducción.
 - Guantes de cuero.

❖ PISONES (PEQUEÑAS COMPACTADORAS).

➤ Riesgos más comunes:

- Caídas al mismo nivel.
- Ruido.
- Atrapamientos.
- Golpes.
- Máquina en marcha fuera de control.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.

➤ Normas o medidas preventivas:

• El personal que deba manejar el pisón, conocerá perfectamente el manejo y los riesgos de que conlleva su uso.

• Antes de poner en funcionamiento el pisón hay que asegurarse de que están montados todas las tapas y carcasas protectoras.

• La máquina se deberá guiar en avance frontal, evitando desplazamientos laterales.

- Es aconsejable regar la zona de trabajo, ya que se generará polvo ambiental.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad, con protectores auditivos incorporados.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de trabajo.

❖ HORMIGONERA.

➤ Riesgos más frecuentes:

- Atrapamientos (paletas, engranajes, etc.)
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.

- Golpes por elementos móviles.
 - Polvo ambiental.
 - Ruido ambiental.
- Normas o medidas preventivas:
- Las hormigoneras se ubicarán en los lugares reseñados para tal efecto en los "planos de organización de obra".
 - Las hormigoneras a utilizar, tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión -correas, corona y engranajes-, para evitar los riesgos de atrapamiento.
 - Las carcasas y demás partes metálicas de las hormigoneras estarán conectadas a tierra.
 - La botonera de mandos eléctricos de la hormigonera lo será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.
 - Las operaciones de limpieza directa-manual, se efectuarán previa desconexión de la red eléctrica de la hormigonera, para previsión del riesgo eléctrico y de atrapamientos.
 - Las operaciones de mantenimiento estarán realizadas por personal especializado para tal fin.
- Equipos de protección individual:
- Casco de seguridad.
 - Equipo impermeable.
 - Botas de seguridad.
- ❖ CAMIÓN HORMIGONERA.
- Riesgos más comunes:
- Atropellos y colisiones.
 - Vuelco del camión.
 - Golpes por el manejo de canaletas.
 - Ruido y vibraciones.
 - Los derivados del contacto con el hormigón.

➤ Normas o medidas preventivas:

- El recorrido de los camiones-hormigoneras en el interior de la obra se efectuará por las zonas señaladas, con gran prudencia y nunca en planos inclinados que superen el 20% de desnivel.

- Las operaciones de vertido se realizarán sin que las ruedas de los camiones-hormigoneras se acerquen a 2 m. del corte del terreno.

- Cuando los conductores salgan de la cabina, deberán parar el vehículo y colocarse el casco de seguridad.

- Las operaciones de limpieza de la cuba y canaletas se realizará en lugares adecuados.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Equipo impermeable, guantes, mandil y botas.
- Botas de seguridad.

❖ GRÚA MÓVIL.

➤ Riesgos más comunes:

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos.
- Atropellos a personas.
- Golpes por la carga.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Caídas desde la máquina.

➤ Normas o medidas preventivas:

- El manejo de la grúa deberá hacerlo personal cualificado.
- Se prohíbe el acceso y manejo de la máquina a personas no autorizadas.
- Antes de empezar el día de trabajo debe comprobarse su funcionamiento.

Además, se extenderán los gatos estabilizadores y si el terreno es blando se colocarán tablones debajo de éstos para el reparto de cargas, evitando situarse en terrenos propensos a hundimientos.

- El gancho estará dotado de pestillo de seguridad.
 - Cumplir las normas de carga.
 - La carga será observada en todo momento por el gruista o su auxiliar, se evitará volarla sobre personas o que ésta salga de la zona de trabajo.
 - Subir y bajar de frente a la máquina, por los lugares previstos para ello.
 - En caso de tormentas próximas o fuertes vientos se detendrá el trabajo.
 - Queda prohibido permanecer o realizar trabajos en un radio de 5 m. en torno a la grúa.
 - Se debe asegurar la inmovilidad del brazo de la grúa antes de iniciar ningún desplazamiento, poniéndolo en posición de viaje, evitando así accidentes por movimientos descontrolados.
 - Para la elevación de distintos materiales se utilizará en cada caso la jaula, cesto, palets, etc., que sea más segura para su transporte.
 - Los cables de sustentación de cargas que presenten un 10% de hilos sueltos deben ser sustituidos inmediatamente.
 - No se debe fumar al reportar, ni permitir la existencia de fuego en las proximidades.
- Equipos de protección individual:
- Casco de seguridad (si abandona la cabina).
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
- ❖ SOLDADURA ELÉCTRICA.
- Riesgos más comunes:
- Caída del personal.
 - Quemaduras.
 - Contactos eléctricos.
 - Deslumbramientos.
 - Pisadas de objetos punzantes.
 - Proyección de partículas.
 - Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.

- Normas o medidas preventivas:
 - El personal encargado de soldar debe ser especialista en estas tareas.
 - La zona de trabajo debe estar limpia (en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes) y seca (en prevención de riesgo eléctrico).
 - Se prohíbe la utilización de pinzas porta electrodos deteriorados o sin el soporte de manutención en material aislante.
 - Las piezas punteadas no tienen fuerza por lo que no se consideran seguras hasta haber concluido el cordón.
 - En las soldaduras en altura se utilizará el cinturón de seguridad, así como redes ignífugas y pantallas de protección contra las proyecciones de materiales en estado de fusión; las colas de los electrodos se depositaran en un recipiente para tal uso, no se tirarán al vacío.

- Normas preventivas para los soldadores:
 - Las radiaciones del arco voltaico son perniciosas para su salud, protéjase con el yelmo de soldar o la pantalla de mano siempre que suelde.
 - No mire directamente al arco voltaico, ya que la intensidad luminosa puede producirle lesiones en los ojos.
 - No debe de haber personas debajo del soldador en su vertical, así se evitarán quemaduras fortuitas.
 - No utilice mangueras con la protección externa deteriorada o rota.
 - Cuando deba picar el cordón de soldadura use gafas para protegerse los ojos de las esquirlas de cascarilla desprendidas.
 - No tocar las soldaduras recién hechas, pueden encontrarse a temperaturas que podrían producirle quemaduras graves.
 - Compruebe que el grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura.
 - Se debe desconectar totalmente el grupo cuando se haga una pausa considerable o se finalice el trabajo.

- Equipos de protección individual:
 - Casco de seguridad.
 - Pantalla o yelmo de soldador.
 - Gafas para las proyecciones.

- Ropa de cuero, mandil, polainas manguitos, guantes.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad.

❖ GRUPO ELECTRÓGENO.

- Riesgos más comunes:
 - Contacto eléctrico.
 - Quemaduras.
 - Deslizamiento y/o vuelco de la máquina
 - Atrapamientos.
- Normas o medidas preventivas:
 - La instalación del grupo debe realizarse por personal debidamente preparado, así como las manipulaciones, reparaciones o modificaciones.
 - Se colocarán próximos al cuadro general o a las máquinas a las que suministren la energía eléctrica que producen; los cables que transportan la corriente, estarán debidamente protegidos y aislados.
 - Antes de ponerlas en funcionamiento deben tener todas las carcasas y protectores colocados; es conveniente colocarlos debajo de un techo, pero no en locales.
 - Estarán debidamente anclados en terreno horizontal, o frenada y calzada, no deben moverse durante su funcionamiento.
 - Cada grupo deberá poseer su cuadro de maniobras en perfecto estado, todos sus elementos de seguridad deben funcionar en caso necesario (puesta a tierra, fusibles, diferenciales, interruptores etc.).
 - En caso de reparación, parar la máquina y desconectar el interruptor general.
 - No abrir la tapa del radiador en caliente.
 - Los cambios de aceite se deberán hacer en frío.
 - Utilizar guantes para manipular la batería.
 - Asegurar la existencia de extintores en las proximidades.
 - La operación de abastecimiento de combustible al motor de arrastre se realizará evitando derrames innecesarios, el combustible debe almacenarse en lugar alejado.

➤ Equipos de protección individual:

- Banqueta aislante.
- Guantes aislantes.
- Herramientas adecuadas.

❖ COMPRESOR.

➤ Riesgos más comunes:

- Ruido.
- Deslizamiento y/o vuelco de la máquina.
- Atrapamientos.
- Golpes.
- Rotura de manguitos
- Contacto eléctrico.
- Quemaduras.

➤ Normas o medidas preventivas:

- Antes de la puesta en marcha, revisar el estado de mangueras, manómetros y uniones, u sustituir aquello que se encuentre en mal estado.
- No se colocarán próximos a zanjas, evitando su vuelco o caída en ellas.
- Si el ruido producido supera los niveles permitidos, se aislará el compresor o se dotará al personal de protectores auditivos adecuados.
- Con el calderón despresurizado, se purgará periódicamente el agua de condensación acumulado en el mismo.
- Se elevarán las mangueras procurando no interferir en los pasos.
- Al terminar el trabajo se recogerán las mangueras y se despresurizarán todos los circuitos.

➤ Equipos de protección individual:

- Protectores auditivos.
- Si se utiliza martillos neumáticos se tendrá presente las fuertes vibraciones que estos producen en los operarios que los manejan, la ubicación del puesto de trabajo y el elemento a demoler (taladrar o romper).

❖ CAMIÓN CUBA.

- Riesgos más comunes:
 - Atropellos a personas.
 - Vuelco.
 - Colisión.

- Normas o medidas preventivas:
 - Se prohíbe el acceso y manejo de la máquina a personas no autorizadas.
 - Antes del comienzo de la jornada se inspeccionará el buen funcionamiento de los sistemas de señalización propios y no se trabajará con la máquina averiada o con deficiencias.
 - Se respetarán todas las normas de circulación y señalizaciones de la obra.
 - Si la carga de agua se realiza en zona peligrosa se establecerán fuertes topes de final de recorrido y si fuese necesario se colocarán vallas y barandillas.
 - Cuando produzca el riego de las vías evitará la formación de charcos.
 - No se debe fumar al reportar, ni permitir la existencia de fuego en las proximidades.

- Equipos de protección individual:
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
 - Casco de seguridad (si sale de la cabina).

❖ SIERRA CIRCULAR.

- Riesgos más frecuentes:
 - Cortes.
 - Golpes por objetos.
 - Emisión de partículas.
 - Emisión de polvo.
 - Contacto con la energía eléctrica.

- Normas o medidas preventivas:
 - La máquina tendrá en todo momento colocada la protección del disco y de las correas.
 - La madera a cortar estará libre de incrustaciones pétreas, clavos, etc.
 - La zona se mantendrá limpia para evitar las caídas sobre el disco.
 - No deberá ser utilizada por persona distinta al profesional que la tenga a su cargo y si es necesario se la dotará de llave de contacto.
 - El operario deberá emplear siempre gafas o pantalla faciales.
 - Nunca se empujará la pieza con los dedos pulgares de las manos extendidas.
 - En el caso de lluvia se cubrirá la máquina con material impermeable.
 - La instalación eléctrica dispondrá de diferenciales de alta sensibilidad y los cables e interruptores deben estar en buen uso.
 - La máquina debe estar perfectamente nivelada.
 - En caso de atascamiento desconecte la energía eléctrica.

- Equipos de protección individual:.
 - Caso de seguridad.
 - Gafas de seguridad.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.

❖ HERRAMIENTAS MANUALES.

- Riesgos más comunes:
 - Golpes en las manos y los pies.
 - Cortes en las manos.
 - Proyección de partículas.
 - Caídas al mismo o distinto nivel.

- Normas o medidas preventivas:
 - Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.

- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.

- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.

- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas antiproyecciones.

❖ MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

Son aquellas pequeñas herramientas accionadas con energía eléctrica: sierras, cepilladoras metálicas, taladros, rozadoras, etc.

➤ Riesgos más comunes:

- Ruido.
- Cortes y golpes.
- Contactos eléctricos.
- Vibraciones.
- Caída de objetos.
- Proyección de fragmentos.
- Quemaduras.

➤ Normas o medidas preventivas:

- Se prohíbe el uso de máquinas herramientas a personal no autorizado.
- Las máquinas-herramientas eléctricas estarán protegidas mediante doble aislamiento.

- Deberán tener un interruptor incorporado en las armaduras o empuñadura de tal forma que permita la parada con facilidad y rapidez.

- Las reparaciones se realizarán con la máquina desconectada.

- Los cables de alimentación estarán protegidos por material resistente y se evitará que sean demasiado largos, instalando enchufes en puntos próximos.
- Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores, como ambientes húmedos y en trabajos en contacto o dentro de grandes masas metálicas (soldaduras de armaduras, tuberías, etc.), la alimentación se realizará mediante conexión a transformadores de 24 V.
- Las lámparas eléctricas portátiles tendrán mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia mecánica y se las dotará de un gancho para poder colgarlas.
 - No deben utilizarse en obras enchufes y tomas de porcelana porque se rompen con facilidad, es preferible que sean de goma o material suficientemente resistente.
 - Las máquinas herramientas accionadas por aire comprimido estarán dotadas de camisas insonorizadoras.
 - Queda prohibida la utilización de herramientas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o con ventilación insuficiente.
 - Las máquinas herramientas con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
 - Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro abandonadas en el suelo o en marcha, aunque sea con movimiento residual.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de seguridad.
- Guantes de goma.
- Botas de seguridad.
- Gafas antiproyecciones.

4.5. MEDIOS AUXILIARES: RIESGOS, NORMAS PREVENTIVAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Se ha previsto utilizar los elementos auxiliares que se describen a continuación. Se detallarán los riesgos más comunes durante el montaje y la utilización de estos medios

auxiliares. Asimismo se describen las normas preventivas y los equipos de protección individual, a fin de que los riesgos queden anulados o reducidos.

❖ PUNTALES.

Este elemento auxiliar es manejado normalmente por el carpintero encofrador o por los peones.

- Riesgos más frecuentes:
 - Caída desde altura de: las personas (durante la instalación) y/o de los puntales (por incorrecta instalación o durante las maniobras de transporte elevado).
 - Caída de elementos conformadores del puntal sobre los pies.
 - Golpes en diversas partes del cuerpo durante la manipulación.
 - Atrapamiento de dedos (extensión y retracción).
 - Vuelco de la carga durante operaciones de carga y descarga.
 - Rotura del puntal por fatiga del material o por mal estado (corrosión interna y/o externa).
 - Deslizamiento del puntal por falta de acañamiento o de clavazón.
 - Desplome de encofrados por causas de la disposición de puntales.

- Normas o medidas preventivas generales:
 - Los puntales se acoplarán 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, tras el desencofrado, el amontonamiento irregular de los puntales.
 - Los puntales se izaran (o descenderán) a las plantas en paquetes uniformes sobre bateas, flejados por los dos extremos; el conjunto se suspenderá, mediante aparejo de eslingas, del gancho de la grúa torre.
 - Se prohíbe la carga a hombro de más de dos puntales por persona en prevención de sobreesfuerzos.
 - Los puntales, siempre se apoyarán de forma perpendicular a la cara del tablón.
 - El reparto de la carga sobre las superficies apuntaladas se realizará uniformemente.

- Se prohíbe las sobrecargas en los puntales.
- Normas o medidas preventivas en puntales de madera:
 - Serán de una sola pieza, en madera sana, preferiblemente sin nudos y seca.
 - Estarán descortezados con el fin de poder ver el estado real del rollizo.
 - Tendrán la longitud adecuada para la misión a realizar.
 - Se acuñarán, con doble cuña de madera superpuesta en la base, clavadas entre sí.
 - Se prohíbe el empalme o suplementación con tacos (o fragmentos de puntal, materiales diversos y asimilados) de los puntales.
 - Todo puntal agrietado se rechazará para el uso de transmisión de cargas.
- Normas o medidas preventivas en puntales metálicos:
 - Tendrán la longitud adecuada para la misión a realizar.
 - Estarán en perfectas condiciones de mantenimiento (ausencia de óxido, pintados, con todos sus componentes, etc).
 - Los tornillos sin fin estarán engrasados, en prevención de esfuerzos innecesarios.
 - Carecerán de deformaciones en el fuste (abolladuras o torcimientos).
 - Estarán dotados, en sus extremos, de las placas para apoyo y clavazón.
- Equipos de protección individual:
 - Casco de seguridad.
 - Ropa de trabajo.
 - Guantes de cuero.
 - Cinturón de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Las propias del trabajo específico en el que empleen puntales.

❖ ESCALERAS DE MANO.

Este medio auxiliar suele estar presente en todas las obras, sea cual sea su entidad. Al comienzo de las obras, suelen ser de fabricación rudimentaria, lo cual debe impedirse al tratarse de una práctica contraria a la seguridad.

- 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 montaje peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras "cortas" para la altura a salvar, etc).

- Normas o medidas preventivas:
 1. Para escaleras de madera:
 - Las escaleras de madera tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
 - Los peldaños estarán ensamblados y no clavados.
 - Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

 2. Para escaleras metálicas:
 - Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
 - Estarán pintadas con pintura antioxidante que las preserve de las agresiones de la intemperie.
 - No estarán suplementadas con uniones soldadas.

 3. Para escaleras de tijera:
 - Son de aplicación las condiciones enunciadas en los apartados anteriores.
 - Estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura; y hacia la mitad de su altura, de cadenilla (o cable de acero) de limitación de apertura máxima.
 - Las escaleras de tijera se utilizarán siempre como tales abriendo ambos largueros para no mermar su seguridad.

- Se montaran sobre pavimentos horizontales y con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar de seguridad.

- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.

- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas, para realizar un determinado trabajo, obliga a ubicar los pies en los 3 últimos peldaños.

4. Para escaleras de mano, independientemente del tipo de material:

- Se prohíbe su utilización para alturas superiores 5 m.

- Estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes.

- Estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.

- 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 transportar pesos (a mano o a hombro) iguales o superiores a 25 Kgs. sobre las escaleras de mano.

- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar su estabilidad.

- Se prohíbe la utilización simultánea de la escalera a dos o más operarios.

- El ascenso y descenso, así como el trabajo, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de polietileno.

- Botas de seguridad.

- Calzado antideslizante.

- Cinturón de seguridad Clase A o C.

❖ ANDAMIOS (en general).

➤ Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo o distinto nivel.

- Desplome del andamio.

- Desplome o caída de objetos (tablones, herramientas, materiales).

- Golpes por objetos o herramientas.
 - Atrapamientos.
- Normas o medidas preventivas:
- Se deberá proveer a los trabajadores de andamiajes adecuados en todos los trabajos que resulten peligrosos si se realizan con escaleras de mano u otros medios.
 - Los andamiajes no se deberán construir, desmontar o modificar considerablemente, a no ser:
 - bajo la dirección de una persona competente y responsable.
 - siempre que sea posible, por trabajadores cualificados y acostumbrados a este género de trabajo.
 - Todos los andamiajes y dispositivos que los completan, deberán:
 - estar contruidos con materiales de buena calidad.
 - tener la resistencia necesaria, habida cuenta de las cargas y tensiones que hayan de soportar.
 - ser conservados en buen estado.
 - Los andamiajes no deberán estar sobrecargados y la carga deberá estar equitativamente repartida.
 - Los tramos verticales (módulos o pies derechos) de los andamios se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas.
 - La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm. en prevención de caídas.
 - Las plataformas de trabajo deberán:
 - construirse de tal suerte que ninguna de sus partes pueda sufrir una flexión exagerada o desigual.
 - construirse y conservarse en forma tal que reduzcan, dentro de lo posible, y habida cuenta de las condiciones existentes, los riesgos de tropiezo o resbalón de las personas.
 - mantenerse libres de todo obstáculo inútil.
 - Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento 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 e intercomunicación necesaria para la realización de los trabajos.

- Se prohíbe fabricar morteros directamente sobre las plataformas de los andamios.

- 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.

