

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Y
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES



PROYECTO

INGENIERÍA QUÍMICA

**AMPLIACIÓN DE UNA EDAR
CON TRATAMIENTO TERCIARIO:
OZONO Y RADIACIÓN U.V.**

Almería, Febrero de 2014

Verónica Roca Doña

Profesor: José Antonio Sánchez Pérez
Profesora: Isabel María Román Sánchez

Dedicatoria y agradecimientos

Dedico muy especialmente el presente Proyecto Fin de Carrera a mis padres, Juan y M^a Dolores, a mi hermana M^a del Mar y mi hermano Juan Álvaro; por la educación y valores que me han inculcado, y por su apoyo incondicional a lo largo de todos los años de mi vida.

También me gustaría agradecer a todos los profesores que han formado parte en mi proceso de aprendizaje, además de todos los compañeros que me han acompañado durante todos estos años. Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Almería, es una ciudad de 192 697 habitantes, que al igual que muchas otras ciudades su agricultura se ve desfavorecida por la escasez de agua. Hoy en día se puede contribuir de distintas maneras para poder solventar este problema, y así mejorar la satisfacción de las demandas de agua, equilibrar y armonizar el desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando su uso en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.

Para ello se debe incrementar los recursos disponibles mediante nuevas obras de regulación, como pueden ser nuevas captaciones de aguas subterráneas, plantas de recarga artificial de acuíferos, reutilización de aguas residuales depuradas, etc. Todo ello realizado de forma que queden plenamente garantizadas la viabilidad técnica, económica, social y medioambiental de las actuaciones.

Una forma de contribuir, es mejorando las estaciones depuradoras ya existentes, por lo que el presente proyecto, tiene como objetivo la ampliación de una edar urbana

mediante un proceso de tratamiento terciario que combina la actuación del ozono y la radiación ultravioleta.

El proceso tratará un caudal de $17\text{m}^3/\text{h}$, donde el efluente es introducido al proceso y se adiciona las siguientes dosificaciones de reactivos, hidróxido de magnesio para alcalinizar el medio y floculante que favorecerá el proceso de coagulación. A continuación se encuentra el filtro silex, este filtro combina arena silex en la parte superior y antracita en la parte inferior, para pasar por el filtro de cartuchos, después se realizará la adición de ácido sulfúrico o sosa con el objetivo de ajustar el pH.

A continuación el agua fluye por el contactor gas-líquido donde se realiza la aplicación de ozono, es en esta etapa donde se mejora el tratamiento biológico, así como el tratamiento físico-químico del agua. Por último, recorrerá el sistema de radiación ultravioleta, que destruirá las fracciones de moléculas orgánicas oxidadas por el ozono. El filtro de carbón activo constituye el siguiente paso, donde se eliminan los microcontaminantes, así como olores y sabores terminando en el filtro de lecho continuo.

Atendiendo al estudio económico realizado el proyecto descrito en la presente memoria, se observa que es económicamente rentable, y supone una mejora del déficit hídrico de la zona almeriense.

INDICE GENERAL

MEMORIA JUSTIFICATIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

ANEXO IV

ANEXO V

ANEXO VI

ANEXO VII

DIAGRAMA Y PLANOS

MEMORIA JUSTIFICATIVA

1. ANTECEDENTES	2
2. OBJETIVO DEL PROYECTO	3
3. OPCIONES DE VIABILIDAD.....	4
4. JUSTIFICACIÓN DE LA OPCIÓN ELEGIDA	8
5. SELECCIÓN FINAL.....	9
6. LOCALIZACIÓN	11

1. ANTECEDENTES

La provincia de Almería presenta al igual que muchas otras, un serio problema como es la escasez de agua.

A pesar de las distintas campañas que hay hoy día para concienciar a la sociedad del ahorro del agua, por las características climatológicas de la provincia el problema se ve agravado en el transcurso de los años.

Un sector muy preocupado ante esta situación son los agricultores de la provincia que buscan soluciones ante este problema. Son muchas las que se proponen y muchos los estudios que se realizan para poder llegar a una solución. Como los trasvases, búsqueda de aguas subterráneas, desalación de aguas salinas, embalses y reutilización de aguas residuales. Es en ésta última solución en la que enfoca el estudio de este proyecto. Se buscará el saneamiento del agua residual para poder ser aprovechado para riego en agricultura.

El presente proyecto se centrará en estudiar una posible solución mediante la ampliación de una edar con tratamiento terciario.

La EDAR urbana de Almería consta con las siguientes etapas de tratamiento:

Línea de Agua:

- Recepción y Predesbaste.
- Elevación de agua bruta.
- Pretratamiento, consistente en desbaste, desarenado y desengrasado.
- Adición de reactivos químicos para control de olores en decantación primaria.
- Decantación Primaria.
- Tratamiento biológico mediante fangos activados a media carga.
- Decantación secundaria.

Línea de fangos:

- Espesamiento por gravedad de los fangos procedentes de la decantación primaria.
- Concentración por flotación de los fangos biológicos sobrantes.
- decantación primaria.
- Concentración por flotación de los fangos biológicos sobrantes.
- Homogeneización de fangos, mediante mezcla de los fangos previamente espesados.
- Digestión anaerobia de los fangos espesados en dos etapas. Como consecuencia de este proceso, se genera biogás, que, en parte, se reutiliza en la calefacción del proceso de digestión.
- Deshidratación de fangos, mediante filtros banda.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es mejorar la depuradora de aguas residuales mediante un sistema de desinfección de aguas residuales para que puedan ser reutilizadas y prevenir la extensión de enfermedades. Y así poder contribuir al problema que presenta la provincia de Almería en cuanto a la sequía y el aprovechamiento del agua.

