



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**Diseño de una planta de tratamiento de
aguas residuales con fotobiorreactor de
microalgas**

Autor:

Burgoa Francisco, Fernando

Tutores:

Muñoz, Raúl

Lebrero, Raquel

**Departamento de Ingeniería
Química y Tecnología del Medio
Ambiente**

Valladolid, Julio de 2015

Índice

1.- RESUMEN (ABSTRACT)	3
2.- INTRODUCCIÓN	5
2.1.- Sector ganadero Español y generación de residuos	5
2.2.- Procesos de tratamiento biológico	6
2.3.-Procesos de tratamiento de lodos: compostaje	15
3.- OBJETIVO	17
4.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESO	18
5.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	25
5.1.- Diagrama de bloques	25
5.2.- PFD	25
5.3.- Balances de materia	26
6.- EQUIPOS	33
6.1.- Lista de equipos	33
6.2.- PDS.....	34
6.3.-Diseño de equipos.....	34
7.- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	35
7.1.- Estrategia y lazos de control.....	35
7.2.- P&ID.....	37
7.3.- Lista de instrumentos y lazos de control	40
8.- SEGURIDAD (HAZOP)	41
9.- ANÁLISIS AMBIENTAL	60
9.1.- Análisis de efluentes	60
9.2.- MSDS.....	60
9.3.- Caracterización de los residuos generados.....	60
9.4.-Medidas de prevención/tratamiento.	60
9.5.- Legislación	62

10.- ANÁLISIS ECONÓMICO	64
10.1.- Costes fijos	64
10.2.- Costes variables	65
10.3.- Ingresos	67
10.4.- Balance económico.....	67
11.- CONCLUSIONES	69
12.- BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	73
ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS.....	73
ANEXO II: SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.	74
ANEXO III: CÁLCULOS.	75
ANEXO IV: PDS	85
ANEXO V: MSDS.....	109
ANEXO VI: PLANOS.	138
ANEXO VII: BALANCES DE MATERIA	146

1.- RESUMEN

En este trabajo se diseñó una planta de tratamiento de aguas para una explotación porcina de 10.000 cabezas de ganado.

La planta recibe 54,8 m³/día de agua residual a tratar en tres grandes etapas:

- Tratamiento primario para eliminar la materia particulada.
- Tratamiento biológico secundario con consorcio microalgas-bacterias para eliminar materia orgánica y nutrientes (vía nitrificación-desnitrificación).
- Tratamiento terciario para eliminar nitrógeno y fósforo.

El agua tratada se reutilizará como agua de riego. Adicionalmente, la planta contará con una línea de fangos que genera 3,5 m³ diarios de fango que se valorizará como abono mediante compostaje.

La inversión inicial estimada es de 760.000 €, con unos costes de operación anuales de 260.000 €. Adicionalmente se realizó una estimación económica de un sistema de recuperación de fósforo en forma de 218 toneladas/año de estruvita.

La planta generará 1.825 m³ anuales de fango terciario que representa el principal riesgo medioambiental.

Palabras clave: agua residual, fotobiorreactor, microalgas, compost, estruvita.

ABSTRACT

The aim of this project is to design a wastewater treatment plant for a 10,000 head swine farm.

The plant treats 54.8 m³/d via a three step process:

- A primary treatment in order to reduce suspended solids.
- A biological treatment consisting of a two-stage algal-bacterial process (nitrification-denitrification) to remove organic matter and nutrients (Phosphorus and Nitrogen).
- Tertiary treatment combining denitrification and chemical Phosphorus removal.

The effluent will be reused for irrigation. Additionally, the plant has a sludge-processing line that generates 3.5 m³/d of sludge that will be converted into fertilizer through composting.

Total investment cost accounted for 760,000 €, along with operating costs of 260,000 €. In addition, a struvite recovering system was proposed as an alternative to conventional phosphorus precipitation, producing 218 ton/year of struvite.

Chemical phosphorus removal produces 1,825 m³/year of sludge, which represents the main environmental risk at the plant.

Keywords: Wastewater treatment, photobioreactor, microalgae, compost, struvite.

2.- INTRODUCCIÓN

2.1.- Sector ganadero Español y generación de residuos

El sector ganadero español supuso en 2013 el 27,6% de la Producción Final Agraria y en torno al 75% de la Producción Final generada por todo el sector animal en España. A nivel Europeo, representó en 2013 en torno al 60 % de la Producción Animal y el 25 % de la Producción de la Rama Agraria ⁽¹⁾.

Dentro del sector ganadero, el subsector porcino es el principal, con una aportación en el año 2013 del 39,4 % de la Producción Final Ganadera y un 14,2 % de la Producción Final Agraria; suponiendo un valor de 6.972,9 millones de euros a precios básicos ⁽¹⁾.

En cuanto al número de explotaciones presentes en nuestro país, a finales del año 2014 se contabilizaron 86.552, principalmente de granjas de crianza intensiva ⁽¹⁾. Con respecto a la distribución por comunidades autónomas, destacan Galicia y Extremadura con casi el 50 % de las explotaciones totales (Fig. 1).

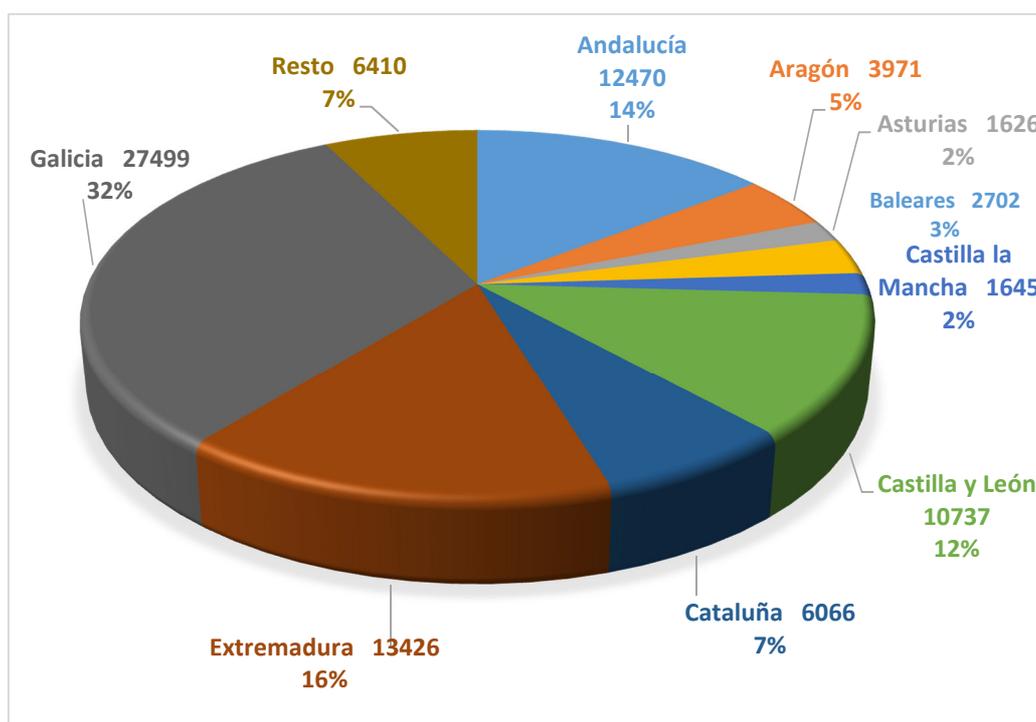


Fig.1.-Explotaciones de ganado por CC.AA (1).

Esto supone la generación de un gran volumen de aguas residuales que deben ser tratadas para evitar la problemática ambiental asociada al vertido de aguas residuales ricas en nutrientes y materia orgánica.

2.2.- Procesos de tratamiento biológico

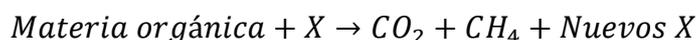
Procesos anaerobios

Fundamento

Los procesos anaerobios se emplean para el tratamiento tanto de corrientes de fangos como de corrientes de aguas residuales de alta concentración en materia orgánica. Presentan una serie de ventajas en cuanto a que tienen bajos rendimientos de generación de biomasa y a que permiten recuperar de la materia orgánica energía en forma de metano (Ecuación 1), aunque genera efluentes de menor calidad desde el punto de vista de concentraciones de materia orgánica y nutrientes ⁽³⁾.

En todos los procesos anaerobios se producen tres etapas básicas de transformación:

- Hidrólisis: la materia particulada se transforma en compuestos solubles que pueden ser hidrolizados a compuestos sencillos.
- Fermentación (acidogénesis y acetogénesis): los compuestos orgánicos como proteínas y aminoácidos se transforman en acetato, CO₂ e hidrógeno fundamentalmente, precursores de la formación de metano.
- Metanogénesis: donde se produce la transformación de los precursores ya mencionados en metano, a través de un grupo de organismos denominados metanógenos.



Ecuación 1.-Ecuación general de los procesos anaerobios

Proceso anaerobios de tratamiento de aguas residuales

Los procesos anaerobios de tratamiento de aguas se pueden implementar en las siguientes configuraciones ⁽³⁾:

- Procesos anaerobios de mezcla completa.
- Lecho fluidizado.
- UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).
- Lagunas anaerobias.
- Procesos con membranas.

Los procesos UASB son los más desarrollados y los más utilizados actualmente. El proceso básico consta de un reactor en el que se alimenta el agua residual a tratar por la parte inferior y se desplaza con flujo ascendente a través de una capa de fangos en la que se produce la hidrólisis, fermentación y Metanogénesis ⁽³⁾. El gas que asciende se separa de los sólidos y se recoge a través de un sistema colector diseñado con tal propósito (Fig. 2a.).

Algunas mejoras de este proceso incluyen la adición de un sedimentador a la salida del reactor (Fig. 2b.) y el uso de material de relleno para mejorar la eficacia de retención de sólidos (Fig. 2c).

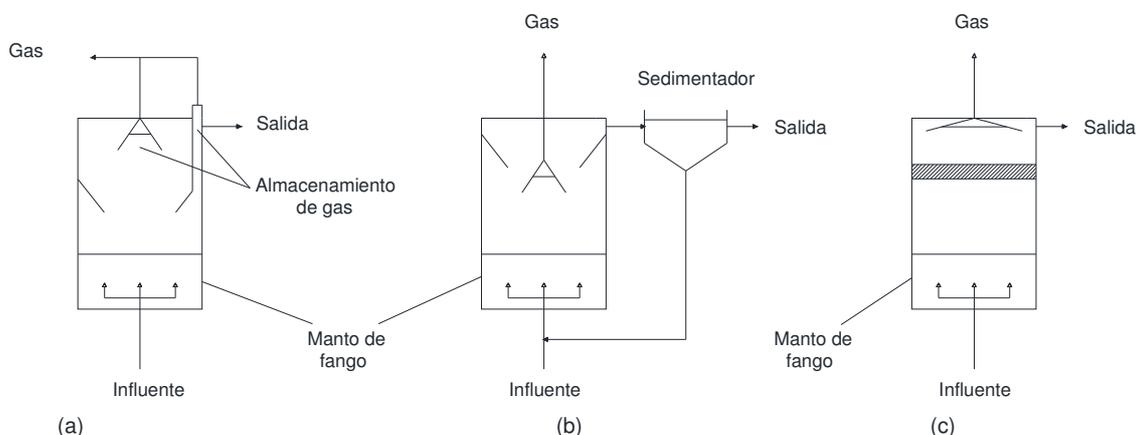
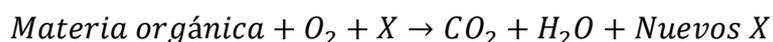


Fig.2.- Variaciones en el proceso UASB: a) Proceso básico, b) Etapa adicional de sedimentación, c) Relleno interno (3).

Procesos aerobios

Fundamento

Los procesos aerobios de tratamiento de aguas residuales se basan en la utilización de microorganismos para realizar una oxidación biológica de la materia orgánica en presencia de oxígeno. Como resultado de esta interacción la materia orgánica se elimina por un lado por asimilación para generar nueva biomasa y por otro lado se transforma en CO_2 como consecuencia del metabolismo de los microorganismos ⁽³⁾ (Ecuación 2).



Ecuación 2.-Ecuación general de los procesos aerobios

La biomasa que se genera cada día se elimina para mantener el funcionamiento adecuado del proceso.

Los procesos aerobios se pueden clasificar en suspendidos y procesos de biopelícula, destacando dentro de los primeros el sistema de lodos activos por ser el de mayor uso ⁽³⁾.

El proceso de lodos activos

Un sistema de tratamiento de lodos activos básico consta de tres componentes (Fig. 3):

- Un reactor en el que los microorganismos que llevan a cabo el proceso de eliminación se mantienen aireados y en suspensión.
- Unidades de separación sólido-líquido.

- Un sistema de recirculación para devolver parte de los microorganismos separados de nuevo al reactor.

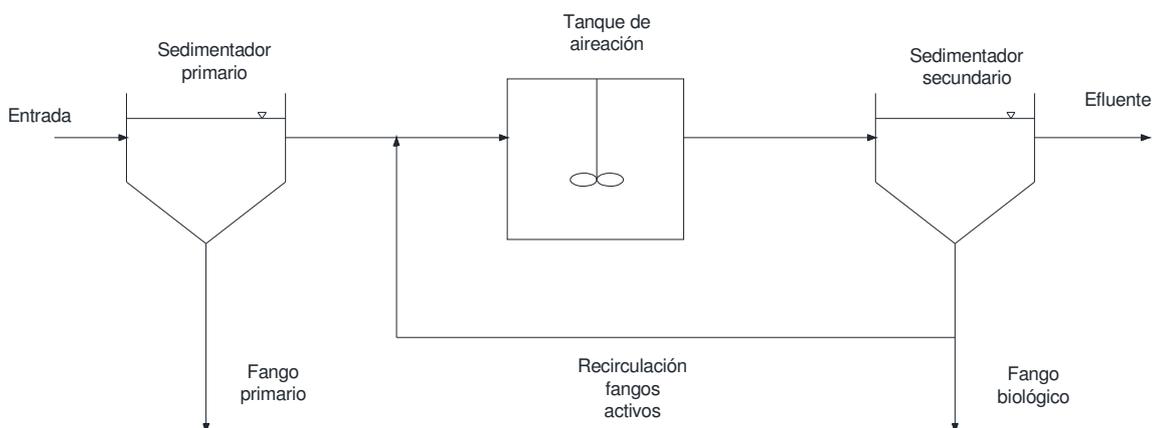


Fig.3-Esquema general de un sistema de lodos activos (3).

Tradicionalmente el tratamiento biológico, en el que se produce la eliminación de la materia orgánica y los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno se sitúa a continuación de una etapa de sedimentación primaria en la que se eliminan los sólidos sedimentables (3).

Esta configuración básica ha ido evolucionando para dar procesos especializados en la eliminación de determinados componentes, especialmente el nitrógeno y el fósforo.

Procesos de eliminación de nitrógeno biológico

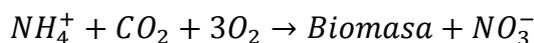
El nitrógeno está presente en diversas formas en el agua residual, ya sea en forma de ion amonio, en forma de nitritos o nitratos y como nitrógeno orgánico. Un alto contenido de este nutriente en los vertidos puede provocar la eutrofización de las aguas, causando un agotamiento del oxígeno disuelto que conlleva la muerte de la flora y la fauna de ríos y lagos.

Por esto motivo se han desarrollado diversos métodos para minimizar el contenido en nitrógeno durante los procesos de tratamiento de aguas residuales, agrupados en los procedimientos de nitrificación-desnitrificación.

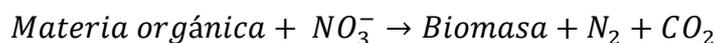
Todos los procesos de eliminación de nitrógeno biológico incluyen una zona aerobia en la que se produce la nitrificación del NH_4^+ a NO_3^- y NO_2^- (Ecuaciones 3 y 4). También deben incluir un volumen anóxico para que se produzca la desnitrificación, cumpliendo el proceso global de eliminación de nitrógeno por oxidación del amonio y por reducción de los iones nitrito y nitrato a nitrógeno gas (3).

La reducción de los nitratos requiere de un compuesto dador de electrones, que se puede obtener a partir de la materia orgánica presente en el agua residual o a partir de una fuente externa de carbono como metanol o acetato.

La reducción a nitrógeno gaseoso se consigue a través de una recirculación interna de parte del volumen del reactor aerobio hacia la zona anóxica, consiguiendo así el suministro de nitritos y nitratos necesario.



Ecuación 3.- Ecuación general del proceso de nitrificación.



Ecuación 4.-Ecuación general del proceso de desnitrificación.

Los procesos de eliminación de nitrógeno biológico se clasifican en “single sludge” y “two sludge”, en función del número de etapas de separación sólido-líquido presentes ⁽³⁾.

Los sistemas “single sludge” son los más empleados, y a su vez se clasifican en 3 tipos, dependiendo de la situación de la zona anóxica:

- Configuración pre-anóxica: el tratamiento inicial del agua residual y el retorno de lodos se realiza en la zona anóxica (Fig. 4a).
- Configuración post-anóxica: la zona anóxica se sitúa a continuación de la fase aerobia (Fig. 4b).
- Procesos simultáneos de nitrificación desnitrificación, que se producen en el mismo tanque (Fig. 4c).

La configuración post-anóxica suele requerir la adición de materia orgánica en forma de metanol o ácido acético, para que actúe como dador de electrones en la desnitrificación, y el ratio de desnitrificación es bajo, lo que conlleva seleccionar tiempos de residencia altos para conseguir una buena eficacia de eliminación ⁽³⁾.

De estas tres configuraciones básicas, el sistema pre-anóxico es el más utilizado por la facilidad de diseñar debido a la existencia de un gran número de plantas, por la producción de alcalinidad antes de la etapa de nitrificación y por la posibilidad de emplear tiempos de retención relativamente bajos con buenos resultados de eliminación ⁽³⁾.

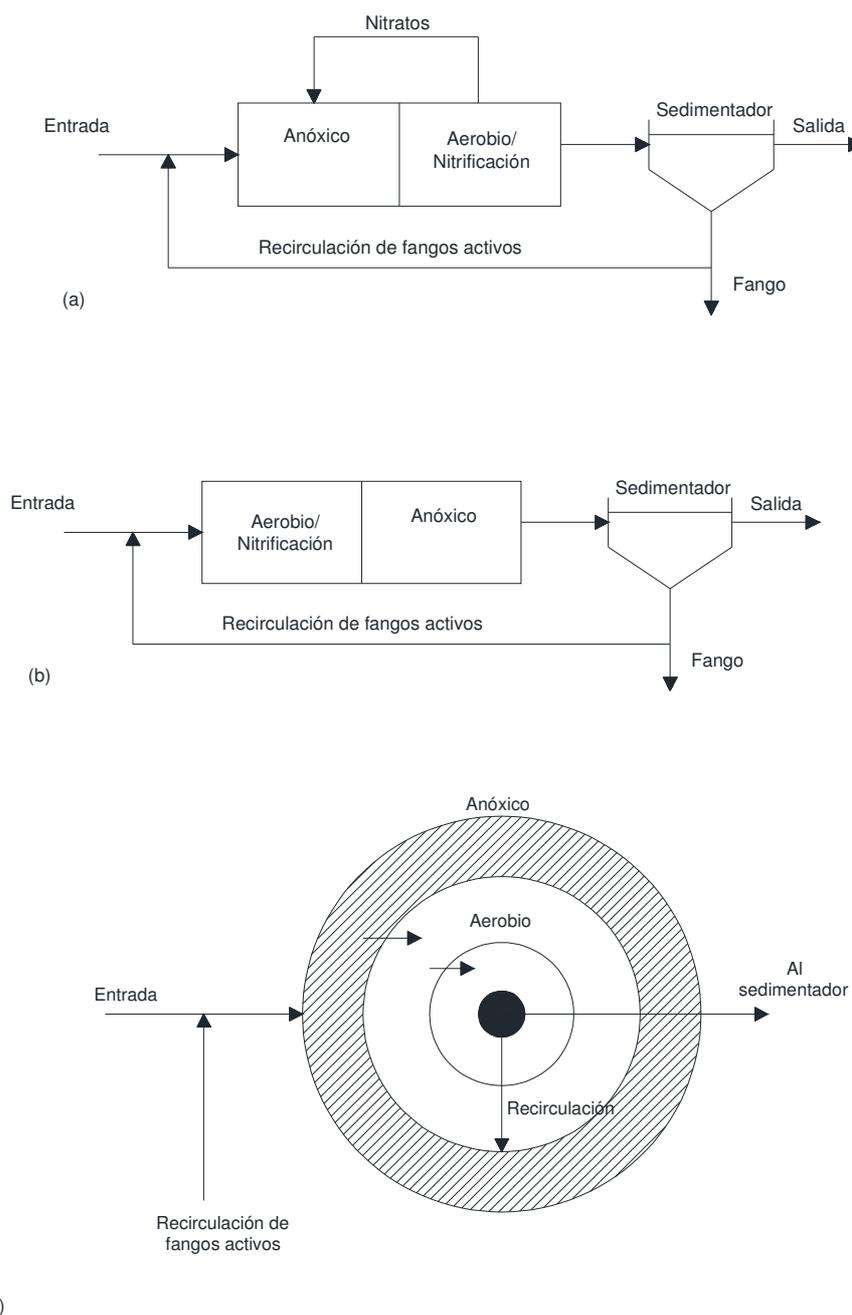


Fig.4.-Proceso de lodos activos más habituales: a) Configuración pre-anóxica, b) Configuración post-anóxica, c) Proceso simultáneo de nitrificación-desnitrificación (3).

Procesos de nitrificación-desnitrificación con tecnología de microalgas (HRAP)

La tecnología empleada por los reactores HRAP (High Rate Algal Pond) se fundamenta en la utilización de microalgas en consorcio con determinados grupos de bacterias para el tratamiento de aguas residuales, en lugar de los tratamientos aerobios convencionales empleados para la nitrificación en los sistemas de lodos activos (4).

En estos sistemas, al igual que en los reactores aerobios convencionales se produce la eliminación de materia orgánica y nutrientes por asimilación en forma de nuevos microorganismos y por transformación en otros compuestos. De forma simplificada los procesos que tienen lugar son ⁽⁴⁾:

- Nitrificación del amonio disuelto y transformación en ion nitrato.
- Eliminación de la materia orgánica durante el metabolismo heterótrofo de las bacterias y transformación en CO_2 .
- Eliminación del CO_2 durante la fotosíntesis realizada por las microalgas.
- Asimilación de la materia orgánica y los nutrientes, (Fósforo, Nitrógeno) en forma de biomasa algal y bacteriana.

La principal ventaja de este tipo de sistemas es la sinergia establecida entre los metabolismos de las bacterias y las microalgas presentes en el reactor (Fig.5).

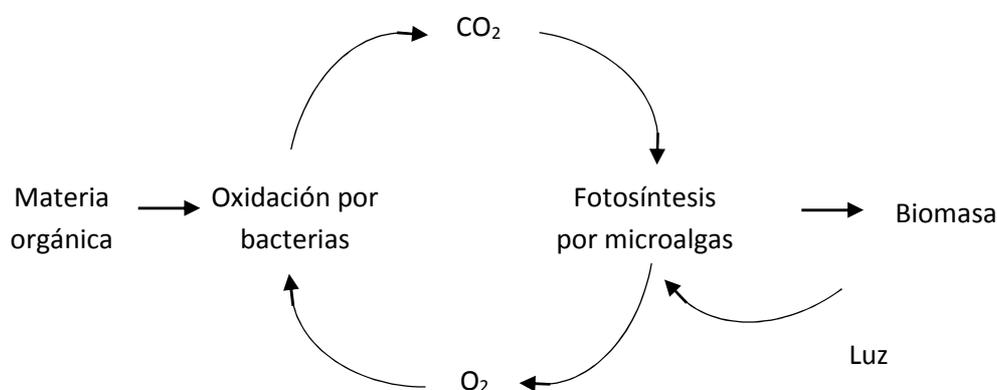


Fig.5.-Interacciones entre los metabolismos de microalgas y bacterias en un HRAP ⁽⁴⁾.

Las bacterias eliminan la materia orgánica mediante su metabolismo aerobio transformándola en CO_2 , que es utilizado por las microalgas como fuente de carbono en el proceso fotosintético. Como consecuencia de este, se produce oxígeno que es empleado por las bacterias, cerrándose el ciclo. Este oxígeno también se emplea en el proceso de nitrificación del amonio.

Por tanto, la principal ventaja de este sistema es la disminución de los costes, ya que no se requiere de aireación mecánica (que supone entre un 50-60% de los costes de operación de una EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) de lodos activos convencional, minimizando además el riesgo de emisión de compuestos volátiles en forma de aerosoles como consecuencia de esta ⁽⁴⁾.

Sin embargo, la actividad de las microalgas puede tener efectos negativos sobre las bacterias, aumentando el pH en el reactor, la temperatura, el oxígeno disuelto o generando compuestos inhibidores de la actividad bacteriana, por lo que se requerirá cierto control sobre estos parámetros para asegurar el correcto funcionamiento del sistema ⁽⁴⁾.

En cuanto a los reactores empleados por este tipo de sistemas, se pueden diferenciar dos tipos principalmente: fotobiorreactores abiertos y cerrados.

Los fotobiorreactores abiertos son lagunas de gran extensión y poco profundas, con una configuración en canales y con un sistema de agitación interno, para mantener condiciones homogéneas en el reactor lo que minimiza el riesgo de inhibición y evita la deposición de las microalgas y la formación de zonas anaerobias. Estos sistemas se caracterizan por una baja eficiencia en la utilización de la luz (2-3%) y elevadas pérdidas por evaporación, aunque su coste es bajo y son más fáciles de operar y escalar ⁽⁴⁾.

En cuanto a los fotobiorreactores cerrados suelen ser reactores tubulares dispuestos de forma horizontal, inclinada o en espiral. Ofrecen una eficiencia de utilización de luz mucho mayor que los HRAPs (3-6 %), así como menores pérdidas de agua por evaporación y pueden disponerse de tal forma que minimizan el empleo del espacio. Por otro lado, su coste de inmovilizado y operación es mayor y presentan dificultades en el control y en la escalabilidad ⁽⁴⁾.

Procesos de eliminación de fósforo

Procesos convencionales de eliminación de fósforo.

El fósforo es un nutriente esencial para el metabolismo de las algas por lo que una presencia muy alta de este en las aguas de vertido producirá un crecimiento masivo de algas que puede conducir a la eutrofización de ríos y lagos. Este elemento se encuentra principalmente en forma de ortofosfatos (PO_4^{3-}), polifosfatos (moléculas con dos o más átomos de fósforo) y fosfatos orgánicos ⁽³⁾.

Para eliminar el fósforo de las aguas residuales se pueden emplear procesos químicos o biológicos.

Los procesos químicos se basan en la adición de una especie que reaccione con los iones fosfato para formar un precipitado que se separa por sedimentación o filtración. Los compuestos más utilizados como agentes precipitantes son: hidróxido de calcio, alumbre y en ocasiones compuestos poliméricos ⁽³⁾.

La eliminación biológica de fósforo empleando el sistema de lodos activos consta básicamente de una etapa anaerobia seguida de una etapa aerobia.

Las tres configuraciones más empleadas son ⁽³⁾:

- Configuración Anóxica/Aerobia: operación sencilla, no incluye nitrificación (Fig. 6a).
- Configuración Anaerobia/Anóxica/Aerobia: operación sencilla, incluye eliminación de nitrógeno en forma de nitrato (Fig. 6b).
- UCT (University of Capetown): incluye nitrificación, minimiza el efecto del ion nitrato en la eliminación aerobia de DQO (Demanda Química de Oxígeno) (Fig. 6c).

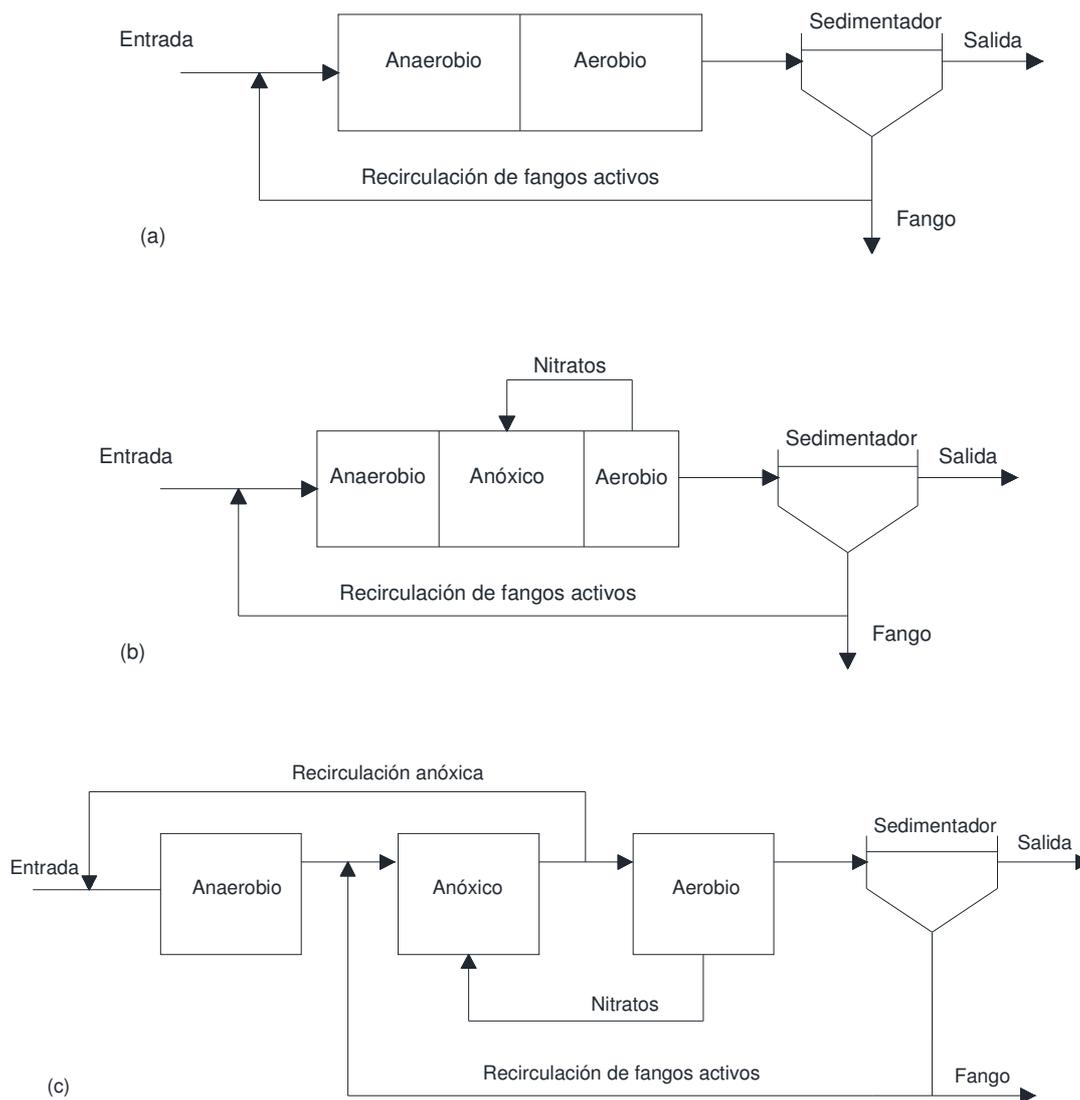


Fig.6.-Procesos de eliminación de fósforo: a) Configuración anóxica-aerobia, b) Configuración anaerobia-anóxica-aerobia, c) UCT (3).