- Los materiales que se encuentren en el tajo no se deberán apilar o colocar en forma que puedan constituir un peligro para las personas.

- Los reconocimientos médicos previos para la admisión del personal que deba trabajar sobre los andamios intentarán detectar aquellos trastornos orgánicos (vértigo, epilepsia, trastornos cardíacos, etc.) que puedan provocar accidentes al operario.

- Los resultados de los reconocimientos se presentarán a la Dirección Facultativa (o a la Jefatura de Obra).

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad (según casos).
- Calzado antideslizante (según casos).
- Cinturón de seguridad (clases A y C).
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.

❖ ANDAMIOS SOBRE BORRIQUETAS.

Están formados por un tablero horizontal de 60 cm. de anchura mínima, colocado sobre dos apoyos en forma de 'V' invertida.

➤ Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo o distinto nivel.

- Golpes o aprisionamientos durante las operaciones de montaje y desmontaje.
 - Los derivados del uso de tablones y madera de pequeña sección o en mal estado (roturas, fallos, cimbreo).
- Normas o medidas preventivas:
- Las borriquetas siempre se montaran perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas.
 - Las borriquetas de madera, estarán sanas, perfectamente encoladas y sin oscilaciones, deformaciones y roturas, para eliminar los riesgos por fallo, rotura espontánea y cimbreo.
 - Las plataformas de trabajo se anclaran perfectamente a las borriquetas, para evitar balanceos y otros movimientos indeseables.
 - Las plataformas de trabajo sobre borriquetas, tendrán una anchura mínima de 60 cm. (3 tablones trabados entre sí), y el grosor del tablón será como mínimo de 5 cm.
 - Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las borriquetas más de 40 cm. para evitar el riesgo de vuelcos por basculamiento.
 - Las borriquetas no estarán separadas "a ejes" entre si más de 2,5 m. para evitar las grandes flechas, indeseables para las plataformas de trabajo, ya que aumentan los riesgos al cimbrar.
 - Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas.
 - Se prohíbe la sustitución de las borriquetas por bidones, pilas de materiales, etc, para evitar situaciones inestables.
 - Sobre los andamios sobre borriquetas, sólo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablones.
 - Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenas limitadores de la apertura máxima, tales, que garanticen su perfecta estabilidad.
 - Los andamios sobre borriquetas, a partir de los 2 m. de altura, estarán recercados de barandillas sólidas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié.

- Se prohíbe formar andamios sobre borriquetas metálicas simples cuyas plataformas de trabajo deban ubicarse a más de 6 metros de altura.
- Se prohíbe trabajar sobre escaleras o plataformas sustentadas en borriquetas, apoyadas a su vez sobre otro andamio de borriquetas.
- La madera a emplear será sana, sin defectos ni nudos a la vista, para evitar los riesgos por rotura de los tablones que forman una superficie de trabajo.

➤ Equipos de protección individual:

Serán preceptivas las prendas en función de las tareas específicas a desempeñar. No obstante durante las tareas de montaje y desmontaje se recomienda el uso de:

- Casco.
- Guantes de cuero.
- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad (clase A o C).

❖ ANDAMIOS METÁLICOS TUBULARES.

➤ Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.

➤ Normas o medidas preventivas:

Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones preventivas:

- No se iniciará un nuevo nivel sin antes haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad.
- La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidada será tal, que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a él el fiador del cinturón de seguridad.

- Las barras, módulos tubulares y tablones, se izarán mediante sogas de cáñamo de Manila atadas con "nudos de marinero" (o mediante eslingas normalizadas).
- Las plataformas de trabajo:
 - se consolidarán inmediatamente tras su formación mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
 - tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura.
 - se limitarán delantera, lateral y posteriormente, por un rodapié de 15 cm.
 - tendrán montada sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
 - se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pagadores clavados a los tablones.
- Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los "nudos" o "bases" metálicas, o bien mediante las mordazas y pasadores previstos, según los modelos comercializados.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de las bases niveladas sobre tornillos sin fin (husillos de nivelación), con el fin de garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- Los módulos de base de los andamios tubulares, se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas en las zonas de apoyo directo sobre el terreno.
- Los módulos de base de diseño especial para el paso de peatones, se complementarán con entablados y viseras seguras a "nivel de techo" en prevención de golpes a terceros.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas (elemento auxiliar del propio andamio).
- Se prohíbe el apoyo de los andamios tubulares sobre suplementos formados por bidones, pilas de materiales diversos, torretas de maderas y asimilables.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral, se montarán con éste hacia la cara exterior, es decir, hacia la cara en la que no se trabaja.
- Se prohíbe el uso de andamios sobre pequeñas borriquetas apoyadas sobre las plataformas de trabajo de los andamios tubulares, excepto si se está protegido del riesgo de caída desde altura.

- Las cargas se izarán hasta las plataformas de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas mediante un mínimo de dos bridas al andamio tubular.

- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón ubicado a media altura en la parte posterior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase C.
-

❖ TORRETAS O ANDAMIOS METALICOS SOBRE RUEDAS.

Medio auxiliar conformado como un andamio metálico tubular instalado sobre ruedas en vez de sobre husillos de nivelación y apoyo.

Este elemento se utilizará en trabajos que requieren el desplazamiento del andamio.

➤ Riesgos más frecuentes:

- Caídas a distinto nivel.
- Los derivados de desplazamientos incontrolados del andamio.
- Aplastamientos y atrapamientos durante el montaje.
- Sobreesfuerzos.

➤ Normas o medidas preventivas:

- Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.

- Las plataformas de trabajo sobre las torretas con ruedas, tendrán la anchura máxima (no inferior a 60 cm) que permita la estructura del andamio, con el fin de hacerlas más seguras y operativas.

- Las torretas cumplirán siempre con el siguiente coeficiente de estabilidad, y por tanto, de seguridad:

$$h/l \geq 3$$

h= altura de la plataforma de la torreta.

l= anchura menor de la plataforma en planta.

- En la base, a nivel de las ruedas, se montarán dos barras de seguridad en diagonal, para hacer el conjunto indeformable y más estable.
- Cada dos bases montadas en altura, se instalarán de forma alternativa, vistas en planta, una barra diagonal de estabilidad.
- Las cargas se izarán hasta las plataformas de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas mediante un mínimo de dos bridas al andamio tubular, en prevención de vuelcos de la carga (o del sistema).
- Se prohíbe arrojar directamente escombros desde las plataformas de los andamios sobre ruedas. Los escombros (y asimilabas) se descenderán en el interior de cubos mediante la garrucha de izado y descenso de cargas.
- Se prohíbe transportar personas o materiales sobre las torretas o andamios durante las maniobras de cambio de posición en prevención de caídas de los operarios.
- Se prohíbe subir a/o realizar trabajos apoyados sobre las plataformas sin haber instalado previamente los frenos antirrodamiento de las ruedas.
- Se prohíbe utilizar andamios o torretas sobre ruedas, apoyados directamente sobre soleras no firmes (tierras, pavimentos frescos, jardines y asimilabas), en prevención de vuelcos.

➤ Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo
- Calzado antideslizante
- Cinturón de seguridad.

Para el montaje se utilizarán además:

- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad clase C.

❖ TORRETA O CASTILLETE DE HORMIGONADO.

Entiéndase como tal una pequeña plataforma auxiliar que suele utilizarse como ayuda para guiar el cangilón de la grúa durante las operaciones de hormigonado de pilares o de elementos de cierta singularidad.

- Riesgos más frecuentes:
 - Caídas de personas a distinto nivel.
 - Golpes por el cangilón de la grúa.
 - Sobreesfuerzos por transporte y nueva ubicación.

- Normas o medidas preventivas:
 - Las plataformas presentarán unas dimensiones mínimas de 1,10 x 1,10 m. (lo mínimo necesario para la estancia de dos hombres).
 - La plataforma dispondrá de una barandilla de 90 cm. de altura formada por barra pasamanos, barra intermedia y un rodapié de tabla de 15 cm. de altura.
 - El ascenso y descenso de la plataforma se realizará a través de una escalera.
 - El acceso a la plataforma se cerrará mediante una cadena o barra siempre que permanezcan personas sobre ella.
 - Se prohíbe el transporte de personas o de objetos sobre las plataformas de los "Castilletes de hormigonado" durante sus cambios de posición, en prevención del riesgo de caída.
 - Los "castilletes de hormigonado" se ubicarán, para proceder al llenado de los pilares en esquina, con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más favorable y más segura.

- Equipos de protección individual:
 - Casco de seguridad.
 - Calzado antideslizante.
 - Guantes de cuero.
 - Ropa de trabajo.

4.6. RIESGOS A TERCEROS

Durante la ejecución de los trabajos, la obra estará señalizada de acuerdo con el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se señalarán los accesos a la misma, prohibiéndose el paso a toda persona ajena y colocándose en su caso, los cerramientos necesarios.

La circulación y maniobras de vehículos y máquinas se realizarán con las indicaciones y precauciones necesarias.

Toda la señalización deberá ser ratificada por la Dirección Facultativa de la obra.

4.7. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Existen múltiples causas que pueden originar la aparición de un incendio, pero todas ellas se resumen en una sola: la existencia coincidente de combustibles (madera, carburantes, pinturas, etc.), comburente (aire) y fuentes de ignición (cigarrillos, trabajos de soldadura, hogueras, etc.).

Por ello, la principal medida preventiva consistirá en la revisión de las condiciones en las que se van a desarrollar los trabajos.

Los lugares y zonas de la obra con peligro de incendio estarán provistos de extintores.

Asimismo deben tenerse en cuenta otros medios de extinción, tales como el agua, la arena, herramientas de uso común (palas, rastrillos, picos, etc.).

Todas estas medidas, han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial si es posible, o disminuya sus efectos, hasta la llegada de los bomberos, los cuales, en todos los casos, serán avisados inmediatamente.

5. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Los vestuarios deberán de ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

Cuando el tipo de actividad ó la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente.

Cuando, con arreglo al párrafo anterior, no sean necesarias las duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua caliente si fuere necesario, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o al número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso.

6. SERVICIO MÉDICO

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

Se dispondrá, asimismo, de uno o varios locales, equipados con material sanitario y clínico para primeros auxilios, cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad lo requieran.

En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.

Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del centro asistencial más próximo. En este caso:

- Centro de Salud de Grazalema, Plaza Pequeña s/n. Tfno: 956 132 034
- Hospital comarcal “Virgen de las Montañas”, Villamartín (Cádiz). Tfno: 956 041 000

7. INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES

De conformidad con el artículo 18 de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**ANEXO Nº 4
INFORME AMBIENTAL**

ÍNDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN.....	3
2.1. OBJETO Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ACTUACIÓN.....	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA ACTUACIÓN.....	5
3.1. LOCALIZACIÓN.....	5
3.2. COLECCIÓN FOTOGRÁFICA DEL EMPLAZAMIENTO.....	5
3.3. AFECCIONES DERIVADAS DE LA ACTUACIÓN.....	11
3.4. ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS, VERTIDOS Y EMISIONES.....	12
4. IDENTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA AMBIENTAL DE LA ACTUACIÓN.....	12
4.1. INCIDENCIA SOBRE EL ENTORNO TERRITORIAL.....	13
4.2. INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO ATMOSFÉRICO.....	14
4.3. INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO HÍDRICO.....	15
4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	16
5. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE.....	19
5.1. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE.....	19
5.2. OTRAS NORMATIVAS SECTORIALES.....	20
6. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	20
6.1. DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	21
6.2. DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN.....	22
7. RESUMEN NO TÉCNICO DE LA INFORMACIÓN APORTADA.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto objeto de estudio está sometido a “Informe Ambiental” al tratarse de una actuación incluida en el Anexo II de la Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental, y en el Anexo del Decreto 153/1996, de 30 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

El objeto del Informe Ambiental es valorar las repercusiones de las obras de ampliación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Grazalema (Cádiz), así como la definición de las medidas de prevención y corrección que permitan la atenuación de los posibles efectos ambientales hasta hacerlos compatibles con la preservación de los recursos naturales y socioculturales del entorno, adecuándolos a la normativa ambiental en vigor.

2. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN

2.1. OBJETO Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ACTUACIÓN

El tratamiento de las aguas residuales de Grazalema actual está basado en un pretratamiento (tamiz rotativo y tanque desengrasador aireado), sistema doble de lagunas anaerobias y lechos de turba (tres unidades dobles de filtración).

El objeto de la obra es la ampliación de la planta mediante la construcción de un canal de entrada seguido de un canal de desbaste y un canal desarenador; se incluirá, además de las dos lagunas anaerobias actuales, un lecho bacteriano y su correspondiente decantación secundaria. Así mismo, los lechos de turba se acondicionarán para su utilización como eras de secado.

El objetivo de esta actuación es dotar a la planta de una mayor capacidad de depuración y funcionamiento, mejorando con ello la calidad del efluente vertido al río Guadalete (disminución de los sólidos sedimentables y materia orgánica).

Dadas las características de funcionamiento de la planta, así como la climatología (especialmente lluviosa) de la zona, se considera oportuno:

➤ La inclusión de un tratamiento biológico que complemente al sistema actual de lagunaje para hacer frente a las elevadas cargas a las que se ve sometida ocasionalmente la planta.

➤ La supresión de los lechos de turba, eliminando así la dependencia del sistema de depuración actual a las condiciones climáticas de la zona que dilatan los periodos de secado de los lechos para su posterior regeneración.

Además, el lecho bacteriano tiene una gran resistencia a sobrecargas hidráulicas y elevada estabilidad frente a las variaciones de caudal, dos grandes ventajas teniendo en cuenta que los colectores de aguas residuales discurren por el lecho del río y podrían sufrir múltiples infiltraciones, incluso después de cesar las lluvias, que harían que el caudal de entrada a la planta superara con creces el caudal de diseño.

Las características generales de la actuación se recogen en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Descripción de la actuación en la E.D.A.R.

Unidad	Características	
Canal de entrada	Pendiente	0,5 %
	Ancho	0,4 m
	Altura	1 m
	Pendiente	0,5 %
	Ancho	0,4 m
	Altura	1 m
Canal de desbaste	Reja de medios	Sep.libre entre barras: 20 mm Ancho barrote: 10 mm
	Reja de gruesos (canal de emergencia)	Sep.libre entre barras: 50 mm Ancho barrote: 25 mm
Canal desarenador	Longitud	3 m
	Ancho	0,75 m
	Altura	1 m
	Tiempo sedim.	74,5 s
Lecho bacteriano	Relleno natural	
	Diámetro	10 m
	Superficie	78,54 m ²
	Altura	1,75 m
	Volumen	137,45 m

Unidad	Características	
Decantador secundario	Circular	
	Sup.útil	63,62 m ²
	Altura recta vertedero	3 m
Eras de secado	Volumen	190,86 m ³
	Área total	900 m ²
	Profundidad	0,6 m
	Volumen total	540 m ³
	Tiempo residencia	1 año

3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA ACTUACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La E.D.A.R. está situada al noreste de Grazalema, entre la carretera de Ronda C-344 y el cauce del río Guadalete, al “pie de monte” de un fuerte escarpe vertical en cuya parte superior se asienta el núcleo urbano (Documento N° 2- Plano 02).

Los terrenos son propiedad del Ayuntamiento de Grazalema y no existen viviendas habitadas en el entorno de la parcela.

3.2. COLECCIÓN FOTOGRÁFICA DEL EMPLAZAMIENTO



Foto 1. Grazalema.



Foto 2. Vista aérea de la E.D.A.R. durante la construcción de las lagunas anaerobias



Foto 3. Tramo de entrada del colector de aguas residuales en la planta.



Foto 4. Tamiz rotativo.



Foto 5. Desengrasador aireado.



Foto 6. Lagunas anaerobias.



Foto 7. Detalle de la canaleta central de recogida de agua en las lagunas.



Foto 8. Lechos de turba.



Foto 9. Detalle del sistema de reparto de los lechos.



Foto 10. Lechos de turba regenerados.

3.3. AFECCIONES DERIVADAS DE LA ACTUACIÓN

Las acciones del proyecto que pueden originar alteraciones sobre los recursos naturales del entorno son:

➤ Movimiento de tierras.

Son necesarios para la ubicación de las unidades de depuración, así como de los edificios auxiliares de obra.

Los movimientos de tierra consisten en el desbroce, excavación y apilado, junto a la zona de obras, de la capa o manto de terreno vegetal que se encuentre en el área de construcción.

El espesor de excavado dependerá de las dimensiones de las unidades indicadas en los planos del proyecto.

El acopio de tierra se hará en lugares apropiados, de tal forma que no interfiera al tráfico de la maquinaria de construcción ni a la ejecución de las obras. Será de fácil acceso y adecuado para la correcta conservación del terreno.

La parte de suelo que no pueda ser utilizada posteriormente porque no cumpla las especificaciones, será transportada a un vertedero autorizado.

➤ Ejecución de las obras.

El material necesario para la ejecución de las obras se acopiará temporalmente en el interior de la parcela que ocupa la E.D.A.R., por lo que no producirá ninguna alteración sobre el medio.

Durante la ejecución de los trabajos se tomarán las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia del terreno no excavado.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación podrán ser utilizados si cumplen con las especificaciones descritas en el Pliego de Bases.

➤ No es necesario la construcción de vías de acceso, ya que la actual E.D.A.R. dispone de ellas.

➤ No se consideran alteraciones en el medio hídrico ya que la actuación en sí conlleva la mejora de la calidad del efluente vertido al río.

3.4. ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS, VERTIDOS Y EMISIONES

➤ Fase de construcción.

Durante la etapa de construcción, los únicos residuos importantes que se obtendrán serán los materiales sobrantes de las excavaciones, siempre y cuando estos no sean adecuados para su utilización como relleno. En ese caso, se deberán transportar a un vertedero controlado.

Debido al movimiento de tierras, se generará polvo en el ambiente y ruido por la maquinaria de obra.

➤ Fase de explotación.

La depuradora verterá al río el agua tratada, de calidad mejor que la actual, que cumplirá con los máximos admisibles de DBO₅ y Sólidos en Suspensión fijados por la norma. Sólo en casos particulares se podrá verter el agua no tratada directamente río.

Se producirán también residuos sólidos procedentes de los canales de desbaste y desarenado, que se almacenarán en contenedores de plástico con tapadera, y serán retirados periódicamente por la empresa municipal encargada de la recogida de los residuos sólidos urbanos. Los residuos que se generarán en la E.D.A.R. son asimilables a residuos sólidos urbanos.

El fango producido en las lagunas anaerobias se llevará hasta las eras de secado y transcurrido el tiempo necesario, la empresa encargada de la explotación de la planta, deberá gestionarlo según considere oportuno.

4. IDENTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA AMBIENTAL DE LA ACTUACIÓN

El proyecto en cuestión es, en sí mismo, una medida correctora al estado actual de funcionamiento de la planta, así como de la calidad del efluente, siendo el impacto medioambiental, tanto en la fase de construcción como de explotación mínimo, teniendo en cuenta los excelentes resultados a obtener en la calidad de las aguas vertidas al río Guadalete, desde el punto de vista medioambiental.

De lo dicho se desprende que la actuación proyectada en la actual E.D.A.R. supondrá una mejora a las actuales condiciones de los recursos hídricos y para el entorno en general.

4.1. INCIDENCIA SOBRE EL ENTORNO TERRITORIAL

➤ Impacto sobre el suelo.

Las alteraciones previsibles en el suelo se deben a los movimientos de tierras necesarios para la construcción de los nuevos sistemas de depuración, los cuales producirán una pérdida irreversible de suelo.

No obstante, se prevé la retirada de la tierra vegetal, el acopio, mantenimiento y posterior reutilización en las labores de revegetación. Además, la superficie de suelo afectado será muy pequeña en comparación con la superficie total de este tipo de suelo en el entorno de la parcela.