En la EDAR tiene un caudal de salida de 30000 m³/día que se desaprovecha y que puede ser utilizado para el abastecimiento del agua potable, playas, zonas recreativas y viveros; previo de una desinfección.

Es importante saber que el agua reutilizada debe cumplir con los estándares de calidad para evitar tanto problemas de salud pública como de contaminación de las aguas superficiales.

3. OPCIONES DE VIABILIDAD

Los métodos disponibles de desinfección nos dan una gran variedad de opciones en el estudio de su viabilidad:

- Agentes Químicos:

El cloro y sus compuestos:

En el comportamiento químico del cloro en el agua, debe tenerse en cuenta que la cantidad de cloro que se debe añadir para la eliminación de microorganismos no forma parte de la denominada demanda, si no del cloro residual.

Esto significa que la eliminación de los microorganismos, no produce una disminución sensible de la cantidad de cloro residual, el que además de ejercer su acción bactericida protege al agua contra posteriores contaminaciones. Dicho de otras palabras:

Dosificación total de cloro = demanda + residual

Comportamiento químico del cloro en el agua.

Factores que influyen en la cloración del agua:

-Tiempo y concentración: un cloro residual libre de 0,5 mg/L en un tiempo de reacción de 10 minutos a un pH de 7.0 eliminará bacterias igual que un cloro residual combinado de 0,60 mg /L en un tiempo de reacción de 60 minutos.

-Temperatura: Para lograr la misma acción bactericida a 45°C en comparación con la temperatura de 21°C, siendo iguales todos los demás factores, la concentración de cloro residual combinado debe ser más del doble de la concentración del cloro residual libre.

- pH: A un pH de 6.5 y una temperatura de 21°C, 0,3 mg/L de Cl₂ residual combinado causan un efecto letal en las bacterias. A un pH de 7.0 y una temperatura de 21°C, 0,6 mg/L de Cl₂ residual combinado causan un efecto letal en las bacterias.

En resumen el cloro agrega a las aguas naturales a fin de aprovechar su acción germicida para lograr una desinfección de la misma y mediante un ligero exceso para prevenir futuras contaminaciones.

El problema que presenta la cloración es la resistencia a la cloración de ciertos microorganismos del agua residual.

El ozono:

El ozono es un fuerte agente oxidante el cual oxida y mata sustancias orgánicas pesticidas y organismos patógenos tales como los virus o las bacterias para poder filtrarlos.

En Esta tabla veremos las ventajas y desventajas del ozono:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es eficaz ante los virus, bacterias, hongos, esporas, algas y protozoos.	Produce subproductos de desinfección: cetonas, bromatos, quinonas, etc.
Es un buen desinfectante y oxidante.	No proporciona un residuo resistente.
Desactiva a algunos agentes patógenos conocidos como Giardia y Criptosporidio.	Requiere un alto nivel económico en lo referido al mantenimiento y operarios.
Es capaz de controlar el sabor y olor del agua.	Promueve el crecimiento microbiano, al reaccionar con la materia orgánica y la descompone en nutrientes mejorando el crecimiento microbiano.
Es independiente del pH y de la temperatura.	Es un gas tóxico y corrosivo.
Es un método simple y económico.	Debe añadirse disuelto en el agua y tiene un periodo corto de vida.

Actualmente el ozono es el más serio competidor del cloro, por su eficacia como desinfectante.

El bromo y el cloruro de bromo:

El bromo, al igual que otros halógenos, posee propiedades desinfectantes. Al reacción con el agua forma ácido hipobromoso.

Presenta las mismas características bactericidas del cloro y yodo, aunque su poder desinfectante es menor.

Se puede usar el bromo para la desinfección ya que no genera residuos ni olores molestos. Además presenta otra ventaja, el bromo proporciona más confort porque a diferencia de otros desinfectantes, no provoca molestias en los ojos ni en la piel.

El yodo:

Todos los halógenos son desinfectantes, sus propiedades germicidas y de penetración en general aumentan con su peso atómico. El yodo es el halógeno de mayor peso atómico y que por su bajo poder de oxidación resulta más estable.

El yodo es un desinfectante excelente para el agua. Es eficaz contra las bacterias, los virus, los quistes de amebas y otros microorganismos de enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, si disponibilidad y uso han sido limitados.

El inconveniente que presenta es su elevado coste que es entre 6 y 10 veces mayor que el cloro, además que en un agua muy turbia o contaminada podría requerir dosis mayores y tiempos de contacto de mayor duración.

- Agentes Físicos:

Decantación natural, filtración y microfiltración sobre arena: Es la separación por decantación donde se aprovecha la fuerza de la gravedad que imprime a las partículas un movimiento descendente, cuya velocidad depende de la densidad y viscosidad del líquido y del tamaño, forma y densidad de la partícula. Cuando la concentración de sólidos es importante, la densidad aumenta se produce una sedimentación retardada. En el filtro de arena la retención de las partículas tiene lugar sobre la capa más externa del medio granular sobre la cual incide el agua. Además de la simple intercepción actúan fuerzas moleculares, químicas y superficiales. En la microfiltración, los microfiltros trabajan a baja carga, y con muy poco desnivel y están basados en una pantalla giratoria de malla a través de la cual circula el caudal de agua, a la vez que se encuentran rellenos de arena. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie interior de microfiltro que dispone de un sistema de lavado continuo.

El calor: No es un método factible debido a su elevado coste de aplicación a grandes cantidades de agua residual.

La radiación ultravioleta: Se produce con lámparas especiales de vapor de mercurio. En las aguas residuales la acción letal solo puede ejercerse a través de unos pocos milímetros, debido a los sólidos en suspensión y turbidez. Tiene un efecto esterilizante.