Un tipo de sistema que combina tanto tratamiento químico como biológico es el conocido como PhoStrip™, en el que parte de la recirculación de fango biológico (rico en fósforo) se envía a un tanque anaerobio en el que se libera en solución y se precipita, recirculando la biomasa al tanque aerobio ⁽³⁾ (Fig. 7).

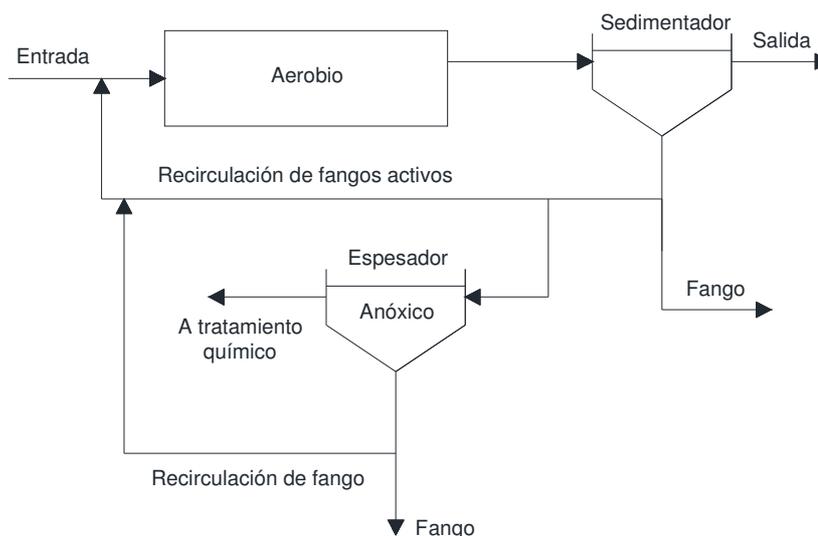
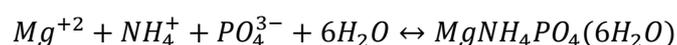


Fig.7.-Sistema PhoStrip™ de eliminación de fósforo (3).

Por su parte, en los sistemas de microalgas y bacterias, la eliminación de fósforo del agua residual se da mediante procesos de asimilación en forma de biomasa algal, donde el fósforo es utilizado dentro de las células como material estructural o como reserva energética en forma de polifosfatos (5).

Procesos de recuperación de fósforo: cristalización de estruvita

Esta tecnología se basa en aprovechar el contenido en magnesio, fósforo y amonio presente en las aguas residuales procedentes de explotaciones porcinas para recuperar los nutrientes en forma de mineral de estruvita (Ecuación 5) (fosfato de magnesio y amonio) (6).



Ecuación 5.-Estequiometría en la formación de estruvita.

La principal aplicación de la estruvita es su uso como fertilizante de lenta liberación, ya que contiene 2 nutrientes esenciales, fósforo y nitrógeno.

El sistema más desarrollado para llevar a cabo la recuperación de la estruvita emplea un reactor con una columna de aireación donde se produce la cristalización de la estruvita y su sedimentación en el fondo del equipo, lo que permite su separación (6).

Este sistema presenta una alternativa económicamente atractiva ante la relativa escasez del mineral de fósforo, permitiendo la recuperación de nutrientes del agua residual en forma de un producto de gran valor comercial.

2.3.-Procesos de tratamiento de lodos: compostaje

El compostaje es una de las alternativas existentes en el tratamiento de los fangos de depuradora. Consiste en una degradación biológica de la materia orgánica de los fangos, que se transforman en un material aprovechable en forma de abono ⁽³⁾.

Durante el proceso de compostaje se distinguen 3 etapas en función de la actividad de los microorganismos y las temperaturas alcanzadas (Fig. 8):

- Etapa mesofílica: La temperatura aumenta hasta los 40 °C.
- Etapa termofílica: Entre 40 y 70 °C, en esta etapa se produce la máxima degradación y estabilización de la materia orgánica.
- Etapa de enfriamiento: acompañada de una disminución de la actividad de los microorganismos y la estabilización del pH.

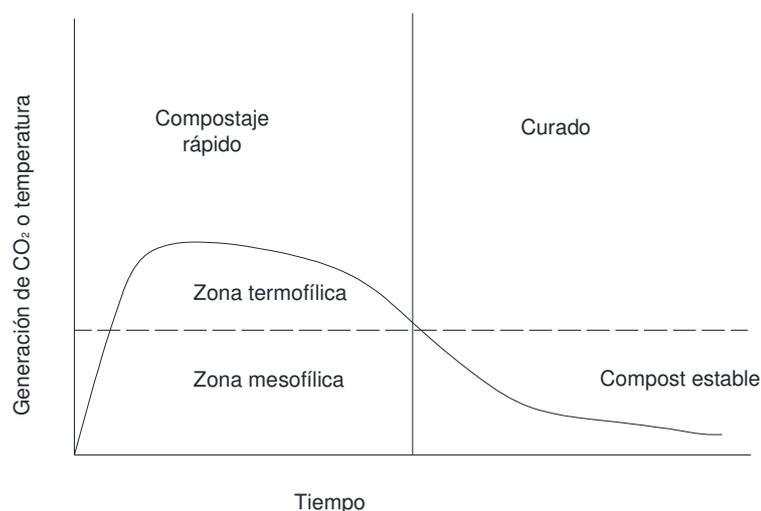


Fig.8.-Evolución temporal del proceso de compostaje (3).

Aunque el compostaje puede suceder tanto bajo condiciones aerobias como anaerobias, los métodos más empleados son aquellos en las que la degradación de la materia orgánica se lleva a cabo en condiciones mayoritariamente aerobias, lo que acelera la descomposición y minimiza la generación de malos olores ⁽³⁾.

3.- OBJETIVO

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado es presentar un diseño teórico de una planta de tratamiento de las aguas residuales generadas en una granja porcina de 10.000 cabezas de ganado, tratando 20.000 metros cúbicos anuales de aguas de deshecho para minimizar el impacto ambiental de la granja y aprovechar en lo posible las corrientes de proceso.

Como objetivo secundario se plantea realizar el tratamiento aerobio empleando la tecnología de microalgas en consorcio con ciertos grupos de bacterias para minimizar los costes de aireación de la planta y analizar la viabilidad de este sistema de tratamiento. Dentro de este objetivo, se priorizó el diseño de una configuración de proceso para maximizar la recuperación de nutrientes presentes en el agua residual en forma de biofertilizante sólido.

La planta consta de una zona de tratamiento primario del agua residual, donde se realizará la separación del fango primario, seguida de una zona de tratamiento biológico que comprende un tratamiento de nitrificación-desnitrificación con un fotobiorreactor de microalgas. Al final de la línea de aguas se encuentra un espesador secundario para separar el fango biológico.

Adicionalmente se incluye el diseño de un tratamiento terciario para completar la eliminación de nutrientes, utilizando un tratamiento anóxico de desnitrificación y un sistema de precipitación química de fósforo, realizando una comparativa de este con un sistema de recuperación de fósforo por cristalización.

El agua, una vez tratada se utilizará como agua de riego para campos de cultivo, mientras que los fangos (primario y biológico) se tratarán en una línea para el aprovechamiento de los nutrientes (N, P) en forma de compost.

4.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESO

A la hora de realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se han presentado diversas alternativas, tanto en la configuración del proceso, como en los equipos y materiales utilizados. En función de la posible localización, los recursos disponibles y el coste se han seleccionado aquellas que mejor se adaptan a las necesidades de la planta diseñada.

Tratamiento primario

Existen numerosas opciones en cuanto a las distintas operaciones de separación sólido líquido utilizadas en el tratamiento primario de aguas residuales, todas ellas orientadas a disminuir el contenido en sólidos suspendidos presentes en el agua.

A continuación se enumeran algunas de las operaciones más comunes junto con sus ventajas e inconvenientes para seleccionar aquellas más adecuadas a las necesidades del proyecto.

Screening (Tamizado)

Se basa en el empleo de dispositivos con una serie de aperturas de tamaño uniforme que separan los sólidos suspendidos presentes en la corriente de agua residual, para minimizar el daño en equipos posteriores y aumentar la eficacia global de eliminación ⁽³⁾.

La clasificación de las técnicas de screening se realiza en función del tamaño de los sólidos eliminados. Es una operación sencilla pero por el contrario supone la creación de un punto de generación de malos olores y requiere de mantenimiento y limpieza habitual ⁽³⁾.

Para sólidos de menor tamaño se utilizan tamices, tanto fijos como rotatorios. Los tamices fijos requieren altas necesidades de limpieza (hasta 2 veces al día) mientras que los tamices rotatorios son más sencillos de mantener y son adecuados para caudales bajos ⁽³⁾.

Para sólidos de tamaño microscópico se emplean sistemas similares pero diseñados para eficacias más altas, dando equipos de mayor coste y más sensibles a las fluctuaciones en los flujos de alimentación ⁽³⁾.

Los separadores de barras separan sólidos de mayor tamaño (6 a 150 mm) ⁽³⁾.

Sedimentación primaria

Se basa en la separación de los sólidos suspendidos presentes en el agua residual por sedimentación ya que tienen una mayor densidad que el agua.

Es una de las operaciones de tratamiento primario más empleadas, ya que presenta buenas eficiencias de separación (50-70 % SST (sólidos suspendidos totales), 25-40 % DBO (demanda biológica de oxígeno))⁽³⁾

Se emplean sedimentadores con sistemas mecánicos de recogida de sólidos, con un diseño rectangular o circular en función de los requerimientos del proceso⁽³⁾.

En ocasiones se puede combinar con la adición de floculantes químicos para fomentar la formación de flóculos que sedimentan más rápido aumentando la eficacia de la separación⁽³⁾.

El siguiente paso en la selección involucra el tratamiento biológico, etapa clave en el proceso ya que es donde se produce la eliminación de la mayoría de los nutrientes y la materia orgánica coloidal y disuelta⁽³⁾.

Flotación

La separación sólido-líquido se consigue inyectando una corriente gaseosa (normalmente aire) en el sistema, de forma que burbujee en el líquido. Las burbujas se adhieren a los sólidos de manera que estos ascienden a la superficie, donde son retirados por un sistema mecánico de eliminación de sólidos. La técnica más empleada utiliza aire disuelto a alta presión que al introducirse en el tanque (a presión atmosférica) se despresuriza liberándose en forma de burbujas de tamaño pequeño y homogéneo⁽³⁾.

Su principal ventaja frente a la sedimentación es que es capaz de eliminar sólidos de menor tamaño o densidad (baja velocidad de sedimentación) y en menor tiempo⁽³⁾.

Sin embargo el coste de disolver el aire es alto, puesto que requiere de altas presiones y la solubilidad de este en agua es baja⁽³⁾.

Selección

Para la planta que se está diseñando se ha escogido **un tratamiento primario en dos etapas, con un tamiz rotatorio y un sedimentador primario**, ya que son operaciones sencillas, con bajo mantenimiento y muy empleadas en la actualidad por lo que se disponen de numerosos datos y reglas empíricas para facilitar el diseño.

Tratamiento biológico

Las principales alternativas existentes para el tratamiento biológico del agua residual se agrupan en dos grandes categorías: procesos anaerobios y procesos aerobios, como ya se ha expuesto en la introducción de este trabajo.

Procesos anaerobios

Los procesos anaerobios más extendidos son el UASB y sus modificaciones, ya sea con un sedimentador en la salida o con utilización de relleno en la zona superior del reactor para mejorar la separación de sólidos (Fig. 2). Utilizan un reactor para transformar la materia orgánica en ausencia de oxígeno en biomasa y una mezcla gaseosa de CO_2 y CH_4 (biogás), que permite su utilización como fuente de energía.

Procesos aerobios

Dentro de este grupo destaca el sistema de lodos activos, que es el sistema más utilizado actualmente en las plantas de tratamiento ya existentes. Combinan etapas aerobias, anóxicas y anaerobias junto con procesos de separación sólido líquido para eliminar de forma eficaz materia orgánica y nutrientes.

En la tabla 1 se presentan las principales ventajas y desventajas de los procesos anaerobios frente a los aerobios:

Ventajas Proceso Anaerobio	Desventajas Proceso Anaerobio
Menores necesidades energéticas	Mayor tiempo de arranque para el desarrollo de la biomasa necesaria
Menor generación de biomasa	Puede requerir tratamiento aeróbico adicional para cumplir con los límites establecidos.
Menores necesidades de nutrientes	No permite la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo
Generación de CH_4 , potencial fuente de energía	Mayor sensibilidad a las bajas temperaturas
Eliminación de los gases contaminantes	Potencial para producir olores y gases corrosivos.
Menor volumen de reactor	

Tabla 1.-Ventajas y desventajas de los procesos anaerobios frente a los aerobios (3).

Selección:

A pesar de que los procesos anaerobios son muy eficaces desde el punto de vista energético, para este trabajo se ha escogido el **proceso aerobio** debido al mayor potencial de asimilación de nutrientes de esta tecnología, puesto que un objetivo del diseño es maximizar la recuperación de nutrientes en forma de biofertilizante sólido.

Por otro lado la relación Carbono-Nitrógeno del agua a tratar no es adecuada para procesos anaerobios

Etapa aerobia

A la hora de elegir el sistema de tratamiento aerobio correspondiente a la etapa de nitrificación se han planteado dos alternativas.

Por un lado la utilización del sistema tradicional de oxidación aerobia de por parte de bacterias heterótrofas, aportando el oxígeno necesario para su metabolismo a través de un sistema mecánico de aireación. Se trata del sistema más empleado actualmente.

Por otro la utilización de un nuevo tipo de reactor (HRAP) en el que se combina la actividad de bacterias y microalgas, aportando estas últimas durante la fotosíntesis el oxígeno necesario para el metabolismo de las primeras.

Esto presenta una serie de ventajas frente al método convencional ⁽⁴⁾:

- Disminución del coste que supone la aireación mecánica.
- Mayor asimilación de nutrientes (entre 2-3 veces superior a procesos de lodos activos convencionales) debido al crecimiento autotrófico algal.
- Se minimizan las posibilidades de emisiones de compuestos volátiles debidas a la aireación.

Selección

Para estudiar la viabilidad a gran escala de la nueva tecnología de microalgas para sistemas aerobios se ha seleccionado el **reactor HRAP**, evitando los costes adicionales de aireación mecánica y maximizando la asimilación (recuperación) de nutrientes. Debido los bajos ratios C/N, se plantea un nuevo proceso con microalgas y bacterias implementado en un reactor HRAP en una configuración de nitrificación-desnitrificación pre-anóxica.

Tratamiento terciario

Para que el agua que abandona el tratamiento biológico cumpla la normativa establecida por la legislación será necesario someterla a una etapa final de tratamiento para eliminar los nitratos y el fósforo.

Las alternativas disponibles para la eliminación de nitrógeno han sido discutidas previamente en el apartado de Selección de tratamiento biológico.

En cuanto a los procesos de eliminación de fósforo existen varias alternativas:

- Procesos químicos: se basan en la adición de compuestos para formar precipitados de sales de fósforo. Requieren de operaciones sencillas y obtienen buenos resultados, aunque pueden generar corrientes con un contenido alto en metales ⁽³⁾.
- Procesos biológicos: se utilizan para la eliminación conjunta de materia orgánica y fósforo, son procesos que requieren de equipos más complejos, son más difíciles de operar, y generan corrientes adicionales de fangos activos ⁽³⁾.
- Procesos de recuperación: Se basan en la recuperación de fósforo y nitrógeno en forma de mineral de estruvita, formada por cristalización. Se trata de una tecnología aún en desarrollo, pero que presenta importantes ventajas ya que la estruvita es un excelente fertilizante de lenta liberación.

Selección

Como tratamiento terciario se ha escogido un proceso con dos etapas; en primer lugar para disminuir el contenido en nitratos se ha escogido un **tanque anóxico con aporte de materia orgánica externo en forma de metanol**, ya que la materia orgánica presente tras el tratamiento secundario ya no es biodegradable.

A continuación para reducir el contenido en fósforo se utilizará una operación de **precipitación-sedimentación, utilizando alumbre** como agente precipitante.

Debido a los altos costes de los sistemas convencionales de precipitación de fósforo se realizará de forma adicional el análisis económico de un **sistema de cristalización de estruvita**. Esta tecnología aprovecha el amoníaco presente de forma natural en las aguas residuales de granja, por lo que en la planta diseñada se requerirá la adición de todo el amonio necesario, ya que se ha eliminado totalmente en el tratamiento biológico. A pesar de ello, debido al alto precio de venta de la estruvita, este proceso aún resulta económicamente viable, como se analizará en el apartado “Análisis económico”.

Línea de fangos

Las principales opciones que han surgido en el tratamiento de fangos son ⁽³⁾:

- Compostaje: requiere de etapas de acondicionamiento para ajustar el contenido en humedad y homogeneizar los lodos, se puede realizar en recipientes cerrados o en depósitos abiertos y aireados, dando lugar a compost que se puede aplicar sobre la tierra como fertilizante.
- Secado: Los biosólidos se secan en lechos de arena o en lagunas de poca profundidad durante un tiempo no inferior a 3 meses.

- Tratamiento térmico: Los sólidos se someten a temperaturas superiores a 180 grados centígrados durante media hora, eliminando la humedad y los posibles patógenos.
- Digestión aerobia: se basa en tratar el fango con agitación en presencia de oxígeno o aire, es similar al proceso de lodos activos.
- Digestión anaerobia: descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno para estabilizar los lodos y generar biogás para las necesidades energéticas de la planta.

Selección

De todas las alternativas, se ha seleccionado el **compostaje** ya que las cantidades de fangos generadas en la planta son pequeñas, y por lo tanto el coste, y las necesidades de control de los tratamientos de digestión y térmico son excesivos, mientras que la opción de secado se ha descartado por sus inconvenientes y su mayor impacto ambiental.

Compostaje

Con respecto a la operación de compostaje, los dos procesos más comúnmente utilizados son:

- Aireación estática: Consiste en un sistema de tuberías de aireación sobre las que se deposita una mezcla de aglomerante, normalmente material lignocelulósico, y el lodo a compostar ⁽³⁾.
- Compostaje en hileras: los fangos a compostar se depositan en una serie de hileras que se voltean periódicamente de forma mecánica para facilitar la aireación ⁽³⁾.

Selección

Para este proyecto se ha elegido realizar el **compostaje en hileras**, para minimizar los costes de aireación mecánica que supone el sistema de aireación estática, empleando una volteadora como sistema de volteo de las pilas de compost.

Acondicionamiento del fango

Una vez seleccionado el compostaje como sistema de aprovechamiento de los fangos generados hay que evaluar las condiciones a cumplir por la corriente de lodos para poder ser tratada de esta forma. El principal criterio es el contenido de humedad, que debe estar en torno al 50 % ⁽³⁾. El fango generado tiene un contenido en humedad superior al 90 % por lo que hay que seleccionar qué procesos de acondicionamiento y eliminación de agua se van a emplear (Tabla 2).

Selección

En este diseño se ha elegido un proceso de acondicionamiento en 2 etapas, con un **espesador** seguido de un **filtro prensa**, ya que permite trabajar de forma continua con bajos costes energéticos y de operación y con mantenimiento relativamente simple.

Sistema de eliminación	Ventajas	Desventajas
Centrifugación	<p>Contención de olores.</p> <p>Rapidez de arranque y parada.</p> <p>Baja relación coste-capacidad.</p>	<p>Requiere personal altamente cualificado.</p> <p>Mantenimiento elevado.</p> <p>Concentración de sólidos en el clarificado relativamente alta.</p>
Filtro prensa	<p>Bajo coste energético y de operación.</p> <p>Facilidad de parada y arranque.</p> <p>Sólidos con bajo contenido en humedad.</p> <p>Baja complejidad mecánica.</p>	<p>Problema de generación de olores.</p> <p>Sensible a variaciones en la alimentación.</p>
Filtro de placas	<p>Soporta la mayor concentración de sólidos.</p> <p>Bajo contenido de sólidos en el filtrado.</p>	<p>Operación en batch.</p> <p>Elevado coste de equipo y de operación.</p> <p>Estructuras de apoyo especiales.</p> <p>Requiere grandes áreas.</p>
Secado	<p>Coste muy bajo si se dispone de terreno.</p> <p>Necesidades de control y operación mínimas.</p> <p>Alta concentración de sólidos.</p> <p>Poco sensible a variaciones de la alimentación.</p>	<p>Requiere grandes áreas.</p> <p>El diseño debe considerar variaciones climáticas.</p> <p>Requiere de estabilización previa del fango.</p>
Lagunaje	<p>Bajo coste energético.</p> <p>No requiere de acondicionantes químicos.</p> <p>La materia orgánica se estabiliza.</p>	<p>Problemática de contaminación por olores y vectores biológicos.</p> <p>Posible contaminación de aguas subterráneas.</p>

Tabla 2.-Alternativas en la selección de procesos de acondicionamiento de fangos (3).

5.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.1.- Diagrama de bloques

El diagrama de bloques se muestra en el apartado de anexos, Anexo VI, planos.

5.2.- PFD

El agua residual procedente de la explotación ganadera llega a la planta impulsada por una estación de bombeo (corriente 1) hacia el tratamiento primario. Este consiste en una etapa de tamizado en un tamiz rotatorio seguida de una etapa de sedimentación. Las corrientes de fangos (corrientes 3 y 5) se mezclan para formar la corriente 6 que se tratará en un proceso paralelo.

La corriente de agua clarificada (corriente 4) se somete a un proceso de tratamiento biológico para eliminar la materia orgánica y los nutrientes. En primer lugar se dispone un reactor anóxico, seguido de un reactor aerobio. De este último sale la recirculación interna (corriente 13) para garantizar el suministro de aceptor de electrones (nitrato) que permita la desnitrificación en el tanque anóxico, y la corriente 9 que se tratará en un espesador para eliminar los sólidos suspendidos que se evacúan a través de la corriente de lodos activos (corriente 11). Esta línea se escinde en una recirculación que se introduce junto con la corriente 4 antes del tanque anóxico para formar la corriente 7, y una purga para eliminar los microorganismos generados en el proceso para mantener constante su masa (corriente 14). Esta última corriente se envía hacia la línea de fangos para su tratamiento.

En cuanto a la corriente de agua clarificada procedente del espesador secundario, (corriente 10) se tratará en un nuevo tanque anóxico para obtener una corriente con una concentración de nutrientes que esté dentro de los límites establecidos por la legislación. Como fuente de carbono externa se utilizará metanol para llevar a cabo la eliminación de nitrato por desnitrificación.

Tras abandonar la etapa de desnitrificación (corriente 16) se trata en un sedimentador, para eliminar la materia particulada (principalmente flóculos de microorganismos desnitrificantes). Los sólidos depositados se recogen en la línea 17. Parte de esta corriente se purga para mantener constante la masa de microorganismos (corriente 19), mientras que el resto se recircula hacia el reactor anóxico (corriente 18).

Por otro lado la corriente 20 de agua clarificada y desnitrificada aún tiene un alto contenido en fósforo, por lo que se envía a una etapa de precipitación-sedimentación, utilizando alumbre para precipitar el fósforo soluble.

La corriente de sólidos (línea 22) se enviará a depósito, mientras que la corriente 21, ya totalmente tratada, se utilizará para el riego de campos de cultivo.

Con respecto a la línea de fangos, las corrientes 6, 14 y 19 convergen en un punto de mezcla (corriente 23) y se envían a un espesador, donde además de homogeneizarse, perderán parte del contenido en agua.

La corriente de sólidos ya más concentrada (corriente 25), se tritura para evitar daños en las partes mecánicas de equipos posteriores, y se envía hacia un filtro prensa, donde se concentrará hasta un 50 % de humedad⁽³⁾, con ayuda de un acondicionante químico.

El agua filtrada (línea 27), junto con la corriente clarificada procedente del espesador (línea 24), se bombea de nuevo hacia el sedimentador primario en la línea de aguas (línea 28), mientras que la corriente de fangos concentrada se envía por medio de una cinta transportadora hasta una zona de compostaje, donde se transforma en abono orgánico.

5.3.- Balances de materia

La parte fundamental de este trabajo reside en la realización de los balances de materia a los distintos componentes característicos presentes en el agua residual, para diseñar las etapas de separación y los equipos de la planta, así como para estudiar las eficacias de cada etapa y analizar la producción de biomasa y de fango.

A continuación se expone el proceso de desarrollo de los balances para cada etapa del proceso, así como las consideraciones que se han asumido para simplificar los cálculos o las suposiciones realizadas ante la falta de datos experimentales publicados en literatura. Las tablas de corrientes que se muestran en esta sección se han simplificado, para consultar las tablas de corrientes de forma detallada ver el apartado de anexos, Anexo VII Balances de Materia.

Alimentación

Antes de comenzar a realizar los balances es necesario escoger una corriente de alimentación con unas características representativas de un agua residual típica procedente de una explotación porcina.

Para este caso se han elegido los siguientes datos, basados en la producción típica en una granja de cebo (Tabla 3)⁽⁷⁾.

Q m ³ /d	54,80
DQO _t (g/l)	54,36
DQO _s (g/l)	6,80
DQO _t (kg/d)	2979,04
DQO _s (kg/d)	372,80
N _t (g/l)	3,50
N NH ₄ (g/l)	2,14
N _t (kg/d)	191,80
N NH ₄ (kg/d)	117
COT (g/l)	16,82
COT (kg/d)	921,85
Cl (g/l)	0,15
Cl (kg/d)	8,22
DBO (g/l)	32,62
DBO (kg/d)	1787,42
SST (g/l)	25
SST (kg/d)	1370
P (g/l)	1,59
P (kg/d)	86,86

Tabla 3.-Caracterización del agua residual a tratar (7).

Consideraciones en el cálculo:

- La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) se ha calculado como el 60 % de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Para calcular la parte correspondiente al componente soluble se ha utilizado la relación $DQO_{total}/DQO_{soluble}$.

Tratamiento primario

El tratamiento primario consta de dos equipos, un tamiz rotatorio seguido de un sedimentador primario.

El cálculo de esta etapa se reduce a aplicar los porcentajes de eliminación para cada uno de estos equipos para la materia particulada presentes en la bibliografía, y sabiendo que los compuestos solubles mantienen constantes su concentración.

En la tabla 4 aparece de forma simplificada la composición relativa a las corrientes que constituyen el tratamiento primario.

Tratamiento primario							
Corriente	1	2	3	2'	4	5	6
Q (m ³ /d)	54,80	50,60	4,20	68,39	58,11	10,7	14,94
DQO (g/l)	54,36	37,71	254,94	41,98	16,88	113,9	368,77
DQO (kg/d)	2979,04	1907,96	1071,07	2871,34	981,05	1222,4	2293,44
N (g/l)	3,50	3,50	3,50	4,09	4,15	4,1	7,65
N (kg/d)	191,80	177,10	14,70	279,90	241,40	43,9	59,31
COT (g/l)	16,82	12,36	70,59	11,04	6,7	68,2	104,92
COT (kg/d)	921,85	625,26	296,6	760,27	391,70	732	665,15
Cl (g/l)	0,15	0,15	0,15	0,18	0,18	0,2	0,33
Cl (kg/d)	8,22	7,59	0,63	12,57	10,32	2,0	2,54
DBO (g/l)	32,62	21,20	170,18	18,02	14,56	36,0	206,13
DBO (kg/d)	1787,42	1072,45	714,97	1232,11	846,02	386,1	1101,05
SST (g/l)	25,00	16,25	130,43	14,42	5,98	59,68	79,84
SST (kg/d)	1370,00	822,00	548,00	985,95	347,27	644,9	1192,92
P (g/l)	1,59	1,59	1,59	1,58	1,58	1,6	3,16
P kg/d	86,86	80,20	6,66	108,03	91,66	17,0	23,6

Tabla 4.-Tabla de corrientes simplificada para el tratamiento primario

Consideraciones en el cálculo:

Tamiz rotatorio				Sedimentador primario			
			Referencia				Referencia
% elim. SST	40	%	(3)	% elim. SST	65	%	(3)
% de sólidos	15	%	(3)	% de sólidos	6	%	(3)
% elim DBO	40	%	(3)	% elim DBO	36	%	(3)

Tratamiento secundario: proceso de fangos activos

Los balances de materia correspondientes al tratamiento biológico son los de mayor importancia, pues son los que determinarán qué capacidad de eliminación de nutrientes y materia orgánica tiene el sistema, así como la producción de biomasa y por consiguiente la generación de fangos.