➤ Incidencia sobre la flora y fauna.

No se considera ninguna incidencia relevante, ya que las obras se realizan en el interior del recinto actual.

En cuanto a las molestias que se pueden ocasionar a las aves durante la etapa de construcción, derivadas fundamentalmente del ruido y de la presencia humana, serán mínimas y temporales, ya que la avifauna está acostumbrada a la presencia de tráfico en las inmediaciones.

En la fase de explotación el beneficio sobre la fauna es evidente, no sólo en zonas limítrofes con la parcela sino en una gran extensión aguas abajo de los vertidos finales de las aguas residuales, al mejorar la calidad de éstos.

Como análisis general, se estima como baja y mínima la afectación previsible.

➤ Incidencia sobre el paisaje.

Al existir escasa vegetación arbórea que enmascare la actuación, la capacidad de absorción del impacto previsible es baja. Es inevitable observar, en la distancia, los edificios e instalaciones desde ciertos puntos del municipio, ya que éste se sitúa, como se ha comentado anteriormente, en la parte superior de un escarpe vertical que forma el terreno.

El almacenamiento de residuos no supondrá una alteración sobre el paisaje, ya que se depositarán en contenedores de plástico con tapa.

Por lo tanto, el impacto se considera moderado. Sería adecuado la plantación de un seto perimetral (o mejora del actual), que aunque no evite la visión desde el núcleo urbano, aisle la planta del entorno cercano.

- Incidencia sobre el Patrimonio Histórico-Arqueológico.

Dadas las características de la actuación, considerada como una ampliación de las instalaciones actuales y no como una nueva construcción, se da por hecho que no existen yacimientos arqueológicos inventariados en la parcela.

4.2. INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO ATMOSFÉRICO

En la fase de construcción el impacto sobre el aire tiene origen en:

- La contaminación causada por la emisión de partículas sólidas en suspensión (polvo).
- Gases de combustión procedentes de la maquinaria utilizada en las labores de construcción.
- Ruido producido por dicha maquinaria.

Las partículas de polvo constituyen en este caso la principal fuente de contaminación atmosférica y se producen por el movimiento de la maquinaria, operaciones de movimientos de tierras, carga y descarga de materiales, etc.

En nuestro caso no afectará al municipio, ya que éste se asienta en una cota de altitud muy superior a la de la planta. No obstante, se realizarán riegos en la zona de obras en épocas no lluviosas.

La emisión de gases y vapores tiene su origen en la maquinaria en funcionamiento. Dichas emisiones no alcanzaran, en ningún caso, el nivel mínimo molesto, por lo cual seran de muy baja incidencia.

El incremento de los niveles sonoros será muy pequeño y tendrá una duración temporal, siendo la afección baja y compatible con los niveles acústicos actuales.

Aunque no afectará a la población, es recomendable adoptar medidas de control y regulación del nivel sonoro de la maquinaria de obra.

Durante la fase de explotación se producirán las siguientes incidencias:

- Formación de gases.

Los gases emitidos durante el proceso de depuración son principalmente hidrocarburos (metano) y dióxido de carbono provocados por la digestión aerobia y anaerobia de la materia orgánica, y son mínimos en este caso.

Se generarán también gases de combustión procedentes de los camiones recolectores que trasladaran los residuos. Dichas emisiones no alcanzarán en ningún caso valores importantes.

➤ Generación de ruido.

La generación de ruido tendrá su origen por una parte en el tránsito de los camiones recolectores, lo que generará una fuente lineal y discontinua de emisión, y por otra parte el ruido generado por los propios equipos de la estación depuradora, que originarán una fuente continua de emisión.

En ningún caso los niveles sonoros serán considerables o de importancia, pudiendo considerarse su incidencia como despreciable y nunca afectarán a la población de Grazalema. Además, siempre serán superiores los niveles producidos por la circulación de vehículos por la C-344 (carretera de Ronda).

La afección producida por los camiones será también muy baja, ya que el tránsito de éstos será mínimo.

➤ Generación de olores.

La generación de olores está directamente relacionada con la emisión de gases, que como ya se ha justificado, será mínima.

Además la experiencia muestra que la emisión de malos olores es debida, en estos casos, fundamentalmente al mal funcionamiento de las lagunas anaerobias, debido al cambio producido en alguna de sus variables.

La probabilidad de ocurrencia es baja si se lleva a cabo un seguimiento continuo de la planta.

4.3. INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO HÍDRICO

Durante la fase de construcción no se consideran incidencias sobre el medio hídrico.

Durante la explotación de la E.D.A.R., debido a que la inoperabilidad de los lechos de turba en los meses de invierno obligaba a verter el efluente de las lagunas anaerobias

directamente al río, se considera que el impacto sobre el medio hídrico es positivo al mejorar la calidad de los vertidos.

4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

➤ Fase de construcción.

- Retirada, acopio y reutilización de la tierra vegetal.

Siempre que sea posible, se retirará la capa de tierra vegetal junto con la propia broza de la zona que va a ser excavada, que se mantendrá en acopios hasta que, finalizadas las obras se puedan extender sobre las superficies desnudas.

Se evitará al máximo el paso de maquinaria pesada para evitar que se compacte y se procurará manejar en condiciones de humedad apropiadas evitando hacerlo cuando esté muy seco o muy húmedo.

Los acopios no deberán superar 2 m de altura, ya que por encima de este tamaño, las capas inferiores se compactan y se pierde la difusión del oxígeno. Además, se evitará en todo momento el paso de maquinaria por encima, e incluso el pisoteo, ya que esta tierra se utilizará posteriormente para recubrir las superficies a revegetar.

- Riego.

Para evitar polvo en la atmósfera durante las tareas constructivas se prevé regar los tajos de obra mediante un camión cuba, principalmente en los meses de sequía.

- Gestión de aceites usados.

La gestión de determinados residuos tóxicos y peligrosos generados durante la fase de construcción se refiere esencialmente a los residuos formados por aceites usados cuya regulación, dentro del marco general de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos, está contenida en la Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula dicha gestión.

En dicha Orden se define aceite usado como todo aceite industrial con base mineral o sintética lubricante, que se haya vuelto inadecuado para el uso que se le hubiera asignado inicialmente y, en particular, el aceite usado de los motores de combustión y de los sistemas de transmisión, así como el aceite mineral lubricante, aceite para turbinas y sistemas hidráulicos.

Como consecuencia del cambio de aceite y lubricantes empleados en los motores de combustión y en los sistemas de transmisión de la maquinaria de construcción, el contratista se convierte, a efectos de la Orden de 28 de febrero de 1989, en productor de este tipo de residuos, siéndole aplicable la normativa vigente al respecto.

Las obligaciones que conlleva la posesión de aceite usado se contienen en los apartados 3º, 4º y 5º de dicha Orden.

Además, el almacenamiento de aceites usados y su recogida deberán atenerse a las normas que se describen en los apartados 12º y 13º.

Para el cumplimiento de los apartados anteriormente mencionados, el Contratista deberá almacenar los aceites usados que provengan de sus instalaciones en condiciones satisfactorias, evitando las mezclas con agua o con otros residuos no oleaginosos, y disponer de instalaciones que permitan la conservación de éstos hasta su recogida y gestión. Además, deben ser accesibles a los vehículos encargados de efectuar dicha recogida y se entregarán a una persona autorizada para, con la debida autorización, ser transportados hasta el lugar de gestión autorizado.

A estos fines se tendrán en cuenta las prescripciones de la Orden de 13 de junio de 1990 sobre transferencia de los aceites usados del productor a los centros de gestión.

El incumplimiento de estas obligaciones se considerará infracción prevista en el artículo 16 de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, que desarrollada en el Real Decreto 833/1988, considera infracción grave, el abandono, vertido o depósito incontrolado de residuos tóxicos y peligrosos, como el aceite usado, siempre que por la cantidad o calidad del vertido no resulte previsible la creación de un riesgo muy grave para las personas, sus bienes, los recursos naturales o el medio ambiente, ya que de lo contrario se estimaría infracción muy grave. Las infracciones graves se sancionan económicamente y llevan aparejada la obligación de restaurar el medio afectado e indemnizar los daños producidos.

- Vertedero.

El material sobrante de obra se llevará al vertedero controlado más próximo.

- Regulación de los niveles sonoros de la maquinaria de obra.

La maquinaria utilizada en las obras deberá estar homologada por los servicios técnicos autorizados, en lo relativo a los niveles de potencia acústica admisible y emisión sonora de máquinas, equipos de obras y vehículos a motor.

El Contratista facilitará las comprobaciones oportunas requeridas en cualquier momento por el Director de obra o de los representantes acreditados de los órganos de inspección de la Administración competente.

Para ello, cuando sea requerido, el Contratista presentará al Director de obra la documentación acreditativa de que la maquinaria y vehículos a emplear cumplen con la legislación aplicable para cada una de ellas.

Esta documentación deberá estar actualizada el día del inicio de las obras y mantener su vigencia durante todo el período de desarrollo de las mismas.

La ejecución de la medida preventiva aquí reseñada no será objeto de abono alguno ya que es responsabilidad exclusiva del Contratista.

- Instalaciones provisionales de obra.

Estas instalaciones tienen un carácter provisional, por lo que una vez finalizadas las obras se procederá a su desmantelamiento procediendo a la recuperación de la zona afectada.

Todas las instalaciones se limpiarán de restos de obra, recubriendo con tierra vegetal y broza retirada de lugares ocupados.

- Medidas preventivas sobre el patrimonio histórico-arqueológico.

Si durante la construcción se pusiesen al descubierto restos arqueológicos, lo cual se considera improbable dadas las características de la obra, se actuará conforme a lo estipulado en el art. 81 del Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía.

➤ Fase de explotación.

- Sólidos.

Los sólidos retenidos en las rejillas de desbaste se depositarán en contenedores para su retirada y disposición en vertedero controlado.

- Arena.

Las arenas depositadas en el desarenador se almacenarán en un contenedor de arenas para su posterior transporte y disposición en vertedero controlado.

- Fango.

En el proceso previsto en el proyecto, la empresa encargada de la explotación de la planta, procederá periódicamente a extraer los fangos de las lagunas anaerobias y conducirlos hasta las eras de secado, donde transcurrido el tiempo establecido y una vez estabilizados, se procederá a su retirada.

El destino final de los fangos lo decidirá la empresa encargada de la explotación, pudiéndose utilizar como enmienda orgánica o depositarlos en vertederos controlados.

- Vertido.

El diseño de la depuradora contempla unas características del vertido en cuanto a DBO₅, S.S. y DQO que cumplirán las directrices de la Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de Mayo, sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas, la cual se traspone mediante el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de Diciembre, y desarrollado en el Real Decreto 509/1996, de 15 de Marzo.

5. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE

5.1. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE

➤ Ley de 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental. (B.O.J.A. número 79, de 31 de mayo de 1994).

El proyecto de ampliación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales está sometido a Informe Ambiental al tratarse de una actuación comprendida en el Anexo II de la citada ley.

➤ Decreto 153/1996, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental. (B.O.J.A. número 69, de 18 de junio de 1996).

El Informe Ambiental se ha redactado de acuerdo con el contenido especificado en el artículo 15 del Decreto 153/1996.

➤ Ley 2/1989, de 18 de julio, de Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía.

Aunque el municipio forma parte del Parque Natural Sierra de Grazalema, la zona donde se encuentra ubicada la planta no es área de reserva ni zona protegida dentro del parque, por lo que no está afectada por tal ley.

➤ Directiva 79/409, de 2 de abril, relativa a la conservación de las aves silvestres y las consiguientes Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

Los terrenos de la E.D.A.R. no se encuentran en zona protegida ni reservada dentro del Parque Natural.

➤ Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad del Aire y Orden de 23 de febrero de 1996, que desarrolla el Decreto 74/96, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad del Aire en materia de medición, evaluación y valoración de ruidos y vibraciones.

El nivel de ruidos no superará en ningún caso los límites establecidos por las leyes vigentes. De hecho, el proceso de depuración seleccionado contempla un mínimo de maquinaria, lo que implica una generación de ruidos casi despreciable.

➤ Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de Diciembre, desarrollado por el Real Decreto 509/1996, de 15 de Marzo, en el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas por la transposición Directiva del Consejo 91/271/CEE de 21 de Mayo.

La calidad del efluente en cuanto a concentración de Sólidos en Suspensión, DBO₅ y DQO cumple con los máximos establecidos por las distintas normas.

➤ Ley 20/1986, de 14 de mayo, de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

➤ Real Decreto 838/1988, de 20 de julio, que desarrolla el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986.

➤ Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía.

5.2. OTRAS NORMATIVAS SECTORIALES

No se contemplan otras normativas además de las anteriormente enunciadas.

6. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

De forma general, el programa de seguimiento y control tiene como fin detectar las posibles desviaciones de los impactos previstos para poder adoptar a tiempo las medidas correctoras necesarias que impidan dañar al medio de forma grave e irreversible.

6.1. DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

En esta fase, además del fin general, el programa persigue la verificación de la correcta ejecución de las medidas protectoras y correctoras previstas, así como de los estándares de calidad de los materiales utilizados.

Durante esta fase, el seguimiento y control será realizado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Para ello nombrará un Director Ambiental que estará a las órdenes del Director de Obra por parte de la Administración.

Los controles y medidas que se considera oportuno realizar son:

- Control de las prescripciones ambientales.
 - Control de los niveles sonoros de la maquinaria de obra.

El Director Ambiental comprobará que la maquinaria utilizada en las obras está homologada por los servicios técnicos autorizados.

- Control del cumplimiento de la legislación en materia de gestión de aceites usados generados por la maquinaria de obra.

El Director Ambiental comprobará que se está efectuando una correcta gestión de los aceites usados generados por la maquinaria y vehículos empleados en la obra, sin que se produzcan vertidos indiscriminados que pudieran contaminar el cauce del río.

Para ello en cualquier momento que lo considere oportuno exigirá al Contratista la presentación de albaranes, facturas o cualquier otro documento que sea acreditativo de la entrega de los mismos a un gestor autorizado.

Asimismo comprobará que no se efectúa el abandono de restos de obra junto al cauce ni se procederá al lavado de elementos de la maquinaria en los mismos.

- Control de las labores de revegetación.
 - Controlar que los materiales empleados cumplen los requisitos de calidad.
 - Verificar que las operaciones de preparación del terreno e implantación de la vegetación se realizan de forma adecuada.
 - Conocer la evolución de las siembras y plantaciones realizadas mediante visitas periódicas donde se anotarán aquellos aspectos que permitan conocer su evolución en el tiempo y detectar cualquier problema que presenten.

6.2. DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN

➤ Operaciones de seguimiento de planta.

Se entiende por operaciones de seguimiento de planta la vigilancia y las inspecciones necesarias para que, conjuntamente con los resultados analíticos de proceso, se puedan ajustar las diferentes fases del tratamiento, consiguiendo el funcionamiento óptimo de las instalaciones, y en definitiva el mejor rendimiento.

Las principales operaciones de seguimiento, que se consideran necesario realizar diariamente sobre los equipos y sobre la depuradora en general, pueden concretarse en:

- Rejas de desbaste
 - Inspección electro-mecánica.
 - Inspección de la colmatación.
 - Comprobación de la retirada de sólidos adecuada.
 - Inspección de la limpieza del peine y la reja.
 - Comprobación del aspecto exterior.
 - Detección de olores.
 - Detección de impactos físicos.
 - Avisar a los servicios de retirada de contenedores (cuando sea necesario).
 - Complimentar el parte de explotación.

- Canal desarenador
 - Detección de olores.
 - Inspección de la acumulación de arena.
 - Cuidado de la limpieza y aspecto exterior.
 - Dar cuenta del estado de llenado de los contenedores y avisar a los servicios de retirada de contenedores.
 - Complimentar el parte de explotación.

- Lagunas anaerobias

El seguimiento de las lagunas anaerobias se basa en una inspección visual del operador, tomando notas relativas a las incidencias siguientes:

- Aparición de espumas y flotantes en distintos puntos de las lagunas.
- Acumulación de grasas.

- Desprendimiento de fangos desde el fondo de los estanques y acumulación de éstos en la superficie.
 - Coloración.
 - Crecimiento de plantas en los muros o en el interior de las lagunas.
 - Estado de las arquetas de reparto.
 - Presencia de insectos y larvas.
 - Presencia de aves acuáticas.
- Lecho bacteriano
 - Inspección del giro de los brazos de distribución.
 - Observación de la película sobre material soporte.
 - Observación sobre posibles encharcamientos.
 - Observación sobre distribución homogénea de las aguas.
 - Observación sobre existencia de sólidos sobre el lecho.
 - Observación sobre presencia de grasas.
 - Presencia de olores.
 - Cuidado de la limpieza y aspecto exterior.
 - Aparición de insectos.
 - Complimentar el parte de explotación.
- Decantador secundario
 - Inspección electro-mecánica.
 - Observar la existencia de flotantes.
 - Detectar la presencia de olores.
 - Observar la presencia de burbujas.
 - Inspección de la limpieza de canaleta de recogida de agua.
 - Inspección del funcionamiento de los sistemas de arrastre de fangos flotantes.
 - Comprobar la acción eficaz de la chapa deflectora.
 - Comprobar el funcionamiento correcto del vertedero.
 - Comprobar y en su caso cambiar los tiempos de accionamiento de las purgas.
 - Detectar la presencia de fangos en flotación.
 - Complimentar el parte de explotación.

- Eras de secado
 - Distribución homogénea del fango.

- Bombeo de lechos y eras de secado
 - Inspección electro-mecánica.
 - Cuidado de la limpieza y aspecto interior.
 - Observar la existencia de pérdidas.
 - Existencia de olores.
 - Complimentar el parte de explotación.

- Otros elementos a vigilar
 - Los locales deben limpiarse una vez por semana.
 - Los elementos metálicos deben lijarse al aparecer óxido, adicionar elemento de protección y pintura.
 - Los elementos de madera deben limpiarse cada tres años.
 - Las instalaciones eléctricas deben ser revisadas por verdaderos electricistas.
 - Toda la instrumentación y equipamiento debe mantenerse en buen estado.
 - Los edificios deben pintarse cada tres años, con retoques necesarios anualmente, o siempre que se precise.

➤ Control del mantenimiento y explotación.

Para el adecuado desarrollo de todas las actividades de mantenimiento y explotación, es imprescindible llevar un control de las mismas, de forma que diariamente vayan quedando reflejadas todas las operaciones realizadas. La forma más adecuada de llevar a cabo este tipo de control es mediante la cumplimentación diaria de los partes de control.

Dichos partes de control tienen las siguientes misiones:

- Autocontrol, por parte del operador, de la realización de las diferentes operaciones encargadas.
- Fiscalización, por parte de la superioridad, del exacto cumplimiento del programa establecido.

- Control de mantenimiento

El punto de partida para la realización de los partes de control de mantenimiento son las siguientes fichas:

- Ficha histórica de la máquina.
- Ficha de mantenimiento preventivo para cada máquina y cuadro de programación de dicho mantenimiento.
- Ficha de resolución de averías para cada máquina.

Con estas fichas se elaborará por parte del responsable de planta unos partes de trabajo u hojas de control del mantenimiento, que serán las que el equipo de mantenimiento deberá cumplimentar en su visita a la depuradora.

Fundamentalmente en estos partes de control se incluirán las operaciones a realizar conforme a la programación anual de mantenimiento preventivo. Es importante adjuntar a la orden de trabajo toda la documentación necesaria acerca del equipo (tipo de grasa o aceite, despieces, necesidad de utilizar alguna herramienta específica, etc.) para la correcta realización del trabajo.

El equipo de mantenimiento además de cumplimentar estos partes de mantenimiento preventivo deberá realizar en cada una de sus visitas a planta una inspección general de cara a detectar posibles averías y en su caso cumplimentar los correspondientes partes.