En el proceso de radiación UV, los rayos ultravioleta actúan para desinfectar las aguas residuales desactivando los organismos patógenos a través de cambios fotoquímicos inducidos dentro de las células del organismo.

En este caso los patógenos no son destruidos, sino más bien pierden su capacidad de reproducción. La acción natural de este proceso se puede acelerar mediante la concentración intensa de rayos ultravioleta.

Veamos en una tabla las ventajas y desventajas de éste método de desinfección:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Elimina las bacterias comunes y los virus.	La penetración de los rayos en el agua, esta limitada por la presencia de color y turbidez. El agua debe ser completamente clara.
Las características físicas y químicas del agua no se alteran.	Con el transcurso del tiempo, las lámparas pueden ensuciarse reduciendo la penetración de los rayos.
La operación del proceso es sencilla y de bajo coste. Necesita tanques de mezcla o de contacto.	La duración útil de las lámparas es limitada.

El proceso de desinfección con rayos ultravioleta, está indicado para aguas de abastecimiento muy claras, o aquellas que han sido previamente tratadas y clarificadas.

Radiación ultravioleta y ozono: Este proceso emplea una serie de filtros: de arena sílex y antracita, de cartuchos, microfiltro sobre carbón activo y de arena, un equipo de radiación ultravioleta y un equipo de generación y dosificación de ozono.

El agua se introduce al sistema desde un tanque, se realiza entonces la aplicación de ozono mediante un desgasificador con lo que las macromoléculas serán oxidadas y reducidas en su tamaño. El agua pasa por sendos filtros que se encargarán de retener moléculas en suspensión. Por último el agua recorrerá el sistema de radiación ultravioleta, que destruirá las fracciones de moléculas orgánicas preoxidadas por el ozono.

Se trata de un proceso de gran efectividad, que en un corto plazo de tiempo reduce y prácticamente elimina la totalidad de la carga orgánica en disolución del agua. Su manejo no resulta dificultoso, en condiciones normales no requerirá de personal especializado, suponiendo un ahorro de mano de obra cualificada. Los costes de instalación, mantenimiento y uso son medianos.

– **Agentes biológicos:**

Sistema de lagunado, lagunas de oxidación facultativas: Es un proceso biológico consistente en hacer pasar los afluentes de aguas residuales a través de estanques o lagunas donde la contaminación se degrada por la actividad bacteriana, la actividad fotosintética y asimiladora de minerales de las algas y el poder germicida de la luz. Este sistema es muy dependiente de la temperatura, perdiendo su efectividad a partir de cierta temperatura. Requiere también de grandes extensiones de terreno y es útil solamente para capacidades pequeñas.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA OPCIÓN ELEGIDA

Existen distintos factores, tanto técnicos como económicos, que harán más aconsejable la elección de una u otra alternativa, los cuales se exponen a continuación.

- Estado comercial de la tecnología:
- Plazos de instalación:
- Consumo de electricidad:
- Cualificación de los operadores:
- Necesidades de espacio:
- a) Estudio de la viabilidad de la reutilización
 - A.1.- Posibles usos y usuarios.
 - A.2.- Determinación de calidad exigible según destino del agua.
 - A.3.- Estimación de costes
 - A.4.- Informa de viabilidad: posibilidades y límites.

b) Análisis técnico-económico.

B.1.- Caracterización física del medio receptor.

B.2.- Caracterización detallada del agua residual disponible, y de la calidad exigida al efluente.

B.3.- Definición del método de tratamiento adecuado y de las instalaciones necesarias.

B.4.- Evaluación económica de la inversión.

5. SELECCIÓN FINAL

Para decidir el tratamiento se realiza una evaluación multicriterio con las distintas alternativas, me centraré en la desinfección con ozono, con radiación UV y la combinación de ambas. Dicha evaluación se realiza mediante el método de las medias ponderadas.

La media ponderada para cada alternativa se determina mediante la siguiente expresión:

$$Y_{imedia} = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij} \cdot P_j}{\sum_j^i P_j}$$

Donde:

y_{ij} : Valor asignado a la alternativa i de acuerdo con el criterio j.

p_j : Peso asignado al criterio j.

y_{imedia} : Media ponderada de la alternativa i.

A cada uno de los factores que intervienen en la realización de este proyecto se le dará la puntuación de 1 a 5, correspondiendo el valor de 1 a la situación menos favorable y el valor 5 a la más favorable.

Los pesos han sido asignados según la importancia en la realización de este proyecto de los criterios a los que se refieren.

Para las distintas alternativas y los criterios seleccionados se discute a continuación la puntuación asignada.

Los factores que voy a emplear son los siguientes con sus correspondientes pesos:

ALTERNATIVAS	Financiación	Medio ambiente	Coste de inversión	Coste de explotación
Ozono	3	3	2	3
Radiación U.V.	5	5	2	3
Decantación, filtración y microfiltración	3	3	2	2
Sistema de lagunado	1	2	1	1
Ozono-Radiación U.V.	5	4	3	4
Pesos	0,2	0,2	0,25	0,35

Total:

Ozono = 2,75

Decantación, filtración y microfiltración = 2

Radiación UV = 3,55

Sistema de lagunado = 1

Ozono y radiación UV = 3,95

La alternativa más favorable es la combinación de **ozono y radiación UV**.

Identificación de los efectos de cada alternativa

1. **Ozono:** la desinfección con ozono se utiliza generalmente en plantas de tamaño mediano o grande una vez que el agua residual haya recibido por lo menos el tratamiento secundario. Otro uso común del ozono en el tratamiento del agua residual es el control de malos olores. Presenta la capacidad de lograr niveles altos de desinfección en comparación con la luz ultravioleta.
2. **Radiación UV:** su uso ha ido incrementándose en los últimos años por los beneficios que ofrece sobre los procesos químicos de desinfección, debido a que no altera las propiedades químicas y físicas del agua, es efectiva contra cualquier tipo de microorganismo.
3. **Decantación, filtración y microfiltración:** Se caracteriza por tener un coste de inversión aceptable, sin embargo el coste de rendimiento no es tan favorable ya que no se alcanzan los valores de depuración exigidos. Así el consumo energético tampoco resulta eficiente ya que no se logran los resultados esperados.