Puesto que el sistema consta de una recirculación interna, se ha utilizado un método de resolución iterativo, utilizando como condición la igualdad de concentraciones de las corrientes que abandonan el reactor aerobio (recirculación interna y descarga).

Para comenzar el cálculo se ha fijado una concentración de salida de 600 mg N-NO₃/l. A partir de esta consideración se ha obtenido el porcentaje de eliminación de DQO, y a partir de este valor se han realizado el resto de cálculos. La tabla 5 muestra la composición de las corrientes presentes en el tratamiento secundario.

Tratamiento secundario									
Corriente	4	7	8	9	10	11	12	13	14
Q (m ³ /d)	58,11	72,64	421,33	72,64	51,54	21,10	14,53	348,69	6,58
DQO (g/l)	16,88	36,22	36,23	34,84	2,59	113,59	113,59	34,84	113,59
DQO (kg/d)	981,05	2631,34	15265,82	2530,64	133,50	2397,15	1650,29	12146,68	746,86
N (g/l)	4,15	5,44	3,94	3,65	0,82	10,58	10,58	3,65	10,58
N (kg/d)	241,40	395,09	1660,19	265,25	42,01	223,24	153,69	1273,04	69,55
COT (g/l)	6,74	13,89	13,01	42,49	1,00	42,49	42,49	42,49	42,49
COT (kg/d)	391,70	1009,09	5481,41	948,38	51,59	896,79	617,38	4551,92	279,41
Cl (g/l)	0,18	0,23	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Cl (kg/d)	10,32	16,73	207,71	32,05	22,74	9,31	6,41	153,10	2,90
DBO (g/l)	14,56	11,65	17,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (kg/d)	846,02	846,02	7540,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SST (g/l)	5,98	21,41	24,55	25,43	1,79	83,15	83,15	25,42	83,15
SST (kg/d)	347,27	1555,34	10344,29	1847,17	92,36	1754,81	1208,08	8865,21	546,73
P (g/l)	1,58	1,56	1,49	1,48	1,47	1,47	1,47	1,48	1,47
P (kg/d)	91,66	113,05	626,95	106,95	75,88	31,07	21,39	514,55	9,68

Tabla 5.-Tabla de corrientes simplificada para el tratamiento biológico secundario.

Consideraciones en el cálculo:

- Concentración de nitratos a la salida fija en 600 mg N/l.
- Todo el nitrato se desnitrifica en el reactor anóxico.
- La eliminación de DQO en el tanque anóxico viene dada por la cantidad de nitrato eliminada.
- No hay stripping de CO₂ en el tanque anóxico.
- Se produce volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco gaseosos en el reactor HRAP, de forma que se elimina por completo la parte que no se asimila o nitrifica.
- Producción de biomasa es un 40 % de la DQO eliminada ⁽³⁾.
- Composición química de bacterias C₅H₇NO₂ con un contenido en P del 1% ⁽³⁾.
- Composición química de microalgas CH_{1,83}N_{0,11}O_{0,48}P_{0,01} ⁽⁸⁾.
- DBO completamente biodegradable, se elimina por completo en el reactor aerobio.
- La materia particulada se elimina en el espesador secundario con una eficacia del 95 % ⁽³⁾.
- La recirculación interna se ha fijado en 6 veces el caudal de alimentación.
- La recirculación de lodos activos se ha fijado en 0,25 veces el caudal de salida.
- El porcentaje de eliminación de DQO es del 85 % ⁽⁸⁾.

Tratamiento terciario

Dado que la concentración de nitratos y de fósforo en la salida es muy elevado (600 mg N-NO₃/l y 1,49 g P/l, respectivamente) el agua no cumple con los límites legales del agua de riego, por lo que se plantea una etapa de tratamiento postanóxico para eliminar el nitrógeno por desnitrificación seguido de una etapa de precipitación química del fósforo, que se eliminará por sedimentación (Tablas 6 y 7).

Como la materia orgánica que abandona el tratamiento secundario no es biodegradable, el aporte de DQO será externo, utilizando metanol como fuente de carbono.

Para precipitar el fósforo en el sedimentador se utilizará alumbre, de tal forma que el fósforo soluble reacciona con el alumbre para formar fosfato de aluminio, compuesto que sedimenta con facilidad.

Tratamiento anóxico terciario							
Corriente	10	15	16	17	18	19	20
Q (m ³ /d)	51,54	79,55	79,55	28,32	28,01	0,31	51,23
DQO (g/l)	2,59	16,39	16,613	41,78	41,78	41,78	2,70
DQO (kg/d)	133,50	1303,84	1321,65	1183,20	1170,34	12,85	138,46
N (g/l)	0,82	1,77	1,41	3,52	3,52	3,52	0,24
N (kg/d)	42,01	140,66	112,03	99,74	98,66	1,08	12,28
COT (g/l)	1,00	5,91	5,97	14,95	14,95	14,95	1,00
COT (kg/d)	51,59	470,34	474,58	423,35	418,76	4,60	51,22
Cl (g/l)	0,44	0,41	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357
Cl (kg/d)	22,74	32,74	28,419	10,12	10,01	0,11	18,30
DBO (g/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P (g/l)	1,47	1,57	1,57	1,74	1,74	1,74	1,47
P (kg/d)	75,88	124,69	124,61	49,35	48,81	0,54	75,26
SST (g/l)	1,79	11,42	11,53	29,14	29,14	29,14	1,79
SST (kg/d)	92,36	908,67	916,97	825,27	816,31	8,96	91,70

Tabla 6.-Tabla de corrientes simplificada para la desnitrificación en el tratamiento terciario.

Eliminación de fósforo					
Corriente	20	Alumbre	20'	21	22
Q (m ³ /d)	51,23	2,08	53,31	48,36	4,95
DQO (g/l)	2,70	-	2,60	0,41	23,94
DQO (kg/d)	138,46	-	138,46	19,86	118,60
N (g/l)	0,24	-	0,23	0,05	2,02
N (kg/d)	12,28	-	12,28	2,26	10,02
COT (g/l)	1,00	-	0,96	0,18	8,58
COT (kg/d)	51,22	-	51,22	8,72	42,50
Cl (g/l)	0,36	-	0,34	0,34	0,34
Cl (kg/d)	18,30	-	18,30	16,60	1,70
DBO (g/l)	0,00	-	0,00	0,00	0,00
DBO (kg/d)	0,00	-	0,00	0,00	0,00
P (g/l)	1,47	-	1,47	0,16	13,66
P (kg/d)	75,26	-	75,23	7,57	67,66
SST (g/l)	1,79	-	7,20	0,79	69,77
SST (kg/d)	91,70	-	384,05	38,41	345,65
Alumbre (soluble) (kg/d)	-	1198,10	-	-	-

Tabla 7.-Tabla de corrientes simplificada para el proceso de eliminación de fósforo.

Consideraciones en el cálculo:

- La materia orgánica presente en el agua de salida del tratamiento secundario no es biodegradable.
- Concentración de nitratos a la salida del tratamiento post-anóxico es de 25 mg/l.
- La materia particulada se elimina en un sedimentador con una eficacia del 90 % ⁽³⁾.
- La recirculación de biomasa resultante es de 0,6 veces el caudal de alimentación (dentro del límite).
- La relación molar Al/P es de 1,5:1 ⁽³⁾.

Línea de fangos

En la línea de fangos se realiza el tratamiento de acondicionamiento previo al compostado de los lodos procedentes de la planta. En esta línea convergen tres corrientes, una procedente del tratamiento primario (tamiz rotatorio y sedimentador primario), otra de fangos activos procedente del espesador de la etapa de tratamiento secundario y por último la corriente de fangos activos procedente de la etapa anóxica en el tratamiento terciario.

Línea de fangos						
Corriente	23	24	25	26	27	28
Q (m ³ /d)	21,72	7,81	13,90	3,46	10,44	18,25
DQO (g/l)	140,39	114,34	155,03	578,90	14,44	57,20
DQO (kg/d)	3048,79	893,44	2155,35	2004,58	150,77	1044,21
N (g/l)	5,97	0,18	5,97	5,97	5,97	5,97
N (kg/d)	129,58	46,62	82,95	20,66	62,29	108,91
COT (g/l)	43,63	8,34	63,47	234,66	6,69	7,40
COT (kg/d)	947,59	65,15	882,44	812,58	69,86	135,01
Cl (g/l)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cl (kg/d)	5,52	1,99	3,54	0,88	2,65	4,64
DBO (g/l)	50,7	14,09	71,28	271,87	4,75	8,75
DBO (kg/d)	1101,05	110,11	990,95	941,40	49,55	159,65
SST (g/l)	53,41	11,17	119,28	454,95	7,94	9,32
SST (kg/d)	1745,55	87,28	1658,27	1575,36	82,91	170,19
P (g/l)	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
P (kg/d)	33,78	12,16	21,63	5,39	16,24	28,39

Tabla 8.-Tabla de corrientes simplificada para la línea de fangos.

Consideraciones en el cálculo:

Espesador				Filtro prensa			
			Referencia				Referencia
% elim. SST	90	%	(3)	% elim. SST	95	%	(3)
% sólidos	9	%	(3)	% de sólidos	28	%	(3)

6.- EQUIPOS

6.1.- Lista de equipos

Número de equipo	Cantidad	Descripción	Driver
C-101	2	Soplante suministro auxiliar aire para HRAP	M
D-101	1	Sedimentador primario	
D-102	1	Espesador secundario	
D-203	1	Sedimentador secundario tratamiento terciario	
D-204	1	Sedimentador eliminación fosforo	
D-205	1	Depósito de metanol	
D-206	1	Depósito de alumbre	
D-207	1	Tanque dosificación diaria alumbre	
D-308	1	Espesador de fangos	
D-309	1	Depósito acondicionante filtro prensa	
F-101	1	Tamiz rotatorio trat. Primario	M
F-302	1	Filtro prensa línea de fangos	M
M-301	1	Cinta transportadora de fango para compostaje	M
R-101	1	Reactor anóxico trat. Secundario	
R-102	1	Reactor aerobio HRAP	
R-103	1	Reactor anóxico trat. Terciario	
P-101	2	Bomba recirc. Interna trat. Secundario	M
P-102	2	Bomba recirc. Lodos activos trat. Secundario	M
P-103	2	Bomba fango primario	M
P-204	2	Bomba recirc. Interna trat. Terciario	M
P-205	2	Bomba alimentación metanol	M
P-206	2	Bomba alimentación alumbre	M
P-307	2	Bomba alimentación filtro prensa	M
P-308	2	Bomba recirc. Agua línea de aguas	M
P-309	2	Bomba suministro acondicionante filtro prensa	M

6.2.- PDS

Las hojas de especificación de los principales equipos (PDS o Process Data Sheet) se encuentran en el apartado de anexos, Anexo IV, PDS.

6.3.-Diseño de equipos

El diseño detallado de los principales equipos de la planta se desarrolla en la sección de anexos, Anexo III, Cálculos.

7.- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

7.1.- Estrategia y lazos de control

El objetivo de todo sistema automático de control es mantener el sistema en estado estacionario, en las condiciones óptimas para el desarrollo del proceso, así como para evitar cualquier posible riesgo en la planta.

En el caso de la planta de tratamiento de agua desarrollada se ha diseñado una estrategia de control sencilla que minimizando la complejidad y el coste de los sistemas automáticos permite el control de las variables clave para el funcionamiento adecuado del sistema.

Alimentación

A la entrada de la planta se plantea colocar un sistema de medidores indicadores de flujo, pH y temperatura para detectar posibles perturbaciones en las condiciones de alimentación.

Como detectores se emplearán:

- Medidor de flujo: Tubo Venturi.
- Medidor de pH: Electrodo de pH.
- Medidor de temperatura: termómetro de bulbo.

Tratamiento primario:

Para conseguir la eliminación óptima de sólidos es necesario controlar en el sedimentador primario el nivel de la capa de sólidos depositada en el fondo del equipo. Un valor alto generaría excesiva carga en los sistemas de recogida de sólidos y un contenido elevado de sólidos en el efluente, mientras que un valor bajo generaría una corriente de fangos con un contenido excesivo en humedad.

Para ello se ha planteado un lazo de control simple compuesto por un detector ultrasónico de nivel junto con un controlador que actúa sobre una válvula automática situada en la descarga de sólidos.

Tratamiento secundario

Para el control de la etapa de tratamiento biológico se ha planteado un diseño centrado en corregir las perturbaciones que se pueden dar en forma de variaciones en el pH, en la cantidad de oxígeno disuelto, así como en el control de las recirculaciones, para mantener constante la relación entre las mismas y el flujo de alimentación.

Los principales lazos de control son:

- Control del nivel de oxígeno disuelto en el reactor aerobio: Para regular el contenido en oxígeno durante los periodos nocturnos o en caso de que aparezcan otras perturbaciones se ha diseñado una red de electrodos sensibles al oxígeno disuelto conectados a un selector de nivel, el cual actúa sobre una válvula automática que regula una línea auxiliar de suministro de aire.
- Control de las recirculaciones: Para mantener constante la relación recirculación/alimentación tanto para la interna como para la externa se colocarán dos medidores venturi en la entrada al tratamiento secundario conectados a sendos controladores de flujo que mantienen la proporción en el set point deseado.
- Control del nivel de sólidos en el espesador secundario: de forma similar al control en el sedimentador primario, con un medidor ultrasónico de nivel junto con una válvula automática que actúa sobre la descarga de sólidos.
- Control de pH: Para el pH se plantea instalar una alarma de bajo nivel que se active cuando el pH baje o suba de un determinado valor que suponga riesgo de inhibición para los microorganismos.

Tratamiento terciario

En el tratamiento terciario el esfuerzo de control se ha centrado en la etapa de desnitrificación en el tanque anóxico, con un control de la recirculación de lodos activos para mantenerla constante y el control del nivel de sólidos en el sedimentador. Los lazos de control presentes son:

- Control de la recirculación de los lodos activos procedentes del sedimentador. Se utiliza un transmisor de flujo en la alimentación (línea 10) que envía la señal a un controlador de flujo que regula la válvula automática en la línea 18 manteniendo la relación entre el caudal de la línea 14 y de la 10 a un valor fijo.
- Control del nivel de sólidos en el espesador. Idéntico al control de sólidos en el sedimentador primario y en el espesador secundario.

Línea de fangos

La línea de fangos consta de dos etapas principales previas al compostado de los sólidos, una etapa de espesamiento y un filtro prensa ambas con el objetivo de concentrar y estabilizar la corriente de fangos.

En el espesador el objetivo de control será de nuevo mantener constante el nivel de los sólidos depositados en el fondo del equipo para que la separación sea adecuada, mientras que en el filtro prensa se controlarán los sólidos presentes en la corriente de salida para dosificar en la cantidad correcta el agente acondicionante. Los lazos de control presentes son:

- Control del nivel de sólidos en el espesador: El sistema empleado es el mismo que el que se utiliza en el resto de espesadores y sedimentadores de la planta.
- Control del flujo de acondicionante químico: este lazo consta de un detector de sólidos suspendidos que transmite la señal a un controlador de flujo que regula la válvula automática en la línea de alimentación del agente acondicionante.

7.2.- P&ID

La planta recibe 54,8 metros cúbicos diarios de agua residual procedente de la explotación ganadera a través de la corriente 1. Esta corriente está provista de indicadores de temperatura, pH y flujo para detectar variaciones en las condiciones de la alimentación.

La primera etapa de tratamiento consta de un tamiz rotatorio (F-101) que genera 4,2 m³/d de fango que se descarga por la línea 3. La corriente de agua residual 2 que abandona el equipo, junto con la corriente 27 que procede de la línea de fangos, llega hasta un sedimentador primario (D-101) donde se eliminará el 60 % de los sólidos suspendidos presentes en el agua, generado 10,7 m³/d de fango (línea 5) y 57,7 m³ diarios de agua clarificada que por medio de la línea 4 se envía hacia la etapa de tratamiento biológico.

El sedimentador primario dispone de un sistema de control (lazo 2) para mantener constante el nivel de sólidos depositados en el fondo del equipo.

La corriente 4 junto con la corriente 12 (recirculación de fangos activos de microalgas y bacterias procedente del espesador secundario D-102) descargan en un tanque anóxico (R-101) donde se realiza la desnitrificación. La corriente 8 abandona el tanque anóxico y se envía a la siguiente etapa del proceso, el reactor aerobio HRAP (R-102) donde tiene lugar la nitrificación y la eliminación de la DBO remanente en el agua residual.

Para mantener el proceso se recircula un caudal procedente del reactor aerobio HRAP igual a 6 veces la corriente de alimentación 4. Esta recirculación interna (línea 13) descarga en el reactor anóxico permitiendo la desnitrificación de los nitratos con parte de la DBO del agua residual de entrada.

Por otro lado, la línea 9 de agua tratada se envía al espesador secundario donde se elimina el 95 % de la materia suspendida, generando 20,3 m³/d de fango biológico (corriente 11). Parte de esta corriente, el caudal correspondiente a 0,25 veces el flujo de alimentación se recircula hacia el tanque anóxico, el resto (5,85 kg/d; corriente 14) se purga hacia la línea de fangos para mantener constante la cantidad de biomasa en el sistema. El espesador también consta de un sistema de control de nivel del depósito de sólidos (lazo 6) similar al presente en el sedimentador primario.

Para mantener fijo los ratios tanto la recirculación interna como la externa con respecto al caudal de entrada se ha dispuesto de un lazo de control (lazo 3) compuesto por un transmisor de flujo en la línea 4 y dos válvulas de control reguladas por sendos controladores de flujo.

El control del sistema se completa con los lazos 4 y 5 para controlar el oxígeno disuelto y el pH, respectivamente.

La corriente 10 que abandona este proceso aún tiene un contenido en nitrógeno y fósforo superiores a lo permitido para su uso como agua de riego, por lo que se envía hacia una etapa de tratamiento terciario. Como primer paso se tratará en un reactor anóxico (R-203), donde usando 15,1 kg de metanol como fuente de carbono externa se consigue reducir la concentración de nitratos hasta 25 mg/l. 25 mg/l.

Tras la etapa anóxica se dispone un sedimentador para eliminar la materia suspendida, generando 21,23 m³ diarios de fango biológico. De nuevo esta corriente se escinde, recirculando parte hacia el tanque anóxico y purgando el resto hacia la línea de fangos por medio de la corriente 19. La relación entre el caudal de recirculación y la corriente 10 se mantiene fija empleando el lazo 7, constituido por el sistema transmisor de flujo-válvula de control empleado anteriormente

Por último, la corriente 20, ya clarificada y desnitrificada se envía a un tanque de mezcla rápida (D-208) donde se realizará la mezcla en agitación con 2,5 m³ diarios de alumbre, para aumentar el rendimiento de la siguiente etapa de sedimentación (D-204) donde se consigue la reducción de la concentración de fósforo hasta 1 mg/l. El fango generado en esta etapa se enviará a depósito, mientras que la corriente completamente tratada se destinará al riego de campos de cultivo.

En cuanto a las corrientes de fangos generadas en la línea de aguas se ha diseñado un proceso paralelo de acondicionamiento y compostaje.

Las líneas 3 y 5 procedentes del tamiz rotatorio y el sedimentador primario respectivamente, se mezclan para formar la corriente 6, compuesta por 15 m³ diarios de fango primario que se envían hacia la línea de fangos por medio de la bomba centrífuga P-103.

La corriente 6 se une en un punto de mezcla a las corrientes 14 y 19, formadas por el fango biológico generado en las respectivas etapas de tratamiento, para formar la corriente 23 que descarga en un espesador (D-309). Para mantener el correcto funcionamiento en este equipo se ha diseñado el lazo 9 que mantiene el nivel de sólidos depositados. La corriente de sólidos concentrada (línea 25) se bombea utilizando una bomba de desplazamiento positivo (P-307) hacia un filtro prensa, que junto con el empleo de un agente acondicionante concentra los fangos hasta un 50 % de contenido en sólidos, generando 3,2 m³ diarios de fangos adecuados para su compostaje. El compostado de los sólidos se realizará empleando la técnica de volteo mecánico, utilizando una máquina especialmente diseñada para este fin.

Por otro lado tanto la corriente de agua clarificada procedente del filtro prensa (corriente 27) como la procedente del espesador (corriente 24), se mezclan en la línea 28 para ser recirculadas de nuevo hacia el sedimentador primario.

7.3.- Lista de instrumentos y lazos de control

Número de instrumento	Número de P&ID	Descripción
FI 1-1	A3-P&ID 100-01	Medidor venturi de flujo en alimentación
TI 1-1	A3-P&ID 100-01	Medido de temperatura en alimentación
XI 1-1	A3-P&ID 100-01	Medidor de pH en alimentación
LT 2-1	A3-P&ID 100-01	Transmisor de nivel sólidos sed. Primario
LC 2-1	A3-P&ID 100-01	Controlador de nivel de sólidos sed. Primario
FT 3-1	A3-P&ID 100-01	Transmisor de flujo entrada trat. Biológico
FC 3-1	A3-P&ID 100-01	Control de recirculación de lodos activos
FC 3-2	A3-P&ID 100-01	Control de recirculación interna
DOT 4-1	A3-P&ID 100-01	Medidor de oxígeno disuelto HRAP
DOT 4-2	A3-P&ID 100-01	Medidor de oxígeno disuelto HRAP
DOT 4-3	A3-P&ID 100-01	Medidor de oxígeno disuelto HRAP
HS 4-1	A3-P&ID 100-01	Selector de oxígeno disuelto HRAP
FC 4-1	A3-P&ID 100-01	Control de flujo de aire hacia HRAP
XT 5-1	A3-P&ID 100-01	Transmisor de pH HRAP
XI 5-1	A3-P&ID 100-01	Indicador de pH HRAP
XAH 5-1	A3-P&ID 100-01	Alarma de pH de alto nivel
LT 6-1	A3-P&ID 100-01	Transmisor de nivel de sólidos espesador 2°
LC 6-1	A3-P&ID 100-01	Control de nivel de sólidos espesador 2°
FT 7-1	A3-P&ID 200-01	Transmisor de flujo trat. Terciario
FC 7-1	A3-P&ID 200-01	Control recirculación fangos activos
LT 8-1	A3-P&ID 200-01	Transmisor de nivel de sólidos sed. Terciario
LC 8-1	A3-P&ID 200-01	Control del nivel de sólidos sed. Terciario
LT 9-1	A3-P&ID 300-01	Transmisor de nivel espesador línea fangos
LC 9-1	A3-P&ID 300-01	Control de nivel espesador línea fangos
ST 10-1	A3-P&ID 300-01	Control de sólidos suspendidos filtro prensa
FC 10-1	A3-P&ID 300-01	Control de flujo de acondicionante filtro prensa

8.- SEGURIDAD (HAZOP)

- Equipo: F-101 Intención: Tamiz rotatorio para tratamiento primario, eliminación de materia suspendida.
- Línea: 1 Intención: Alimentación de 54,8 m³/d de agua residual sin tratar a 20 °C; 1 atm de presión

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
NO	No hay flujo	La tubería está obstruida.	No entra agua residual a la planta, se para el sistema. Si la situación se prolonga se puede producir la muerte de los microorganismos.	Establecer un elemento indicador de flujo en la línea. Sistema de dos bombas en paralelo en la estación de bombeo.
MÁS	Más flujo	Alteraciones en la fuente de agua residual.	Desborde de equipos, con derrames que suponen un riesgo potencial.	Además de establecer un control de flujo diseñar un tanque de homogeneización que mantenga un flujo constante.
	Más pH	Alteraciones en el suministro	Un pH muy alto puede provocar la inhibición de los microorganismos.	Colocar un indicador de pH en la alimentación. Muestreo en suministro.
ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes no esperados	Alteraciones en la fuente de agua residual, filtraciones no deseadas	Inhibición celular en los reactores biológicos.	Muestreo del agua residual en suministro. Dilución con agua de pozo por debajo de concentraciones inhibitorias.
MENOS	Menos temperatura	Condiciones ambientales, alteraciones de suministro	Una temperatura muy baja puede afectar a los microorganismos. En casos extremos, congelación de la tubería.	Establecer un indicador de temperatura en la línea. Aislamiento adecuado de la tubería. Aumentar la altura del reactor HRAP para compensar la menor actividad metabólica.

- Equipo: F-101 Intención: Tamiz rotatorio para tratamiento primario, eliminación de materia suspendida.
- Línea: 2 Intención: Descarga de 50,6 m³/d de agua procedente del tamiz rotatorio.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
NO	No hay flujo	Obstrucción en la tubería. Fallo en el tamiz rotatorio, acumulación de sólidos que impide el paso del agua.	Se detiene el proceso.	Cubierto en No flujo Línea 1.
MÁS	Más flujo	Alteraciones en el suministro. Atasco en la línea 3.	Desborde de equipos y fugas.	Cubierto en más flujo Línea 1. Comprobación de correcto funcionamiento en tamiz rotatorio.

- Equipo: F-101 Intención: Tamiz rotatorio para tratamiento primario, eliminación de materia suspendida.
- Línea: 3 Intención: Descarga 4,2 m³/d de fango primario eliminados en el tamiz rotatorio.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
NO	No hay flujo	Obstrucción en la tubería	Acumulación de agua residual en el tamiz rotatorio con posibilidad de desborde. Exceso de flujo en la línea 2.	Mantenimiento adecuado del equipo. Sistema de dos bombas en paralelo en la línea de fangos para evitar paradas.

- Equipo: D-101 Intención: Sedimentador primario para la eliminación de sólidos.
- Línea: 2' Intención: Alimentación de 68,85 m³/d de agua para tratamiento, junto a retorno de línea de fangos.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MENOS	Menos flujo	Obstrucción en la línea 13'	Indicación de posible fallo en la línea de fangos.	Control y mantenimiento adecuado de la línea de fangos.
		Obstrucción en la línea 2.		
		Disminución de la altura de fango acumulado en el sedimentador, eliminándose más agua de la debida. Menor flujo de agua procedente de la etapa anterior.	Reducción de la eficiencia del proceso de tratamiento de fangos por exceso de humedad.	Establecer un sistema de medida y control de la altura de sólidos depositados regulado por una válvula automática en la línea 5.

- Equipo: D-101 Intención: Sedimentador primario para la eliminación de sólidos.
- Línea: 4 Intención: Descarga de 58,1 m³/d de agua procedente del tratamiento primario hacia el tratamiento biológico.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Aumento de la altura de fango acumulado en el sedimentador, eliminando menos agua en la línea 5.	Incremento del contenido en sólidos en la corriente de salida. Mayor estrés mecánico en los sistemas de recuperación de fango primario.	Cubierto en más flujo L2'.

- Equipo: D-101 Intención: Sedimentador primario para la eliminación de sólidos.
- Línea: 5 Intención: Descarga de 10,7 m³ diarios de fango primario.

PALABRA GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Disminución en la altura de la capa de sólidos en el sedimentador.	Como en más flujo L2'.	Cubierto en más flujo L2'.
MENOS	Menos flujo	Aumento de la altura de la capa de sólidos depositada.	Como en más flujo L4.	Cubierto en más flujo L4.
NO	No hay flujo	Caso extremo de menos flujo.	Como en más flujo L4.	Cubierto en más flujo L4.

- Equipo: R-101 Intención: Reactor anóxico para desnitrificación.
- Línea: 7 Intención: Alimentación de 72,64 m³/d de agua para su tratamiento junto con la recirculación de lodos activos.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Disminución en la altura de la capa de sólidos en el espesador secundario, recirculando un caudal mayor.	Disminución de la eficacia de eliminación de materia orgánica y nutrientes. Arrastre de microorganismos y disminución de concentración de SST.	Establecer un sistema de control del caudal de la recirculación interna a través de un indicador de flujo y un controlador junto con una válvula automática en la línea 12. Posible sistema de control junto con tanque de homogeneización para alimentar flujo constante.
	Más pH	Aumento del pH en el reactor HRAP.	Inhibición de la actividad de los microorganismos.	Establecer un sistema de indicación de pH junto con una alarma de alto nivel. Posibilidad de establecer un sistema de control de pH.
MENOS	Menos flujo	Obstrucción en la línea 12 de recirculación de fangos activos. Fallo de la bomba de la línea 12. Disminución de flujo en la línea 7.	Disminución de la eficacia de eliminación en el reactor.	Controlar la altura de fango en el espesador secundario con una válvula de control en la línea 11. Mantenimiento adecuado de la bomba, previsión de colocación de una bomba en paralelo.
ADEMÁS DE	Alto contenido de oxígeno disuelto	Funcionamiento irregular en el HRAP.	Pérdida de las condiciones anóxicas en el reactor.	Establecer un sistema de control de oxígeno disuelto en el HRAP con varios puntos de medida y una línea adicional de aire controlada por una válvula automática.

- Equipo: R-101 Intención: Reactor anóxico para desnitrificación.
- Línea: 8 Intención: Descarga de 421,3 m³/d de agua desnitrificada hacia el reactor aerobio.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Aumento de la recirculación de fangos activos. Aumento de la recirculación interna.	Arrastre de microorganismos en el reactor HRAP.	Cubierto en más flujo L7.
	Más Nitrógeno	Desnitrificación incompleta en el tanque anóxico.	Inhibición de la actividad de las microalgas a niveles altos de pH.	Cubierto en Más pH L7.
MENOS	Menos flujo	Fallo en la bomba de recirculación interna. Fallo en la bomba de recirculación de lodos activos. Obstrucciones en las líneas.	Si falla la bomba de la línea 13, no se alimentan nitratos al reactor por lo que disminuye la eficacia de eliminación de nitrógeno. El fallo de la recirculación de lodos activos cubierto en línea 7.	Como en L7. Control de la recirculación interna junto con una bomba en paralelo para evitar paradas. Mantenimiento adecuado de la línea y las bombas.