Se puede adjuntar además:

- Parte de trabajo de jardinería.
- Parte de trabajo de obra civil y pintura.
- Control de la explotación

Con base en las fichas de proceso y las de vigilancia de planta se comprueban los aspectos funcional y de rendimientos de la depuradora.

Todos estos datos sirven para establecer los resultados obtenidos, y para decidir las modificaciones a establecer en su caso para la explotación más correcta.

Las fichas a establecer pueden ser muy diferentes, en relación con tamaño, sistema de la planta, y de los objetivos perseguidos por el encargado del mantenimiento y explotación de la depuradora.

7. RESUMEN NO TÉCNICO DE LA INFORMACIÓN APORTADA

La actuación objeto de estudio consiste en la modificación y ampliación de la E.D.A.R. de Grazalema (Cádiz) mediante la construcción de un canal de entrada, un canal de desbaste y un canal desarenador, formando parte del pretratamiento. Las lagunas anaerobias, actualmente en funcionamiento, se suplementarán con un proceso de depuración biológica (lecho bacteriano) y su correspondiente decantación secundaria.

Los lechos de turba actuales se acondicionaran para ser utilizados como eras de secado para el fango extraído de las lagunas.

Dicha actuación se realizará en los terrenos aledaños a la E.D.A.R pertenecientes al Ayuntamiento de Grazalema.

El objetivo es dotar a la planta de una mayor capacidad de depuración y funcionamiento, consiguiendo una mejora en el proceso de explotación, y por tanto, en la calidad del efluente vertido al río Guadalete (disminución de los sólidos sedimentables y materia orgánica).

A partir de los análisis realizados en los apartados anteriores se desprende que el proyecto de ampliación/modificación de la planta tendrá efectos positivos para el medio natural.

De las alteraciones que se producirán, fundamentalmente durante las fases de obra, ninguna tiene un peso preponderante como para poner en juicio la ejecución de la actuación proyectada.

Dando cumplimiento a las pautas enunciadas en este documento, se minimizaran al máximo los efectos negativos.



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

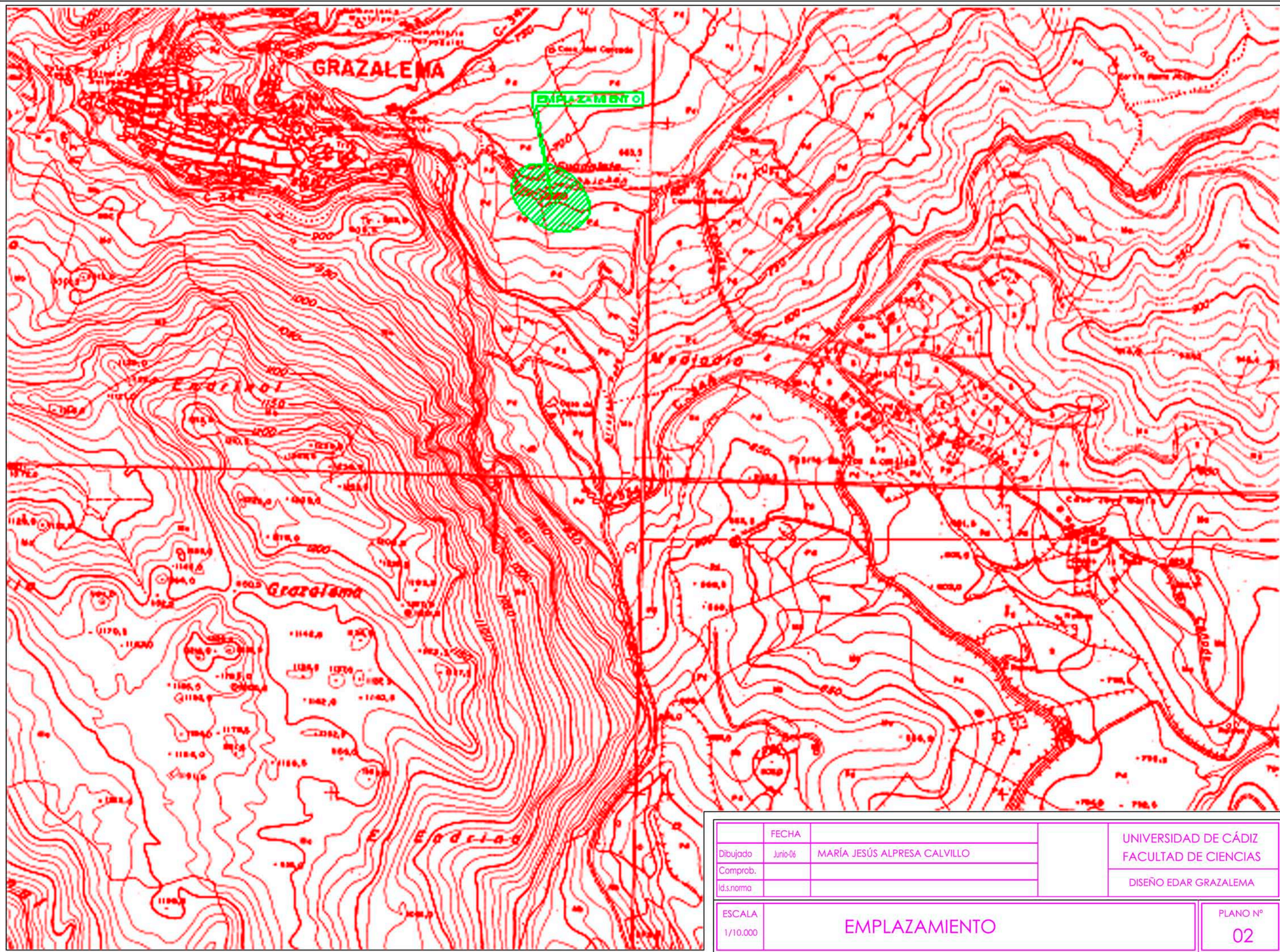
**DOCUMENTO Nº 2
PLANOS**

ÍNDICE

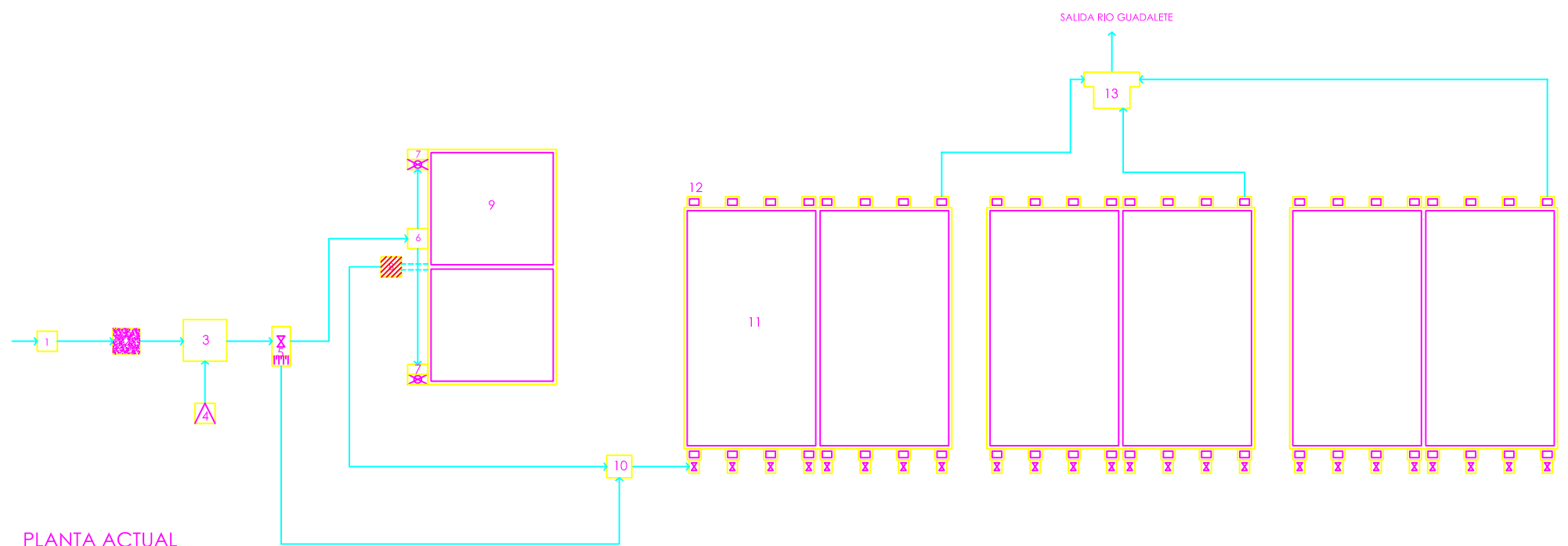
N°	DESCRIPCIÓN
1	Situación
2	Emplazamiento
3	Diagrama de flujo de la planta actual y proyectada
4	Planta estado actual
5	Planta proyectada
6	Canal de entrada, desbaste y desarenador
7	Lecho bacteriano
8	Grupo de bombeo a lecho bacteriano
9	Decantador secundario
10	Grupo de bombeo drenaje eras de secado



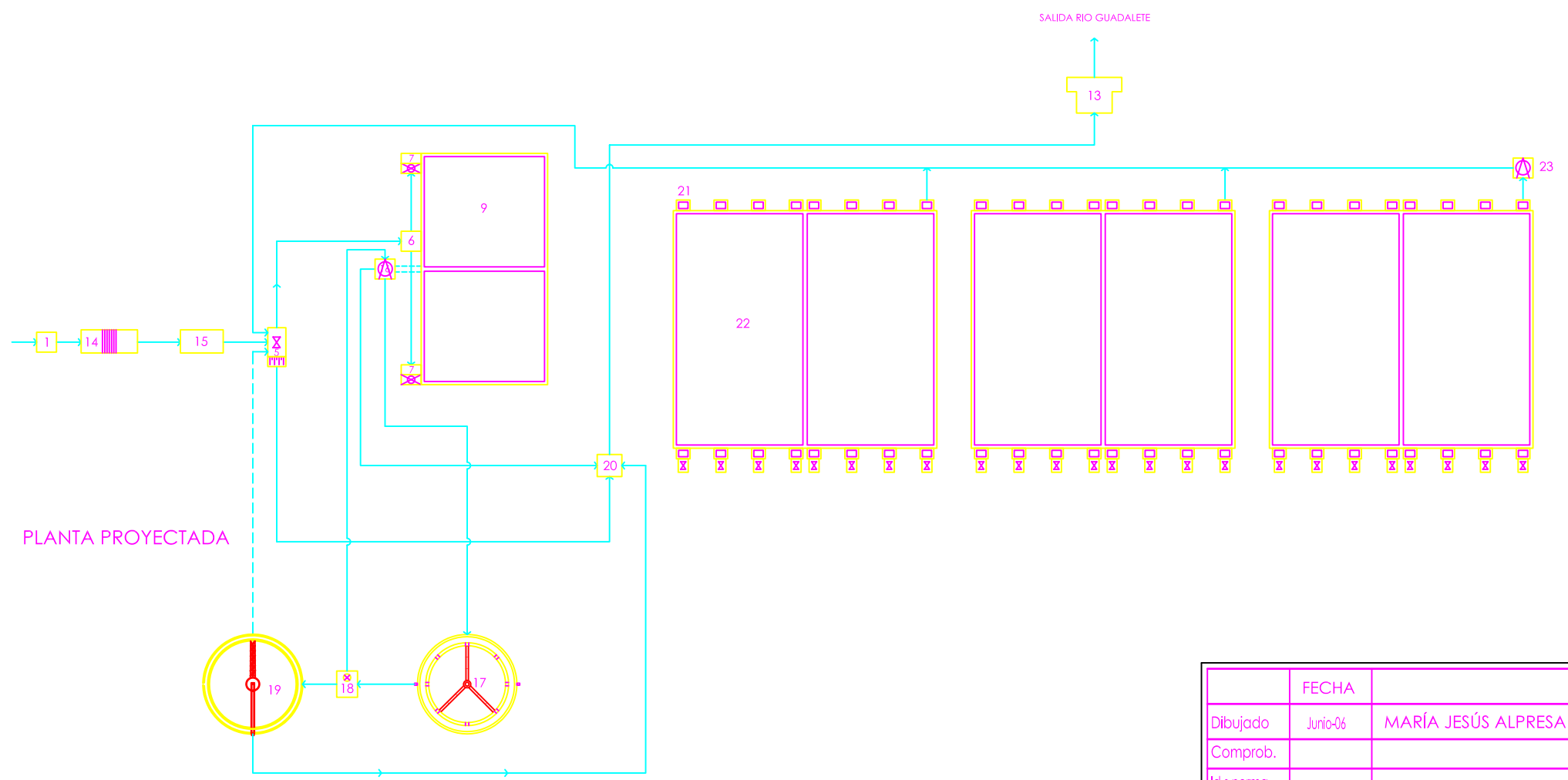
	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ FACULTAD DE CIENCIAS
Dibujado	Junio-06	MARÍA JESÚS ALPRESA CALVILLO	
Compr.			
Id.s.noma			DISEÑO EDAR GRAZALEMA
ESCALA	SITUACIÓN		PLANO Nº
S/E			01



	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ FACULTAD DE CIENCIAS DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Dibujado	Junio-06	MARÍA JESÚS ALPRESA CALVILLO	
Comprob.			
Id.s.norma			
ESCALA	EMPLAZAMIENTO		PLANO Nº
1/10.000			02



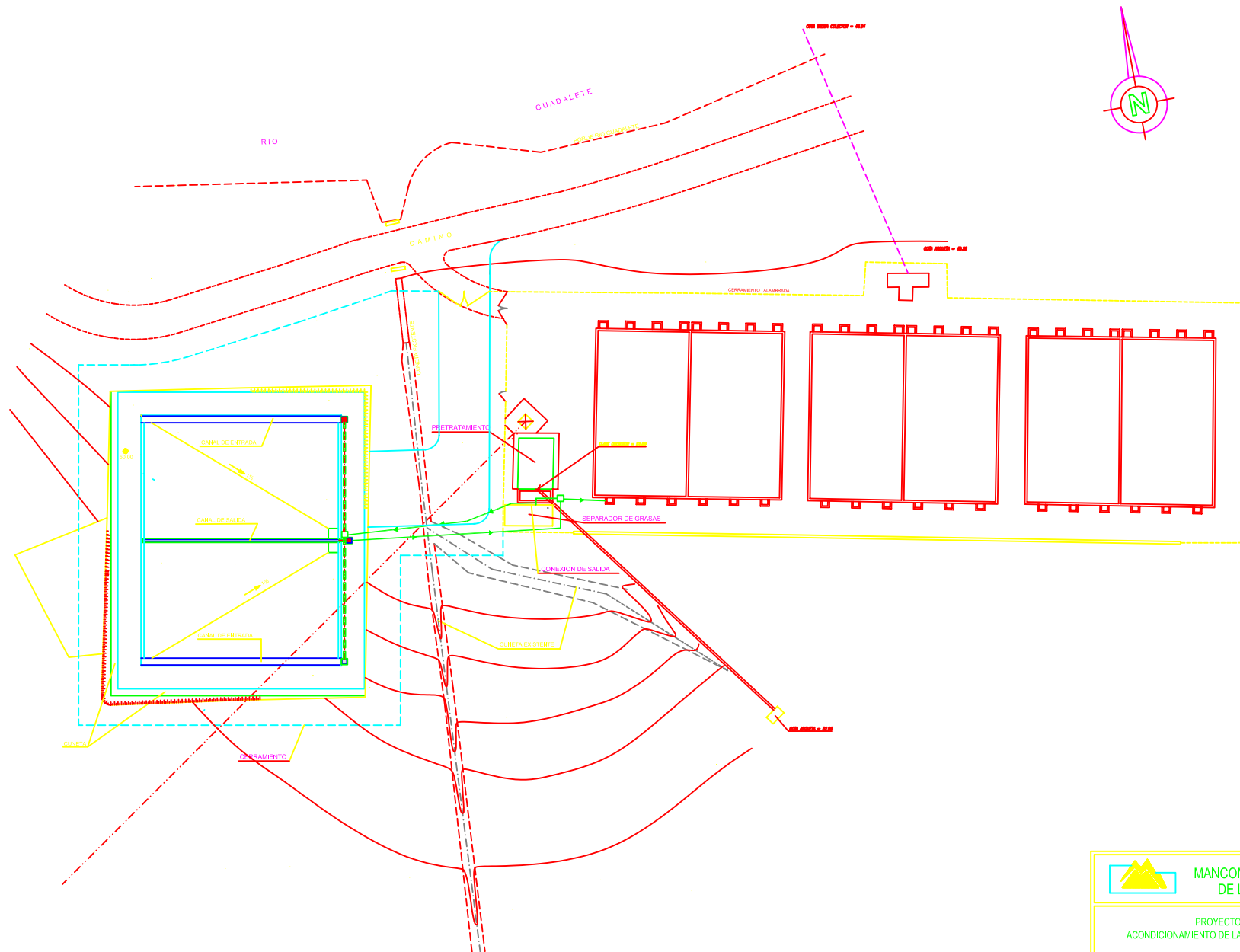
PLANTA ACTUAL



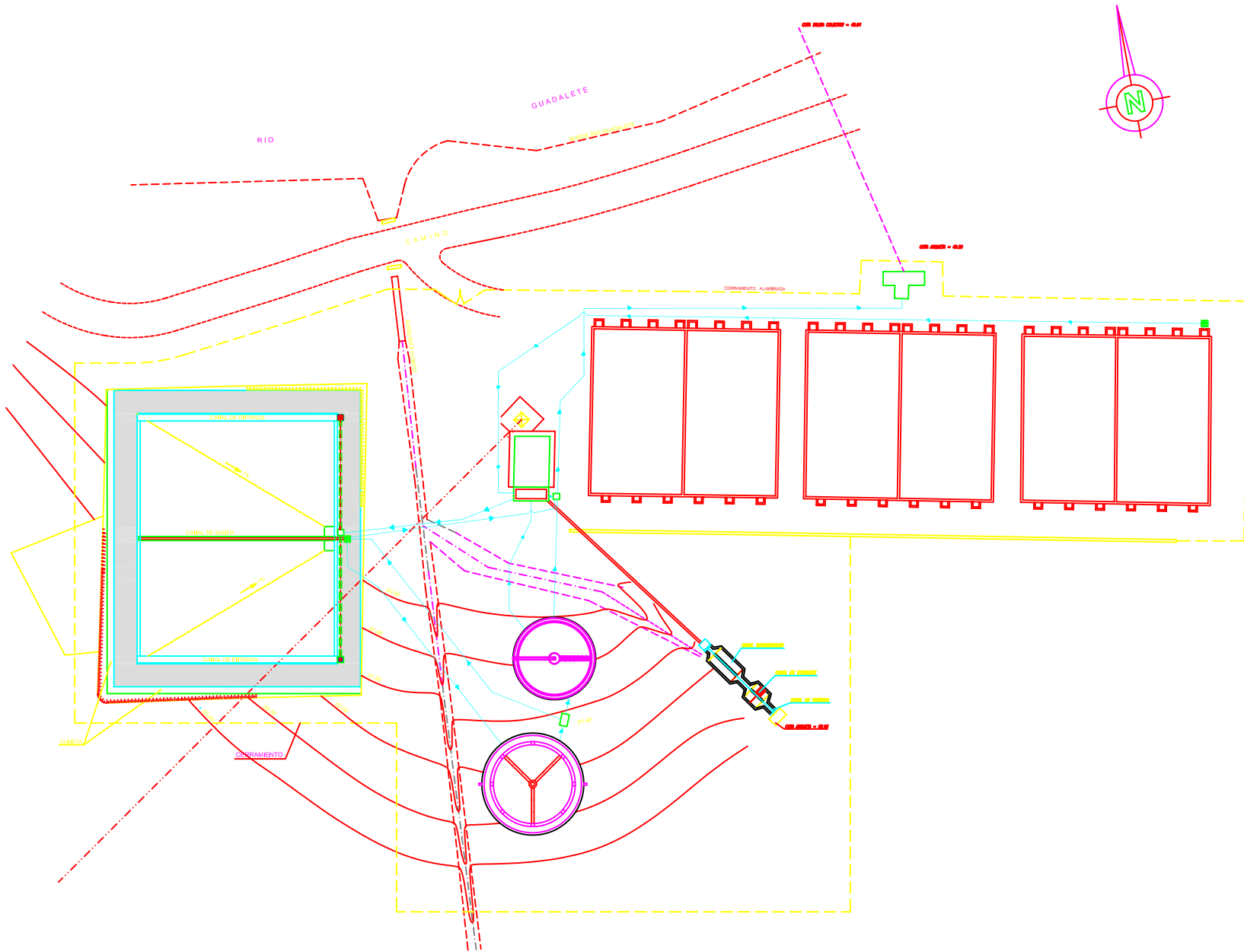
PLANTA PROYECTADA

LEYENDA	
1.	ARQUETA DE ENTRADA
2.	TAMIZ
3.	DESENGRASADOR AIREADO
4.	SOPLANTE
5.	ARQUETA CON ALIVIADERO
6.	ARQUETA ENTRADA LAGUNAS
7.	COMPUERTA TAJADERA CON ACCIONAMIENTO MEDIANTE VOLANTE
8.	ARQUETA SALIDA LAGUNAS
9.	LAGUNAS ANAEROBIAS
10.	ARQUETA ENTRADA LECHOS DE TURBA
11.	LECHOS DE TURBA
12.	ALIVIADEROS DE SEGURIDAD
13.	ARQUETA SALIDA DE LA PLANTA
14.	CANAL DE DESBASTE
15.	CANAL DESARENADOR
16.	GRUPO DE BOMBEO A LECHOS
17.	LECHO BACTERIANO
18.	ARQUETA CON TAJADERA DE RECIRCULACIÓN
19.	DECANTADOR SECUNDARIO
20.	ARQUETA PREVIA SALIDA
21.	ARQUETA SALIDA ERAS DE SECADO
22.	ERAS DE SECADO
23.	GRUPO DE BOMBEO DRENAJE ERAS DE SECADO
- - - LÍNEA DE FANGO	
— LÍNEA DE AGUA	