4. **Sistema de lagunado**: Es un proceso menos eficaz, no se alcanza la calidad de agua esperada, ni el coste efectivo es bueno, además requieren de un espacio físico considerable.
5. **Ozono/Radiación UV**: es un tratamiento que resulta óptimo sobre todo en los resultados de eliminación de materia contaminante, aunque conlleva un consumo energético y coste elevados en comparación con otros tratamientos, pero se ve justificado con su eficacia. Es la alternativa más optimista en combinación de radiación UV y ozonización.

6. LOCALIZACIÓN

La ampliación se va a llevar a cabo en la depuradora , que se encuentra situada al margen izquierdo de río Andarax que fue diseñada para el tratamiento hasta el nivel secundario de las aguas residuales de la ciudad de Almería.

La parcela que vamos a tomar para hacer la ampliación es la parcela número 89.

La superficie total ocupada por la parcela es de 500 m², en cuya superficie estarán ubicados el tanque de almacenamiento así como todos los equipos descritos en las etapas del proceso.

Las instalaciones exteriores están compuestas por vallado y terreno asfaltado en parte de la parcela. Las dimensiones alrededor de la nave son suficientes para el acceso y desarrollo de la actividad, con una superficie de parcela total de 500 m².

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	2
2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE.....	2
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	5
4. PROCESO GENERAL.....	5
5. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS	7
6. AUTOMATISMO Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN	18
7. INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL.....	21
8. ESTUDIO ECONÓMICO	23

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Como se ha expuesto previamente, el objetivo del presente proyecto es ampliar la depuradora de urbana de Almería, mediante el sistema de desinfección, esta se encuentra situada al margen izquierdo del río Andarax que fue diseñada para el tratamiento hasta el nivel secundario de las aguas residuales regeneradas de la ciudad de Almería.

2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE.

La normativa legal y reglamentación que se debe cumplir se detalla a continuación.

Normativa específica del presente proyecto:

Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas

(RAMINP). Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre.

Requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario. Decreto 509/1996, de 15 de marzo.

Otras normativas:

Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana: R.D. legislativo 1/92 de 26 de Junio. Publicación en B.O.E. nº 156 de 30/06/92.

Edificación y estructuras: Norma MV-101-1963; Norma MV-102-1974; Norma MV-103-1972; Norma MV-104-1966.

Normas tecnológicas de la edificación (N.T.E.): AE - Acciones de la edificación; ISA - Instalaciones de salubridad – alcantarillado; IFF - Instalaciones de fontanería; CPI - 91 - Instalaciones de protección contra el fuego; CA - 82- Condiciones acústicas de los edificios.

Reglamento sobre barreras arquitectónicas.

Suministro eléctrico: Reglamento electrónico de Baja Tensión e instrucciones complementarias y últimas modificaciones.

Prevención de riesgos laborales: Ley 31/1995 de 8 de Noviembre. Publicación en B.O.E. nº 269 de 10/11/95.

Protección del Medio Ambiente:

Ley 38/1972 de protección del medio ambiente atmosférico.

R.D. 833/1975 de 6 de Febrero. Desarrolla la ley de protección del medio ambiente atmosférico.

O. M. 24.477/1976 de 18 de Octubre de prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.

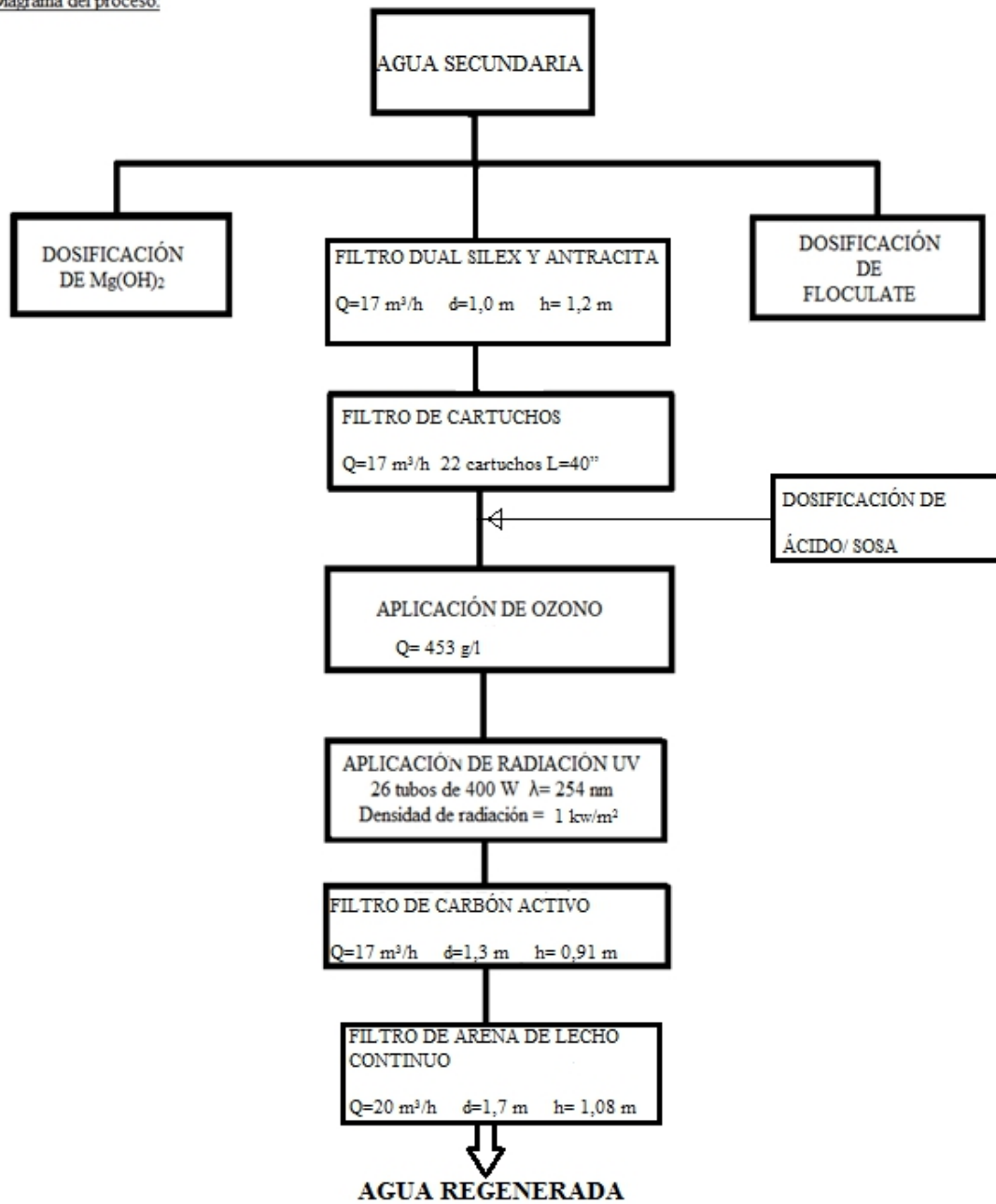
Ley 38/1995 de 12 de Diciembre de derecho a la información sobre medio ambiente. Publicación en B.O.E. nº 297 de 13/12/95.