- Equipo: R-102 Intención: Reactor aerobio para nitrificar y eliminar materia orgánica.
- Línea: 9 Intención: Descarga de 72,64 m³/d de agua tratada hacia el espesador secundario.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más pH	Eliminación de CO ₂ por metabolismo de microalgas.	Inhibición de la actividad de microorganismos en el reactor HRAP.	Cubierto en Más pH L7.
	Más oxígeno disuelto	Exceso de producción de microalgas.	Inhibición de la actividad de los microorganismos. Recirculación de exceso de oxígeno hacia el tanque anóxico.	Establecer un sistema de control del nivel de oxígeno disuelto en el HRAP con varios puntos de medida y una línea adicional de alimentación de aire controlada por una válvula automática.
	Más flujo	Fallo de la bomba de recirculación interna.	Se alimenta menos nitratos al reactor anóxico, menor eficacia del proceso. Mayor concentración de nitratos a la salida.	Cubierto en Más flujo L7.
MENOS	Menos oxígeno disuelto	Falta de luz para realizar el metabolismo de microalgas. Fallo en el agitador. Inhibición de microalgas por tóxicos como amoníaco.	Formación de zonas anaerobias en el reactor. Inhibición de la actividad bacteriana aerobia heterótrofa y nitrificante.	Como en Más oxígeno disuelto.

- Equipo: R-102 Intención: Reactor aerobio para nitrificar y eliminar materia orgánica.
- Línea: 13 Intención: Recirculación interna de nitratos, 6 veces el caudal de alimentación de la línea 4.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
NO	Flujo	Fallo de la bomba de recirculación.	Como en menos flujo L8.	Cubierto en menos flujo L8.
MÁS	pH	Excesiva eliminación de CO ₂ por parte de las microalgas.	Como en Más pH L9.	Cubierto en Más pH L9.
	Oxígeno disuelto	Exceso de producción de microalgas.	Como en Más oxígeno disuelto L9.	Cubierto en Más oxígeno disuelto L9.

- Equipo: D-102 Intención: Espesador secundario para eliminar el 95 % de materia particulada.
- Línea: 11 Intención: Descargar 21,1 m³/d de lodos activos.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MENOS	Menos flujo	Incremento del espesor de la capa de sólidos sedimentada. Funcionamiento irregular de la bomba.	Mayor contenido en sólidos en la corriente de salida. Se recircula menor cantidad de biomasa al reactor anóxico, menor eficacia del proceso. Mayor estrés mecánico en los sistemas de colección de fango.	Establecer un sistema de control del nivel de sólidos regulado por una válvula de control en la línea 11. Colocar un sistema de dos bombas en paralelo para evitar paradas por fallos mecánicos.
NO	No hay flujo	Fallo de la bomba. Obstrucción de la tubería.	No se recircula nada hacia el reactor, funcionamiento inadecuado del sistema. Mayor contenido de sólidos en el efluente.	Cubierto en Menos flujo.
MÁS	Más flujo	Disminución del nivel de sólidos acumulados en el espesador.	Mayor caudal recirculado, aumentando el coste energético. Posible arrastre de microorganismos en el reactor. Disminución de la eficacia de sedimentación y formación de espumas. Disminución de la eficacia del proceso de tratamiento de lodos.	Cubierto en Menos flujo.

- Equipo: D-102 Intención: Espesador secundario para eliminar el 95 % de materia particulada.
- Línea: 10 Intención: Descargar 51,54 m³/d de agua clarificada hacia el tratamiento terciario.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Incremento del espesor de la capa de sólidos sedimentada. Funcionamiento irregular de la bomba de recirculación. Mayor flujo de entrada al proceso.	Como en Menos flujo L11.	Cubierto en Menos flujo L11.
	Más pH	Exceso de eliminación de CO ₂ en el reactor HRAP.	Inhibición de los microorganismos en el reactor anóxico de tratamiento terciario.	Cubierto en Más pH L9.
	Más oxígeno disuelto	Exceso de producción de biomasa algal.	Pérdida de las condiciones anóxicas en el reactor. Inhibición de bacterias.	Cubierto en Más oxígeno disuelto L9.
MENOS	Menos flujo	Disminución del nivel de sólidos acumulados en el espesador.	Como en Más flujo L11.	Cubierto en Menos flujo L11.

- Equipo: R-203 Intención: Tratamiento anóxico terciario para la eliminación de nitratos.
- Línea: 15 Intención: Alimentación de 79,6 m³/d de agua a tratar junto con la recirculación de fangos activos.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Mayor cantidad de caudal recirculado, debido a alteraciones en el sedimentador o mal funcionamiento de la bomba. Mayor flujo procedente del tratamiento secundario.	Arrastre de biomasa del reactor. Formación de espumas. Aumento de los costes de bombeo. Desborde del reactor.	Establecer un sistema de control de la recirculación en función del caudal de alimentación mediante controladores de flujo y una válvula automática en la línea 18. Colocar una bomba en paralelo para trabajar en continuo en el caso de avería.
	Más pH	Como en Más pH L10.	Como en más pH L10.	Cubierto en Más pH L9.
	Más oxígeno disuelto	Como en Más oxígeno disuelto L10.	Como en Más oxígeno disuelto L10.	Cubierto en Más oxígeno disuelto L9.
MENOS	Menos flujo	Menor caudal recirculado debido al incremento del nivel de sólidos en el sedimentador o al mal funcionamiento de la bomba.	Como en Más flujo L10.	Cubierto en Más flujo.

- Equipo: R-203 Intención: Tratamiento anóxico terciario para la eliminación de nitratos.
- Línea: 16 Intención: Descarga de 79,6 m³/d de agua tratada hacia el sedimentador terciario.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Aumento del caudal de alimentación debido a una mayor recirculación de biomasa. Mayor caudal de entrada al proceso.	Como en Más flujo L15. Aumento del consumo de alumbre por el aumento de la cantidad de fósforo alimentada.	Cubierto en Más flujo L15.
	Más nitrógeno.	Fallo en el sistema de bombeo de metanol. Mayor cantidad de nitrógeno en la corriente procedente del proceso.	Desnitrificación incompleta, excesivo contenido en nitrógeno en el efluente.	Mantenimiento adecuado de la línea de alimentación de metanol.
MENOS	Menos flujo	Menor caudal de alimentación por un fallo parcial o total en la recirculación.	Como en Menos flujo L15.	Cubierto en Más flujo L15.

- Equipo: D-203 Intención: Sedimentador para eliminar 90 % de materia particulada procedente de la etapa anóxica.
- Línea: 17 Intención: Descarga de 28,3 m³/d de fango biológico.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MENOS	Menos flujo	Incremento del espesor de la capa de sólidos sedimentada. Funcionamiento irregular de la bomba.	Mayor contenido en sólidos en la corriente de salida. Se recircula menor cantidad de biomasa al reactor anóxico, menor eficacia del proceso. Mayor estrés mecánico en los sistemas de colección de fango.	Establecer un sistema de control del nivel de sólidos regulado por una válvula de control en la línea 18. Colocar un sistema de dos bombas en paralelo para evitar paradas por fallos mecánicos.
NO	No hay flujo	Fallo de la bomba. Obstrucción de la tubería.	No se recircula nada hacia el reactor, funcionamiento inadecuado del sistema. Mayor contenido de sólidos en el efluente.	Cubierto en Menos flujo.
MÁS	Más flujo	Disminución del nivel de sólidos acumulados en el espesador. Aumento del flujo procedente de etapas anteriores.	Mayor caudal recirculado, aumentado el coste energético. Posible arrastre de microorganismos en el reactor. Disminución de la eficacia de sedimentación y formación de espumas. Disminución de la eficacia del proceso de tratamiento de lodos.	Cubierto en Menos flujo.

- Equipo: D-203 Intención: Sedimentador para eliminar 90 % de materia particulada procedente de la etapa anóxica.
- Línea: 20 Intención: Descarga de 51,2 m³/d de agua desnitrificada hacia el tratamiento de eliminación de fósforo.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Como en Menos flujo L17.	Como en Menos flujo L17.	Cubierto en Menos flujo L17.
MENOS	Menos flujo	Como en Menos flujo L17.	Como en Menos flujo L17.	Cubierto en Menos flujo L17.

- Equipo: D-204 Intención: Sedimentador para eliminar el fósforo empleando alúmina como agente precipitante.
- Línea: 21 Intención: Descarga de 48,4 m³/d de agua tratada para reutilización como riego.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más flujo	Como en Menos flujo L17.	Como en Menos flujo L17.	Cubierto en Menos flujo L17.
MENOS	Menos flujo	Como en Menos flujo L17.	Como en Menos flujo L17.	Cubierto en Menos flujo L17.

- Equipo: D-308 Intención: Espesador en la línea de fangos para mezclar las corrientes y reducir el contenido de humedad.
- Línea: 25 Intención: Descarga de 13, m³ diarios de fango espesado.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MENOS	Menos flujo	Incremento del espesor de la capa de sólidos sedimentada. Funcionamiento irregular de la bomba. Fallo en el equipo de molienda.	Mayor contenido en sólidos en la recirculación hacia sedimentador primario.	Establecer un sistema de control del nivel de sólidos regulado por una válvula de control en la línea 23. Colocar un sistema de dos bombas en paralelo para evitar paradas por fallos mecánicos. Mantenimiento adecuado del triturador.
NO	No hay flujo	Fallo de la bomba. Obstrucción de la tubería.	Exceso de recirculación hacia el sedimentador primario. Se para el proceso de tratamiento de fangos.	Cubierto en Menos flujo.
MÁS	Más flujo	Disminución del nivel de sólidos acumulados en el espesador.	Mayor contenido en humedad en la corriente de sólidos, disminuye la eficacia del proceso.	Cubierto en Menos flujo.

- Equipo: F-302 Intención: Filtro prensa para reducir el contenido de humedad de los sólidos previo a compostaje.
- Línea: 27 Intención: Retorno de 10,44 m³ de agua clarificada.

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES A TOMAR
MÁS	Más sólidos suspendidos	Fallo en la alimentación de acondicionante químico. Excesiva velocidad de la banda de filtración.	Mayor recirculación de sólidos hacia el sedimentador primario. Disminución de la eficacia del proceso.	Establecer un control del nivel de sólidos suspendidos en la corriente clarificada que, con un transmisor de sólidos suspendidos junto con un controlador de flujo para mantener la alimentación de agente acondicionante en el punto óptimo. Mantenimiento adecuado de la máquina.
MENOS	Menos flujo	Fallo en la bomba de recirculación. Disminución en la eficacia de la banda filtrante.	Exceso de humedad en la corriente a compostar. Generación de compost de mala calidad.	Además del sistema de control de sólidos, utilizar dos bombas en paralelo.

9.- ANÁLISIS AMBIENTAL

9.1.- Análisis de efluentes

Línea	P&ID n°	Descripción	Estado	Tipo	T (°C)	P (barg)	Flujo (m ³ /d)
22	4	Fango terciario de precipitación de Fósforo.	Líquido	Continuo	20	0	4,97

Tabla 9.-Tabla de efluentes con posible impacto medioambiental

9.2.- MSDS

Las hojas de seguridad de los productos químicos utilizados en el tratamiento de agua (Metanol y Alumbre) se encuentran en la sección de Anexos, Anexo V, MSDS (Material Safety Data Sheet) ⁽⁹⁾.

9.3.- Caracterización de los residuos generados

Como normativa para la caracterización de los residuos generados se ha utilizado la referencia 10.

Corriente 22: Fangos de precipitación de fósforo con alumbre

- Composición: Agua con un contenido en fosfato de aluminio y sólidos orgánicos del 7,5 %.
- Categoría: Q9.
- Código de residuo: H14/C26/3B27
- Residuo peligroso/no peligroso: Residuo peligroso.

9.4.-Medidas de prevención/tratamiento.

Control de emisión de olores

La generación de malos olores es uno de los principales problemas de impacto medioambiental en las plantas de tratamiento de agua residual, existiendo diversos puntos de la planta donde el riesgo de que se produzcan estos olores es alto (Tabla 10).

Fuente	Causa	Potencial
Sedimentador primario	Liberación de gases debido a la turbulencia y establecimiento de condiciones sépticas. Acumulación de materia en descomposición.	Moderado/Alto
Corrientes de retorno	Retorno de tratamiento de sólidos en condiciones sépticas.	Alto
Sedimentador secundario	Excesiva retención de sólidos. Sólidos en flotación.	Bajo/Moderado
Espesadores	Aumento de la temperatura. Excesivo tiempo de retención de sólidos. Liberación de gases debido a turbulencia.	Moderado/Alto
Equipos de filtro prensa	Torta de sólidos. Materia en descomposición. Liberación de amoniaco.	Moderado/Alto

Tabla 10.-Puntos de generación potencial de malos olores (3).

En el caso de que las emisiones tengan un impacto alto se tomarán las siguientes medidas de contención/prevención, expuestas en la tabla 11.

Fuente	Estrategia de control
Tanques de sedimentación	Cubrir la instalación.
Espesadores de lodos	Cubrir la instalación.
Filtro prensa	Proveer de accesos para control visual y limpieza.
	Utilizar equipos cerrados.
	Adición de agentes oxidantes para minimizar la generación de olores.
	Diseño que permita la rápida sustitución del medio filtrante.
	Utilizar polímeros estables a alta temperatura y pH.

Tabla 11.-Medidas a tomar en la prevención y eliminación de malos olores (3).

9.5.- Legislación

Gestión de Lodos de depuradora

- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales 2001-2006.
- Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Residuos peligrosos

- Real decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.

Vertido y Reutilización de aguas

- Ley de Aguas 1/2001, de 20 de julio (uso racional del agua, lucha contra la contaminación, valores máximos y canon de vertido).
- Real decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Calidad del aire

- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

10.- ANÁLISIS ECONÓMICO

Para estudiar la viabilidad económica del proyecto se ha realizado un estudio económico preliminar de la planta de tratamiento de aguas considerando los costes y los ingresos de la misma.

Los costes se han dividido en costes fijos (equipos, levantamiento, instrumentación, etc.) y costes variables de operación. En cuanto a los ingresos de la planta de tratamiento se ha considerado el beneficio obtenido por la venta del compost, y el beneficio procedente de los pagos de los agricultores por la gestión del purín (dinero ahorrado).

10.1.- Costes fijos

Para el estudio de los costes fijos se ha utilizado el método factorial de Lang, según el cual el capital fijo del proyecto es función del coste de compra de los equipos y de un factor f_L (factor de Lang). Este factor incluye una serie de costes directamente relacionado con la construcción de la planta, como la compra del terreno, los costes de levantamiento de equipos e instalaciones, etc. ⁽¹³⁾ En la tabla 12 se muestran los costes correspondientes a los principales equipos de la instalación (PCE o Purchase Equipment Cost).

Una vez conocido el coste total de compra de los equipos se aplica el método de Lang, considerando los siguientes factores ⁽¹³⁾:

- f_1 : levantamiento de equipo.
- f_2 : tuberías.
- f_3 : instrumentación.
- f_4 : electricidad.
- f_5 : edificaciones.

Para una planta de tratamiento de aguas residuales, que procesa tanto sólidos como líquidos, la suma de estos 9 factores toma un valor de 2,55. Multiplicando este valor por el PCE total calculado anteriormente se obtiene el coste físico de la planta o PPC (Physical Plant Cost).

$$PPC = PCE * 2,55 = 544.904 \text{ €}$$

Por último para obtener el coste fijo total del proyecto se multiplica este valor por un factor que incluye los costes de diseño e ingeniería ⁽¹³⁾, en este caso toma un valor de 1,4:

$$\text{Coste fijo total} = PPC * 1,4 = 762.866 \text{ €}$$

Los precios de las referencias 11 y 12 se han ajustado empleando el valor CEPCI con su año de publicación ⁽¹⁵⁾.

Equipo	Descripción	Coste (€)	Ref.
F-101	Tamiz rotatorio	8.900	11
D-101	Sedimentador Primario	3.901	12
R-101	Reactor anóxico tratamiento secundario	10.543	12
R-203	Reactor anóxico tratamiento terciario	3.953	12
D-102	Espesador biológico trat. Secundario	8.566	12
D-203	Sedimentador trat. Terciario	3.927	12
R-102	Reactor aerobio (HRAP)	21.613	12
D-204	Sedimentador eliminación de fósforo	3.294	12
D-205	Depósito metanol	9.895	13
D-206	Depósito alumbre	13.193	13
D-308	Espesador línea de fangos	5.798	13
F-302	Filtro prensa (incluye acondicionamiento)	42.275	14
M-301	Cinta transportadora	21.989	13
Triturador	Triturador línea de fangos	7.586	13
P-101	Bomba recirculación interna	8.633	11
P-102	Bomba recirculación externa	7.476	11
P-103	Bomba fango primario	6.675	11
P-204	Bomba rec. Externa trat terciario	7.476	11
P-205	Bomba suministro metanol	890	11
P-206	Bomba suministro alumbre	890	11
P-307	Bomba espesador de fangos	4.183	11
P-308	Bomba recirc. Agua línea de fangos	5.429	11
D-207	Depósito diario alumbre	4.397	13
D-208	Depósito mezcla alumbre	2.198	13
TOTAL		213.688 €	

Tabla 12.- Coste de compra de los principales equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

10.2.- Costes variables

Los costes variables son aquellos asociados a la operación de la planta, e incluyen los costes de las materias primas, la energía consumida durante la operación, ya sea en forma de electricidad o de energía térmica, etc.

En la planta de tratamiento que se está diseñando, las principales materias primas consumidas son el metanol utilizado como fuente de carbono externa durante la desnitrificación en el tratamiento terciario, el alumbre empleado en la eliminación de fósforo y en menor medida el agente acondicionante utilizado en el filtro prensa.

Otros costes adicionales que se han considerado en este análisis preliminar incluyen los costes de bombeo y agitación y los costes de gestión del fango generado en la eliminación de fósforo, catalogado como residuo peligroso.

Coste de las materias primas y gestión de fangos

Como ya se ha mencionado, las materias primas necesarias en el proceso diseñado son metanol para la desnitrificación en el tratamiento terciario, alumbre para la eliminación de fósforo, también en el tratamiento terciario, y un polímero acondicionante para mejorar la eficacia de eliminación de humedad en el filtro prensa.

En la tabla 13 se muestra el detalle de los costes relativos a las materias primas.

Además hay que incluir los costes derivados de la gestión del fango generado en el tratamiento de eliminación de fósforo (tabla 14), que deberá ser tratado por un gestor autorizado.

Materia Prima	Consumo (ton/año)	Precio (€/ton)	Coste anual (€)	Referencia
Metanol	5,5	365	2.007,5	16
Alumbre	912,5	135	123.187,5	17
Acondicionante	3	20	60	14
TOTAL			125.255 €	

Tabla 13.- Coste de las materias primas empleadas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Residuo	Generación (m ³ /año)	Precio (€/m ³)	Coste anual (€)
Fango terciario	1.825	60	109.500

Tabla 14.- Costes de gestión de los residuos generados en el tratamiento.

Consumo energético

En este apartado se agrupan los gastos correspondientes al consumo eléctrico de las bombas y de la agitación en el tanque aerobio (Tabla 15). El precio de la electricidad se ha fijado en 11 céntimos por kWh ⁽¹⁸⁾.

Servicio	Consumo (kWh/año)	Coste (€ /año)
Bombeo	20.688	2.276
Agitación	250.000	27.500
TOTAL		29.776 €

Tabla 15.- Costes asociados al consumo energético de la planta.

10.3.- Ingresos

En este diseño se han considerado los ingresos procedentes de dos fuentes: por un lado los beneficios procedentes de la venta de compost. Por otro lado se ha considerado el ahorro económico de los agricultores en la gestión de los purines (Tabla 16).

Compost generado (m ³ /año)	Precio de venta (€/m ³)	Ingresos (€/año)	Referencia
1.260	40	50.516	2

Agua residual tratada (m ³ /año)	Volumen por viaje (m ³)	Total viajes	Precio (€/viaje)	Ingresos (€/año)
20.000	24	834	60	50.040

TOTAL	100.556 €
--------------	------------------

Tabla 16.- Detalle de los ingresos obtenidos por la planta

10.4.- Balance económico

Una vez evaluado los costes, tanto fijos como variables, y los ingresos se puede realizar el balance económico de la planta de tratamiento de aguas residuales (Tabla 17), estudiando los costes y las ganancias totales.

COSTES		INGRESOS		BALANCE ANUAL
Inversión inicial	762.688 €	Compost	50.516 €	
Costes anuales	264.500 €	Pagos	50.040 €	
		TOTAL	100.556 €	-163.944 €

Tabla 17.- Balance económico de la planta de tratamiento de aguas residuales

El coste anual de operación de la planta es de 163.944 €, por lo que económicamente el proceso no es rentable. El principal motivo es el elevado coste del tratamiento de eliminación de fósforo debido al alto consumo de alumbre, y al elevado gasto en la gestión de los fangos derivados de esta etapa.

Como alternativa para hacer el proceso viable se plantea la recuperación del fósforo presente en el agua en forma de estruvita, un mineral de fósforo cuyo empleo como abono de lenta liberación se está empezando a extender a medida que se desarrolla su tecnología.

El uso de la estruvita implica eliminar los costes asociados a la compra de alumbre y a la gestión del fango generado. Como costes adicionales se ha considerado los derivados de la necesidad de añadir amonio y cloruro de magnesio, así como los costes de operación del proceso de cristalización de estruvita (Tabla 18).

Estruvita generada (ton/año)	Coste (€/ton)	Precio de venta (€/ton)	Beneficio (€/año)	Referencia
214	585	1.335	160.500	21

Tabla 18.- Análisis económico del proceso de cristalización de estruvita.

El ahorro en este supuesto con respecto al tratamiento con alumbre es considerable, principalmente debido a los altos gastos que suponen tanto la compra de las materias primas como la posterior gestión de los lodos.

En este caso el elevado precio de venta de la estruvita compensa el gasto extra debido a las necesidades de amonio, haciendo el proyecto económicamente viable (Tabla 19).

COSTES		INGRESOS		
Inversión inicial	762.688 €	Compost	50.516 €	
Costes anuales	160.000 €	Pagos	50.040 €	BALANCE ANUAL
		Estruvita	285.690	
		TOTAL	386.246 €	226.246 €

Tabla 19.- Balance económico de la planta de tratamiento, con sistema de recuperación de fósforo como estruvita.

Conociendo la inversión inicial y el beneficio anual, se puede calcular el tiempo de retorno del proyecto a partir del valor actual neto (VAN):

$$t \text{ de retorno} = 5 \text{ años}$$

11.- CONCLUSIONES

En este trabajo de fin de grado se ha presentado el desarrollo teórico de una planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de una explotación porcina de 10.000 cabezas de ganado con el fin de tratar 20.000 metros cúbicos anuales de purines, recuperando 17.500 metros cúbicos anuales de agua que se reutilizará para el riego de campos de cultivo.

Como sistema de tratamiento biológico se ha empleado una variación del sistema de lodos activos que utiliza un fotobiorreactor con un consorcio de microalgas-bacterias. Como complemento se ha utilizado un tratamiento terciario con un reactor anóxico adicional y un sistema de precipitación química de fósforo, reduciendo el contenido en nutrientes hasta 1 mg/l de fósforo y 25 mg/l de N-NO₃.

En paralelo a la línea de aguas se ha diseñado una línea de fangos para el acondicionamiento de las corrientes de fangos generadas en el proceso, con el objetivo de transformarlas en abono a través de una operación de compostaje. El compost producido se comercializará para rentabilizar la inversión de la planta.

El resultado del diseño muestra que el proyecto es viable tanto tecnológicamente como medioambientalmente, y que es posible el aumento de escala de la tecnología de fotobiorreactores HRAP para la eliminación de materia orgánica y nutrientes. Sin embargo las altas concentraciones de fósforo presentes en los purines han constituido un problema, ya que los procesos biológicos tienen bajos rendimientos de eliminación. La necesidad de una etapa química adicional para eliminar el fósforo ha incrementado los costes, haciendo que la alternativa elegida de precipitación con alumbre haga el proyecto no viable económicamente.

Como alternativa última se ha propuesto la utilización de una nueva tecnología de recuperación de fósforo en forma de mineral de estruvita, cuya venta como abono de liberación lenta habilita económicamente el proceso, resultando en un tiempo de retorno de la inversión de 5 años aunque el desarrollo completo de esta operación esté fuera del ámbito del trabajo.

12.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Alimentación en España 2014: Producción, Industria, Distribución, Consumo*; Mercasa; 2014.
- [2] <http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19176> (última consulta 15-06-2015).
- [3] Metcalff & Eddy Inc. *Wastewater Engineering, treatment and reuse*; cuarta edición; McGraw Hill. Nueva York; 2003.
- [4] Raúl Muñoz, Benoit Guieysse. *Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review*. *Water research* 40(2006)2799 – 2815.
- [5] Cynthia Alcántara, Carolina Fernández, Pedro A. García-Encina, Raúl Muñoz. *Mixotrophic metabolism of Chlorella sorokiniana and algal-bacterial consortia under extended dark-light periods and nutrient starvation*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (2015) 99:2393–2404.
- [6] Kazuyoshi Suzuki, Yasuo Tanaka, Kazutaka Kuroda, Dai Hanajima, Yasuyuki Fukumoto, Tomoko Yasuda, Miyoko Waki. *Removal and recovery of phosphorous from swine wastewater by demonstration crystallization reactor and struvite accumulation device*. *Bioresource Technology* 98 (2007) 1573–1578.
- [7] Cristina González Fernández. *Tratamiento de purinas: separación de fases y tratamiento biológico de las fases líquida y sólida*; Valladolid, Noviembre de 2008.
- [8] Cynthia Alcántara, Pedro A. García-Encina, Raúl Muñoz; *Evaluation of mass and energy balances in the integrated microalgae growth-anaerobic digestion process*; *Chemical Engineering Journal* 221 (2013) 238–246.
- [9] <http://www.sigmaaldrich.com/safety-center.html> (última consulta 5-06-2015).
- [10] Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- [11] <http://matche.com/equipcost/Default.html> (última consulta 25-06-2015).
- [12] Robert H. Perry, Don W. Green. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*; Séptima Edición; McGraw-Hill. Nueva York, 1999.
- [13] R.K. Sinnott Coulson & Richardson. *Chemical Engineering Design, volume 6*, Cuarta Edición; Elsevier: Oxford, 2005.
- [14] United States Environmental Protection Agency. *Biosolids Technology Fact Sheet Belt Filter Press*. EPA 832-F-00-057. September 2000.

- [15] <http://www.chemengonline.com/pci> (última consulta 27-06-2015).
- [16] <https://www.methanex.com/our-business/pricing> (última consulta 28-06-2015).
- [17] <http://www.alibaba.com/showroom/water-treatment-chemicals-alum.html> (última consulta 28-06-2015).
- [18] <http://tarifaluzhora.es/> (última consulta 3-06-2015).
- [19] <http://webbook.nist.gov/chemistry/> (última consulta 10-06-2015).
- [20] D.G.Austin. *Chemical Engineering drawing symbols*; primera edición; Halsted Press, Nueva York; 1979.
- [21] David Seymour. *Can Nutrient Recovery Be a Financially Sustainable Development Objective?* Kennedy/Jenks Consultants; 9-15-2009.

ANEXOS

ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS.

<i>PROPIEDADES DEL AGUA ⁽¹³⁾ (20 ° C, 1 atm)</i>		
ρ	1.000	kg/m ³
μ	10 ⁻³	kg/ms
Presión de vapor	2,33	kPa

<i>PROPIEDADES DEL FANGO PRIMARIO ⁽³⁾ (20 ° C, 1 atm)</i>		
ρ	1.020	kg/m ³
μ	10 ⁻³	kg/ms
Presión de vapor	2,33	kPa

<i>PROPIEDADES DEL FANGO BIOLÓGICO⁽³⁾ (20 ° C, 1 atm)</i>		
ρ	1.000	kg/m ³
μ	10 ⁻³	kg/m-s
Presión de vapor	2,33	kPa

<i>PROPIEDADES DEL METANOL⁽¹⁹⁾ (20 ° C, 1 atm)</i>		
ρ	790	kg/m ³
μ	5*10 ⁻⁴	kg/ms
Presión de vapor	12,7	kPa

<i>PROPIEDADES DEL ALUMBRE⁽³⁾ (20 ° C, 1 atm)</i>		
ρ	1.200	kg/m ³
μ	-	-
Presión de vapor	-	-

ANEXO II: SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

A	Área	m ²
d	Profundidad	m
D	Diámetro	m
f	Factor de fricción	Adim.
f _L	Factor de Lang	Adim.
g	Gravedad	m/s ²
H	Altura	m
L	Longitud	m
m	Masa	kg
P	Presión	bar Pa
Pot	Potencia	W
Q	Caudal	m ³ /s
T	Temperatura	°C
u	Velocidad	m/s
V	Volumen	m ³
W	Trabajo	J
X	Microorganismos	kg g/l
Y	Rendimiento celular	g biomasa/g DQO
ε	Rugosidad relativa	mm
μ	Viscosidad dinámica	kg/ms
η	Eficacia	Adim.
ρ	Densidad	kg/m ³
τ	Tiempo de residencia	s ⁻¹

ANEXO III: CÁLCULOS.

Sedimentador primario.

- Nombre del equipo: D-101.
- P&ID nº: A3-P&ID 100-01.
- Datos de diseño
 - o Tiempo de residencia: 2,5 h ⁽³⁾.
 - o Carga hidráulica: 30 m³/m²d ⁽³⁾.
 - o Caudal de operación: 68,4 m³/d.

Dimensionado

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad [1]$$

$$V = Q * \tau = \frac{68,4}{24} * 2.5 = 7,1 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{\text{Caudal}}{\text{Carga hidráulica}} = \frac{68,4}{30} = 2,3 \text{ m}^2 \quad [2]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2,3}{\pi}} = 1,7 \text{ m}$$

Tanque anóxico

- Nombre del equipo: R-101.
- PI&D nº: A3-P&ID 100-01.
- Datos de diseño:
 - o Tiempo de residencia: 2,5 h ⁽³⁾.
 - o Caudal de operación: 418 m³/d.
 - o Profundidad: 4 m.
 - o Concentración de biomasa (del B.M.): 23,26 g/l.
 - o Rendimiento celular: 0,4 ⁽³⁾.