	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ FACULTAD DE CIENCIAS DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Dibujado	Junio-06	MARÍA JESÚS ALPRESA CALVILLO	
Comprob.			
Id.s.norma			
ESCALA	DIAGRAMA DE FLUJO		PLANO N°
S/E			03

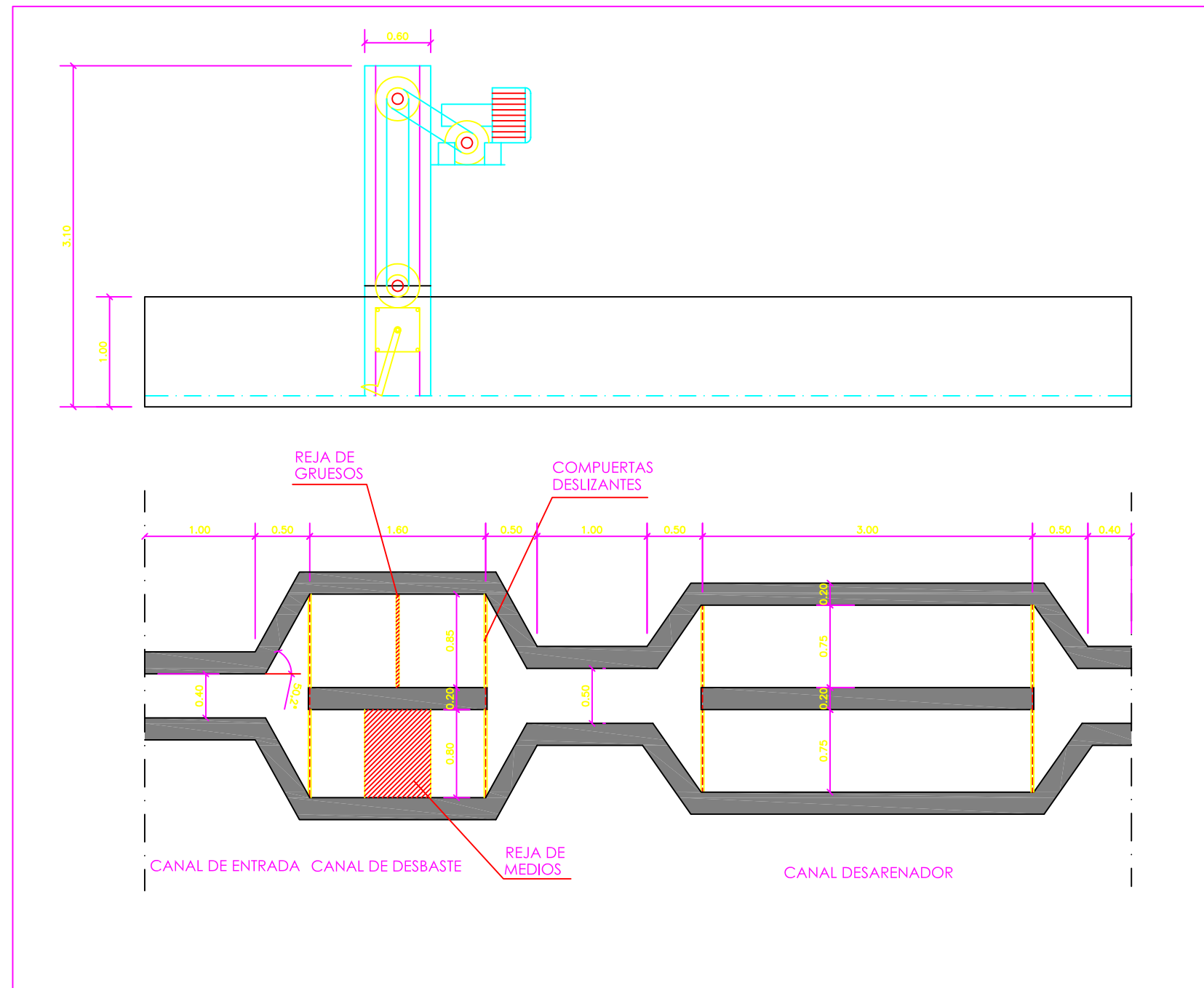


 MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS DE LA SIERRA DE CÁDIZ		
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN ACONDICIONAMIENTO DE LA E.D.A.R. DE GRAZALEMA (CÁDIZ)		
ESCALAS:	TÍTULO DEL PLANO	N. DEL PLANO
1:200	PLANTA ESTADO ACTUAL	04
FECHA:		
SEPTIEMBRE 1998		
EL INGENIERO DIRECTOR DEL PROYECTO D. ADOLFO RENDÓN UNCETA		  

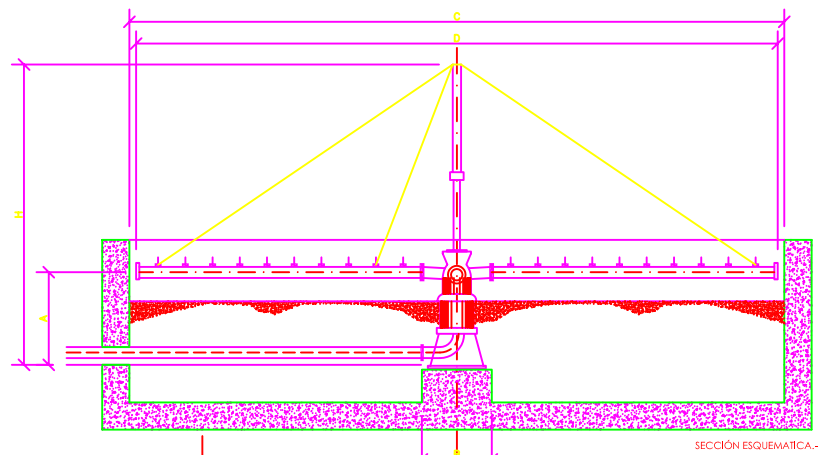


Elaborado	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Corregido	Justificación	MARIA JESUS ALFRESA CALVELO	FACULTAD DE CIENCIAS
Dibujado			DBERO EDAR GRAZALENA
Escala	PLANTA PROYECTADA		PLANO Nº 05

DETALLE.-

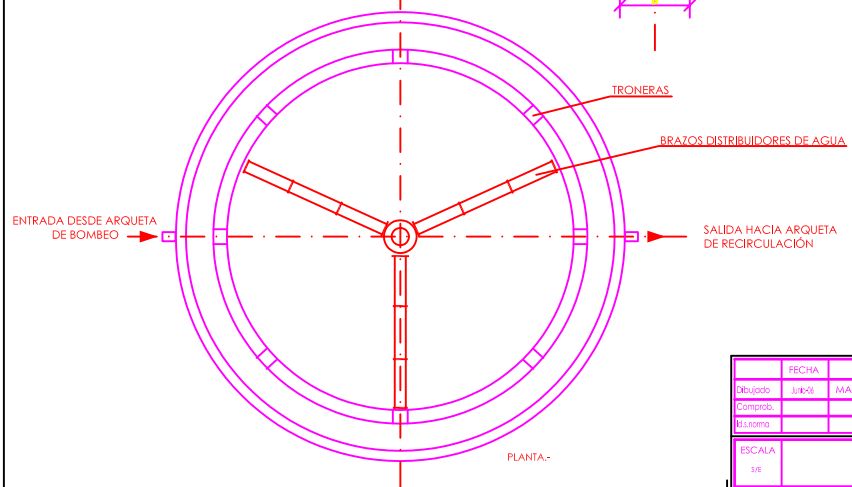


	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ FACULTAD DE CIENCIAS DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Dibujado	Junio-06	MARÍA JESÚS ALPRESA CALVILLO	
Comprob.			
Id.s.norma			
ESCALA	CANAL DE ENTRADA, DESBASTE Y DESARENADOR		PLANO Nº
1/50			06



A = 1,75 m.
 B = 0,60 m.
 C = 10,00 m.
 D = 9,80 m.
 H = 4,00 m.
 N° DE BRAZOS 3

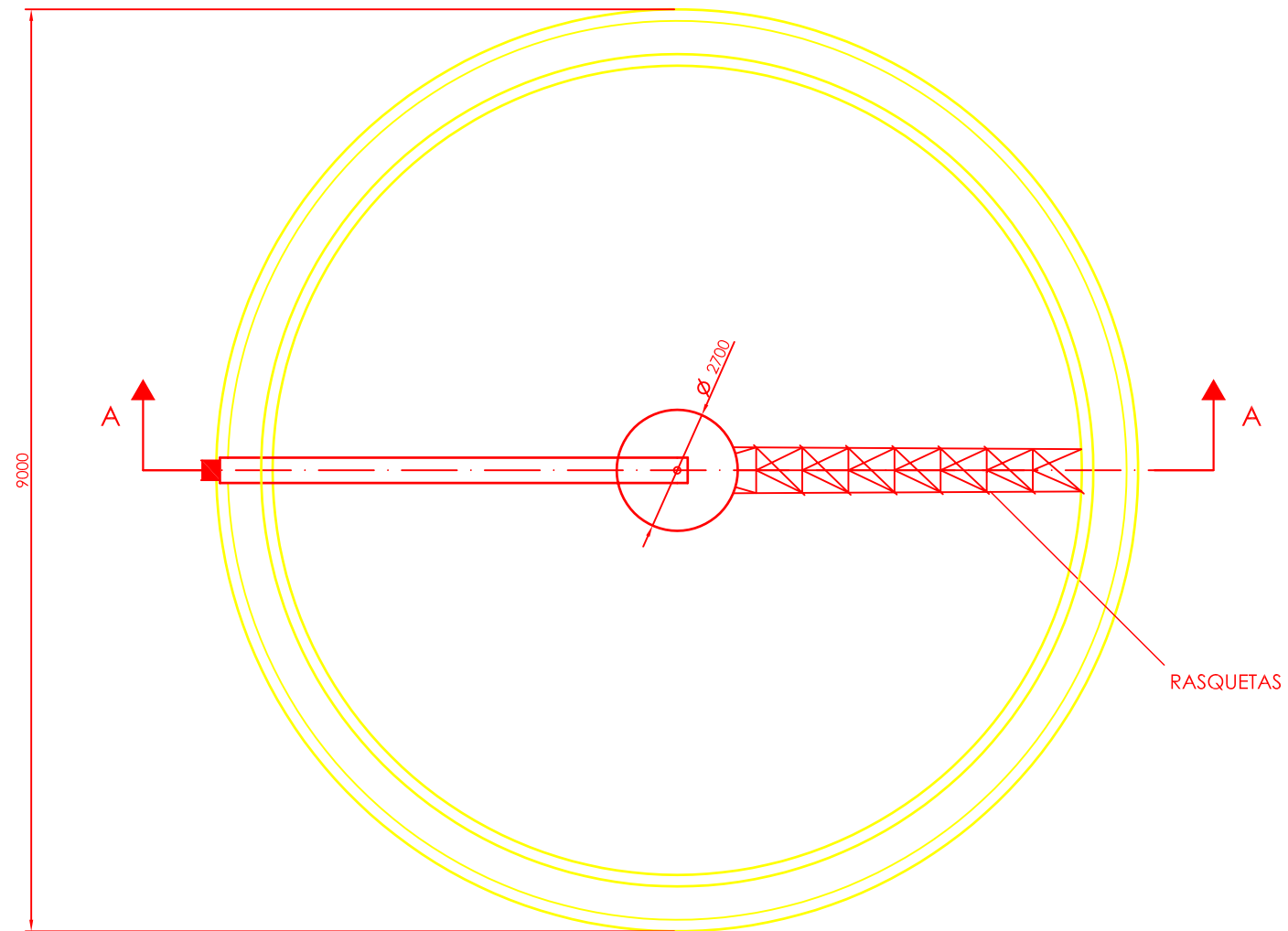
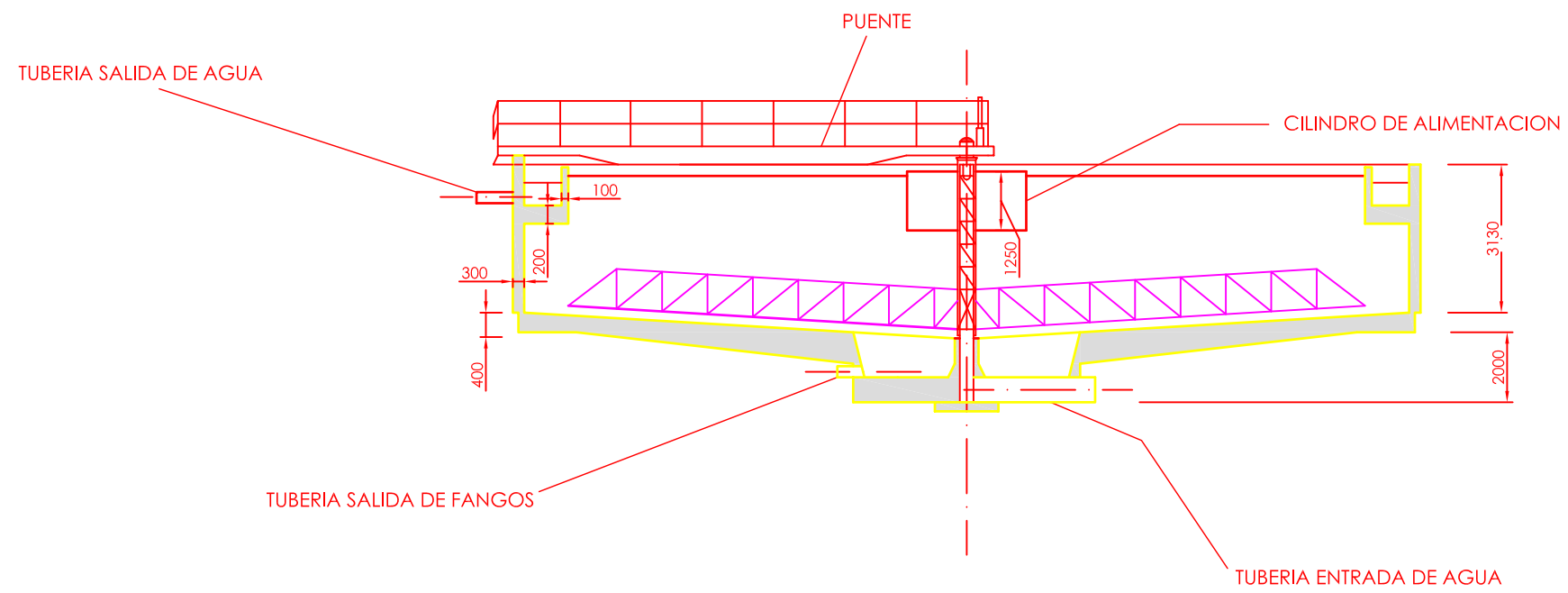
SECCIÓN ESQUEMATICA.-



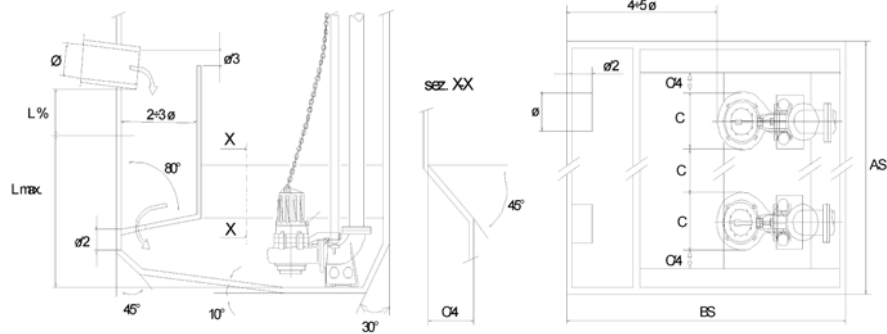
PLANTA.-

FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Dibujado	1/1/95 MARIA JESUS ALPRESA CALVILLO	FACULTAD DE CIENCIAS
Comprob.		DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Elaborado		
ESCALA	5/8	PLANO N°
	LECHO BACTERIANO	07

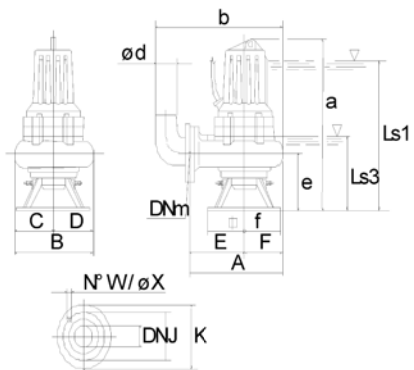
SECCIÓN A-A



	FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ FACULTAD DE CIENCIAS DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Dibujado	Junio-06	MARÍA JESÚS ALPRESA CALVILLO	
Comprob.			
Id.s.norma			
ESCALA	DECANTADOR SECUNDARIO		PLANO Nº
1/1500			09



DETALLE DEL POZO.-



DETALLE DE LA BOMBA.-

DIMENSIONES DE LA BOMBA mm.

A=407
a=629
B=317
b=587
C=173
D=144
DN=80/PN16
DNp=80/PN16
e=245
F=162
f=344
J=160
K=200
Ls1=542
Ls3=320
Ød=75
ØX=18
W=8

DIMENSIONES DEL POZO mm.