R.D. legislativo 1302/86 de 26 de Junio de impacto ambiental. Publicación en B.O.E. nº 155 de 30/06/86.

R.D. 1131/88 de 30 de Septiembre. Publicación en B.O.E. nº 239 de 05/10/88. Desarrolla el Real Decreto Legislativo anterior.

Ordenanzas municipales vigentes.

Diagrama del proceso:



3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

4. PROCESO GENERAL.

Materia prima: agua residual

El agua bruta se describe con los siguientes parámetros:

- DQO = 700-1100 mg/l O₂
- SS = 200-400 mg/l
- Color marrón intenso grisáceo turbio.
- Olor intenso.
- Viscosidad leve.
- Apreciación de macromoléculas en suspensión.

Agua después del tratamiento primario

- DQO = 500-700 mg/ l O₂
- SS = 100-200 mg/l
- Color marrón grisáceo turbio.
- Olor intenso.
- Apreciación de macromoléculas en suspensión.

Agua después del tratamiento secundario

- DQO = 50-150 mg/l O₂
- SS= 100-150 mg/l
- Color marrón claro.
- Olor desagradable.
- Pocas macromoléculas en suspensión.

Producto a obtener: Agua regenerada

- DQO =10-30 mg/l O₂
- SS= 10-50 mg/l
- Incoloro
- Sin olor
- No presenta moléculas en suspensión

Nota: SS= SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Requerimientos del espacio físico

Se necesita de una nave compuesta por tres módulos :

Módulo de mineralización

Módulo de afino

Módulo de dosificación

Descripción del proceso

El efluente se introduce al circuito y le es adicionado a través de los tanques de dosificación de reactivos, hidróxidos de magnesio (para alcalinizar el medio y actuar como coagulante) y floculante (polielectrolitos, polímeros de moléculas de elevado peso molecular y solubles en agua que, por disociación electrolítica en el agua, dan formas iónicas múltiples, capaces de actuar de puentes de unión entre las partículas coaguladas. La precipitación del coloide se provoca mediante la adición de un electrolito de carga opuesta a la de las partículas coloidales).

A continuación se halla el filtro dual silex y antracita, cuya entrada se realiza por la parte superior del mismo y la salida, con tres destinos y funciones en la parte inferior. El agua puede así ser recirculada (lo cual será determinado por el presostato diferencial), la salida puede servir también de entrada en condiciones de limpieza de filtro, o por último seguir el ciclo normal pasando al filtro de cartuchos con un recorrido igualmente descendente. En este punto se realizará la adición del ácido sulfúrico o sosa, con el objetivo de ajustar el pH para asegurar la oxidación por parte del ozono.

Después el agua fluye a través del contactor gas-líquido, en el cual se realiza la aplicación de la mezcla de oxígeno y de ozono, este sistema está accionado por una bomba (soplante). La siguiente etapa la compone el mineralizador, donde el agua es irradiada por la luz UV de 254 nm producida por 60 tubos de 400 W el filtro de carbón activo con recorrido descendente constituye el siguiente paso del recorrido del fluido. Al igual que en el caso del filtro silex y antracita, la salida puede significar la recirculación del agua, la entrada del agua de limpieza del tanque o la introducción del agua a la fase de afino. Esta representada por el filtro de arena de lecho continuo con entrada por la sección superior, la salida inferior de recirculación y una segunda salida correspondiente a la conclusión del circuito, que a su vez representa una ramificación que sirve de alimentación al tanque de limpieza de los filtros. Este filtro trabaja a presión, la cual está suministrada por una soplante que suministra una corriente de aire a contracorriente dentro del filtro.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

- Sistema de bombeo

Consta de dos bombas centrífugas de baja presión dispuestas en paralelo y funcionando alternativamente para la impulsión de los 17 m³ de agua situados al inicio de este. Las bombas de 2200 W de potencia cada una trabajarán a 2 bar de presión.