Dimensionado

Con la ecuación 1:

$$V = Q * \tau = \frac{418}{24} * 2.5 = 43,5 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{H} = \frac{43,54}{4} = 10,9 \text{ m}^2$$

Producción de biomasa

$$P_{(bacterias)} = 0,4 * DQO_{eliminada} = 0,4 * 162 = 64,8 \frac{kg}{d} \text{ de bacterias}$$

HRAP

- Nombre del equipo: R-102.
- P&ID nº: A3-P&ID 100-01.
- Datos de diseño
 - o Tiempo de residencia: 10 d.
 - o Profundidad: 0,3 m.
 - o Caudal de operación: 418 m³/d.
 - o Productividad de microalgas: 15 g/m²d.
 - o Rendimiento celular bacteriano: 0,4 ⁽³⁾.
 - o Producción de Oxígeno: 1,82 kg O₂/kg microalgas.
 - o Eficacia de transferencia: 20%.
 - o % de Oxígeno en aire: 21 %.
 - o Densidad del aire: 1,2 kg/m³ ⁽¹⁹⁾.

Dimensionado

Ecuación 1:

$$V = Q * \tau = 418 * 10 = 4180 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{H} = \frac{4180}{0,3} = 13933 \text{ m}^2$$

Producción de biomasa

$$P_{(\text{microalgas})} = X * A = \frac{15 * 13933,33}{1000} = 209 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{ de microalgas}$$

$$P_{(\text{bacterias})} = 0,4 * DQO_{\text{eliminada}} = 0,4 * 672 = 268,8 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{ de bacterias}$$

Necesidades de aireación

Se ha diseñado una línea suplementaria de suministro de aire para suministrar el oxígeno necesario para eliminar la materia orgánica en el supuesto de inhibición total de las microalgas:

$$m O_2 = P_{\text{microalgas}} * P_{\text{oxígeno}} = 209 * 1,82 = 380,4 \text{ kg } O_2 \text{ al día}$$

$$m \text{ real de } O_2 = \frac{m O_2}{\text{eficacia de transferencia}} = \frac{380,4}{0,2} = 1902 \text{ kg } O_2 \text{ diarios}$$

$$V \text{ aire} = \frac{1902}{0,21 * 1,2} = 7547,6 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dimensionado del equipo de suministro

Para suministrar el aire cuando sea necesario se empleará una soplante.
Para calcular la potencia necesaria:

$$Pot = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right) * H(kPa)}{\eta} = \frac{7547,6}{24 * 3600} * 30}{0,7} = 3,74 kW$$

Necesidades de metanol en el tanque anóxico terciario.

- Nombre del equipo: R-201.
- P&ID n°: A3-P&ID 200-01.
- Datos:
 - o DQO necesaria: 22,4 kg/d.

$$\text{Masa de metanol} = \frac{22,4 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{DQO}}{1,5 \text{ kg DQO por kg de metanol}} = 14,9 \text{ kg/d}$$

Depósito de metanol

- Nombre del equipo: D-205.
- P&ID n°: A3-P&ID 200-01.
- Datos de diseño
 - o Relación L/D: 1,5 ⁽¹³⁾.
 - o Densidad del metanol: 790 kg/m³ (a 20 ° C) ⁽¹³⁾.
 - o Masa de metanol necesaria: 14,9 kg/d.

Dimensionado

$$V = \frac{14,9 * 365}{790} = 6,88 \text{ m}^3$$

$$V = A * L = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Conocida la relación L/D se tiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$L = 2,8 \text{ m}$$

$$D = 1,82 \text{ m}$$

Proceso de eliminación de fósforo

- Nombre del equipo: D-204.
- P&ID n°: A3-P&ID 200-01.
- Datos de diseño
 - o Tiempo de residencia: 2,5 h ⁽³⁾.
 - o Carga hidráulica: 30 m³/m²d ⁽³⁾.
 - o Caudal de operación: 53,6 m³/d.
 - o Relación molar Al/P: 1,5:1 ⁽³⁾.
 - o Agente precipitante: Solución de alumbre 48% ⁽³⁾.
 - o Masa de P a eliminar: 74,3 kg/d.

Dimensionado

Ecuación 1:

$$V = Q * \tau = \frac{53,6}{24} * 2.5 = 5,6 \text{ m}^3$$

Ecuación 2:

$$A = \frac{53,6}{30} = 1,8 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 1,8}{\pi}} = 1,5 \text{ m}$$

Necesidades de alumbre

$$\text{Necesidades de Alumbre} = 1,5 * \frac{0,87 \text{ kg Al}}{\text{kg P}} * \frac{1 \text{ L solución}}{0,0466 \text{ kg Al}} = 28 \text{ L} \frac{\text{alumbre}}{\text{kg P}}$$

$$V \text{ alumbre} = 28 * 74,3 = 2080 \text{ L alumbre} \approx 2 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dimensionado tanque de alumbre

Suponiendo almacenamiento de alumbre para 15 días:

$$V = 2 * 15 = 30 \text{ m}^3$$

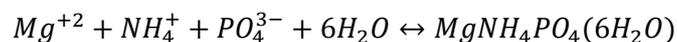
Y asumiendo volumen cilíndrico y con la relación L/D conocida se obtiene:

$$L = 4,4 \text{ m}; D = 2,9 \text{ m}$$

Proceso de recuperación de fósforo en forma de estruvita

- Datos de diseño
 - o Peso molecular estruvita: 245 g/mol.
 - o Masa de fósforo a eliminar: 74,24 kg/d.

A partir de la ecuación de formación de estruvita:



Y conociendo la masa de fósforo en forma de fosfatos, se obtiene la masa de estruvita formada:

$$74,24 \text{ kg} \frac{P}{d} \cdot \frac{1 \text{ kmol } P}{31 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kmol } PO_4^{3-}}{1 \text{ kmol } P} \cdot \frac{1 \text{ kmol } \text{estruvita}}{1 \text{ kmol } PO_4^{3-}} \cdot \frac{245 \text{ kg}}{1 \text{ kmol } \text{estruvita}} =$$
$$= 586,73 \text{ kg} \frac{\text{estruvita}}{d}$$

Lo que supone una masa anual de estruvita generada de:

$$m \text{ estruvita} = 214,15 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

De la misma forma se calcula las necesidades de magnesio (en forma de cloruro de magnesio) y amonio para la formación de estruvita:

$$m \text{ } MgCl_2 = 234,24 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

$$m \text{ } NH_4 = 43,9 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

Bomba de recirculación interna

- Nombre del equipo: P-101.
- P&ID nº: A3-P&ID 100-01.
- Datos de diseño
 - o Longitud de aspiración: 10 m
 - o Longitud de impulsión: 150 m.
 - o z_1 : 1 m.
 - o z_2 : 5 m.
 - o Caudal de operación: 68,4 m³/d.
 - o Velocidad en la tubería: 0,2 m/s.
 - o Diámetro de tubería: 0,16 m.
 - o Rugosidad del acero comercial: 0,046 mm ⁽¹³⁾.
 - o Presión de vapor del agua (20°C): 2,33 kPa ⁽¹³⁾.
 - o Pérdida de carga por válvula de control: 100 kPa ⁽¹³⁾.

Dimensionado

El primer paso es calcular las pérdidas tanto en la aspiración como en la impulsión; las pérdidas por fricción se definen como:

$$\Delta P_f = 8 * f * \frac{L \rho * u^2}{d_i} \quad [3]$$

El factor de fricción f se calcula a partir del diagrama de Moody, conociendo el número de Reynolds y la rugosidad relativa, ϵ/d .

$$Re = \frac{\rho * u * d}{\mu} = \frac{1000 * 0,2 * 0,16}{10^{-3}} = 31.940$$

$$f = 0,025$$

Con la ecuación 3 se obtiene la caída de presión por unidad de longitud en la tubería, y junto con la longitud de esta se obtienen las pérdidas por fricción en la aspiración:

$$\Delta P_{asp.} = \Delta P_f * L_{asp.} = 410,5 Pa$$

Como la impulsión y la aspiración son del mismo material y la velocidad es la misma, el factor de fricción se mantiene, por lo que las pérdidas de presión serán:

$$\Delta P_{imp.} = \Delta P_f * L_{imp.} = 6,3 kPa$$

Una vez conocidas las pérdidas por fricción, se calculan las presiones de aspiración y de descarga sabiendo que la presión tanto en el reactor aerobio como en el anóxico es la atmosférica, y que las presiones estáticas se calculan a partir de las alturas z_1 y z_2 :

$$P_{asp.} = P_{equipo} + z_1 * \rho * g - \Delta P_f = 109,4 kPa$$

$$P_{desc.} = P_{equipo} + z_1 * \rho * g + Pérdidas dinámicas = 293,4 \text{ kPa}$$

La presión diferencial se calcula como la diferencia entre las presiones de descarga y de aspiración:

$$P_{diferencial} = P_{descarga} - P_{aspiración} = 184 \text{ kPa}$$

Y la altura diferencial:

$$H_{dif.} = \frac{P_{diferencial}}{\rho * g} = 18,8 \text{ m}$$

La altura neta de succión (NPSH) calcula como:

$$NPSH = P_{aspiración} - P_{vapo} = 107 \text{ kPa}$$

Expresada en metros:

$$NPSH (m) = \frac{NPSH}{\rho * g} = 10,9 \text{ m}$$

Por último se calcula la potencia de la bomba:

$$Pot. = \frac{W * Q * \rho}{\eta} \quad [4]$$

El trabajo (W) se obtiene a partir de un balance de energía entre la entrada y la salida del sistema, y asumiendo una eficacia de 0,7⁽¹³⁾ utilizando la ecuación 4 se obtiene una potencia de:

$$Pot = 1,6 \text{ kW}$$

Para calcular las condiciones máximas de diseño se repite este procedimiento utilizando un caudal un 20 % superior al caudal normal de operación.

Filtro prensa

- Nombre del equipo: F-302.
- P&ID n°: A3-P&ID 300-01.
- Datos de diseño
 - o Caudal de operación: 68,4 m³/d.
 - o Masa de sólidos alimentada: 66,6 kg/h.
 - o Carga de sólidos recomendada: 180-320 kg/mh ⁽³⁾.
 - o Masa de polímero necesaria: 2-8 g/kg SST ⁽³⁾.

Dimensionado

Longitud de la banda de filtración:

$$L = \frac{SST \text{ alimentados}}{Carga \text{ de sólidos}} = \frac{66,6}{180} = 0,37 \text{ m}$$

Como longitud se tomarán 0,5 m, un tamaño disponible en el mercado, y como ancho 1,5 m.

Necesidades de polímero acondicionante

$$m \text{ polímero} = m \text{ SST} * dosis \text{ necesaria} = 1597,5 \frac{kg}{d} * 5 \frac{g}{kg} * \frac{365}{1000} = 2915,4 \frac{kg}{año}$$

Dimensionado de tuberías

- Datos de diseño
 - o Velocidad (agua): 0,2 m/s
 - o Velocidad (fangos): 0,02 m/s
 - o Espesor: Sch. 40 ⁽¹³⁾.

Conocidos los caudales de todas las corrientes se calcula el área de cada línea en función de la velocidad:

$$Q = v * A \rightarrow A = \frac{Q}{v}$$

Una vez conocido el área se calcula el diámetro (sección circular):

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

ANEXO IV: PDS

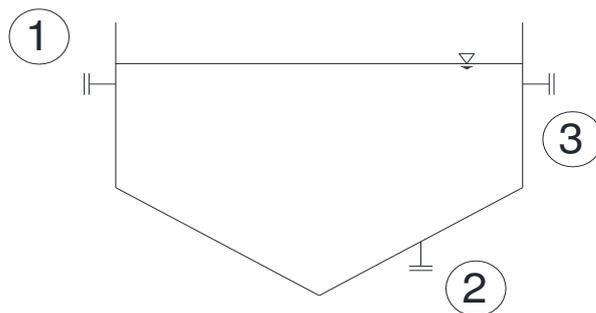


Universidad de Valladolid

SEDIMENTADOR PROCESS DATA SHEET

REV.	00					JOB Nº	
DATE	26/6/15					UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL					CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V						LOCATION	

REV.					
1	Item Number: D-101		Quantity: 1		
2	Service: SEDIMENTACIÓN PRIMARIA				
3	Fluid: AGUA RESIDUAL				
4	Capacity: Nominal	7,1	m ³		
5	Net	7,5	m ³		
6	Diameter (ID)	1450	mm	Height	3125 mm
7	PRESSURE		Operating	1	Atm
8			Design	3,5	barg
9			Vacuum Des.		
10	TEMPERATURE		Operating	20	°C
11			Design	45	°C
12			MATERIAL	CORR. ALLOW.	
13	Shell / Roof	HORMIGÓN		mm	
14	Cladding	HORMIGÓN		mm	
15					
16	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof
17		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated
18	Bottom	<input type="checkbox"/>	Flat		
19		<input checked="" type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards		
20		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards		
21	Code:	API Std. 620			
22	Stress Relieve for Process reasons:				
23	Insulation: Type	-			
24	Thickness	- mm			



25	NOTES	NOZZLES			
26		Mark Nº	Quantity	Size	Service
27		1	1	3"	ALIMENTACIÓN
28		2	1	4"	DESCARGA DE FANGO
29		3	1	3"	DESCARGA DE AGUA
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					

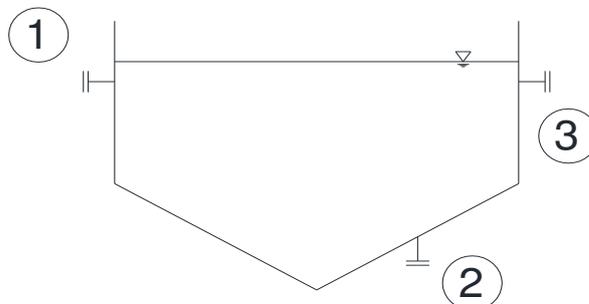


Universidad de Valladolid

ESPESADOR PROCESS DATA SHEET

REV.	00				JOB Nº	
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V					LOCATION	

REV.					
1	Item Number:	D-102		Quantity:	1
2	Service:	ESPESADOR TRAT. SECUNDARIO			
3	Fluid:	AGUA RESIDUAL			
4	Capacity:	Nominal	30	m ³	
5		Net	35	m ³	
6	Diameter (ID)	5320	mm	Height	1360 mm
7	PRESSURE	Operating	1	Atm	
8		Design	3,5	barg	
9	TEMPERATURE	Operating	20	°C	
10		Design	45	°C	
11		MATERIAL	CORR. ALLOW.		
12	Shell / Roof	HORMIGÓN	-	mm	
13	Cladding	HORMIGÓN	-	mm	
14					
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated
17	Bottom	<input type="checkbox"/>	Flat		
18		<input checked="" type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards		
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards		
20	Insulation:	Type			
21		Thickness	mm		



REV.	NOTES	NOZZLES			
		Mark Nº	Quantity	Size	Service
23					
24		1	1	3"	ENTRADA DE AGUA
25		2	1	6"	DESCARGA DE FANGO
26		3	1	3"	AGUA CLARIFICADA
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					

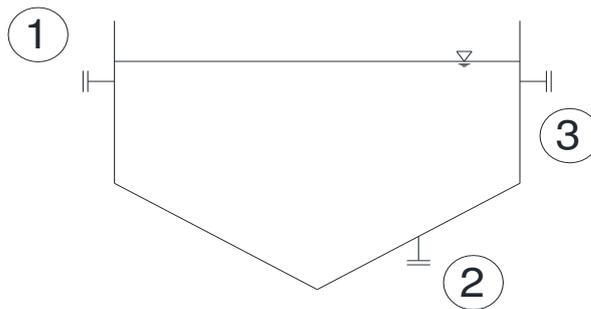


Universidad de Valladolid

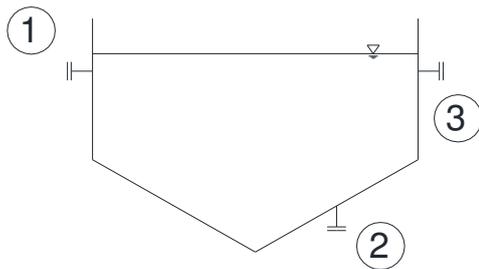
SEDIMENTADOR PROCESS DATA SHEET

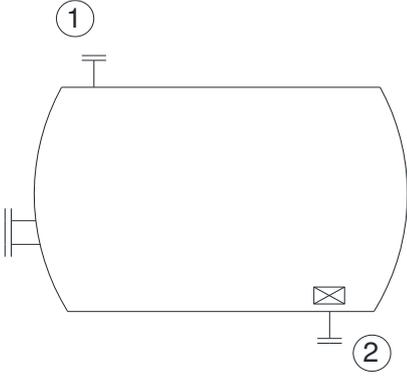
REV.	00	01				JOB Nº	
DATE	26/6/15	1/7/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL	RM				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V						LOCATION	

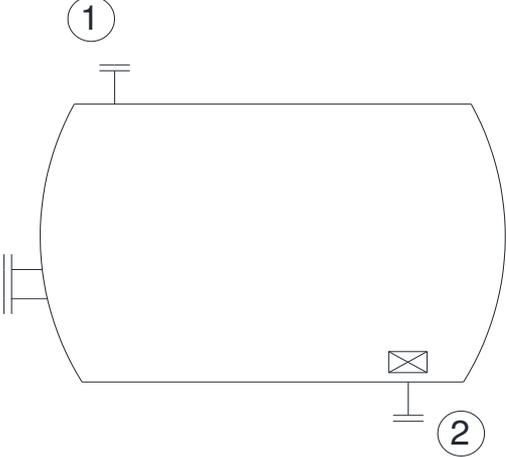
REV.	1 Item Number: D-203 Quantity: 1				
2	Service: SEDIMENTADOR TRAT. TERCIARIO				
3	Fluid: AGUA RESIDUAL				
4	Capacity:	Nominal	7,6	m ³	
5		Net	8	m ³	
6	Diameter (ID)	1800	mm	Height	3200 mm
7	PRESSURE	Operating	1	Atm	
8		Design	3,5	barg	
9	TEMPERATURE	Operating	20	°C	
10		Design	45	°C	
11		MATERIAL	CORR. ALLOW.		
12	Shell / Roof	HORMIGÓN	-	mm	
13	Cladding	HORMIGÓN	-	mm	
14					
15	Type:	<input type="checkbox"/> Conical Roof	<input type="checkbox"/> Floating Roof		
16		<input checked="" type="checkbox"/> Open Roof	<input type="checkbox"/> Refrigerated		
17	Bottom	<input type="checkbox"/> Flat			
18		<input checked="" type="checkbox"/> Conical Pointing Downwards			
19		<input type="checkbox"/> Conical Pointing Upwards			
20	Code:	API Std. 620			
21	Stress Relieve for Process reasons:				
22	Insulation:	Type	-		
23		Thickness	- mm		



REV.	NOTES	NOZZLES			
		Mark Nº	Quantity	Size	Service
25		1	1	3"	ALIMENTACIÓN
26		2	1	3"	DESCARGA DE FANGO
27		3	1	6"	AGUA CLARIFICADA
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					

 Universidad de Valladolid					<h2 style="margin: 0;">SEDIMENTADOR</h2> <h3 style="margin: 0;">PROCESS DATA SHEET</h3>						
REV.	00					JOB Nº					
DATE	26/6/15					UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES				
BY	RM/RL					CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO				
APPR'V						LOCATION					
REV.											
1	Item Number: D-204 Quantity: 1										
2	Service: ELIMINACIÓN DE FÓSFORO										
3	Fluid: AGUA RESIDUAL										
4	Capacity: Nominal 5,6 m ³										
5	Net 6 m ³										
6	Diameter (ID) 1510 mm		Height 3125 mm								
7	PRESSURE		Operating		1 Atm						
8			Design		3,5 barg						
9	TEMPERATURE		Operating		20 °C						
10			Design		45 °C						
11			MATERIAL		CORR. ALLOW.						
12	Shell / Roof		HORMIGÓN		- mm						
13	Cladding		HORMIGÓN		- mm						
14											
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof						
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated						
17	Bottom	<input type="checkbox"/>	Flat								
18		<input checked="" type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards								
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards								
20	Code:	API Std. 620									
21	Stress Relieve for Process reasons:										
22	Insulation: Type	-									
23	Thickness	- mm									
24	NOTES					NOZZLES					
25						Mark Nº	Quantity	Size	Service		
26						1	1	3"	ALIMENTACIÓN		
27						2	1	3"	DESCARGA DE FANGO		
28						3	1	3"	AGUA TRATADA		
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											

 Universidad de Valladolid					<h2 style="margin: 0;">STORAGE TANK PROCESS DATA SHEET</h2>						
REV.	00					JOB N°					
DATE	26/6/15					UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES				
BY	RM/RL					CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO				
APPR'V						LOCATION					
REV.											
1	Item Number: D-205 Quantity: 1										
2	Service: ALMACENAMIENTO DE METANOL										
3	Fluid: METANOL										
4	Capacity: Nominal 6,98 m ³										
5	Net 7 m ³										
6	Diameter (ID) 1820 mm		Height 2800 mm								
7	PRESSURE		Operating		1 Atm						
8	IN TANK		Design		3,5 barg						
9	TEMPERATURE		Operating		20 °C						
10	IN TANK		Design		45 °C						
11			MATERIAL		CORR. ALLOW.						
12	Shell / Roof		ACERO		0,2 mm						
13	Cladding		ACERO		0,2 mm						
14											
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof						
16		<input checked="" type="checkbox"/>	API	<input type="checkbox"/>	Refrigerated						
17	Bottom	<input checked="" type="checkbox"/>	Flat								
18		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards								
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards								
20	Code: API Std. 620										
21	Insulation: Type -										
22	Thickness - mm										
23	NOTES					NOZZLES					
24						Mark N°	Quantity	Size	Service		
25						1	1	4"	LLENADO DEL DEPÓSITO		
26						2	1	1"	DESCARGA		
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											

 Universidad de Valladolid					<h2 style="margin: 0;">STORAGE TANK</h2> <h3 style="margin: 0;">PROCESS DATA SHEET</h3>						
REV.	00					JOB Nº					
DATE	26/6/15					UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES				
BY	RM/RL					CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO				
APPR'V						LOCATION					
REV.											
1	Item Number: D-206 Quantity: 1										
2	Service: ALMACENAMIENTO DE ALUMBRE										
3	Fluid: SOLUCIÓN ALUMBRE 48 %										
4	Capacity: Nominal 30 m ³										
5	Net 30 m ³										
6	Diameter (ID) 3000 mm		Height 4400 mm								
7	PRESSURE		Operating		1 Atm						
8	IN TANK		Design		3,5 barg						
9	TEMPERATURE		Operating		20 °C						
10	IN TANK		Design		40 °C						
11			MATERIAL		CORR. ALLOW.						
12	Shell / Roof		ACERO		1 mm						
13	Cladding		ACERO		1 mm						
14											
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof						
16		<input checked="" type="checkbox"/>	API	<input type="checkbox"/>	Refrigerated						
17	Bottom	<input checked="" type="checkbox"/>	Flat								
18		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards								
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards								
20	Code: API Std. 620										
21	Stress Relieve for Process reasons: -										
22	Insulation: Type -										
23	Thickness - mm										
24	NOTES					NOZZLES					
25						Mark Nº	Quantity	Size	Service		
26						1	1	4"	LLENADO DEL DEPÓSITO		
27						2	1	1 1/2"	DESCARGA		
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											

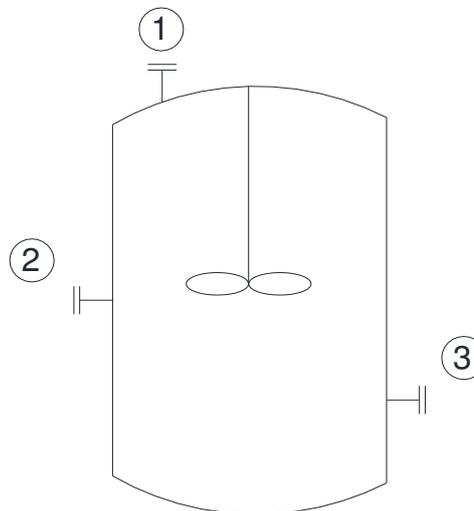


Universidad de Valladolid

STORAGE TANK PROCESS DATA SHEET

REV.	00	01			JOB N°	
DATE	26/6/15	1/7/15			UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL	RM			CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V					LOCATION	

REV.			
1	Item Number:	D-208	Quantity: 1
2	Service:	TANQUE DE MEZCLA DE ALUMBRE	
3	Fluid:	ALUMBRE, AGUA RESIDUAL	
4	Capacity:	Nominal	0,37 m ³
5		Net	0,4 m ³
6	Diameter (ID)	700 mm	Height 1000 mm
7	PRESSURE	Operating	1 Atm
8	IN TANK	Design	3,5 barg
9	TEMPERATURE	Operating	20 °C
10	IN TANK	Design	45 °C
11		MATERIAL	CORR. ALLOW.
12	Shell / Roof	ACERO	0,2 mm
13	Cladding	ACERO	0,2 mm
14			
15	Type:	<input type="checkbox"/> Conical Roof	<input type="checkbox"/> Floating Roof
16		<input checked="" type="checkbox"/> API	<input type="checkbox"/> Refrigerated
17	Bottom	<input checked="" type="checkbox"/> Flat	
18		<input type="checkbox"/> Conical Pointing Downwards	
19		<input type="checkbox"/> Conical Pointing Upwards	
20	Code:	API Std. 620	
21	Insulation:	Type	-
22		Thickness	- mm



REV.	NOTES	NOZZLES			
		Mark N°	Quantity	Size	Service
24		1	1	1 1/2"	ALIMENTACIÓN ALUMBRE
25		2	1	3"	ENTRADA AGUA RESIDUAL
26		3	1	3"	AGUA TRATADA
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					

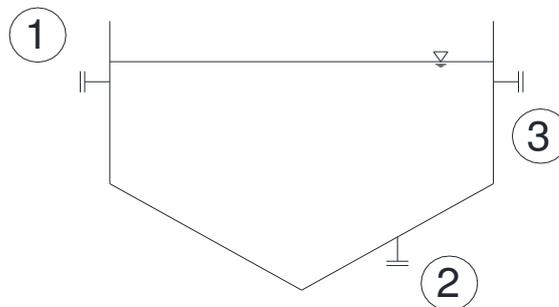


Universidad de Valladolid

ESPESADOR PROCESS DATA SHEET

REV.	00				JOB Nº	
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V					LOCATION	

REV.					
1	Item Number: D-309		Quantity: 1		
2	Service: ESPESADOR LÍNEA DE FANGOS				
3	Fluid: FANGO (PRIMARIO+BIOLÓGICO)				
4	Capacity:	Nominal	8,75	m ³	
5		Net	10	m ³	
6	Diameter (ID)	4300	mm	Height	1700 mm
7	PRESSURE		Operating	1	Atm
8			Design	3,5	barg
9	TEMPERATURE		Operating	20	°C
10			Design	45	°C
11			MATERIAL	CORR. ALLOW.	
12	Shell / Roof	HORMIGÓN		-	mm
13	Cladding	HORMIGÓN		-	mm
14					
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated
17	Bottom	<input type="checkbox"/> Flat			
18		<input checked="" type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards		
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards		
20	Insulation:	Type	-		
21		Thickness	- mm		



22	NOTES		NOZZLES			
	Mark Nº	Quantity	Size	Service		
23	1	1	4"	ALIMENTACIÓN DE FANGO		
24	2	1	1"	FANGO CONCENTRADO		
25	3	1	4"	AGUA CLARIFICADA		
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						

					<h2 style="margin: 0;">FILTRO</h2> <h2 style="margin: 0;">PROCESS DATA SHEET</h2>				
Universidad de Valladolid									
REV.	00					JOB NO.			
DATE	26/6/15					UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES		
BY	RM/RL					CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO		
APPR'V						LOCATION			
REV.									
1	ITEM NUMBER F-101				QUANTITY: 1				
2	SERVICE: TAMIZ ROTATORIO TRATAMIENTO PRIMARIO								
3						UNITS			
4	FLUID FILTERED	AGUA RESIDUAL							
5	FILTERABLE MATERIAL	SÓLIDOS ORGÁNICOS							
6	AMOUNT OF SOLIDS	7%							
7	DEGREE OF FILTRATION REQUIRED	250		micron					
8	NORMAL FLOW	2,28		m ³ /h					
9	MAXIMUM FLOW/MINIMUM FLOW	2,5/2		m ³ /h					
10	INLET TEMPERATURE (T)	20		°C					
11	INLET PRESSURE	0		bar g					
12	SPECIFIC GRAVITY @ T	1		kg/m ³					
13	VISCOSITY @ T	1		cP					
14	MAX. ALLOWABLE CLEAN PRESSURE DROP	0,08		bar					
15	MAX. ALLOWABLE DIRTY PRESSURE DROP	0,14		bar					
16						CONNECTIONS	QUANTITY	SIZE	
17	DESIGN PRESSURE	3,5 barg		INLET		1	3"		
18	DESIGN TEMPERATURE	40 °C		OUTLET		1	3"		
19	FILTERING MEDIUM	MALLA DE ACERO		VENT					
20	MATERIAL OF CONSTR.	ACERO INOXIDABLE		DRAIN		1	3"		
21	CORROSION ALLOWANCE	0,001 m		PRESSURE					
22				DIFF. PRESS GAUGE					
23	RELIEF VALVE SETTING								
24									
25	NOTES								
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									