AS=700
BS=1800
C=317
L%=66
LMGX=1201
LMin=542
Ø=200

FECHA		UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Dibujado	Luis Al	FACULTAD DE CIENCIAS
Comprob.		DISEÑO EDAR GRAZALEMA
Asesorado		
ESCALA	GRUPO DE BOMBEO DRENAJE ERAS DE SECADO	PLANO Nº
S/E		10



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**DOCUMENTO Nº 3
PLIEGO DE CONDICIONES**

ÍNDICE.....	1
1. OBJETO.....	3
1.1. DEFINICIONES.....	3
2. CONDICIONES GENERALES.....	4
2.1. OBLIGACIONES SOCIALES VARIAS.....	4
2.2. SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA.....	4
2.3. PERMISOS Y LICENCIAS.....	4
2.4. PERSONAL DE OBRA.....	4
2.5. COMIENZO DE LAS OBRAS.....	6
2.6. OBRAS DEFECTUOSAS O MAL EJECUTADAS.....	6
2.7. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.....	6
2.8. DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS.....	7
2.9. LIBRO DE ÓRDENES.....	8
2.10. FACILIDADES PARA LA INSPECCION.....	8
2.11. PRUEBAS.....	8
2.12. CONTROL DE CALIDAD.....	9
2.13. MEDICIÓN Y ABONO.....	9
2.14. UNIDADES NO PREVISTAS EN EL PROYECTO.....	12
2.15. GARANTÍA DE LAS OBRAS EJECUTADAS.....	13
2.16. GASTOS CON CARÁCTER GENERAL A CUENTA DEL CONTRATISTA....	13
2.17. INSTALACIONES AUXILIARES.....	14
2.18. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y RESPONSABILIDADES POR DAÑOS Y PERJUICIOS.....	15
3. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	15
3.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE.....	15
3.1.1. Objeto.....	16
3.1.2. Documentos que definen las obras.....	16
3.1.2.1. Documentos contractuales.....	16
3.1.2.2. Documentos informativos.....	16
3.1.3. Compatibilidad y prelación entre documentos.....	16
3.1.4. Representación del contratista.....	17
3.1.5. Disposiciones aplicables.....	17
3.1.6. Comienzo de las obras.....	19
3.1.7. Programa de trabajo.....	19

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	19
3.2.1. Canal de entrada.....	19
3.2.2. Canal de desbaste.....	20
3.2.2.1. Reja de medios.....	20
3.2.2.2. Reja de gruesos.....	21
3.2.3. Canal desarenador.....	21
3.2.4. Lagunas anaerobias.....	22
3.2.5. Lecho bacteriano.....	22
3.2.6. Decantador secundario.....	22
3.2.7. Eras de secado.....	23
3.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES.....	23
3.3.1. Procedencias.....	23
3.3.2. Ensayos.....	24
3.3.3. Transporte y acopio.....	24
3.3.4. Materiales.....	25
3.3.4.1. Conglomerantes.....	25
3.3.4.2. Áridos para morteros y hormigones.....	26
3.3.4.3. Prefabricados de hormigón.....	26
3.3.4.3.1. Tuberías de hormigón.....	27
3.3.4.4. Materiales cerámicos.....	28
3.3.4.4.1. Ladrillos huecos.....	28
3.3.4.5. Materiales siderúrgicos.....	29
3.3.4.5.1. Acero para armaduras.....	29
3.3.4.6. Tierras para relleno de zanjas.....	30
3.3.4.7. Tuberías de PVC.....	30
3.3.4.8. Materiales no incluidos en el presente pliego.....	31

1. OBJETO

El objeto del Pliego de condiciones es regular las relaciones entre las partes contratantes desde el punto de vista Técnico, Facultativo, Económico y Legal, para el proyecto denominado “Dimensionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Grazalema”, y será aplicable a todas las obras incluidas en dicho proyecto.

1.1. DEFINICIONES

Los términos siguientes que aparezcan en el presente documento, se entenderán como sigue:

➤ Propietario.

Compañía que proyecta la ejecución de la Estación Depuradora, cuya autoridad representa su Director General o el representante autorizado de éste.

➤ Contratista principal o general.

Empresa de Ingeniería responsable del diseño, puesta en marcha y supervisión total de la Estación Depuradora.

➤ Subcontratista.

Empresas que prestan los servicios y los suministros requeridos para la construcción de la Estación Depuradora.

Queda entendido que cualquier desacuerdo que ocurra en o entre una o varias partes de este contrato, será el Propietario quien determine cual de éstas seguirá.

➤ Ingeniero.

Persona designada por el Propietario y/o el Contratista Principal y/o los Subcontratistas para actuar como tales en relación con el presente contrato, incluyendo ingenieros particulares según el contrato.

➤ Proveedores.

Cualquier persona, empresa o entidad excepto empleados del Contratista Principal, que contrate con el Contratista Principal o cualquier Subcontratista, la fabricación o entrega de maquinaria, materiales o equipo de incorporar al trabajo o que realmente realice dicha fabricación o entrega.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1. OBLIGACIONES SOCIALES VARIAS

El Contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y en cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la Industria Nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

2.2. SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA

El Adjudicatario o Contratista general, podrá dar a destajo en subcontrato, cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización la Dirección Facultativa, estando facultados para decidir la exclusión de un destajista, por ser el mismo incompetente o no reunir las condiciones necesarias. Comunicada esta decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de este contrato.

El Contratista será siempre responsable de todas las actividades del destajista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

2.3. PERMISOS Y LICENCIAS

El Contratista principal conseguirá todos los permisos y licencias exigidas por la Ley, pagará todos los cargos, gastos e impuestos, y dará los avisos necesarios e incidentales para la debida prosecución de la obra.

2.4. PERSONAL DE OBRA

La correcta ejecución de la obra contratada estará sometida permanentemente a la inspección, comprobación y vigilancia del Director de Obra, designado al efecto por el Propietario. Para desempeñar su función, el Director de Obra podrá contar con colaboradores que, junto con este, integrarán la Dirección Facultativa de la obra.

La Dirección Facultativa de las obras tendrán las siguientes funciones:

➤ Verificar el replanteo y cuidar que las obras se realicen con estricta sujeción al proyecto aprobado o modificaciones debidamente autorizadas, así como el cumplimiento del programa de trabajo.

- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.

- Elaborar, a requerimiento del Propietario o su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra, adaptadas a las disposiciones normativas contempladas en el proyecto.

- Suscribir el acta de recepción de la obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

El Contratista es la parte contratante que asume el compromiso de ejecutar las obras con medios humanos y materiales, propios o ajenos, con sujeción al proyecto y al contrato.

Sin perjuicio de lo establecido en el RDL 2/2000, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, serán obligaciones del constructor:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones de la Dirección Facultativa de la obra.

- Mantener permanentemente en la obra un delegado o encargado suficientemente capacitado a juicio de la Dirección Facultativa.

- Redactar el Plan de Seguridad y Salud, antes del inicio de las obras, y notificar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo.

- Asignar los medios humanos y materiales que la obra requiera.

- Firmar el acta de comprobación del replanteo y el acta de recepción de obra.

- Realizar, a su costa, cuantos replanteos sean necesarios para la correcta ejecución de las obras.

- Facilitar a la Dirección Facultativa de la obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación que se considere oportuna por parte del Propietario. Además, el Contratista adjudicatario estará obligado a dar a la Dirección Facultativa, toda

clase de facilidades para el desarrollo de su función de comprobación, coordinación y vigilancia de la correcta realización de los trabajos contratados.

2.5. COMIENZO DE LAS OBRAS

Las obras objeto del presente proyecto, se iniciarán al día siguiente de la fecha del Acta de Replanteo, empezando a contar el plazo a partir de dicha fecha.

En el período comprendido entre la adjudicación definitiva y la de replanteo de las obras, el Contratista podrá, bajo su responsabilidad, proceder a la organización general de las mismas, gestión de suministros de materiales y medios auxiliares necesarios y, en general, a todos los trámites previos necesarios para que una vez comenzada la obra, no se vea interrumpida por obstáculos derivados de una deficiente programación.

2.6. OBRAS DEFECTUOSAS O MAL EJECUTADAS

Una vez comenzada la obra, el Director de Obra comprobará el cumplimiento del Programa de Puntos de Inspección y lo registrará en las Hojas de Control de Calidad. Si el resultado del punto de control no fuera conforme, el Director de Obra ordenará la ejecución de las medidas correctoras pertinentes y controlará su correcta ejecución en la correspondiente Hoja de Control de Ejecución.

Si el Director de Obra estimara preferible aceptar la parte de obra controlada y no conforme por cualquier causa justificada, lo propondrá razonablemente al Comité de Control de Calidad del Propietario, que resolverá sobre el particular. Si la resolución resulta positiva, la Dirección Facultativa fijará el precio a abonar por la misma en función del grado de deficiencia. El Contratista podrá optar por aceptar la decisión de aquella o atenerse a lo especificado en el párrafo 1º de este apartado.

Cuando se sospeche la existencia de vicios ocultos de construcción o de materiales de calidad deficiente, la Dirección Facultativa podrá ordenar la apertura de calas correspondientes.

2.7. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras y montajes de las instalaciones en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el presente proyecto.

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante las obras ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales.

El Contratista, por sí o por medio de sus facultativos, representantes o encargados, estará en la obra durante la jornada legal de trabajo, y acompañará a la Dirección Facultativa o a su representante en las visitas que haga a las mismas, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que éste considere necesarios y suministrándole los datos y medios precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

El Contratista, durante el período de ejecución de las obras e instalaciones es responsable de todos los riesgos que puedan correr las mismas.

Es obligación del Contratista ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras e instalaciones aún cuando no se halle expresamente recogido en los pliegos de condiciones, siempre sin separarse de su espíritu y de la recta interpretación que de los mismos efectúe la Dirección Facultativa y dentro de los límites y posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

2.8. DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS

El Contratista, antes del comienzo de las obras, deberá someter a la aprobación del Propietario un plan de trabajo con indicación de los plazos parciales y fechas de terminación de las unidades de obra, compatible con el plazo total fijado para ellas. Este plan se someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa y, si esta se produce, adquirirá carácter contractual.

Asimismo, el Contratista presentará una relación completa de los servicios y maquinaria y su compromiso de utilización en cada una de las etapas del plan. Los medios quedarán adscritos a las obras sin que, en ningún caso, el Contratista pueda retirarlos sin autorización de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a aumentar los medios auxiliares propuestos siempre que la Dirección Facultativa compruebe que ello es necesario para cumplir con los plazos previstos.

La aceptación del plan y de los medios auxiliares propuestos no implicará exención de la responsabilidad del cumplimiento de los plazos convenidos.

Si el Contratista, por causas imputables al mismo, incurriera en demora respecto a los plazos parciales de manera que haga presumir racionalmente el incumplimiento del plazo total, o este hubiera quedado incumplido, podrá optar por la rescisión del contrato con pérdida de fianzas, o por la imposición de las penalidades que se establezcan en el presente documento.

2.9. LIBRO DE ÓRDENES

El libro de órdenes será diligenciado por el Propietario, se abrirá en la fecha de comprobación del replanteo y se cerrará en la de la recepción de la obra.

Durante dicho espacio de tiempo estará a disposición de la Dirección Facultativa, que cuando considere procedente u oportuno, anotará en el las órdenes o instrucciones y comunicaciones que estime, autorizándolas con su firma.

2.10. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN

El Contratista proporcionará a la Dirección de Obra o a sus representantes, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos y mediciones, así como para la inspección de la mano de obra en todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego, permitiendo el libre acceso a todas las partes de la obra, incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan y preparen los materiales o se realicen trabajos para las obras.

2.11. PRUEBAS

El Contratista o su representante, deberá presenciar los ensayos, para lo cual se le avisará con suficiente antelación.

Los materiales serán reconocidos y aceptados por la Dirección Facultativa, quedando a su criterio rechazarlos si no cumplieran con las condiciones exigidas, que se comprobarán en el Laboratorio de Materiales que ella designe. Los proveedores deberán aportar el “Certificado de prueba en fábrica”, y todo aquello que certifique la idoneidad de los materiales a utilizar (homologaciones, timbres, sellos de conformidad, etc.)

El resultado de las pruebas de la obra, que deben ser ejecutadas en presencia de representantes de la Dirección Facultativa y del Contratista, se recogerá en la correspondiente Hoja de Control de Ejecución.

El Propietario visará las “Hojas de Control de Ejecución” una vez cumplimentadas por el Director de Obra. Dicho visado será imprescindible para la recepción de las obras.

En cualquiera de los casos anteriores citados, serán de cuenta del Contratista todos los gastos que se originen hasta un uno por ciento (1%) del valor de las obras.

2.12. CONTROL DE CALIDAD

Con independencia de las pruebas, ensayos y control que el Contratista deba realizar, de acuerdo con los documentos de este proyecto, la Dirección Facultativa efectuará un control de calidad de los materiales empleados y de la ejecución de las distintas unidades de obra, siguiendo un programa de puntos de inspección elaborado expresamente para esta obra por el Director de Obra y aprobado por el Propietario. El cumplimiento de dicho plan será registrado en las “Hojas de Control de Ejecución”.

Las inspecciones, mediciones, controles, pruebas, ensayos y análisis pueden ser realizados directamente por el Director de Obra, por personal a su servicio o por empresa o laboratorio externo contratado al efecto. El Técnico que la Dirección Facultativa designe como responsable del control de calidad de las obras, tendrá libre acceso a las mismas, así como a las factorías e instalaciones fijas o móviles que el Contratista emplee para la fabricación de los materiales a emplear.

2.13. MEDICIÓN Y ABONO

La Dirección Facultativa realizará mensualmente y en la forma que se establece en este pliego, la medición de las unidades de obra ejecutadas en el periodo de tiempo anterior.

El Contratista o su delegado podrán presenciar la realización de tales mediciones.

Con carácter general, todas las unidades se medirán por volumen, superficie, longitud o peso, expresado en unidades del sistema métrico o por el número de unidades iguales, se acuerdo como figuran los cuadros de precios y en la definición de los precios contradictorios, si los hubiere.

Las mediciones se calcularán por procedimientos geométricos, por medición sobre planos de perfiles, planos acotados o tomados del terreno, cuando no ofrezcan lugar a dudas.

El adjudicatario no tendrá derecho a percibir indemnización alguna como excedente de los precios en letra consignados en los cuadros de precios, en los que se consideran

comprendidos todos los materiales, accesorios y operaciones necesarios para dejar la obra completamente terminada, limpia y en disposición de recibirse.

El Contratista tendrá derecho a percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya realmente ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del proyecto, a las condiciones del contrato y a las órdenes e instrucciones dictadas por la Dirección Facultativa, valoradas de acuerdo con los precios convenidos tal y como se especifican en este pliego.

Cuando, a juicio de la Dirección Facultativa, se haya producido un aumento de dimensiones en la obra proyectada o del número de unidades respecto a lo definido, y ello pudiera perjudicar las condiciones estructurales, funcionales o estéticas de la obra, el Contratista tendrá la obligación de demolerla a su costa y rehacerla nuevamente en las condiciones fijadas en el proyecto.

En el caso de estos excesos no perjudicaran a los parámetros citados anteriormente, la medición se hará por las características descritas en proyecto y no por las realmente ejecutadas.

Si la obra ejecutada tuviera dimensiones inferiores a las definidas en planos, ya sea por orden de la Dirección Facultativa o por error en la construcción, la medición para su valoración será la correspondiente a la obra ejecutada.

La valoración de lo ejecutado por el Contratista, se hará aplicando los resultados de las mediciones a los precios en letra señalados en el presupuesto para cada unidad de obra. La medición se hará en la forma que estime más adecuada la Dirección Facultativa y con la unidad referida para cada una en el presente proyecto.

Los precios de unidades de obra, así como los de materiales o de mano de obra de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista o su representante, siendo condición necesaria la presentación y aprobación de éstos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

Si el adjudicatario procediera a la ejecución de alguna unidad de obra que no figure entre las contratadas, sin cumplir lo anteriormente especificado sobre los precios de tales unidades, aceptará obligatoriamente para las mismas el fijado por la Dirección Facultativa.

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos en la terminación de la obra se levantarán, cuando sea preciso, los planos indispensables para que queden perfectamente localizados. Estos documentos se extenderán por triplicado, firmados por la Dirección Facultativa y el Contratista.

Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

Todas las excavaciones y desmontes se abonarán por sus volúmenes referidos al terreno, tal y como se encuentran al efectuar los trabajos. Los volúmenes se apreciarán comprobando modificando los perfiles del proyecto al efectuar el replanteo. Durante la ejecución de las obras se sacarán cuantos perfiles se estimen convenientes por la Dirección Facultativa o pida el adjudicatario y, al efectuarse la medición final se volverán a hacer los perfiles, precisamente en los puntos en que se hicieron los de replanteo. No se admitirá ninguna reclamación acerca del volumen obtenido de la forma indicada.

Tanto los perfiles de replanteo como los finales se firmarán conjuntamente por la Dirección Facultativa y el Contratista de la obra.

Solamente se medirán, a los efectos de abono, las excavaciones y desmontes indispensables para la ejecución de las obras con arreglo al proyecto y los que fije, en su caso, la Dirección Facultativa.

No lo serán los que por exceso practique el Contratista aunque sea por conveniencia para la marcha de las obras, como rampas, etc.

Las excavaciones y desmontes se abonarán al precio en letra del metro cúbico señalado en el cuadro correspondiente del presupuesto, cualquiera que sea la naturaleza del terreno en que se hagan y el destino que se de a sus productos, hallándose comprendido en aquel precio el coste de todas las operaciones necesarias para hacerlos así como las indemnizaciones por los daños a los terrenos que se ocupen con dichos productos.

Por metro cúbico de terraplén o relleno se entiende el que corresponde a esta obra después de ejecutada y consolidada con arreglo a las condiciones del proyecto.

Solamente se medirán para los efectos de abono los terraplenes indispensables para la ejecución de las obras, con arreglo al proyecto, con los taludes que en el mismo se señalan o los que fije en su caso la dirección facultativa. No lo serán los que por exceso practique el contratista, ya sea por modificación de estos taludes ya sea para conveniencia de la marcha de las obras.

Los terraplenes se abonarán por su volumen al precio en letra del metro cúbico que fija el cuadro correspondiente del presupuesto.

En este precio está incluido el coste de todas las operaciones necesarias para ejecutarlos, así como también la extracción de préstamos, el terreno que ocupen estas excavaciones y el daño que con ellas se ocasionen, así como el transporte de los préstamos hasta el lugar de empleo.

Los pavimentos y soleras se valorarán por metro cuadrado de obra totalmente terminada, descontándose de la medición los huecos existentes.

Las arquetas se valorarán por unidades, cuando así vaya indicado en el presupuesto y esté formado el correspondiente precio unitario.

Cuando esto no ocurra, se valorarán independientemente la fábrica de ladrillo y hormigón, el enlucido y la tapa de la misma.

La valoración de elementos singulares, entendiéndose como tales los que figuren valorados individualizada y unitariamente en el presupuesto, se entenderán por unidades de los mismos totalmente colocadas y terminadas en la forma definida en el proyecto, incluyendo la unidad las piezas especiales y los materiales necesarios para la colocación.

En todo caso y cuando exista duda o contradicción sobre un mismo punto de los diversos documentos que constituyen el proyecto, se dará siempre preferencia para resolverlo al pliego de prescripciones técnicas y cuadros correspondientes de los precios unitarios en letra.

La valoración de las obras no expresadas en este pliego, se verificarán aplicando a cada una la unidad de medida que le sea más apropiada y en la forma y condiciones que estime más justa la Dirección Facultativa.

Cuando por consecuencia de rescisión u otra causa fuese preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios recogidos en el presupuesto sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionando en otra forma que la establecida en los cuadros de composición de precios.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma aplicando los precios en letra unitarios del cuadro a cada una de las partes que la integran quedando con esta suma abonados los medios auxiliares.