- Sistema de dosificación de coagulante: Mg(OH)₂

La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar la carga de los coloidales, generalmente electronegativos y de formar un precipitado.

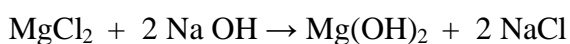
Los coagulantes principalmente utilizados son sales de aluminio o de hierro, aunque también pueden utilizarse productos de síntesis y el ozono. El ozono no es un coagulante en el sentido propio de la palabra, puesto que no ejerce acción alguna sobre las cargas eléctricas de los coloidales del agua. Sin embargo cuando un agua contiene complejos que ligan las materias orgánicas al hierro o al magnesio pueden suceder que el ozono actúe como ayudante de la coagulación. Por una parte se comprueba la destrucción por el ozono de estos complejos, y por otra la oxidación de los iones metálicos así liberados.

La elección del coagulante depende de la naturaleza y calidad bruta del agua, variación de la calidad del agua bruta, los criterios de calidad y destino del agua tratada, el tratamiento previsto después de la coagulación y el grado de pureza del reactivo. Teniendo en cuenta que la neutralización de los coloides es el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es conveniente que el reactivo utilizado se difunda con la mayor rapidez posible. En efecto, el tiempo de coagulación es extraordinariamente breve (inferior al segundo) y la utilización óptima del coagulante exige que la neutralización de los coloides sea total antes de que una parte del coagulante haya comenzado a precipitar.

Para la mezcla del reactivo resulta indispensable un sistema que proporcione una mezcla rápida, capaz de crear un gradiente de velocidad comprendido entre 300 y 600 s⁻¹. Para este fin se empleará un sistema de agitación mecánica.

Se llega así a la resolución del empleo de hidróxido de magnesio como coagulante.

El hidróxido de magnesio se obtiene a partir de la siguiente reacción:



Dosificación:

El hidróxido de magnesio se aporta al 3% para lo cual se emplearán 47,3 g/l de cloruro de magnesio y 39,8 g/l de hidróxido de sodio, referido a un litro de disolución.

Características de los reactivos:

SODIO HIDRÓXIDO

Riqueza	98-100,5%
Insoluble en agua	0,025%
Carbonato	1%
Compuestos de N	0,002%
Cloruro	0,005%
Fosfato	0,002%
Sulfato	0,005%
Metales pesados	0,001%
PM	40

MAGNESIO CLORURO

Riqueza	98%
Insoluble en agua	0,025%
Acidez (en HCl)	0,005%
Alcalinidad (en MgO)	0,005%
Fosfato	0,003%
Sulfato	0,05%
Amonio	0,005%
Arsénico	0,00005%
Bario	0,005%
Cobre	0,002%
Hierro	0,002%
Níquel	0,002%
Plomo	0,002%
PM	203,31

Los reactivos son introducidos por inyección en la propia conducción general mediante un collarín de rosca hembra de 0,5 ". Una vez en el tanque de mezcla se añade por la segunda entrada el agua recirculada ya depurada mediante una electroválvula y una tubería de 20mm de diámetro nominal. Dentro de cada depósito de poliéster de 0,5 m³ de capacidad se realiza la agitación neumática por acción de una soplante de caudal nominal de 50 Nm³ /h a 5 bar de presión a través de una tubería de PVC de 20 mm.

Estos dos tanques presentan dos salidas, una que constituye la salida de drenaje con su correspondiente válvula, y la segunda que se conecta con dos bombas dosificadoras dispuestas en paralelo con válvula manual a la entrada y a la salida también una válvula antirretorno de seguridad. Estas bombas se encargan de la impulsión del coagulante al circuito de depuración.

- **Dosificación floculante**

El coagulante introducido da lugar a la formación de un floculo, pero es necesario aumentar su volumen, peso y sobre todo su cohesión. Se favorecerá el engrosamiento del floculo por medio de una coagulación previa, un aumento de la cantidad del floculo en el agua, una agitación homogénea y lenta del conjunto y el empleo de floculantes.

Los floculantes, llamados también ayudantes de coagulación, son productos a favorecer cada una de estas operaciones. La acción, puede ejercerse a nivel de la velocidad de reacción o al nivel de la cantidad del floculo.

Descripción del floculante:

Se trata de un floculante universal que tiene gran afinidad de separar sólidos en suspensión en un intervalo amplio de pH, su forma líquida permite una fácil y rápida aplicación del mismo.

El producto es una poliacrilamida aniónica de alto peso molecular, en forma de emulsión.

Forma:	Líquido opaco color blancuzco
Viscosidad:	300-600 cP
Viscosidad de la solución al 1%:	800-1500 cP
Carga eléctrica:	aniónico fuerte
Tiempo de vida garantizado:	seis meses

Preparación y dosificación:

Se emplearán soluciones del 0,05% del floculante empleando 3ml/l de esta dilución.

Se llena el tanque de agitación con agua, hasta aproximadamente una tercera parte de su capacidad asegurándose que las palas del agitador queden bien cubiertas. Con la agitación en marcha se añadirá lentamente la cantidad establecida del floculante diluido. Una vez añadido el producto y siempre con la agitación en marcha, se completará el resto del agua con el fin de conseguir la disolución deseada, manteniendo la agitación durante 10-20 minutos.

- Filtro dual silex y antracita

Puede eliminar partículas de hasta 0,1 μm sin necesidad de desestabilizarse por coagulación. La filtración ocurre fundamentalmente en la superficie por microtamización, donde se forma una especie de película filtrante, que conforme va avanzando el proceso de filtración y se forma, la película superficial va aumentando. La filtración se realiza por gravedad.

Este filtro multicapas combina la arena silex, en la parte superior y antracita, en la parte inferior al presentar una granulometría mayor. El filtro se apoya sobre una estructura metálica diseñada al efecto, por lo cual no es necesario ningún elemento de anclaje dado el peso de la unidad.