Universidad de Valladolid

FILTER PROCESS DATA SHEET

REV.	00	01				JOB NO.				
DATE	26/6/15	1/7/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES			
BY	RM/RL	RM				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO			
APPR'V						LOCATION				
REV.										
1	ITEM NUMBER F-302				QUANTITY: 1					
2	SERVICE: FILTRO PRENSA LÍNEA DE FANGOS									
3					UNITS					
4	OVERALL LENTH	1,5			m					
5	WIDTH	0,5			m					
6	FLUID FILTERED	FANGO CONCENTRADO								
7	FILTERABLE MATERIAL	FANGO PRIMARIO+BIO.								
8	AMOUNT OF SOLIDS	9%								
9	DEGREE OF FILTRATION REQUIRt	250			micron					
10	NORMAL FLOW	0,58			m ³ /h					
11	MAXIMUM FLOW/MINIMUM FLOW	0,7/0,4			m ³ /h					
12	INLET TEMPERATURE (T)	20			°C					
13	INLET PRESSURE	1			bar g					
14	SPECIFIC GRAVITY @ T	1,02			kg/m ³					
15					CONNECTIONS	QUANTITY	SIZE			
16	DESIGN PRESSURE	3,5 barg			INLET	1	4"			
17	DESIGN TEMPERATURE	40 °C			OUTLET	1	2"			
18	FILTERING MEDIUM	TELA FILTRANTE			VENT					
19	MATERIAL OF CONSTR.	ACERO INOXIDABLE			DRAIN	1	1 1/2"			
20	CORROSION ALLOWANCE	0,001 m			PRESSURE					
21					DIFF. PRESS GAUGE					
22	RELIEF VALVE SETTING									
23										
24	NOTES									
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										



Universidad de Valladolid

CONVEYOR PROCESS DATA SHEET

REV.	00	01				JOB Nº			
DATE	26/6/15	1/7/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES		
BY	RM/RL	RM				CLIENT	TRABAJO FIN DE GRADO		
APPR'V						LOCATION			
REV.									
1	ITEM NUMBER		M-301						
2	SERVICE		TRANSPORTE DE SÓLIDOS HACIA ZONA COMPOSTAJE						
3	IN OPERATION					1			
4	SPARE					0			
5	DRIVER					MOTOR		X	
6						TURBINE			
7						OTHERS			
8	OVERALL LENGTH					20	m		
9	WIDTH					0,5	m		
10	MATERIAL TO BE CONVEYED					FANGO CONCENTRADO (PRIMARIO+BIOLÓGICO)			
11	MASS FLOW RATE				kg/d	3529,2			
12	TEMPERATURE (T)				°C	20			
13	DENSITY (@ T)				kg/m ³	1020			
14									
15	LOCATION (Indoors/Outdoors)					EXTERIOR			
16	CONSTRUCTION MATERIALS					BELT	-		
17						HOPPER	-		
18						BUCKET	-		
19	NOTES								
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									

				<h2 style="margin: 0;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
Universidad de Valladolid							
REV.	00				JOB Nº		
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES	
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO	
APPR'V					LOCATION		
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-101					
2	SERVICE	RECIRCULACIÓN INTERNA DE NITRATOS					
3	TYPE	CENTRÍFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR		X			
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	AGUA RESIDUAL					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	0,023				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1000				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	14,4				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	17,3				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	341,8	425			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	104,9	102,7			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	237	322,3			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	24,2	32,3			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	10,5	10,3			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	MATERIA ORGÁNICA					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)						
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	1,6 Kw					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

 Universidad de Valladolid				<h2 style="text-align: center;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
REV.	00	01			JOB Nº		
DATE	26/6/15	1/7/15			UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES	
BY	RM/RL	RM			CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO	
APPR'V					LOCATION		
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-102					
2	SERVICE	RECIRCULACIÓN BIOMASA ALGAS-BACTERIAS					
3	TYPE	CENTRÍFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR		X			
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	FANGO ACTIVO					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	0,023				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1000				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,72				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,86				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	301,2	361,7			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	129,8	129,7			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	171,4	231,9			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	17,2	23,2			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	13	13			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	BIOMASA					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)	EXTERIOR					
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	86,2 W					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

 Universidad de Valladolid				PUMP PROCESS DATA SHEET			
REV.	00				JOB Nº		
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES	
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO	
APPR'V					LOCATION		
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-103					
2	SERVICE	BOMBEO DE FANGO PRIMARIO					
3	TYPE	CENTRIFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR		X			
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	FANGO PRIMARIO DE DEPURADORA					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	0,0233				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1020				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,72				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,864				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	150,3	150,4			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	129,7	129,3			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	20,7	21			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	2,1	2,1			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	13	13			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	SOLIDOS SUSPENDIDOS					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	MATERIA PARTICULADA DE PURINES					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)	EXTERIOR					
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	11,5 W					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

				<h2 style="margin: 0;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
Universidad de Valladolid							
REV.	00				JOB Nº		
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES	
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO	
APPR'V					LOCATION		
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-204					
2	SERVICE	RECIRCULACIÓN DE FANGOS ACTIVOS TRAT. POSTANÓXICO					
3	TYPE	CENTRÍFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR		X			
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	FANGO BIOLÓGICO					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	0,0233				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1000				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,72				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,86				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	280	340			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	129,8	129,6			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	150,3	210,5			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	15	21			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	13	13			
24	MAXIMUM SUCTION PRESSURE	kPa					
25	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
26	CORROSION OR EROSION DUE TO	SOLIDOS SUSPENDIDOS					
27	SOLIDS IN SUSPENSION	MATERIA ORGÁNICA					
28	LOCATION (Indoors/Outdoors)	EXTERIOR					
29	HIDRAULIC POWER @ Design flow	74,1 W					
30	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
31		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
32		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
33	NOTES						
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							

				<h2 style="margin: 0;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
Universidad de Valladolid							
REV.	00				JOB Nº		
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES	
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO	
APPR'V					LOCATION		
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-205					
2	SERVICE	BOMBEO DE METANOL A TANQUE ANÓXICO					
3	TYPE	CENTRIFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR	X				
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	METANOL					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP					
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a					
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	790				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,0006				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,00065				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa					
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	123,3	123,3			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	131	131			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	1	1			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	12,3	12,3			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	-					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	-					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)	EXTERIOR					
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	10 W					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

				<h2 style="text-align: center;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
REV.	00			JOB Nº			
DATE	26/6/15			UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES		
BY	RM/RL			CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO		
APPR'V				LOCATION			
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-206					
2	SERVICE	BOMBA SUMINISTRO ALUMBRE					
3	TYPE	CENTRÍFUGA					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR	X				
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	SOLUCIÓN ACUOSA DE ALUMBRE 48%					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	-				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1200				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,1				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,13				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	150	151			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	130	128			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	19,7	23			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	1,7	2			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	13	12,8			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	-					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	-					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)	INTERIOR					
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	10 W					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

				<h2 style="text-align: center;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>			
REV.	00			JOB Nº			
DATE	26/6/15			UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES		
BY	RM/RL			CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO		
APPR'V				LOCATION			
REV.							
1	ITEM NUMBER	P-307					
2	SERVICE	BOMBEO DE FANGO ESPESADO					
3	TYPE	DESPLAZAMIENTO POSITIVO					
4	NO. OF PUMPS	2					
5	IN OPERATION	1					
6	SPARE	1					
7	DRIVER	MOTOR	X				
8		TURBINE					
9		OTHERS					
10	LIQUID PUMPED	FANGO ESPESADO					
11	OPERATING CASE	NORMAL					
12	PUMPING TEMPERATURE (T)	°C	20				
13	VISCOSITY (@ T)	cP	1				
14	VAPOR PRESSURE (@ T)	bar a	0,0233				
15	DENSITY (@ T)	kg/m ³	1020				
16							
17	NORMAL CAPACITY	m ³ /h	0,57				
18	DESIGN CAPACITY	m ³ /h	0,68				
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design	kPa	143,2	143,3			
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design	kPa	132	131,9			
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design	kPa	11,2	11,3			
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design	m	1	1			
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design	m	13,3	13,3			
24	DUTY (Continuous/Intermitent)	CONTINUO					
25	CORROSION OR EROSION DUE TO	SOLIDOS SUSPENDIOS					
26	SOLIDS IN SUSPENSION	MATERIA ORGANICA Y SOLIDOS DE PURINES					
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)	EXTERIOR					
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow	12,8 W					
29	CONSTRUCTION MATERIALS	CASE	ACERO AL CARBONO				
30		IMPELLER	ACERO AL CARBONO				
31		SHAFT	ACERO AL CARBONO				
32	NOTES						
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							

					<h2 style="margin: 0;">PUMP PROCESS DATA SHEET</h2>						
Universidad de Valladolid											
REV.	00	01				JOB Nº					
DATE	26/6/15	1/7/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES				
BY	RM/RL	RM				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO				
APPR'V						LOCATION					
REV.											
1	ITEM NUMBER		P-308								
2	SERVICE		RECIRCULACIÓN DE AGUA DE LÍNEA DE FANGOS								
3	TYPE		CENTRÍFUGA								
4	NO. OF PUMPS		2								
5	IN OPERATION		1								
6	SPARE		1								
7	DRIVER		MOTOR		X						
8			TURBINE								
9			OTHERS								
10	LIQUID PUMPED		AGUA CLARIFICADA								
11	OPERATING CASE		NORMAL								
12	PUMPING TEMPERATURE (T)		°C	20							
13	VISCOSITY (@ T)		cP	1							
14	VAPOR PRESSURE (@ T)		bar a	0,0233							
15	DENSITY (@ T)		kg/m ³	1000							
16											
17	NORMAL CAPACITY		m ³ /h	0,74							
18	DESIGN CAPACITY		m ³ /h	0,87							
19	DISCHARGE PRESSURE Normal/Design		kPa	212,1	244,1						
20	SUCTION PRESSURE Normal/Design		kPa	106	104,4						
21	DIFFERENTIAL PRESSURE Normal/Design		kPa	106	139,8						
22	DIFFERENTIAL HEAD Normal/Design		m	10,9	14,3						
23	NPSH MINIMUM AVAILABLE Normal/Design		m	10,6	10,5						
24	DUTY (Continuous/Intermitent)		CONTINUO								
25	CORROSION OR EROSION DUE TO		-								
26	SOLIDS IN SUSPENSION		-								
27	LOCATION (Indoors/Outdoors)		EXTERIOR								
28	HIDRAULIC POWER @ Design flow		50,1 W								
29	CONSTRUCTION MATERIALS		CASE	ACERO AL CARBONO							
30			IMPELLER	ACERO AL CARBONO							
31			SHAFT	ACERO AL CARBONO							
32	NOTES										
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											

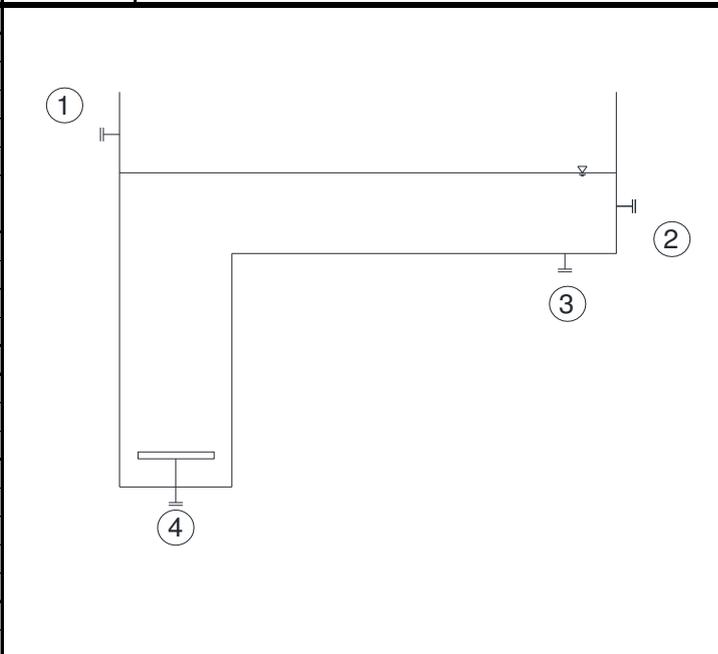


Universidad de Valladolid

REACTOR BIOLÓGICO PROCESS DATA SHEET

REV.	00	01			JOB Nº	
DATE	26/6/15	1/7/15			UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL	RM			CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V					LOCATION	

REV.					
1	Item Number: D-103		Quantity: 1		
2	Service: REACTOR BIOLÓGICO AEROBIO				
3	Fluid: AGUA RESIDUAL				
4	Capacity: Nominal		4180 m ³		
5	Net		4200 m ³		
6	Length:	155 m	Width:	90 m	
7	Height:	300 mm	Channels:	6	(1)
8	PRESSURE		Operating	1	Atm
9			Design	3,2	barg
10	TEMPERATURE		Operating	20	°C
11			Design	45	°C
12			MATERIAL	CORR. ALLOW.	
13	Shell / Roof		HORMIGÓN	mm	
14	Cladding		HORMIGÓN	mm	
15					
16	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof
17		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated
18	Bottom	<input checked="" type="checkbox"/>	Flat		
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards		
20		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards		
21	Insulation:	Type			
22		Thickness	mm		



23	NOTES		NOZZLES			
24	(1) ANCHURA DE CANAL: 15 m		Mark Nº	Quantity	Size	Service
25	(2) SISTEMA DE AIREACIÓN DE DISCO		1	1	8"	ALIMENTACIÓN
26	(3) SISTEMA DE AGITACIÓN DE PALAS		2	1	3"	DESCARGA
27			3	1	8"	RECIRCULACIÓN NITRATOS
28			4	20	2"	AIREACIÓN (2)
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						



Universidad de Valladolid

REACTOR BIOLÓGICO PROCESS DATA SHEET

REV.	00				JOB Nº	
DATE	26/6/15				UNIT	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES
BY	RM/RL				CLIENT	TRABAJO DE FIN DE GRADO
APPR'V					LOCATION	

REV.					
1	Item Number:	R-203	Quantity:	1	
2	Service:	DESNITRIFICACIÓN TRAT. TERCIARIO			
3	Fluid:	AGUA RESIDUAL			
4	Capacity:	Nominal	7,5	m ³	
5		Net	7,5	m ³	
6	Height	4000 mm			
7	PRESSURE	Operating	1	Atm	
8		Design	3,5	barg	
9	TEMPERATURE	Operating	20	°C	
10		Design	45	°C	
11		MATERIAL	CORR. ALLOW.		
12	Shell / Roof			mm	
13	Cladding			mm	
14					
15	Type:	<input type="checkbox"/>	Conical Roof	<input type="checkbox"/>	Floating Roof
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Open Roof	<input type="checkbox"/>	Refrigerated
17	Bottom	<input checked="" type="checkbox"/>	Flat		
18		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Downwards		
19		<input type="checkbox"/>	Conical Pointing Upwards		
20	Code:	API Std. 620			
21	Stress Relieve for Process reasons:				
22	Insulation: Type				
23	Thickness			mm	



24	NOTES	NOZZLES			
25		Mark Nº	Quantity	Size	Service
26		1	1	3"	ALIMENTACIÓN
27		2	1	1"	SUMINISTRO METANOL
28		3	1	3"	DESCARGA
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					

ANEXO V: MSDS

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Versión 5.1 Fecha de revisión 23.07.2013

Fecha de impresión 03.06.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto

Nombre del producto : Aluminum sulfate hydrate

Referencia : A7523

Marca : Sigma

REACH No. : Un número de registro no está disponible para esta sustancia, ya que la sustancia o sus usos están exentos del registro, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior

No. CAS : 17927-65-0

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Sigma-Aldrich Quimica, S.L.
Ronda de Poniente, 3
Apto. Correos 278
E-28760 TRES CANTOS -MADRID

Teléfono : +34 91 6619977

Fax : +34 91 6619642

E-mail de contacto : eurtechserv@sial.com

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 704100087

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Clasificación de acuerdo con las Directivas de la UE 67/548/CEE ó 1999/45/CE

Xi Irritante R41

El texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro
H318

Provoca lesiones oculares graves.

Declaración(es) de prudencia
P280

Llevar guantes de protección/ gafas de protección/ máscara de protección.

P305 + P351 + P338

EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto

cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Declaración Suplementaria del Peligro ninguno(a)

2.3 Otros Peligros - ninguno(a)

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Formula : $Al_2O_3 \cdot xH_2O$
Peso molecular : 342,15 g/mol
No. CAS : 17927-65-0
No. CE : 233-135-0

Ingredientes peligrosos de acuerdo con el Reglamento (CE) N° 1272/2008

Componente	Clasificación	Concentración
Aluminium sulphate hydrate		
No. CAS	17927-65-0	Eye Dam. 1; H318
No. CE	233-135-0	
		<= 100 %

Ingrediente peligroso según la Directiva 1999/45/CE

Componente	Clasificación	Concentración
Aluminium sulphate hydrate		
No. CAS	17927-65-0	Xi, R41
No. CE	233-135-0	
		<= 100 %

Para el texto completo de las frases de Riesgo y Seguridad mencionadas en esta Sección, ver la Sección 16

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

Consultar a un médico. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

Si es inhalado

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Lávese a fondo con agua abundante durante 15 minutos por lo menos y consulte al médico.

Si es tragado

Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

sin datos disponibles

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Óxidos de azufre, Óxido de aluminio

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.

5.4 Otros datos

sin datos disponibles

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Utilícese equipo de protección individual. Evite la formación de polvo. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacuar el personal a zonas seguras. Evitar respirar el polvo.

Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo. Limpiar y traspalar. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Evítese la formación de polvo y aerosoles.

Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo. Disposiciones normales de protección preventivas de incendio.

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componente	No. CAS	Valor	Parámetros de control	Base
Aluminium sulphate hydrate	17927-65-0	VLA-ED	2 mg/m ³	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos - Tabla 1: Límites Ambientales de exposición profesional
	Observaciones	Los términos 'soluble' e 'insoluble' se entienden con referencia al agua.		

8.2 Controles de la exposición

Controles técnicos apropiados

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Caretas de protección y gafas de seguridad. Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

Protección de la piel

Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y de la norma EN 374 derivado de ello.

Sumerción

Material: Caucho nitrilo

espesura minima de capa: 0,11 mm

Tiempo de perforación: 480 min

Material probado: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Talla M)

Salpicaduras

Material: Caucho nitrilo

espesura minima de capa: 0,11 mm

Tiempo de perforación: 480 min

Material probado: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Talla M)

origen de datos: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Teléfono +49 (0)6659 87300, e-mail sales@kcl.de, Método de prueba: EN374

Si es utilizado en solución, o mezclado con otras sustancias, y bajo condiciones diferentes de la EN 374, ponerse en contacto con el proveedor de los guantes aprobados CE. Esta recomendación es meramente aconsejable y deberá ser evaluada por un responsable de seguridad e higiene industrial familiarizado con la situación específica de uso previsto por nuestros clientes. No debe interpretarse como una aprobación de oferta para cualquier escenario de uso específico.

Protección Corporal

Traje de protección completo contra productos químicos, El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

Protección respiratoria

Donde el asesoramiento de riesgo muestre que los respiradores purificadores de aire son apropiados, usar un respirador que cubra toda la cara tipo N100 (EEUU) o tipo P3 (EN 143) y cartuchos de respuesto para controles de ingeniería. Si el respirador es la única protección, usar un respirador suministrado que cubra toda la cara Usar respiradores y componenetes testados y aprovados bajo los standards gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

Control de exposición ambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| a) Aspecto | Forma: polvo
Color: blanco |
| b) Olor | sin datos disponibles |
| c) Umbral olfativo | sin datos disponibles |

d) pH	sin datos disponibles
e) Punto de fusión/ punto de congelación	Punto/intervalo de fusión: 86,5 °C
f) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	sin datos disponibles
g) Punto de inflamación	no aplicable
h) Tasa de evaporación	sin datos disponibles
i) Inflamabilidad (sólido, gas)	sin datos disponibles
j) Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos	sin datos disponibles
k) Presión de vapor	sin datos disponibles
l) Densidad de vapor	sin datos disponibles
m) Densidad relativa	sin datos disponibles
n) Solubilidad en agua	sin datos disponibles
o) Coeficiente de reparto n-octanol/agua	sin datos disponibles
p) Temperatura de auto-inflamación	sin datos disponibles
q) Temperatura de descomposición	sin datos disponibles
r) Viscosidad	sin datos disponibles
s) Propiedades explosivas	sin datos disponibles
t) Propiedades comburentes	sin datos disponibles

9.2 Otra información de seguridad
sin datos disponibles

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad
sin datos disponibles

10.2 Estabilidad química
Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas
sin datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse
sin datos disponibles

10.5 Materiales incompatibles
Agentes oxidantes fuertes

10.6 Productos de descomposición peligrosos
Otros productos de descomposición peligrosos - sin datos disponibles
En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

DL50 Oral - rata - > 5.000 mg/kg

Corrosión o irritación cutáneas

Piel - conejo

Resultado: No irrita la piel

Lesiones o irritación ocular graves

Ojos - conejo

Resultado: Grave irritación de los ojos

Sensibilización respiratoria o cutánea

sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

sin datos disponibles

Carcinogenicidad

IARC: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o igual a 0,1% como agente carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la (IARC) Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos.

Toxicidad para la reproducción

sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

sin datos disponibles

Peligro de aspiración

sin datos disponibles

Información Adicional

RTECS: sin datos disponibles

Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

sin datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

sin datos disponibles

12.3 Potencial de bioacumulación

sin datos disponibles

12.4 Movilidad en el suelo

sin datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La valoración de PBT / mPmB no está disponible ya que la evaluación de la seguridad química no es necesaria / no se ha realizado

12.6 Otros efectos adversos

sin datos disponibles

Sigma-Aldrich y sus Compañías Afiliadas, no responderán por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba. Dirijase a www.sigma-aldrich.com y/o a los términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Versión 6.1 Fecha de revisión 13.03.2015

Fecha de impresión 02.06.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**1.1 Identificadores del producto**

Nombre del producto : Metanol

Referencia : 322415

Marca : Sigma-Aldrich

No. Índice : 603-001-00-X

REACH No. : 01-2119433307-44-XXXX

No. CAS : 67-56-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Sigma-Aldrich Quimica, S.L.
Ronda de Poniente, 3
Apto. Correos 278
E-28760 TRES CANTOS -MADRID

Teléfono : +34 91 6619977

Fax : +34 91 6619642

E-mail de contacto : eurtechserv@sial.com

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 704100087

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros**2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla****Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008**

Líquidos inflamables (Categoría 2), H225

Toxicidad aguda, Oral (Categoría 3), H301

Toxicidad aguda, Inhalación (Categoría 3), H331

Toxicidad aguda, Cutáneo (Categoría 3), H311

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (Categoría 1), H370

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Clasificación de acuerdo con las Directivas de la UE 67/548/CEE ó 1999/45/CE

F Fácilmente inflamable R11

T Tóxico R23/24/25, R39/23/24/25

El texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta**Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008**

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H225

H301 + H311 + H331

Líquido y vapores muy inflamables.

Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación

H370	Provoca daños en los órganos.
Declaración(es) de prudencia P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P260	No respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.
P280	Llevar guantes/ prendas de protección.
P301 + P310	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.
P311	Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Sinónimos	:	Methyl alcohol
Formula	:	CH ₄ O
Peso molecular	:	32,04 g/mol
No. CAS	:	67-56-1
No. CE	:	200-659-6
No. Índice	:	603-001-00-X
Número de registro	:	01-2119433307-44-XXXX

Ingredientes peligrosos de acuerdo con el Reglamento (CE) N° 1272/2008

Componente	Clasificación	Concentración
Methanol		
No. CAS	67-56-1	Flam. Liq. 2; Acute Tox. 3; STOT SE 1; H225, H301 + H311 + H331, H370
No. CE	200-659-6	
No. Índice	603-001-00-X	
Número de registro	01-2119433307-44-XXXX	
<= 100 %		

Ingrediente peligroso según la Directiva 1999/45/CE

Componente	Clasificación	Concentración
Methanol		
No. CAS	67-56-1	F, T, R11 - R23/24/25 - R39/23/24/25
No. CE	200-659-6	
No. Índice	603-001-00-X	
Número de registro	01-2119433307-44-XXXX	
<= 100 %		

Para el texto completo de las frases de Riesgo y Seguridad mencionadas en esta Sección, ver la Sección 16

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

Consultar a un médico. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

Si es inhalado

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Llevar al afectado en seguida a un hospital. Consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Lavarse abundantemente los ojos con agua como medida de precaución.

Si es tragado

No provocar el vómito. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Sin datos disponibles

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Óxidos de carbono

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.

5.4 Otros datos

El agua pulverizada puede ser utilizada para enfriar los contenedores cerrados.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Usar protección respiratoria. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Retirar todas las fuentes de ignición. Evacuar el personal a zonas seguras. Tener cuidado con los vapores que se acumulan formando así concentraciones explosivas. Los vapores pueden acumularse en las zonas inferiores.

Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Contener y recoger el derrame con un aspirador aislado de la electricidad o cepillándolo, y meterlo en un envase para su eliminación de acuerdo con las reglamentaciones locales (ver sección 13).

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Evítese el contacto con los ojos y la piel. Evitar la inhalación de vapor o neblina.

Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar. Tomar medidas para impedir la acumulación de descargas electrostáticas.

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Los contenedores que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

Clase alemán de almacenamiento (TRGS 510): Líquidos inflamables

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componente	No. CAS	Valor	Parámetros de control	Base
Methanol	67-56-1	TWA	200 ppm 260 mg/m ³	Valores límite de exposición profesional indicativos
	Observaciones	Identifica la posibilidad de una absorción importante a través de la piel Indicativo		
		VLA-ED	200 ppm 266 mg/m ³	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos - Tabla 1: Límites Ambientales de exposición profesional
		<p>Vía dérmica</p> <p>Agente químico que tiene Valor Límite Biológico específico en este documento.</p> <p>Agente químico para el que la U.E. estableció en su día un valor límite indicativo. Todos estos agentes químicos figuran al menos en una de las directivas de valores límite indicativos publicadas hasta ahora (ver Anexo C. Bibliografía). Los estados miembros disponen de un tiempo fijado en dichas directivas para su trasposición a los valores límites de cada país miembro. Una vez adoptados, estos valores tienen la misma validez que el resto de los valores adoptados por el país.</p>		

Límites biológicos de exposición profesional

Componente	No. CAS	Parámetros	Valor	Muestras biológicas	Base
Methanol	67-56-1	Metanol	15,000 mg/l	Orina	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España - Valores Límite Biológicos
	Observaciones	final de la jornada laboral			

Nivel sin efecto derivado (DNEL)

Área de aplicación	Vía de exposición	Efecto en la salud	Valor
Trabajadores	Contacto con la piel	A largo plazo - efectos sistémicos	40mg/kg peso corporal/día
Consumidores	Contacto con la piel	A largo plazo - efectos sistémicos	8mg/kg peso corporal/día
Consumidores	Ingestión	A largo plazo - efectos sistémicos	8mg/kg peso corporal/día
Trabajadores	Contacto con la piel	Aguda - efectos sistémicos	40mg/kg peso corporal/día
Consumidores	Contacto con la piel	Aguda - efectos sistémicos	8mg/kg peso corporal/día
Consumidores	Ingestión	Aguda - efectos sistémicos	8mg/kg peso corporal/día
Trabajadores	Inhalación	Aguda - efectos sistémicos	260 mg/m ³
Trabajadores	Inhalación	Aguda - efectos locales	260 mg/m ³
Trabajadores	Inhalación	A largo plazo - efectos sistémicos	260 mg/m ³

Trabajadores	Inhalación	A largo plazo - efectos locales	260 mg/m3
Consumidores	Inhalación	Aguda - efectos sistémicos	50 mg/m3
Consumidores	Inhalación	Aguda - efectos locales	50 mg/m3
Consumidores	Inhalación	A largo plazo - efectos sistémicos	50 mg/m3
Consumidores	Inhalación	A largo plazo - efectos locales	50 mg/m3

Concentración prevista sin efecto (PNEC)

Compartimento	Valor
Suelo	23,5 mg/kg
Agua de mar	15,4 mg/l
Agua dulce	154 mg/l
Sedimento de agua dulce	570,4 mg/kg
Planta de tratamiento de aguas residuales in situ	100 mg/kg

8.2 Controles de la exposición

Controles técnicos apropiados

Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Lávense las manos antes de los descansos e inmediatamente después de manipular la sustancia.

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Caretas de protección y gafas de seguridad. Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

Protección de la piel

Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y de la norma EN 374 derivado de ello.

Sumerción

Material: goma butílica

espesura mínima de capa: 0,3 mm

tiempo de penetración: 480 min

Material probado: Butoject® (KCL 897 / Aldrich Z677647, Talla M)

Salpicaduras

Material: Caucho nitrilo

espesura mínima de capa: 0,4 mm

tiempo de penetración: 31 min

Material probado: Camatril® (KCL 730 / Aldrich Z677442, Talla M)

origen de datos: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Teléfono +49 (0)6659 87300, e-mail sales@kcl.de, Método de prueba: EN374

Si es utilizado en solución, o mezclado con otras sustancias, y bajo condiciones diferentes de la EN 374, ponerse en contacto con el proveedor de los guantes aprobados CE. Esta recomendación es meramente aconsejable y deberá ser evaluada por un responsable de seguridad e higiene industrial familiarizado con la situación específica de uso previsto por nuestros clientes. No debe interpretarse como una aprobación de oferta para cualquier escenario de uso específico.

Protección Corporal

Traje de protección completo contra productos químicos, Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama., El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

Protección respiratoria

Donde el asesoramiento de riesgo muestre que los respiradores purificadores de aire son apropiados, usar un respirador que cubra toda la cara con combinación multi-proposito (EEUU) o tipo AXBEK (EN 14387) respiradores de cartucho de respuesto para controles de ingeniería. Si el respirador es la única protección, usar un respirador suministrado que cubra toda la cara Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

Control de exposición ambiental

Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

a) Aspecto	Forma: líquido Color: incoloro
b) Olor	acre
c) Umbral olfativo	Sin datos disponibles
d) pH	Sin datos disponibles
e) Punto de fusión/ punto de congelación	Punto/intervalo de fusión: -98 °C
f) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	64,7 °C
g) Punto de inflamación	9,7 °C - copa cerrada
h) Tasa de evaporación	Sin datos disponibles
i) Inflamabilidad (sólido, gas)	Sin datos disponibles
j) Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos	Límites superior de explosividad: 36 %(V) Límites inferior de explosividad: 6 %(V)
k) Presión de vapor	130,3 hPa a 20,0 °C 546,6 hPa a 50,0 °C 169,27 hPa a 25,0 °C
l) Densidad de vapor	1,11
m) Densidad relativa	Sin datos disponibles
n) Solubilidad en agua	totalmente miscible
o) Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0,77
p) Temperatura de auto-inflamación	455,0 °C a 1.013 hPa
q) Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
r) Viscosidad	Sin datos disponibles
s) Propiedades explosivas	No explosivo
t) Propiedades comburentes	La sustancia o mezcla no se clasifica como oxidante.