En ningún caso tendrá derecho el Contratista a reclamación alguna fundada en la insuficiencia, error u omisión del coste de cualquiera de los elementos que constituyen los referidos precios.

2.14. UNIDADES NO PREVISTAS EN EL PROYECTO

Caso de surgir unidades de obra no previstas en el Proyecto, cuya ejecución se considere conveniente o necesaria, los nuevos precios se fijarán contradictoriamente, con anterioridad a la ejecución de los trabajos a que dicho precio se refiere.

Estos precios se redactarán en lo posible, tomando como base los que figuren en los Cuadros de Precios del Proyecto. Si no se llegase a un acuerdo, la Dirección Facultativa se encargará de realizar dichas unidades de obra, bien por cuenta suya o contratándolas con un tercero.

2.15. GARANTÍA DE LAS OBRAS EJECUTADAS

De acuerdo con lo previsto en el Pliego de Condiciones Administrativas Particulares, si las obras e instalaciones se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas se darán por recibidas, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en el presente pliego y procediéndose en el plazo más breve posible a su medición general y definitiva, con asistencia del adjudicatario o de su representante.

Cuando las obras e instalaciones no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que la Dirección Facultativa debe señalar al adjudicatario para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos espirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento, en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción de la obra.

La garantía de las obras e instalaciones recaerá directamente sobre el Contratista sin que éste pueda eludir su responsabilidad haciéndola recaer sobre terceras personas.

Si la Dirección Facultativa tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos en las obras e instalaciones ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y durante el periodo de garantía, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente.

2.16. GASTOS CON CARÁCTER GENERAL A CUENTA DEL CONTRATISTA

Sin perjuicio de los gastos recogidos en el Pliego de Prescripciones Administrativas Particulares, aprobado por el Propietario, que rigen la contratación de la obra, el contratista está obligado a costear los siguientes gastos de obra:

- Instalaciones y medios auxiliares.
- Construcción, desmontaje y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- Alquiler o adquisición de terrenos para el acopio de materiales o maquinarias.

- Protección de la propia obra contra todo deterioro.
- Daños por incendio, cumpliendo todos los requisitos vigentes para el almacenamiento de carburantes.
- Limpieza y evacuación de desperdicios y basuras.
- Construcción y conservación de caminos provisionales para el acceso a las obras.
- Señalización, y equipos de seguridad aplicables a la obra.
- Retirada de materiales, herramientas, instalaciones auxiliares, etc.
- Montaje, conservación y retirada de instalaciones para suministro de agua y energía.
- Demolición de las instalaciones provisionales y retirada de materiales de rechazo.

Igualmente, está obligado a costear otros gastos que a continuación se relacionan:

- Los que originen el replanteo general de la obra y su comprobación.
- Los que originen los replanteos parciales de la obra.
- Los de inspección y dirección de la obra que les sean aplicables, de acuerdo con las tarifas vigentes.
- Los de ensayos y control de obras que ordene la Dirección Facultativa.
- Los de redacción, por parte de personal técnico diferente al autor de este proyecto, de proyectos adicionales que fueran precisos y tramitación de los mismos.
- Los del cartel informativo conforme al programa de identidad corporativa u otros modelos, a indicación de la Dirección Facultativa.

2.17. INSTALACIONES AUXILIARES

Si la Dirección Facultativa lo exigiese, el Contratista estará obligado a disponer una oficina de obra que estará situada en la misma obra o cercanías, para uso y servicio de la Dirección Facultativa. En dicha oficina deberá haber una copia completa del proyecto.

No serán objeto de abono los gastos ocasionados por esto, entendiéndose incluidos en el precio de las distintas unidades de obra.

2.18. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y RESPONSABILIDADES POR DAÑOS Y PERJUICIOS

Antes del inicio de la obra, el Contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, de acuerdo con lo previsto en el artículo 7 del RD 1627/97.

El Contratista está obligado a aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley 31/95, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del RD 1627/97.

El Contratista será responsable de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que le correspondan, y responderá de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas establecidas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley 31/95.

El Contratista está obligado a contratar un seguro de responsabilidad civil que cubra todos los posibles accidentes que puedan ocurrir durante el transcurso de la obra, incluidos los originados por la defectuosa ejecución de la obra. Por el hecho de comenzar los trabajos el Contratista reconoce haber cumplido esta exigencia. Por su parte, la Dirección Facultativa podrá solicitar el justificante del seguro en cualquier momento.

Además, será de cuenta del Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de accidentes por señalización defectuosa o insuficiente.

Asimismo, será de cuenta del Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar perjuicios ocasionados a terceros por interrupción de servicios públicos o privados, daños causados en sus bienes por apertura de zanjas, explanaciones, desvíos de cauce, habilitación de caminos provisionales, explotación para obtención de préstamos, depósito de maquinarias o materiales, siempre que no sea objeto de abono en el presente proyecto.

3. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

3.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE

3.1.1. Objeto

Estas prescripciones Técnicas particulares tienen por objeto definir las prescripciones que han de regir en la ejecución de las obras comprendidas en el Proyecto de Dimensionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Grazalema.

Serán también de aplicación los Pliegos, Instrucciones, Normas y Prescripciones, oficiales o no, que se citan en los distintos apartados de este Pliego, en la forma que para cada uno de ellos se establece.

3.1.2. Documentos que definen las obras

3.1.2.1. Documentos contractuales

Los documentos que se incorporan al Contrato como documentos contractuales son los siguientes:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Cuadro de precios.
- Pliego de Condiciones.
- Planos.

3.1.2.2. Documentos informativos

Los datos sobre la procedencia de materiales, condiciones locales, diagramas de movimiento de tierras, de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas, de justificación de precios y en general, todos los que se incluyen en la Memoria, y demás documentos no contractuales del Proyecto, son documentos informativos.

Dichos documentos representan una opinión fundada del autor del Proyecto. Sin embargo, ello no supone que el mismo se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran y, en consecuencia, deberán aceptarse tan solo como complemento de la información que el Contratista adquirirá directamente.

3.1.3. Compatibilidad y prelación entre documentos

Los errores materiales que pudieran contener el proyecto o presupuesto elaborado por el Propietario no anulará el contrato, salvo que sean efectuadas las oportunas reservas por cualesquiera de las partes en un plazo no mayor de dos (2) meses, computados a partir de la

firma del acta de comprobación del replanteo y, además, afecten al importe del presupuesto de la obra en el porcentaje que establezca el pliego de condiciones administrativas particulares o el contrato.

Caso contrario, los errores sólo darán lugar a su rectificación.

Lo mencionado en este pliego y omitido en los planos o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre ambos prevalecerá lo establecido en el pliego de prescripciones técnicas.

Las omisiones en planos y pliego de prescripciones técnicas o las descripciones erróneas de los detalles de las obras que sean manifiestamente indispensables para llevarse a cabo, o que por su uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de realizarlas sino que, al contrario, obligan a su ejecución como si hubieran sido completa y correctamente descritas.

Los precios de las unidades de obra así como de los materiales o mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista. Estos precios se harán sobre la base de los precios utilizados en el proyecto, con la aplicación de la baja que hubiera realizado el Contratista y fuera condición del contrato.

En todo caso, la Dirección Facultativa resolverá unilateralmente las dudas que pudieran surgir de la interpretación de los posibles documentos del proyecto.

3.1.4. Representación del contratista

El Contratista designará una persona que asuma la dirección de los trabajos que se ejecutan como delegado suyo ante la Administración, a todos los efectos, durante la ejecución de las obras y periodo de garantía.

El delegado del Contratista tendrá una titulación técnica con experiencia profesional suficiente para el cumplimiento de su misión. Deberá residir en población próxima a la zona en que se desarrollan los trabajos y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento de la administración.

3.1.5. Disposiciones aplicables

Además de lo especificado en el presente pliego serán de obligado cumplimiento, en lo que no se contradigan, las siguientes disposiciones generales:

- Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobada por RD 2/2000 de 16 de junio.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, de la Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, aprobado por D 3854/1970 de 31 de diciembre.
- Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas aprobado por RD 1098/2001 de 12 de octubre.
- Instrucción de hormigón estructural EHE, aprobada por RD 2661/98, de 11 de diciembre.
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado ERPE-72.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de Cementos. (Instrucción RC-03, RD 1797/2003).
- Pliego General de Condiciones para la Recepción de Ladrillos Cerámicos en las Obras de Construcción (RL-88).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones, del Ministerio de Fomento.
- Normas UNE y DIN aplicables, de aplicación en el Ministerio de Obras Públicas.
- Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 1627/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- RD 485/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 773/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

➤ RD 1215/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

➤ Ley 7/94 de Protección Ambiental.

En general, cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales que guarden relación con las obras del presente Proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores, y salvo manifestación expresa en contrario, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

3.1.6. Comienzo de las obras

Las obras objeto del presente proyecto, se iniciarán al día siguiente de la fecha del Acta de Replanteo, empezando a contar el plazo a partir de dicha fecha.

En el período comprendido entre la adjudicación definitiva y la de replanteo de las obras, el Contratista podrá, bajo su responsabilidad, proceder a la organización general de las mismas, gestión de suministros de materiales y medios auxiliares necesarios y, en general, a todos los trámites previos necesarios para que una vez comenzada la obra, no se vea interrumpida por obstáculos derivados de una deficiente programación.

3.1.7. Programa de trabajo

Se ajustará según lo dispuesto en Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, así como a lo especificado en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.2.1. Canal de entrada

Unidades 1 canal

Dimensiones

Pendiente 0,5 %

Sección Rectangular

	Anchura del canal	0,4 m
	Altura útil	0,1 m
	Altura construida	1 m
<i>Caudal de diseño</i>		0,0302 m ³ /s
<i>Referencia</i>	Memoria de Cálculo, apartado 2.1 Documento N° 2, Plano 06	

3.2.2. Canal de desbaste

Unidades 1 canal de desbaste y 1 canal de emergencia

Dimensiones

	Pendiente	0,5 %
	Sección	Rectangular
	Anchura del canal	0,4 m
	Altura útil	0,1 m
	Altura construida	1 m
<i>Caudal de diseño</i>		0,0302 m ³ /s
<i>Equipos adyacentes</i>	Reja vertical de medios de limpieza mecánica Reja de gruesos de limpieza manual	
<i>Potencia instalada</i>	1,5 c.v.	
<i>Referencia</i>	Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.1 Documento N° 2, Plano 06	

3.2.2.1. Reja de medios

Unidades 1 reja

Dimensiones

Ancho	0,98 m
Altura	1 m
Sobreelevación	2,1 m
Separación libre entre barrotes	20 mm

	Ancho de barrote	10 mm
<i>Velocidad de la rasqueta</i>	5 m/min	
<i>Potencia</i>	1,5 c.v.	
<i>Pérdida de carga</i>	6,1 cm aprox.	
<i>Referencia</i>	Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.2	

3.2.2.2. Reja de gruesos

<i>Unidades</i>	1 reja	
<i>Dimensiones</i>		
	Separación libre entre barrotes	50 mm
	Ancho de barrote	25 mm
	Número de barrotes	10
<i>Pérdida de carga</i>	4,2 cm aprox	
<i>Referencia</i>	Memoria de Cálculo, apartado 2.2.1.3	

3.2.3. Canal desarenador

<i>Unidades</i>	1 canal	
<i>Dimensiones</i>		
	Longitud	3 m
	Ancho	0,75 m
	Altura	1 m
	Volumen	2,25 m ³
<i>Caudal de diseño</i>	0,0302 m ³ /s	
<i>Tiempo de sedimentación</i>	74,5 s	
<i>Referencia</i>	Memoria de Cálculo, apartado 2.2.2.1 Documento N° 2, Plano 06	

3.2.4. Lagunas anaerobias

Unidades 2 lagunas anaerobias

Dimensiones

Profundidad útil	4,5 m
Resguardo mínimo	0,5 m
Área superficial unitaria	184 m ²
Área del fondo unitaria	154 m ²
Volumen unitario	760 m ³
Volumen total	1.520 m ³

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.3.4. y 3.3.2

3.2.5. Lecho bacteriano

Unidades 1 lecho

Material de relleno Natural

Dimensiones

Diámetro	9 m
Superficie	78,54 m ²
Altura	1,75 m
Volumen	137,45 m ³

Distribuidor de agua

Nº de brazos	3
Velocidad de giro	2,5 m/min

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.4.2
Documento Nº 2, Plano 07

3.2.6. Decantador secundario

Unidades 1 decantador

Dimensiones

Superficie útil	63,62 m ²
-----------------	----------------------

Diámetro	9 m
Altura recta sobre vertedero	3 m
Volumen	190,86 m ³

Capacidad

Caudal medio	28 m ³ /h
Caudal máximo	108,92 m ³ /h

Equipos adyacentes Grupo motor para rasquetas

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 2.5.3
Documento N° 2, Plano 09

3.2.7. Eras de secado

Unidades 1 era de secado

Dimensiones

Área total	900 m ²
Profundidad de la capa drenante	0,6 m
Volumen total	540 m ³

Tiempo de residencia 1 año

Referencia Memoria de Cálculo, apartado 3.6

3.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES

3.3.1. Procedencias

Cada uno de los materiales cumplirá las condiciones que se especifican en los apartados siguientes, que habrán de comprobarse siempre, mediante los ensayos correspondientes. La puesta en obra de cualquier material no atenuará en modo alguno el cumplimiento de las especificaciones.

Además, todos y cada uno de los materiales empleados serán conformes a la normativa al respecto que este vigente para ese material.

El Contratista propondrá los lugares de procedencia, fábricas o marcas de los materiales, que habrán de ser homologados por el Propietario y aprobados por la Dirección Facultativa y por el Propietario previamente a su utilización.

3.3.2. Ensayos

En todos los casos en que la Dirección Facultativa lo juzgue necesario, se verificarán pruebas o ensayos de los materiales, previamente a la aprobación a que se refiere el apartado anterior. Una vez fijadas la procedencia de los materiales, su calidad se comprobará mediante ensayos, cuyo tipo y frecuencia se especifica en los apartados correspondientes y podrán variarse por la Dirección Facultativa si lo juzga necesario, quien en su caso, designará también el Laboratorio en el que se realizarán los ensayos.

Se utilizarán para los ensayos las normas que se fijan en los siguientes artículos de éste capítulo. Con carácter general, estas normas serán:

➤ Normas del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, del Centro de Estudios y Experimentación del M.O.P.

➤ Métodos de Ensayo recogidos en la Instrucción EHE (RD 2661/98).

➤ Normas del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo.

➤ Normas de la "American Society for Testing of Materials".

➤ P.P.T. de Recepción de Tuberías de Saneamiento.

Por lo que se refiere a los ensayos de instalaciones mecánicas y eléctricas, se harán según Normas Nacionales o Internacionales, de acuerdo con la Dirección Facultativa.

En el caso de que el Contratista no estuviera conforme con el resultado de alguno de los ensayos realizados se someterá la cuestión al Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, cuyo dictamen será de aceptación obligada para ambas partes, corriendo los gastos de ensayo en este caso, por cuenta del Contratista.

3.3.3. Transporte y acopio

El transporte de los materiales hasta los lugares de acopio o de empleo, se efectuará en vehículos adecuados para cada clase de material, que estarán provistos de los elementos que

se precisen para evitar cualquier alteración perjudicial del material transportado y su posible vertido sobre las rutas empleadas.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure la conservación de sus características y aptitudes para su empleo en obra y facilite su inspección. La Dirección Facultativa podrá ordenar si lo considera necesario, el uso de plataformas adecuadas, cobertizos o edificios provisionales para la protección de aquellos materiales que lo requieran.

3.3.4. Materiales

3.3.4.1. Conglomerantes

Definición.

Se denomina cemento o conglomerantes hidráulicos a aquellos productos que, amasados con agua, fraguan y endurecen sumergidos en este líquido y son prácticamente estables en contacto con él.

Condiciones generales.

El cemento deberá cumplir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos en las Obras de Carácter oficial (P.R.C.H.) vigente.

Las distintas clases de cemento son las especificadas en el P.R.C.H. ya referido.

Almacenamiento y ensilado.

El cemento se almacenará en lugares cerrados y libres de humedad en su interior. Los sacos o envases de papel serán cuidadosamente apilados sobre planchas de tableros de madera separados del suelo mediante rastreles de tablón o perfiles metálicos. Las pilas de sacos deberán quedar suficientemente separadas de las paredes para permitir el paso de personas. El Contratista deberá tomar las medidas necesarias para que las partidas de cemento sean empleadas en el orden de llegada. Así mismo el Contratista está obligado a separar y mantener separadas las partidas de cemento que sean de calidad anormal.

Aguas para amasado.

Cumplirán lo prescrito para las mismas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE vigente.

Como norma general podrán ser utilizadas tanto para el amasado como para el curado de lechadas, morteros y hormigones, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica; es decir, las que no produzcan o hayan producido en ocasiones anteriores eflorescencias, agrietamientos, corrosiones o perturbaciones en el fraguado y endurecimiento de las masas.

Aditivos para los conglomerantes.

Se considerará como aditivo cualquier sustancia que, incorporada antes o durante el amasado y en proporción no superior al 5 por 100 del peso del conglomerante, se incorpora al mismo con el fin de modificar alguna de sus características o comportamientos habituales.

En modo alguno pretenderán compensar deficiencias en las características o comportamiento del conglomerante ni perturbará excesivamente las características a cuya modificación no vaya destinado.

La utilización de cualquier aditivo ha de ser autorizada expresamente por la Dirección Facultativa una vez aportada por el Contratista su composición en sustancias activas e inertes, las garantías del fabricante y se hayan realizados los ensayos necesarios.

3.3.4.2. Áridos para morteros y hormigones

Definición y condiciones generales.

Los áridos que se empleen en la fabricación de morteros y hormigones deberán cumplir con carácter general las condiciones señaladas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, y habrán de proceder de graveras o yacimientos naturales próximos al lugar de las obras.

Sus características mecánicas y peso específico serán las adecuadas para conseguir en el hormigón las resistencias y densidades mínimas exigibles por el presente P.P.T. o en su defecto por la Instrucción EHE. Estarán exentos de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los "álcalis" del cemento y con las armaduras.

3.3.4.3. Prefabricados de hormigón

Definición.

Se definen como piezas prefabricadas de hormigón aquellos elementos constructivos de hormigón que se colocan o montan una vez fraguados. Incluye, entre otros, vigas, tubos y conductos de hormigón armado o pretensado, colectores de desagüe, bordillos, arquetas,

drenajes y cualesquiera otros elementos que hayan sido proyectados como prefabricados o cuya prefabricación haya sido propuesta por el Contratista y aceptada por la Dirección Facultativa.

Características geométricas y mecánicas.

Los elementos prefabricados se ajustarán totalmente a la forma, dimensiones y características mecánicas especificadas en los planos y en el P.P.T.

Materiales.

Los materiales empleados en la fabricación deberán cumplir las condiciones establecidas en el presente P.P.T. para los materiales básicos.

Control y pruebas.

La Dirección Facultativa efectuará los ensayos que considere necesarios para comprobar que los elementos prefabricados de hormigón cumplen las características exigidas. Las piezas deterioradas en los ensayos de carácter destructivo por no haber alcanzado las características previstas, serán de cuenta del contratista.

3.3.4.3.1. Tuberías de hormigón

Definición.

Se define como tuberías de hormigón las formadas con tubos prefabricados, de hormigón en masa o armado, que se emplean para la conducción de aguas sin presión o para alojar en su interior cables o conducciones de distintos servicios.

Se excluyen de esta unidad los tubos porosos o análogos para captación de aguas subterráneas. También se excluyen los utilizados en las tuberías a presión.