El filtro consta de un difusor de entrada para repartir uniformemente el agua de aporte, un falso fondo se alojan las boquillas colectoras de filtrado, que separa el medio filtrante del receptáculo de agua filtrada, y un colector interno de drenaje, de altura 200 mm superior a la altura del medio filtrante para evacuar el agua sobrenadante cuando se vaya a realizar la operación del lavado.

Las dimensiones que componen dicho filtro se expresan con un diámetro de 1000 mm, una altura de 1540 mm, y el medio filtrante compuesto por arena silex de 1185 mm de altura y de antracita de 355 mm de altura.

- Filtro de cartucho

Está compuesto por un cilindro cuya periferia es el filtro propiamente dicho a través de la cual penetra el agua reteniendo en su superficie las partículas sólidas. En el interior

del cilindro se halla el colector de agua filtrada, cilindro también, por el cual evacuará el líquido.

Retiene partículas entre 10 y 100 micras con lo cual consiguen retenciones de sólidos prácticamente absolutas.

El filtro de cartuchos está compuesto por un contenedor con 22 bujías o cartuchos de 1 m de longitud y 180 mm de diámetro con una luz de poro de 10 micras.

- Dosificación de ácido o de sosa

Se añadirá ácido sulfúrico o en su defecto sosa cáustica para la corrección del pH.

Ácido sulfúrico

Los ácidos sulfúricos del comercio son soluciones más o menos concentradas de H_2SO_4 en agua. Se definen por su concentración.

El ácido que se utiliza en el tratamiento de aguas es el ácido técnico a 65/66 °Be, de masa volúmica media 1830 kg/m^3 y de concentración másica comprendida entre 92 y 98%. Su viscosidad a 20°C es de 25 mPa s.

Características del reactivo:

Riqueza 95-97%

PM 98,08

Dosis:

El ácido se empleará al 5% por lo cual se emplearán 50 ml/l de disolución.

Sosa cáustica

La sosa o lentejas tienen una masa volúmica aparente de 800 kg/m^3 y una concentración media en producto puro del 98%. Debe manipularse con precaución y en su disolución se produce un notable desprendimiento de calor.

Características del reactivo:

Riqueza 98-100,5%

PM 40

Dosis:

La sosa se empleará al 4% por lo cual se emplearán 40 g/l de disolución.

- Ozono (Procedimiento químico)

Es un gas azulado e inestable precisamente por su inestabilidad se genera en el lugar en que se va a utilizar. El potencial redox del ozono es el mayor entre los posibles desinfectantes. Aún en pequeñas concentraciones produce una serie de reacciones instantáneas al contactar con sustancias reducidas.

La química del ozono en medio acuoso: La oxidación directa de la materia orgánica del agua por ozono se produce cuando el pH es menor de 7, condición que se mantiene durante el tratamiento. A pH ácido se forma peróxido de hidrógeno o ácido fórmico, los cuales pueden iniciar los ciclos de descomposición del ozono, para la formación de radicales libres. La destrucción completa de la materia orgánica se ve favorecida mediante la canalización del proceso a través de la radiación UV, empleada para favorecer la formación de radicales libres.

El tratamiento del agua con ozono se realiza con los fines enunciados a continuación:

- Mejorar el tratamiento físico-químico del agua, ya que a pequeñas concentraciones se produce una leve floculación que mejora el rendimiento de la filtración posterior.
- Mejora el tratamiento biológico del agua al romper las moléculas orgánicas grandes y facilitar por tanto su biodegradabilidad.
- Eliminación del olor, color y sabor, por su gran actividad sobre las sustancias que los provocan.
- Satisfacer totalmente la demanda desinfectante del agua.

El principal inconveniente es el costo de su producción. Otro posible inconveniente es su toxicidad para el hombre, ya que cuando el contenido de ozono de la atmósfera es superior a 0,25 ppm puede representar un peligro para la salud.

El ozono se obtiene in situ haciendo pasar una corriente de aire entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial alterna. Con el fin de evitar la formación de un arco eléctrico, se recubre uno de los electrodos, con un dieléctrico de espesor uniforme que crea una superficie equipotencial.

La diferencia de potencial a la que se somete los electrodos en función de la naturaleza y del espesor del dieléctrico, así como de la diferencia entre los electrodos. Esta se encuentra comprendida entre 10000 y 20000V.

La concentración de ozono será de 15 g/m³ en el aire ozonizado. Para esta desecación y supuesta una buena desecación del aire la producción del ozonizador varía de 50 a 100 g por m² de superficie dieléctrica y por hora siendo la frecuencia de 50 Hz.

Se tendrá que tener en cuenta que la vida media del ozono en el agua es de 20 minutos. La eficiencia del ozono como desinfectante es relativamente independiente del pH y de la temperatura aunque el rango más favorable está entre 6 y 7.

La energía total consumida por la instalación completa varía entre 20 y 30 Wh por gramo de ozono producido. El propio ozonizador consume de 14 a 18 Wh por gramo de ozono producido.

El ozonizador a emplear será el tubular horizontal, que está constituido por dos electrodos concéntricos y un tubo dieléctrico. Cada elemento comprende un tubo de acero inoxidable puesto a tierra. Uno de los dos electrodos está constituido por un revestimiento metálico, aplicando en el interior de un tubo dieléctrico cerrado en un extremo. Este electrodo va conectado a la bomba de alta tensión de un transformador. La formación del ozono tiene lugar en el espacio anular dispuesto entre el exterior del tubo dieléctrico y el interior del tubo metálico que constituye el electrodo de masa.