9.2 Otra información de seguridad

Energía mínima de 0,14 mJ

ignición	
Conductibilidad	< 1 µS/cm
Densidad relativa del vapor	1,11

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Sin datos disponibles

10.2 Estabilidad química

Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Sin datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calor, llamas y chispas.

10.5 Materiales incompatibles

Cloruros de ácido, Anhídridos de ácido, Oxidantes, Metales alcalinos, Agentes reductores, Ácidos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Otros productos de descomposición peligrosos - Sin datos disponibles

En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

LDLO Oral - Humanos - 143 mg/kg

Observaciones: Pulmones, torax o Respiración: Disnea La ingestión puede ocasionar irritación gastrointestinal, náusea, vómito y diarrea.

DL50 Oral - Rata - 1.187 - 2.769 mg/kg

CL50 Inhalación - Rata - 4 h - 128,2 mg/l

CL50 Inhalación - Rata - 6 h - 87,6 mg/l

DL50 Cutáneo - Conejo - 17.100 mg/kg

Corrosión o irritación cutáneas

Piel - Conejo

Resultado: No irrita la piel

Lesiones o irritación ocular graves

Ojos - Conejo

Resultado: No irrita los ojos

Sensibilización respiratoria o cutánea

Prueba de Maximización (GPMT) - Conejillo de indias

No provoca sensibilización a la piel.

(Directrices de ensayo 406 del OECD)

Mutagenicidad en células germinales

Prueba de Ames

S.typhimurium

Resultado: negativo

ensayo in vitro

fibroblasto

Resultado: negativo

mutación en células somáticas de mamíferos

Mutagénesis (ensayo citogenético in vivo en médula ósea de mamíferos, análisis cromosómico)

Ratón - machos y hembras

Resultado: negativo

Carcinogenicidad

IARC: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o igual a 0,1% como agente carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la (IARC) Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos.

Toxicidad para la reproducción

Daños para el feto no clasificables

La clasificación de fertilidad no es posible con los datos actuales.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Provoca daños en los órganos.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

La sustancia o mezcla no se clasifica como tóxica específica de órganos diana, exposición repetida.

Peligro de aspiración

Ninguna clasificación de toxicidad por aspiración

Información Adicional

RTECS: PC1400000

El alcohol metílico puede ser mortal o producir ceguera en caso de ingestión

Los efectos debidos a la ingestión pueden incluir:, Dolor de cabeza, Vértigo, Somnolencia, acidosis metabólica, Coma, colapso

Los síntomas pueden retrasarse., Daño:, Hígado, Riñón

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces	mortalidad CL50 - <i>Lepomis macrochirus</i> - 15.400,0 mg/l - 96 h
	NOEC - <i>Oryzias latipes</i> - 7.900 mg/l - 200 h
Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos	CE50 - <i>Daphnia magna</i> (Pulga de mar grande) - > 10.000,00 mg/l - 48 h
Toxicidad para las algas	Inhibición del crecimiento CE50 - <i>Scenedesmus capricornutum</i> (alga en agua dulce) - 22.000,0 mg/l - 96 h

12.2 Persistencia y degradabilidad

Biodegradabilidad aeróbico - Tiempo de exposición 5 d
Resultado: 72 % - rápidamente biodegradables

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 600 - 1.120 mg/g

Demanda química de oxígeno (DQO) 1.420 mg/g

Demanda teórica de oxígeno 1.500 mg/g

12.3 Potencial de bioacumulación

Bioacumulación *Cyprinus carpio* (Carpa) - 72 d
a 20 °C - 5 mg/l

Factor de bioconcentración (FBC): 1,0

12.4 Movilidad en el suelo

No es absorbido por el suelo.

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H301	Tóxico en caso de ingestión.
H301 + H311 + H331	Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación
H311	Tóxico en contacto con la piel.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H370	Provoca daños en los órganos.

El texto completo de las frases-R referidas en los puntos 2 y 3

F	Fácilmente inflamable
T	Tóxico
R11	Fácilmente inflamable.
R23/24/25	Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R39/23/24/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

Otros datos

Copyright 2015 Sigma-Aldrich Co. LLC. Se autoriza la reproducción en número ilimitado de copias para uso exclusivamente interno.

La información indicada arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente como orientación. La información contenida en este documento esta basada en el presente estado de nuestro conocimiento y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto. No representa ninguna garantía de las propiedades del producto. La Corporación Sigma-Aldrich y sus Compañías Afiliadas, no responderán por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba. Dirijase a www.sigma-aldrich.com y/o a los términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega.

Anexo: Escenarios de exposición

Usos identificados:

Uso: Se utiliza como químico intermedio

SU 3: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
SU 3, SU9: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales, Fabricación de productos químicos finos
PC19: Sustancias intermedias
PROC1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable PROC2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada PROC3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación) PROC4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición PROC8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas PROC15: Uso como reactivo de laboratorio
ERC1, ERC4, ERC6a: Fabricación de sustancias, Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos, Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

Uso: Formulación de preparados

SU 3: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
SU 10: Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)
PROC2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada PROC3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación) PROC4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición PROC8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas PROC9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje) PROC15: Uso como reactivo de laboratorio
ERC2: Formulación de preparados

Uso: Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos

SU 3: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
SU 3, SU9: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales, Fabricación de productos químicos finos
PC20: Productos como reguladores del pH, agentes floculantes, precipitantes y neutralizantes PC21: Productos químicos de laboratorio
PROC1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable PROC2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada PROC3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación) PROC4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición PROC8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas PROC9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje) PROC10: Aplicación mediante rodillo o brocha PROC15: Uso como reactivo de laboratorio
ERC4, ERC6b: Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos, Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

Uso: Se usa como un reactivo de laboratorio

SU 22: Usos profesionales: Ámbito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)
SU 3, SU 22, SU24: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en

emplazamientos industriales, Usos profesionales: Ámbito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía), Investigación y desarrollo científicos
PC19: Sustancias intermedias
PC20: Productos como reguladores del pH, agentes floculantes, precipitantes y neutralizantes
PC21: Productos químicos de laboratorio
PROC10: Aplicación mediante rodillo o brocha
PROC15: Uso como reactivo de laboratorio
ERC4, ERC6a, ERC6b: Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos, Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias), Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

Uso: Tratamiento de superficies

SU 3: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
SU 3, SU9: Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales, Fabricación de productos químicos finos
PC35: Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes)
PROC5: Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
PROC7: Pulverización industrial
PROC8a: Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
PROC10: Aplicación mediante rodillo o brocha
PROC13: Tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido
ERC2, ERC4, ERC6a: Formulación de preparados, Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos, Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

1. Título breve del escenario de exposición: Se utiliza como químico intermedio

Grupos de usuarios principales	: SU 3
Sectores de uso final	: SU 3, SU9
Categoría de productos químicos	: PC19
Categorías de proceso	: PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC15
Categorías de emisión al medio ambiente	: ERC1, ERC4, ERC6a:

2. Escenarios de exposición

2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC1, ERC4, ERC6a

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	: Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
---	--

2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC15, PC19

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	: Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
Forma física (en el momento del uso)	: Líquido altamente volátil

Frecuencia y duración del uso

Duración de la aplicación	: > 4 h
Frecuencia de uso	: 220 días / año

Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	: Al Interior
---------------------------	---------------

Medidas y condiciones técnicas

Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas., Se requiere una buena práctica de trabajo.

Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Asegúrese de que los operarios estén capacitados para minimizar las exposiciones.

Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374., Equipo de protección individual, ver sección 8.

3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente**Medio Ambiente**

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14(3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

Trabajadores

Escenario contributivo	Método de Evaluación de la exposición	Condiciones específicas	Valor	Nivel de exposición	RCR*
PROC1	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,00686 mg/kg peso corporal/día	0
PROC1	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	0,0133 mg/m ³	0
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,274 mg/kg peso corporal/día	0,007
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	3,33 mg/m ³	0,013
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	6,67 mg/m ³	0,026
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,137 mg/kg peso corporal/día	0,003
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	1,37 mg/kg peso corporal/día	0,034
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	10 mg/m ³	0,038
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	2,74 mg/kg peso corporal/día	0,069
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,0686 mg/kg peso corporal/día	0,002
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051

*Cociente de caracterización del riesgo

4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: Please refer to the following documents: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

1. Título breve del escenario de exposición: Formulación de preparados

Grupos de usuarios principales : SU 3
Sector de uso final : SU 10
Categorías de proceso : PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC9, PROC15
Categorías de emisión al medio ambiente : ERC2:

2. Escenarios de exposición

2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).

2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC9, PROC15

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
Forma física (en el momento del uso) : Líquido altamente volátil

Frecuencia y duración del uso

Duración de la aplicación : > 4 h
Frecuencia de uso : 220 días / año

Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior : Al Interior

Medidas y condiciones técnicas

Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas., Se requiere una buena práctica de trabajo.

Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Asegúrese de que los operarios estén capacitados para minimizar las exposiciones.

Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374., Equipo de protección individual, ver sección 8.

3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14(3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

Trabajadores

Escenario	Método de	Condiciones	Valor	Nivel de	RCR*
-----------	-----------	-------------	-------	----------	------

contributivo	Evaluación de la exposición	específicas		exposición	
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	3,33 mg/m ³	0,013
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,274 mg/kg peso corporal/día	0,007
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	6,67 mg/m ³	0,026
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,137 mg/kg peso corporal/día	0,003
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	1,37 mg/kg peso corporal/día	0,034
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	10 mg/m ³	0,038
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	2,74 mg/kg peso corporal/día	0,069
PROC9	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	26,7 mg/m ³	0,103
PROC9	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	1,37 mg/kg peso corporal/día	0,034
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,0686 mg/kg peso corporal/día	0,002
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051

*Cociente de caracterización del riesgo

4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: Please refer to the following documents: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

1. Título breve del escenario de exposición: Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos

Grupos de usuarios principales : **SU 3**
 Sectores de uso final : **SU 3, SU9**
 Categoría de productos químicos : **PC20, PC21**
 Categorías de proceso : **PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC15**
 Categorías de emisión al medio ambiente : **ERC4, ERC6b:**

2. Escenarios de exposición

2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC4, ERC6b

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).

2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC15, PC20, PC21

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).

Forma física (en el momento del uso) : Líquido altamente volátil

Frecuencia y duración del uso

Duración de la aplicación : > 4 h

Frecuencia de uso : 220 días / año

Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior : Al Interior

Medidas y condiciones técnicas

Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas., Se requiere una buena práctica de trabajo.

Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Asegúrese de que los operarios estén capacitados para minimizar las exposiciones.

Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374., Equipo de protección individual, ver sección 8.

3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14(3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

Trabajadores

Escenario contributivo	Método de Evaluación de la exposición	Condiciones específicas	Valor	Nivel de exposición	RCR*
PROC1	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,00686 mg/kg peso corporal/día	0
PROC1	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	0,0133 mg/m ³	0
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	3,33 mg/m ³	0,013
PROC2	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,274 mg/kg peso corporal/día	0,007
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción	Cutáneo	0,137 mg/kg peso	0,003

		Local		corporal/día	
PROC3	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	6,67 mg/m ³	0,026
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051
PROC4	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	1,37 mg/kg peso corporal/día	0,034
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	2,74 mg/kg peso corporal/día	0,069
PROC8b	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	10 mg/m ³	0,038
PROC9	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	26,7 mg/m ³	0,103
PROC9	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	1,37 mg/kg peso corporal/día	0,034
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	5,49 mg/kg peso corporal/día	0,137
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,0686 mg/kg peso corporal/día	0,002
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051

*Cociente de caracterización del riesgo

4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: Please refer to the following documents: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

1. Título breve del escenario de exposición: Se usa como un reactivo de laboratorio

Grupos de usuarios principales : SU 22
 Sectores de uso final : SU 3, SU 22, SU24
 Categoría de productos químicos : PC19, PC20, PC21
 Categorías de proceso : PROC10, PROC15
 Categorías de emisión al medio ambiente : ERC4, ERC6a, ERC6b:

2. Escenarios de exposición

2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC4, ERC6a, ERC6b

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).

2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC10, PROC15, PC19, PC20, PC21

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo : Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
Forma física (en el momento del uso) : Líquido altamente volátil

Frecuencia y duración del uso

Duración de la aplicación : > 4 h
Frecuencia de uso : 220 días / año

Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior : Al Interior

Medidas y condiciones técnicas

Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas., Se requiere una buena práctica de trabajo.

Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Asegúrese de que los operarios estén capacitados para minimizar las exposiciones.

Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374., Equipo de protección individual, ver sección 8.

3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14(3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

Trabajadores

Escenario contributivo	Método de Evaluación de la exposición	Condiciones específicas	Valor	Nivel de exposición	RCR*
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	5,49 mg/kg peso corporal/día	0,137
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	0,0686 mg/kg peso corporal/día	0,002
PROC15	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	13,3 mg/m ³	0,051

*Cociente de caracterización del riesgo

4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: Please refer to the following documents: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

1. Título breve del escenario de exposición: Tratamiento de superficies

Grupos de usuarios principales	: SU 3
Sectores de uso final	: SU 3, SU9
Categoría de productos químicos	: PC35
Categorías de proceso	: PROC5, PROC7, PROC8a, PROC10, PROC13
Categorías de emisión al medio ambiente	: ERC2, ERC4, ERC6a:

2. Escenarios de exposición

2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2, ERC4, ERC6a

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	: Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
---	--

2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC5, PROC7, PROC8a, PROC10, PROC13, PC35

Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	: Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto (a menos que se indique lo contrario).
Forma física (en el momento del uso)	: Líquido altamente volátil

Frecuencia y duración del uso

Duración de la aplicación	: > 4 h
Frecuencia de uso	: 220 días / año

Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	: Al Interior
---------------------------	---------------

Medidas y condiciones técnicas

Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas., Se requiere una buena práctica de trabajo.

Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Asegúrese de que los operarios estén capacitados para minimizar las exposiciones.

Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374., Equipo de protección individual, ver sección 8.

3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14(3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

Trabajadores

Escenario contributivo	Método de Evaluación de la exposición	Condiciones específicas	Valor	Nivel de exposición	RCR*
PROC5	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC5	ECETOC TRA	Con Ventilación	Cutáneo	2,74 mg/kg peso	0,069

		por Extracción Local		corporal/día	
PROC7	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC7	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	8,57 mg/kg peso corporal/día	0,214
PROC8a	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC8a	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	2,74 mg/kg peso corporal/día	0,069
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128
PROC10	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	5,49 mg/kg peso corporal/día	0,137
PROC13	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Cutáneo	2,74 mg/kg peso corporal/día	0,069
PROC13	ECETOC TRA	Con Ventilación por Extracción Local	Inhalación	33,3 mg/m ³	0,128

*Cociente de caracterización del riesgo

4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: Please refer to the following documents: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

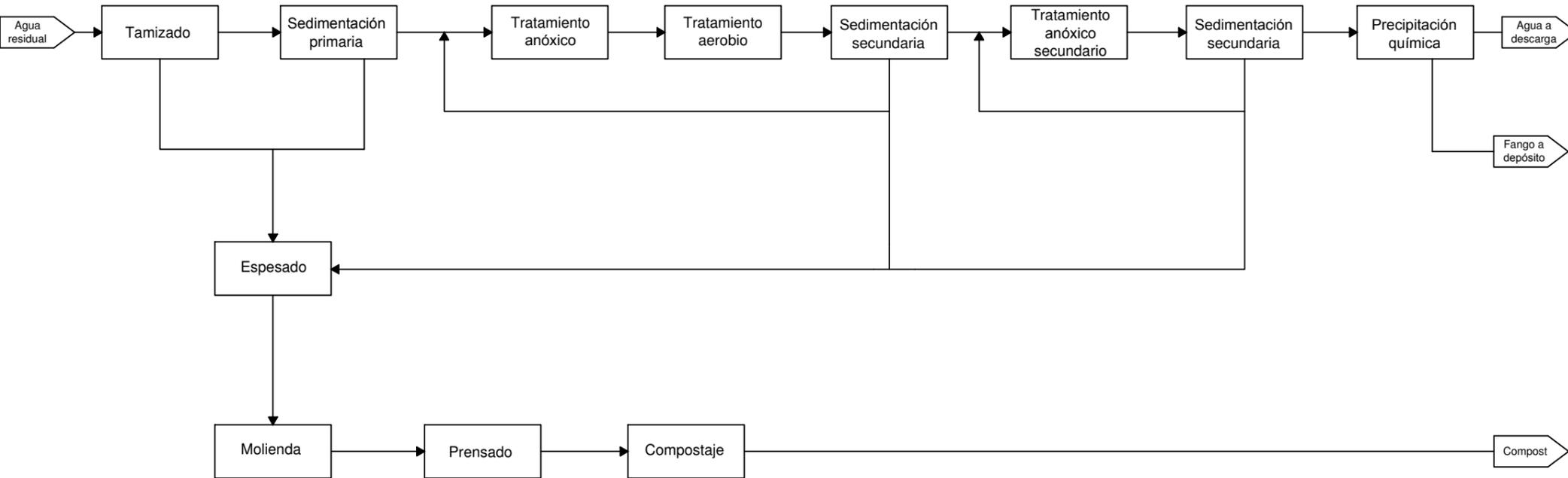
ANEXO VI: PLANOS

General notes:

Notes:

Equipment:

01	BD CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	BD INICIAL	RM/RL	22/6/2015	
Rev.	Description	By	Date	Apprv'd
Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO				
Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID				
Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
Diagram title: DIAGRAMA DE BLOQUES				
Diagram number: A3-BD-01				
Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO				
			DWG filename:	
Client project number:		Client DWG number:		
Job number:		Unit:	Page 1 of 1	Rev. 01

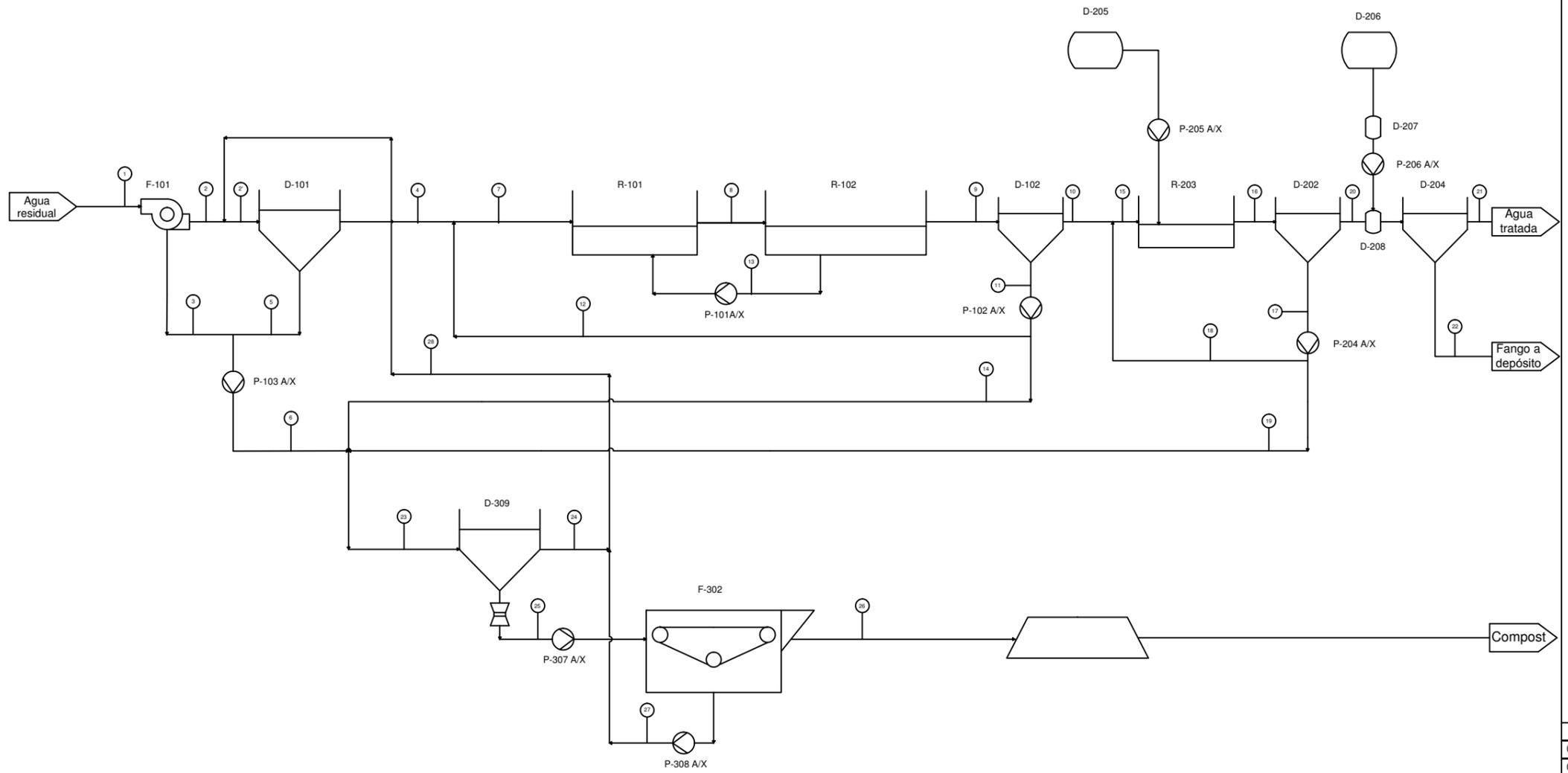


F-101 TAMIZ ROTATORIO
D-101 SEDIMENTADOR PRIMARIO
R-101 TANQUE ANÓXICO
R-101 HRAP
D-102 ESPESADOR SECUNDARIO
P-101 A/X BOMBA RECIRCULACIÓN INTERNA
P-102 A/X BOMBA RECIRCULACIÓN FANGO BIOLÓGICO
P-103 A/X BOMBA RECIRCULACIÓN EXTERNA
R-203 REACTOR ANÓXICO TERCIARIO
D-203 SEDIMENTADOR SECUNDARIO
D-204 SEDIMENTADOR FÓSFORO
D-205 DEPÓSITO METANOL
D-206 DEPÓSITO ALUMBRE
D-207 TANQUE DIARIO ALUMBRE
P-204 A/X BOMBA RECIRCULACIÓN FANGO BIOLÓGICO
P-205 A/X BOMBA METANOL
P-206 A/X BOMBA SOLUCIÓN ALUMBRE
D-308 ESPESADOR DE FANGOS
F-302 FILTRO PRENSA
P-307 A/X BOMBA MEZCLADOR
P-308 A/X BOMBA RETORNO AGUA

General notes:
 Número de corriente
 Equipo en reserva

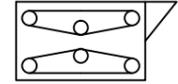
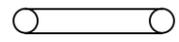
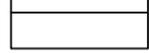
Notes:

Equipment:



Corriente		1	2	2'	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Presión	kPa	200	100	100	130	100	130	150	250	100	100	100	130	300	290	300	250	100	130	280	280	100	100	100	200	100	120	100	215	210
Temperatura	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Caudal	m3/d	54,8	50,6	68,8	4,2	58,1	10,7	14,9	72,6	421,3	72,6	51,5	21,1	14,5	348,7	6,6	72,7	72,7	21,2	20,9	0,3	53,3	48,4	4,9	21,7	7,8	13,9	3,5	10,4	18,2
Densidad	kg/m3	1000	1000	1000	1020	1000	1020	1020	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1040	1020	1000	1020	1020	1000	1000

01	PFD CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	PFD INICIAL	RM/RL	22/6/2015	
Rev.	Description	By	Date	Appr'd
Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO				
Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID				
Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
Diagram title: DIAGRAMA DE FLUJO				
Diagram number: A3-PFD-01				
Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO				
Client project number:			DWG filename:	
Client project number:			Client DWG number:	
Job number:		Unit:	Page 1 of 1	Rev. 01

VÁLVULAS	EQUIPOS	SÍMBOLOS DE INSTRUMENTACIÓN	DESIGNACIÓN DE TUBERÍAS	General notes: Para la simbología normalizada se ha empleado la referencia 20															
 VÁLVULA ANTIRETORNO  EIGHT FIGURE  VÁLVULA DE COMPUERTA  "Y" STRAINER  VÁLVULA DE CONTROL  VÁLVULA DE CORTE	 TAMIZ ROTATORIO  SEDIMENTADOR  SOPLANTE  ESPESADOR  BOMBA CENTRÍFUGA  BOMBA CENTRÍFUGA (ALTERNATIVO)  TRITURADOR  FILTRO PRENSA  CINTA TRANSPORTADORA  DEPÓSITO  BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO  TANQUE ATMOSFÉRICO	 INSTRUMENTO EN CAMPO  INSTRUMENTO EN SALA DE CONTROL  CONTROL COMPARTIDO	<p>DIÁMETRO NOMINAL</p> <p>SCHEDULE</p> <p>DN 1" Sch40S</p>	Notes:															
			DESIGNACIÓN DE EQUIPOS																
			<p>EQUIPO</p> <p>DIAGRAMA</p> <p>NÚMERO DE EQUIPO</p> <p>X -1 01</p>	Equipment:															
TUBERÍAS Y ACCESORIOS	LÍNEAS DE INSTRUMENTACIÓN	SÍMBOLOS ESPECIALES	DESIGNACIÓN DE INSTRUMENTOS																
 LÍNEA DE PROCESO  ELIMINADOR DE TORBELLINOS  REDUCTOR	 DATOS  ELÉCTRICA	 D-203 Línea de fangos DE / A OTRO DIAGRAMA	<p>INSTRUMENTO</p> <p>NÚMERO DE LAZO</p> <p>NÚMERO DE INSTRUMENTO</p> <p>X 1 - 1</p>	<table border="1"> <tr> <td>01</td> <td>P&ID0 CORREGIDO</td> <td>RM/RL</td> <td>27/6/2015</td> <td></td> </tr> <tr> <td>00</td> <td>P&ID0 INICIAL</td> <td>RM/RL</td> <td>22/6/2015</td> <td></td> </tr> <tr> <th>Rev.</th> <th>Description</th> <th>By</th> <th>Date</th> <th>Apprv</th> </tr> </table> <p>Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO</p> <p>Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</p> <p>Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>Diagram title: P&ID 0</p> <p>Diagram number: A3-P&ID0-01</p> <p>Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO</p> <p>DWG filename:</p> <p>Client project number: Client DWG number:</p> <p>Job number: Unit: Page 1 of 1 Rev. 01</p>	01	P&ID0 CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015		00	P&ID0 INICIAL	RM/RL	22/6/2015		Rev.	Description	By	Date	Apprv
01	P&ID0 CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015																
00	P&ID0 INICIAL	RM/RL	22/6/2015																
Rev.	Description	By	Date	Apprv															

F-101 TAMIZ ROTATORIO		
P	1	bar
T	20	°C

D-101 SEDIMENTADOR PRIMARIO		
V	7.5	m3
T	20	°C
D	1.45	m

R-101 TANQUE ANÓXICO		
V	44	m3
T	20	°C
H	4	m

R-101 HRAP		
V	3000	m3
T	20	°C
H	0.03	m

D-102 ESPESADOR SECUNDARIO		
V	30	m3
T	20	°C
D	5.3	m

General notes:

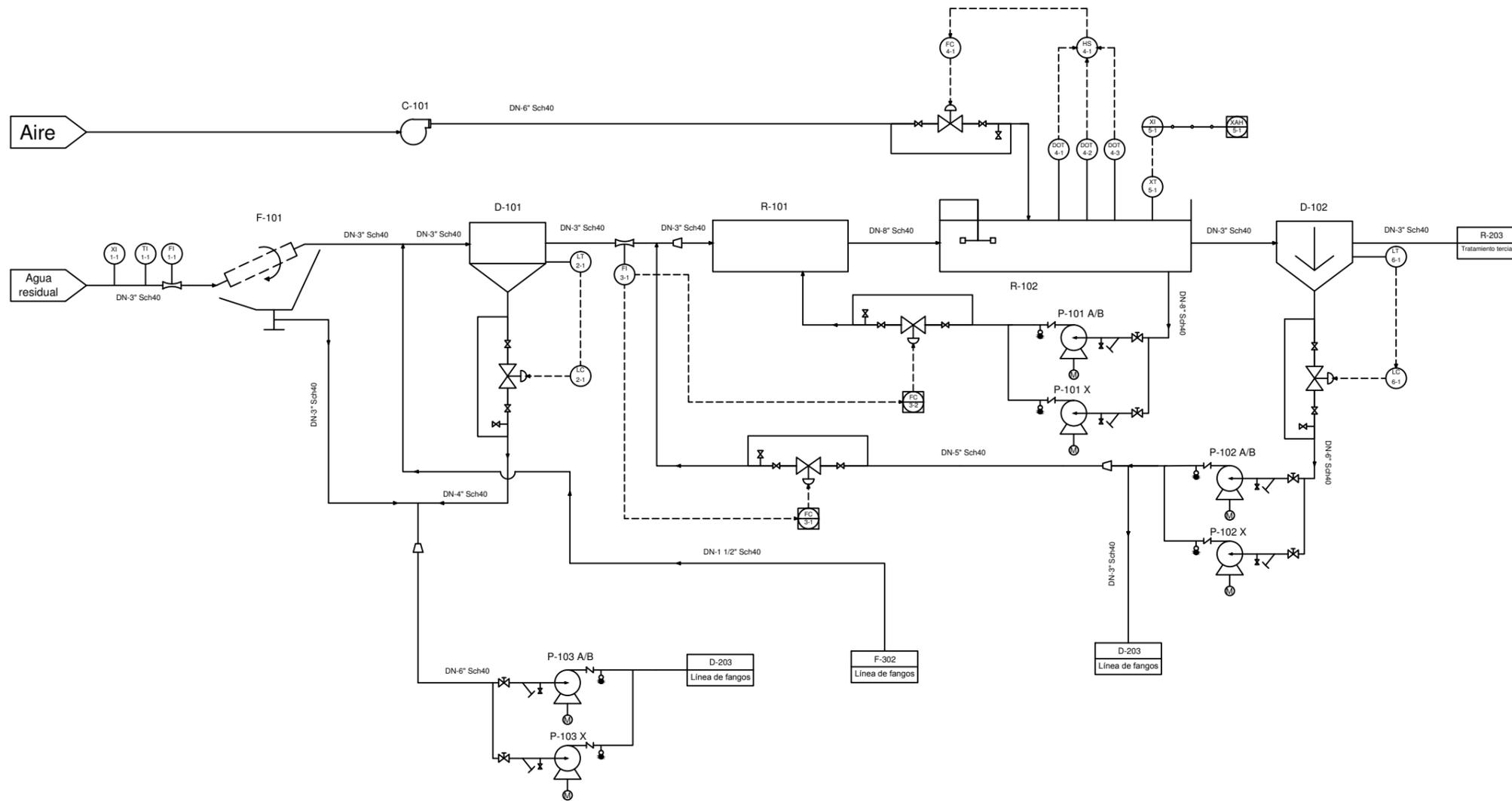
X Equipo en reserva

Variable controlada: pH

Notes:

Equipment:

- C-101
- D-101
- D-102
- F-101
- P-101 A/B
- P-102 A/B
- P-103 A/B
- R-101
- R-102



P-101 A/B BOMBA RECIRCULACIÓN INTERNA		
P _{ef.}	184	kPa
T	20	°C
Pot.	2106	W

P-102 A/B BOMBA RECIRCULACIÓN EXTERNA		
P _{ef.}	172.4	kPa
T	20	°C
Pot.	86.2	W

C-101 SOPLANTE CONTROL DE O.D.		
T	20	°C
Pot.	3740	W

P-103 A/B BOMBA RECIRCULACIÓN EXTERNA		
P _{ef.}	20.6	kPa
T	20	°C
Pot.	11.5	W

01	P&ID 100 CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	P&ID 100 INICIAL	RM/RL	22/6/2015	
Rev.	Description	By	Date	Apprv'd
Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO				
Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID				
Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
Diagram title: P&ID 100				
Diagram number: A3-P&ID100-01				
Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO				
DWG filename:				
Client project number:			Client DWG number:	
Job number:		Unit:	Page 1 of 1	Rev. 01

R-203
REACTOR ANÓDICO
TERCIARIO

V	7.6	m ³
T	20	°C
H	4	m

D-203
SEDIMENTADOR
SECUNDARIO

V	7.6	m ³
T	20	°C
D	1.8	m

D-204
SEDIMENTADOR
FÓSFORO

V	7.6	m ³
T	20	°C
H	4	m

D-205
DEPÓSITO
METANOL

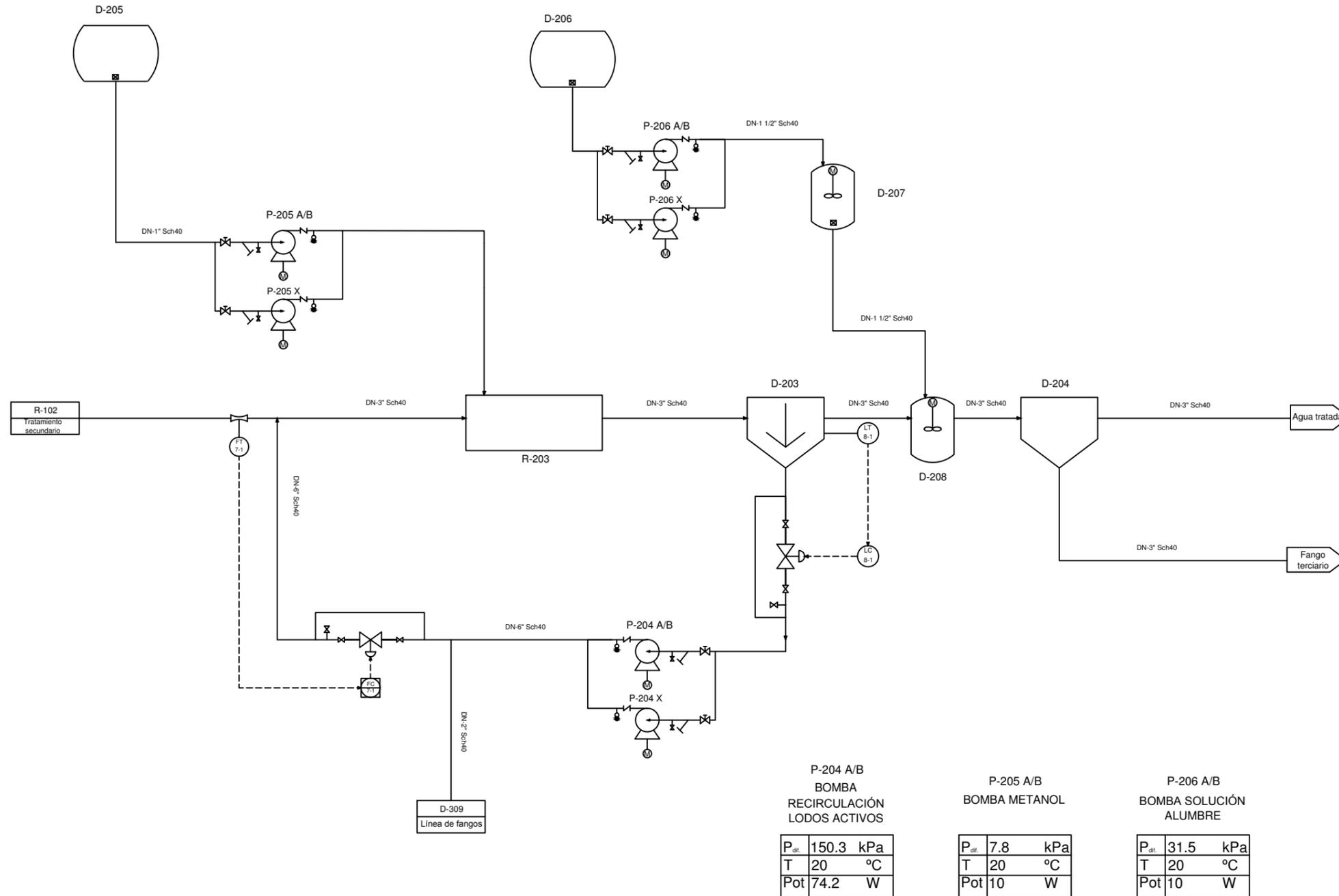
D	1.82	m
H	2.8	m
P	1	bar

D-206
DEPÓSITO
ALUMBRE

D	2.8	m
H	4.2	m
P	1	bar

D-207
TANQUE DIARIO
ALUMBRE

D	7.6	m ³
H	20	°C
P	4	m



P-204 A/B
BOMBA
RECIRCULACIÓN
Lodos Activos

P _{dis}	150.3	kPa
T	20	°C
Pot	74.2	W

P-205 A/B
BOMBA METANOL

P _{dis}	7.8	kPa
T	20	°C
Pot	10	W

P-206 A/B
BOMBA SOLUCIÓN
ALUMBRE

P _{dis}	31.5	kPa
T	20	°C
Pot	10	W

General notes:
X Equipo en reserva

Notes:

Equipment:
D-203
D-204
D-205
D-206
D-207
D-208
P-204 A/B
P-205 A/B
P-206 A/B
R-203

01	P&ID 200 CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	P&ID 200 INICIAL	RM/RL	22/6/2015	
Rev.	Description	By	Date	Apprv'd

Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO

Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Diagram title: P&ID 200

Diagram number: A3-P&ID200-01

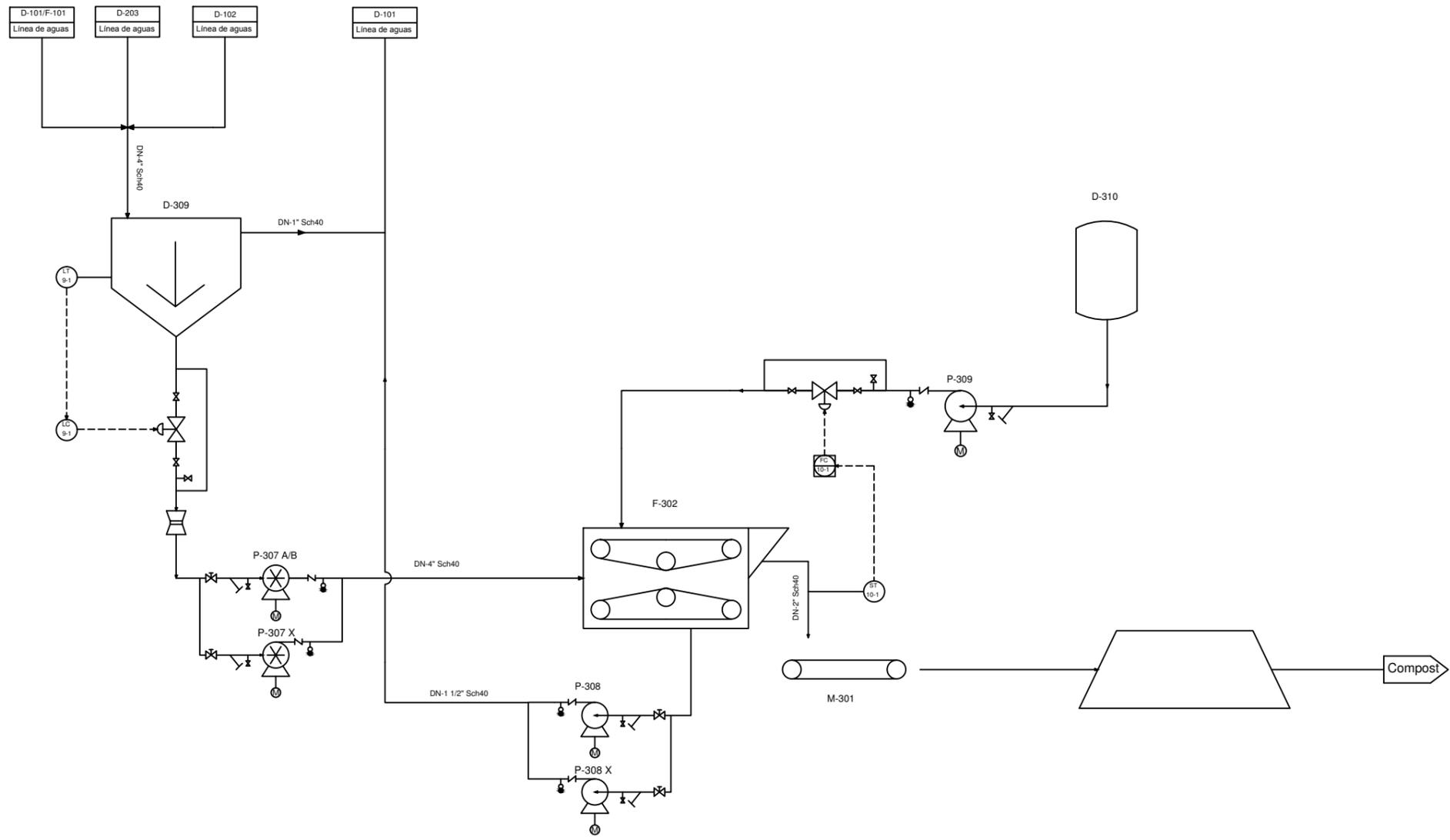
Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO

DWG filename:

Client project number: Client DWG number:

Job number: Unit: Page 1 of 1 Rev. 01

TRITURADOR			D-309 ESPESADOR DE FANGOS			F-302 FILTRO PRENSA			D-310 DEPÓSITO DE ACONDICIONANTE			M-301 CINTA TRANSPORTADORA		
P	1	bar	V	8.75	m ³	L	0.5	m	V	xxx	m ³	L	20	m
T	20	°C	T	20	°C	T	20	°C	T	20	°C	T	20	°C
			D	4.3	m	A	0.75	m ²	D	xxx	m	A	10	m ²



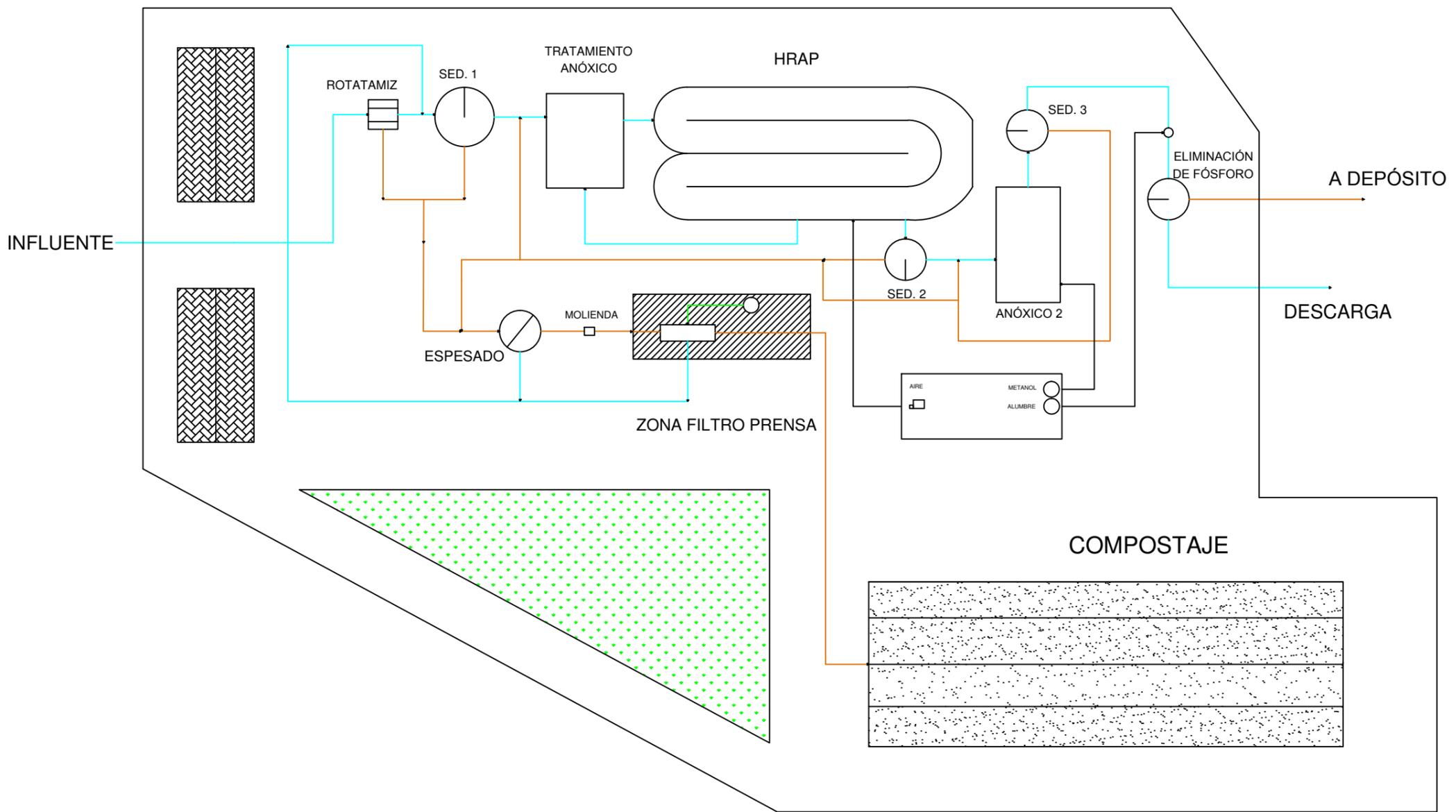
P-307 A/B BOMBA MEZCLADOR				P-308 A/B BOMBA RETORNO AGUA				P-309 BOMBA DE ACONDICIONANTE						
P _{ref}	21.9	kPa	P _{ref}	106	kPa	P _{ref}	xxx	kPa	T	20	°C	Pot	xxx	kW
T	20	°C	T	20	°C	T	20	°C	Pot	12.8	W	Pot	51	W

General notes:
 Los equipos D-310 y P-309 son suministrados junto por el fabricante junto con el filtro prensa F-302
 La designación M para un equipo significa cinta transportadora

Notes:

Equipment:
 D-308
 D-309
 F-302
 M-301
 P-307 A/B
 P-308 A/B
 P-309 A/B

01	P&ID 300 CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	P&ID 300 INICIAL	RM/RL	22/6/2015	
Rev.	Description	By	Date	Apprv
Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO				
Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID				
Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
Diagram title P&ID 300				
Diagram number A3-P&ID300-01				
Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO				
Client project number: Client DWG number:				
Job number:		Unit:	Page 1 of 1	Rev. 01



General notes:

Notes:

Equipment:

Rev.	Description	By	Date	Appr'd
01	LAYOUT CORREGIDO	RM/RL	27/6/2015	
00	LAYOUT INICIAL	RM/RL	22/6/2015	

Licensed to: TRABAJO DE FIN DE GRADO

Licensor: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Plant title: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Diagram title: LAYOUT

Diagram number: A3-LAYOUT-01

Student: BURGOA FRANCISCO, FERNANDO

DWG filename:

Client project number: Client DWG number:

Job number: Unit: Page 1 of 1 Rev. 01

ANEXO VII: BALANCES DE MATERIA

TRATAMIENTO PRIMARIO							
Corriente	1	2	3	28	2'	4	5
Q m ³ /d	54,80	50,60	4,20	18,25	68,85	58,1	10,7
DQO _t g/l	54,36	37,71	254,94	57,20	42,88	16,9	113,8
DQO _s g/l	6,80	6,80	6,80	4,41	6,17	6,17	6,17
DQO _p g/l	47,56	30,90	248,13	11,77	25,83	10,7	107,7
DQO _t kg/d	2979,04	1907,96	1071,07	1044,21	2952,17	981,1	1222,4
DQO _s kg/d	372,80	344,22	28,58	80,55	424,77	358,5	66,2
DQO _p kg/d	2606,23	1563,74	1042,49	214,91	1778,65	622,5	1156,1
N _t g/l	3,50	3,50	3,50	5,97	4,15	4,2	4,2
N NH ₄ g/l	2,14	2,14	2,14	1,37	1,93	1,9	1,9
N _t kg/d	191,80	177,10	14,70	108,91	286,01	241,4	44,6
N NH ₄ kg/d	117,00	108,03	8,97	24,97	133,00	112,3	20,7
N NO ₃ mg/l	0,15	0,15	0,15	209,43	55,63	55,6	55,6
N NO ₃ kg/d	0,01	0,01	0,001	3,82	3,83	3,233	0,597
COT _s g/l	4,07	4,07	4,07	2,64	3,69	3,7	3,7
COT _s Kg/d	223,15	206,04	17,11	48,21	254,25	214,6	39,7
COT _t g/l	16,82	12,36	70,59	7,40	11,04	6,7	34,3
COT _t kg/d	921,85	625,26	296,59	135,01	760,27	391,7	368,6
Cl g/l	0,15	0,15	0,15	0,25	0,18	0,2	0,2
Cl kg/d	8,22	7,59	0,63	4,64	12,23	10,3	1,9
DBO _t g/l	32,62	21,20	170,18	8,75	17,89	14,6	36,0
DBO _t kg/d	1787,42	1072,45	714,97	159,65	1232,11	846,0	386,1
DBO g/l	4,08	2,65	21,30	5,85	3,50	3,5	3,5
DBO kg/d	223,68	134,21	89,47	106,80	241,01	203,4	37,6
SST g/l	25,00	16,25	130,43	6,20	13,58	5,6	56,6
SST kg/d	1370,00	822,00	548,00	113,10	935,10	327,3	607,8
P g/l	1,59	1,59	1,59	1,56	1,58	1,6	1,6
P kg/d	86,86	80,20	6,66	28,39	108,59	91,7	16,9
X g/l	0,00	0,00	0,00	3,13	0,83	0,3	3,5
X kg/d	0,00	0,00	0,00	57,09	57,09	20,0	37,1
H ₂ O kg/d	53430	49776	3653	18121	67897	39646	10130

TRATAMIENTO SECUNDARIO								
Corriente	7	8	9	10	11	12	13	14
Q m ³ /d	72,64	421,33	72,64	51,54	21,10	14,53	348,69	6,58
DQO _t g/l	36,22	36,23	34,84	2,59	113,59	113,59	34,84	113,6
DQO _s g/l	4,96	0,82	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
DQO _p g/l	8,74	1,44	0,26	0,02	0,85	0,85	0,26	0,85
DQO _t kg/d	2631	15265,8	2530,6	133,5	2397,1	1650,3	12146,	746,8
DQO _s kg/d	360,6	343,86	10,56	7,49	3,07	2,11	51,22	0,96
DQO _p kg/d	634,9	605,04	18,90	0,95	17,96	12,36	89,80	5,60
DQO _p X g/l	22,52	33,98	34,43	2,43	112,59	112,59	34,43	112,6
DQO _p X kg/d	1635	14316	2501,2	125,0	2376,1	1635,8	12005	740,3
N _t g/l	5,44	3,94	3,65	0,82	10,58	10,58	3,65	10,58
N NH ₄ g/l	1,55	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N _t kg/d	395,1	1660,19	265,25	42,01	223,24	153,69	1273,0	69,55
N NH ₄ kg/d	112,2	418,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N NO ₃ mg/l	164,5	0,00	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0
N NO ₃ kg/d	11,95	0,00	43,59	30,92	12,66	8,72	209,21	3,95
COT _s g/l	2,97	0,49	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
COT _s Kg/d	215,8	205,82	6,32	4,48	1,84	1,26	30,66	0,57
COT _t g/l	13,89	13,01	42,49	1,00	42,49	42,49	42,49	42,49
COT _t kg/d	1009	5481,41	948,38	51,59	896,79	617,38	4551,9	279,4
Cl g/l	0,23	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Cl kg/d	16,73	207,71	32,05	22,74	9,31	6,41	153,10	2,90
DBO _t g/l	11,65	17,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO _t kg/d	846,0	7540,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO _s g/l	2,80	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO _s kg/d	203,4	169,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SST g/l	4,63	0,62	0,19	0,01	0,63	0,63	0,19	0,63
SST kg/d	336,5	261,95	14,10	0,71	13,40	9,22	66,50	4,17
P _t g/l	1,56	1,49	1,47	1,47	1,47	1,47	1,48	1,47
P _t kg/d	113,0	626,95	106,95	75,88	31,07	21,39	514,55	9,68
P _p biomasa g/l	0,17	0,24	0,25	0,018	0,83	0,83	0,25	0,83
P _p biomasa kg/d	11,99	100,82	18,33	0,92	17,41	11,99	87,99	5,43
P _s g/l	1,34	1,24	1,22	1,45	0,64	0,64	1,22	0,64
P _s kg/d	97,69	523,51	88,48	74,96	13,52	9,31	425,90	4,21
SST biomasa g/l	16,78	23,93	25,23	1,78	82,52	82,52	25,23	82,52
SST biomasa kg/d	1218,8	10082,3	1833,0	91,65	1741,4	1198,8	8798,7	542,5
SST total g/l	21,41	24,55	25,43	1,79	83,15	83,15	25,42	83,15
SST total kg/d	1555,3	10344,3	1847,1	92,36	1754,8	1208,0	8865,2	546,7
N _p biomasa g/l	2,01	2,87	3,03	0,21	9,90	9,90	3,03	9,90
N _p biomasa kg/d	146,26	1209,88	219,97	11,00	208,97	143,86	1055,8	65,11
N _p purin g/l	0,56	0,07	0,02	0,00	0,08	0,08	0,02	0,08
N _p purin kg/d	40,38	31,43	1,69	0,08	1,61	1,11	7,98	0,50

Tratamiento terciario										
Corriente	15	16	17	18	19	20	Alum	20'	21	22
Q m ³ /d	79,6	79,6	28,3	28,0	0,3	51,2	2,1	53,3	48,4	5,0
DQO _t g/l	16,4	16,6	41,8	41,8	41,8	2,7	-	2,6	0,4	23,9
DQO _s g/l	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	-	0,14	0,14	0,14
DQO _p g/l	0,11	0,108	0,27	0,27	0,27	0,02	-	0,02	0,00	0,16
DQO _t kg/d	1303	1321,7	1183,2	1170,3	12,9	138,5	-	138,5	19,9	118,6
DQO _s kg/d	11,6	11,6	4,1	4,1	0,0	7,4	-	7,4	6,8	0,7
DQO _p kg/d	8,6	8,6	7,7	7,7	0,1	0,9	-	0,9	0,1	0,8
DQO _p X g/l	16,1	16,4	41,4	41,4	41,4	2,5	-	2,4	0,3	23,6
DQO _p X kg/d	1283,	1301,5	1171,3	1158,6	12,7	130,1	-	130,1	13,0	117,1
N _t g/l	1,8	1,4	3,5	3,5	3,5	0,2	-	0,2	0,0	2,0
N _t kg/d	140,6	112,02	99,741	98,657	1,083	12,28	-	12,28	2,26	10,02
N NO ₃ mg/l	397,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	-	24,02	24,02	24,02
N NO ₃ kg/d	31,62	1,989	0,708	0,700	0,008	1,281	-	1,28	1,16	0,12
COT _s g/l	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	-	0,08	0,08	0,08
COT _s Kg/d	6,92	6,92	2,46	2,44	0,03	4,46	-	4,46	4,04	0,41
COT _t g/l	5,91	5,97	14,95	14,95	14,95	1,00	-	0,96	0,18	8,58
COT _t kg/d	470,3	474,57	423,35	418,75	4,59	51,22	-	51,22	8,72	42,50
Cl g/l	0,41	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357	-	0,34	0,34	0,34
Cl kg/d	32,74	28,419	10,12	10,01	0,11	18,30	-	18,30	16,60	1,70
SST g/l	0,01	0,006	0,014	0,014	0,014	0,001	-	5,48	0,60	53,12
SST kg/d	1,09	0,438	0,394	0,390	0,004	0,044	-	292,4	29,24	263,1
P _t g/l	1,57	1,57	1,74	1,74	1,74	1,47	-	1,47	0,16	13,66
P _t kg/d	124,6	124,61	49,35	48,81	0,54	75,26	-	75,23	7,57	67,66
P _p bio g/l	0,11	0,12	0,29	0,29	0,29	0,02	-	0,02	0,002	0,17
P _p bio kg/d	9,08	9,17	8,25	8,16	0,09	0,92	-	0,92	0,09	0,82
P _s g/l	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	-	0,001	0,001	0,001
P _s kg/d	115,6	115,44	41,10	40,65	0,45	74,34	-	0,05	0,05	0,005
SST bio g/l	11,41	11,52	29,13	29,13	29,13	1,79	-	1,72	0,19	16,65
SST bio kg/d	907,5	916,53	824,88	815,92	8,96	91,65	-	91,65	9,17	82,49
SST total g/l	11,42	11,53	29,14	29,14	29,14	1,79	-	7,20	0,79	69,77
SST total kg/d	908,6	916,97	825,27	816,31	8,965	91,69	-	384,0	38,41	345,6
N _p bio g/l	1,37	1,38	3,50	3,50	3,50	0,21	-	0,21	0,02	2,00
N _p bio kg/d	108,9	109,98	98,986	97,910	1,075	10,99	-	11,00	1,10	9,90
Alum kg/d	-	-	-	-	-	-	1198,1	-	-	-

Línea de fangos						
Corriente	23	24	25	26	27	28
Q m ³ /d	21,72	7,81	13,90	3,46	10,44	18,25
DQO _t g/l	140,39	114,34	155,03	578,90	14,44	57,20
DQO _s g/l	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41
DQO _p g/l	101,50	14,10	150,62	574,49	10,03	11,77
DQO _t kg/d	3048,7	893,44	2155,3	2004,5	150,77	1044,2
DQO _s kg/d	95,83	34,48	61,35	15,28	46,07	80,55
DQO _p kg/d	2204,2	110,21	2094,0	1989,3	104,70	214,91
N _t g/l	5,97	0,18	5,97	5,97	5,97	5,97
N NH ₄ g/l	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
N _t kg/d	129,58	46,62	82,95	20,66	62,29	108,91
N NH ₄ kg/d	29,71	10,69	19,02	4,74	14,28	24,97
N NO ₃ mg/l	209,43	209,43	209,43	209,43	209,43	209,43
N NO ₃ kg/d	4,55	1,64	2,91	0,73	2,19	3,82
COT _s g/l	2,64	2,64	2,64	2,64	27,57	2,64
COT _s Kg/d	57,36	20,64	36,72	9,15	27,57	48,21
COT _t g/l	43,63	8,34	63,47	234,66	6,69	7,40
COT _t kg/d	947,59	65,15	882,44	812,58	69,86	135,01
Cl g/l	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cl kg/d	5,52	1,99	3,54	0,88	2,65	4,64
DBO _t g/l	50,70	14,09	71,28	271,87	4,75	8,75
DBO _t kg/d	1101,05	110,11	990,95	941,40	49,55	159,65
DBO _s g/l	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85
DBO _s kg/d	127,06	45,72	81,34	20,26	61,08	106,80
SST g/l	53,41	7,42	79,27	302,33	5,28	6,20
SST kg/d	1159,99	58,00	1101,99	1046,89	55,10	113,10
P g/l	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
P kg/d	33,78	12,16	21,63	5,39	16,24	28,39
X g/l	26,96	3,75	40,01	152,62	2,66	3,13
X kg/d	585,56	29,28	556,28	528,47	27,81	57,09
H ₂ O kg/d	20008	7764	12244	1887	10356	18121