Materiales.

El hormigón y las armaduras que se utilicen en la fabricación de los tubos, así como los materiales empleados en la solera y en las juntas, cumplirán las condiciones específicas de los correspondientes apartados del presente pliego.

Características geométricas.

Los tubos serán uniformes y carecerán de irregularidades en su superficie. Las aristas de los extremos serán nítidas y las superficies frontales verticales al eje del tubo.

Dichas aristas se redondearán con un radio de cinco milímetros (0,005 m.) Una vez fraguado el hormigón no se procederá a su alisado con lechada.

Los tubos se suministrarán con las dimensiones prescritas. La pared interior no desviará de la recta en más de un medio por ciento (0,50%) de la longitud útil. Las desviaciones admisibles en la longitud no serán superiores al dos por ciento de la misma (2,0%) en más o en menos. La disminución en espesor no será mayor que el cinco por ciento (5,0%) del espesor teórico y en ningún caso mayor de tres milímetros (3,0 mm).

Los tubos no contendrán ningún defecto que pueda reducir su resistencia, su impermeabilidad o su durabilidad.

Se rechazarán los tubos que en el momento de utilizarse presenten roturas en las pestañas de las juntas o cualquier otro defecto que pueda afectar a la resistencia o estanquidad.

Ensayos.

Las verificaciones y ensayos, tanto en fábrica como en obra, se realizarán conforme a lo previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento.

3.3.4.4. Materiales cerámicos

Definición.

Se consideran comprendidos en esta definición los diversos tipos de ladrillos, tejas, piezas para forjados cerámicos armados, bovedillas y todos los revestimientos prefabricados a base de arcilla cocida y otros materiales adicionales.

Control y pruebas.

La Dirección Facultativa, prescribirá los ensayos de recepción y pruebas que juzgue conveniente, a la vista de las circunstancias de cada caso.

3.3.4.4.1. Ladrillos

Definición.

Se definen como ladrillos las piezas ortoédricas, obtenidas por moldeo, secado y cocción a temperatura elevada, de una pasta arcillosa.

Tipos.

Se definen dos clases de ladrillos, macizos y con huecos. Los primeros se presentan como ortoedros macizos o con perforaciones en tabla, ocupando menos del diez (10) por ciento de su superficie y una resistencia a compresión no menor de 100 kg/cm².

Los ladrillos huecos son ortoedros con perforación en testa. Resistencia a la compresión no menor de 30 kg/cm².

Además, los ladrillos se pueden clasificar como vistos (para su utilización en parámetros sin revestir) y no vistos (para su utilización en parámetros con revestimiento).

Composición y características.

Deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Ser homogéneo, de grano fino y uniforme, y de textura compacta.
- Carecer de manchas, eflorescentes, quemados, grietas, coqueras, planos de exfoliación, imperfecciones, desconchados aparentes en aristas y/o caras, y materias extrañas que puedan disminuir su resistencia y duración. Darán sonido claro al ser golpeados con un martillo y serán inalterables al agua.
- Tener suficiente adherencia a los morteros.
- Su capacidad de absorción de agua será inferior al catorce por ciento (14%), después de un día (1) de inmersión.

Forma y dimensiones.

Las dimensiones de los ladrillos cumplirán lo prescrito al respecto por las Normas vigentes del Ministerio de la Vivienda.

Los ladrillos cumplirán lo especificado en el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Ladrillos Cerámicos en las Obras de Construcción (RL-88) en cuanto a características, suministro e identificación, control y recepción, y métodos de ensayo para verificar sus características.

Cuando el material llegue a obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se hará comprobando, únicamente, sus condiciones aparentes.

3.3.4.5. Materiales siderúrgicos

3.3.4.5.1. Acero para armaduras

Condiciones generales.

El acero a emplear en armaduras cumplirá las condiciones de la Instrucción EHE.

A la llegada a obra de cada partida, se realizará una toma de muestras y sobre éstas, se procederá a efectuar el ensayo de plegado, doblando los redondos ciento ochenta (180) grados sobre otro redondo de diámetro doble y comprobando que no se aprecian fisuras ni pelos en la barra plegada.

Independientemente de esto, la Dirección Facultativa determinará las series de ensayos necesarios para la comprobación de las características del acero.

Si la partida es identificable y el Contratista presenta una hoja de ensayos redactada por un Laboratorio Oficial dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, se efectuarán únicamente los ensayos que sean precisos para completar dichas series. La presentación de dicha hoja no eximirá en ningún caso de la realización del ensayo de plegado.

Almacenamiento.

Las armaduras de acero se almacenarán de forma que no estén expuestas a una oxidación excesiva, ni se manchen de grasa, ligante o aceites.

3.3.4.6. Tierras para relleno de zanjas

El material de relleno de las zanjas para las conducciones será suelo seleccionado según la clasificación del PG-3 (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes). Podrá ser el mismo producto de la excavación, siempre que cumpla las características exigidas, y no contenga piedras o terrones de tamaño máximo superior a diez (10) centímetros, fangos, raíces, tierras yesosas, o contenido apreciable de materia orgánica, o cualquier otro elemento que a juicio de la Dirección Facultativa, pueda atacar a los materiales de dichas conducciones.

Cuando el material procedente de las excavaciones no fuera adecuado, se tomarán materiales de préstamos propuestos por el Contratista y aprobados por la Dirección Facultativa.

3.3.4.7. Tuberías de PVC

Este material será empleado en los colectores de fecales y en las conducciones eléctricas. Sus características serán las siguientes:

- Los tubos de PVC serán elaborados a partir de resina de cloruro de polivinilo pura, obtenida por el proceso de suspensión y mezcla posterior extensionada.
- Los tubos para saneamiento serán de tipo perfil nervado macizo, rigidez circunferencial SN 8, con junta elástica, según normas DIN y UNE. Los tubos para instalaciones eléctricas serán de perfil corrugado simple, con junta elástica según normas DIN y UNE, igualmente.
- Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN y UNE.

La normativa aplicable será el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento del Ministerio de Fomento - UNE 88203, 53112, 53131.

3.3.4.8. Materiales no incluidos en el presente pliego

Los materiales no incluidos en el presente Pliego, serán de reconocida calidad, debiendo presentar el Contratista para recabar la aprobación de la Dirección Facultativa, cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes, estime necesarios. Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos de los materiales a utilizar.

La Dirección Facultativa podrá rechazar aquellos materiales que no reúnan, a su juicio, la calidad y condiciones necesarias para el fin a que han de ser destinados, e igualmente, podrá señalar al Contratista un plazo breve para que retire de los terrenos de la obra los materiales desechados. En caso de incumplimiento de esta orden, procederá a retirarlos por cuenta del Contratista.

Así mismo se podrán rechazar los materiales, elementos, instalaciones o cualquier otro componente, que no haya sido aceptado previamente por el Propietario.

Igualmente, la Dirección Facultativa podrá rechazar aquellos materiales que aunque de calidad aceptable, puedan presentar problemas de disponibilidad para el caso de una eventual sustitución, con objeto de impedir un incremento innecesario en el depósito de repuestos.



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES DE GRAZALEMA”**

**DOCUMENTO Nº 4
PRESUPUESTO**

ÍNDICE.....	1
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	3
2. PRETRATAMIENTO.....	3
3. LECHO BACTERIANO.....	5
4. DECANTADOR SECUNDARIO	6
5. ERAS DE SECADO	8
6. CONDUCCIONES DE AGUA, FANGO Y DRENAJE	8
6.1. ARQUETAS DE AGUA	8
6.1.1. Arqueta de pretratamiento.....	8
6.1.2. Arqueta recirculación de lecho.....	9
6.1.3. Arqueta salida de lecho.....	10
6.2. ARQUETAS DE DRENAJE	12
6.3. CONDUCCIONES DE AGUA	13
6.4. CONDUCCIONES DE FANGO	13
6.5. CONDUCCIONES DE DRENAJE	14
7. CERRAMIENTO.....	14
8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	15

1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
11	Despeje y desbroce			
	Despeje y desbroce de la vegetación, desarbolado, destocoado y retirada de productos a vertedero. Completamente terminado.	407 m ²	1,05 €/m ²	427,35 €
		Total 1.....		427,35 €

2. PRETRATAMIENTO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
21	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	10,125 m ³	2,96 €/m ³	29,97 €
22	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	2,025 m ³	90,38 €/m ³	183,02 €
23	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	20,7 m ²	38,16 €/m ²	789,91 €
24	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	4,5 m ³	137,76 €/m ³	619,92 €

25	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	5,06 m ³	153,77 €/m ³	778,08 €
26	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	1,05 m ³	5,38 €/m ³	5,65 €
27	Reja desbaste medios			
	Reja de limpieza automática, instalada sobre canal, de 20 mm, fabricada en acero galvanizado, para un canal de 0,8 m de ancho, con peine de limpieza, totalmente instalada, medida la unidad terminada.	1 ud	11.000 €	11.000 €
28	Reja desbaste gruesos			
	Reja de limpieza manual, instalada sobre canal, de 50 mm, fabricada en acero galvanizado, para un canal de 0,85 m de ancho, con peine de limpieza, totalmente instalada, medida la unidad terminada.	1 ud	300 €	300 €
29	Compuerta tajadera			
	Compuerta tajadera de 0,75x1,0 m de accionamiento manual, acero inox. AISI 316L, incluso husillo.	1 ud	144 €	144 €
30	Compuerta tajadera			
	Compuerta tajadera de 0,8x1,0 m de accionamiento manual, acero inox. AISI 316L, incluso husillo.	1 ud	154 €	154 €
31	Compuerta tajadera			
	Compuerta tajadera de 0,85x1,0 m de accionamiento manual, acero inox. AISI 316L, incluso husillo.	1 ud	164 €	164 €
32	Contenedor de residuos			
	Contenedor de residuos sólidos, con 4 ruedas y cerradura de seguridad.			

Volumen 1100 l. Peso en vacío 65 kg.	2 ud	366,8 €/ud	733,60 €
--------------------------------------	------	------------	----------

Total 2.....			14.902,15 €
---------------------	--	--	--------------------

3. LECHO BACTERIANO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
31	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	110,23 m ³	2,96 €/m ³	326,28 €
32	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	18,5 m ³	90,38 €/m ³	1.672,03 €
33	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	161,79 m ²	38,16 €/m ²	6.173,91 €
34	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	55,49 m ³	137,76 €/m ³	7.644,30 €
35	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales,vibrado y colocado. Según EHE.	24,27 m ³	153,77 €/m ³	3.731,99 €

36	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	36,24 m ³	5,38 €/m ³	194,97 €
37	Escalera metálica			
	Escalera metálica formada por perfiles laminados, peldaños de chapa estriados y barandilla tubular, incluso anclajes, imprimación de minio y dos manos de esmalte sintético. Totalmente colocada, medida la unidad terminada.	1 ud	250 €/ud	250 €
38	Elemento distribuidor giratorio			
	Elemento distribuidor giratorio de diámetro 9,8 m, totalmente pintado, instalado y probado medida la unidad terminada.	1 ud	6.000 €/ud	6.000 €
39	Relleno natural para lecho bacteriano			
	Relleno de grava de río, depositada y rasanteada, de tamaño nominal 40/80 mm, superficie específica 39-164 m ² /m ³ y porcentaje de huecos 50-60%.	138 m ³	16,8 €/m ³	2.318,40 €
310	Grupo de bombeo para recirculación			
	Electrobomba sumergible para aguas Residuales KCMGH 01861ND-E 6p, de 2,41 hp. Altura de impulsión: 4,64 m.	2 ud	2.440 €/ud	4.880 €
311	Válvula de compuerta			
	Válvula de compuerta de accionamiento manual, 100 mm de diámetro y cuerpo de hierro fundido.	1 ud	431,7 €/ud	431,70 €
			Total 3.....	33.623,58 €

4. DECANTADOR SECUNDARIO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
41	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de			

	2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	936 m ³	2,96 €/m ³	2.770,56 €
42	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	10 m ³	90,38 €/m ³	903,80 €
43	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	194,43 m ²	38,16 €/m ²	7.419,45 €
44	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	24,3 m ³	137,76 €/m ³	3.347,57 €
45	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	35,91 m ³	153,77 €/m ³	5.521,88 €
46	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	415,18 m ³	5,38 €/m ³	2.233,67 €
47	Mecanismo decantador secundario			
	Instalación en tanque de hormigón de planta circular, tipo rasquetas curvas, diámetro 9 m, incluso campana deflectora, vertedero y demás accesorios	1 ud	15.000 €/ud	15.000 €

Total 4..... 37.196,93 €

5. ERAS DE SECADO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
51	Arena			
	Arena de río fina 0/2 mm	180 m ³	20,50 €/m ³	3.690 €
52	Grava			
	Gravilla 5/20 mm	360 m ³	38,34 €/m ³	13.802,40 €
53	Grupo de bombeo para recirculación			
	Electrobomba sumergible para aguas de Drenaje KCMFH 01161ND-E 6p, de 1,48 hp. Altura de impulsión: 1,36 m.	2 ud	1.656 €	3.312,00 €
Total 5.....				20.804,40 €

6. CONDUCCIONES DE AGUA, FANGO Y DRENAJE

6.1 . Arquetas de agua

6.1.1. Arqueta pretratamiento

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6111	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	4 m ³	2,96 €/m ³	11,84 €
6112	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	0,165 m ³	90,38 €/m ³	14,91 €
6113	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en			

	muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	0,8 m ²	38,16 €/m ²	30,53 €
6114	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	0,495 m ³	137,76 €/m ³	68,19 €
6115	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	0,66 m ³	153,77 €/m ³	101,49 €
6116	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	3,395 m ³	5,38 €/m ³	18,26 €
	Total 6.1.1.....			245,22 €

6.1.2. Arqueta recirculación de lecho

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6121	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	18 m ³	2,96 €/m ³	53,28 €
6122	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	0,54 m ³	90,38 €/m ³	48,80 €

6123 Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C

Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.

24 m² 38,16 €/m² 915,84 €

6124 H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.

Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm², con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.

1,62 m³ 137,76 €/m³ 223,17 €

6125 H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.

Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm², con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.

4,14 m³ 153,77 €/m³ 636,61 €

6126 Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.

Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.

10,08 m³ 5,38 €/m³ 54,23 €

6127 Celosia TRAMEX 30x30x20 Galv.

Celosía metálica galvanizada tipo TRAMEX, formada por pletina acero 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm con uniones electrosoldadas y posterior galvanizado.

2,88 m² 67,16 €/m² 193,42 €

Total 6.1.2..... 2.125,35 €

6.1.3. Arqueta salida lecho

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6131	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con			

	extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	6 m ³	2,96 €/m ³	17,76 €
6132	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	0,29 m ³	90,38 €/m ³	26,21 €
6133	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	10,4 m ²	38,16 €/m ²	396,86 €
6134	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	0,86 m ³	137,76 €/m ³	118,47 €
6135	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales,vibrado y colocado. Según EHE.	1,92 m ³	153,77 €/m ³	295,24 €
6136	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	3,44 m ³	5,38 €/m ³	18,51 €
			Total 6.1.3.....	873,05 €
			Total 6.1.....	3.243,62 €

6.2. Arqueta de drenaje

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
621	Excav. Mecánica T.Duro			
	Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m ³ de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.	18 m ³	2,96 €/m ³	53,28 €
622	Hor. Limp. H-200/P/40 Vert. Manual			
	Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	0,54 m ³	90,38 €/m ³	48,80 €
623	Encof.Tabl.Aglom.Muros 2 C			
	Encofrado y desencofrado a dos caras en muros con tablero de madera aglomerada de 25 mm hasta 2.00 m de superficie, considerando 8 posturas, i/aplicación de desencofrante.	22,8 m ²	38,16 €/m ²	870,05 €
624	H.A.HA-30/P/40/Ila Losas Cim.V.M.			
	Hormigón armado HA-30/P/40/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 40 mm, elaborado en central, en relleno de losas de cimentación, i/armadura B-500 S (50 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	1,62 m ³	137,76 €/m ³	223,17 €
625	H.A.HA-30/P/20/Ila-60K Muros V.M.			
	Hormigón armado HA-35/P/20/Ila N/mm ² , con tamaño máx. del árido de 20 mm, elaborado en central en relleno de muros, i/armadura B-500 S (60 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Según EHE.	4,4 m ³	153,77 €/m ³	676,59 €
626	Rellen. Y Compac.Mecán.S/Aport.			
	Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, i/regado de las mismas.	10,8 m ³	5,38 €/m ³	58,10 €

627 Celosia TRAMEX 30x30x20 Galv.

Celosía metálica galvanizada tipo TRAMEX, formada por pletina acero 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm con uniones electrosoldadas y posterior galvanizado.

2,52 m² 67,16 €/m² 169,24 €

Total 6.2..... 2.099,23 €

6.3 . Conducciones de agua

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
631	Zanja para tubería			
	Zanja para tubería o canalización, incluso cama de arena, relleno de material seleccionado, compactación, carga y transporte a vertedero.	578,19 ml	12 €/ml	6.938,28 €
632	Tubería de PVC			
	Tubería de PVC de 100 mm de diámetro, incluso p.p. de piezas especiales, abrazaderas, contratubo, pequeño material y ayuda de albañilería, medida la longitud ejecutada.	578,19 ml	23,5 €/ml	13.587,46 €
Total 6.3.....				20.525,74 €

6.4. Conducciones de fango

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
641	Zanja para tubería			
	Zanja para tubería o canalización, incluso cama de arena, relleno de material seleccionado, compactación, carga y transporte a vertedero.	65 ml	12 €/ml	780,00 €
642	Tubería de PVC			
	Tubería de PVC de 100 mm de diámetro, incluso p.p. de piezas especiales, abrazaderas, contratubo, pequeño material y ayuda de albañilería, medida la longitud ejecutada.	65 ml	23,5 €/ml	1.527,50 €

Total 6.4..... 2.307,50 €

6.5. Conducciones de drenaje

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
651	Zanja para tubería			
	Zanja para tubería o canalización, incluso cama de arena, relleno de material seleccionado, compactación, carga y transporte a vertedero.	423 ml	12 €/ml	5.076,00 €
652	Tubería de PVC			
	Tubería de PVC de 80 mm de diámetro, incluso p.p. de piezas especiales, abrazaderas, contratubo, pequeño material y ayuda de albañilería, medida la longitud ejecutada.	423 ml	10 €/ml	4.230,00 €
		Total 6.5.....		9.306,00 €
		Total 6.....		37.482,09 €

7. CERRAMIENTO

Nº Orden	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
71	Vallado con enrejado metálico			
	Malla galvanizada simple torsión, postes en tubos de acero galvanizado, incluso tensores cincados, cordones, ataduras, grupillas, tensores y remates superiores tipo seta, anclaje de los postes y montaje de la malla. Altura 2 m.	100 m ²	12 €/m ²	1.200 €
		Total 7.....		1.200 €

Nº Orden	Resumen	Importe (€)
1	Preparación del terreno	427,35 €
2	Pretratamiento	14.902,15 €
3	Lecho bacteriano	33.623,58 €
4	Decantador secundario	37.196,93 €
5	Eras de secado	20.804,40 €
6	Conducciones de agua, fango y drenaje	37.482,09 €
7	Cerramiento	1.200 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		145.636,50 €
13% Gastos generales		18.932,75 €
6% Beneficio industrial		8.721,81 €
SUMA G.G. Y B.I.		173.291,06 €
16% DE I.V.A.		27.726,57 €
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		201.017,63 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		201.017,63 €

El presupuesto general asciende a la cantidad de DOSCIENTOS UN MIL DIECISIETE EUROS con SESENTA y TRES CÉNTIMOS.

Puerto Real, Junio de 2006

El Ingeniero Químico

Fdo. M^a Jesús Alpresa Calvillo