El centrado de los tubos dieléctricos en sus tubos metálicos se efectúa por resortes de acero inoxidable. No existen juntas, por lo que el dieléctrico no está sometido a esfuerzo mecánico alguno debido a variaciones de temperatura.

Cada tubo dieléctrico está provisto de un fusible individual de protección que permite el aislamiento de un tubo defectuoso, en tanto que los demás dieléctricos permanecen en funcionamiento.

El aire de alimentación de los ozonizadores debe acondicionarse y secarse adecuadamente, por varias razones:

- El polvo contenido en el aire, que contribuye por transporte de cargas eléctricas, a la formación de arcos eléctricos perjudiciales para la formación de ozono, que consumen energía y que van en contra de la buena conservación de los materiales.
- El vapor de agua contenido en el aire favorece igualmente la formación de arcos eléctricos, por reducción de la rigidez dieléctrica del medio gaseoso. Además una parte de la energía se consume para ionizar el vapor de agua, lo que produce una degradación del rendimiento de producción de ozono.

Compresión del aire. La presión de alimentación depende de la presión necesaria para la puesta en contacto agua-aire ozonizado y de las pérdidas de carga en los diferentes aparatos, es suministrada por un compresor.

Desecación del aire. Se realiza con un deshumificador, el cual es atravesado por el aire y que contiene un material adsorbente, el cual se regenera por el paso del aire caliente.

Alimentación eléctrica. La frecuencia de la corriente de alimentación será la de la red de distribución (50 Hz).

Puesta en contacto. Debe prestarse especial cuidado a la puesta en contacto del aire ozonizado con el agua, ya que la elección de los valores de interfase gas-líquido y de la concentración de ozono en la fase gaseosa condiciona el rendimiento de la operación de solubilización. El contacto del ozono con efecto más importante es la formación de dímeros, el agua a tratar se llevará a cabo por difusores porosos. En la base de la torre de contacto, se disponen unos difusores porosos con los que se obtiene una división del aire ozonizado en burbujas muy finas. El agua a tratar se introduce en la torre por su parte superior, obteniéndose así un contacto íntimo a contracorriente de los dos fluidos. Los difusores porosos son del tipo tubular.

Eliminación del ozono residual. Después de haber estado en contacto con el agua a tratar, el aire que sale de la torre de contacto, por un venteo, contiene una cierta cantidad de ozono residual. Ya que esta cantidad es baja se procede a una simple dilución atmosférica. La concentración en ozono residual del aire es pequeña de 0,2 a 1 g/m³.

DIMENSIONES DEL EQUIPO

Se emplearán 30 lámparas de mercurio a media presión de 400 W de potencia para la producción de ozono, así como un compresor de 7000 W de potencia para la impulsión de un caudal de aire de 51 m³/h.

- Radiación ultravioleta (Procedimiento físico)

Las radiaciones UV son las de menor longitud de onda de espectro, por lo que poseen una alta energía responsable de su capacidad germicida. Abarcan un rango de longitud de onda desde los 200 a los 400 nm. En el presente tratamiento se empleará luz UVC, UV corta o radiación germicida de $\lambda=254$ nm.

La razón del efecto germicida es debida a que la radiación ultravioleta origina cambios químicos en el ácido desoxirribonucleico de los microorganismos, impidiendo su reproducción y por consiguiente inactivándolos. El tiempo en que estas reacciones fotoquímicas tiene lugar, se mide en fracciones de segundo.

Los rayos UV se generan mediante una descarga eléctrica en vapor metálico, siendo la lámpara de mercurio la más indicada para la generación de radiación germicida, dado

que la línea de resonancia del átomo de mercurio a 254 nm es emitida con alta eficiencia. Las lámparas empleadas serán de media presión, dando lugar a un espectro difuso típico. Este tipo de lámparas permiten mayor intensidad y por tanto mayor dosis para un caudal dado.

Características de las lámparas de mercurio de media presión:

- Presión 1- 3 atm.
- Potencia: 0,6-2,5 kw.
- Producción: 1720 W/m².
- Caudal : 200 m³/h para 16μWs/cm².
- Emisión: amplia
- Duración: 1000 -2000 h
- Temperatura óptima: No.

En condiciones normales, hay factores que influyen en la dosis como:

- Un fluido que no transmite la radiación de longitud de onda de 253,7 nm con la misma eficiencia que el agua pura hará que disminuya la intensidad recibida por los microorganismos.
- La intensidad de la radiación UV disminuye con el envejecimiento de la lámpara.
- El ensuciamiento del tubo de cuarzo también disminuirá la intensidad de la radiación UV.
- Si el caudal a desinfectar es mayor que el de diseño para el equipo, la dosis disminuirá, debido al menor tiempo de contacto.
- Recíprocamente, la dosis aumentará si el caudal a desinfectar es menor que el de diseño.

El reactor a utilizar consta de una conducción cerrada compuesta por dos tubos concéntricos, el interior de cuarzo y el exterior de acero. Los tubos de mercurios irán en el interior del tubo de cuarzo, por lo cual no entrarán en contacto con el fluido. El agua circulará así entre los dos tubos concéntricos citados. La principal ventaja es que las lámparas no se ensucian y no existen partes móviles, siendo únicamente necesario aislar las lámparas del líquido y el tubo de acero sirve además como reflector de la radiación emitida.

- Filtro de carbón activo

La adsorción sobre carbón se utiliza para la eliminación de microcontaminantes, olores y sabores. Se trata de un proceso físico y químico de separación mediante el cual una sustancia se acumula en la interfase entre dos estados (sólido y líquido).

El proceso de adsorción consta de diversas etapas secuenciales:

- Transporte de los solutos desde la fase líquida hasta la capa superficial que rodea a la partícula adsorbente.
- Transporte de los solutos a través de la capa superficial, controlado por la difusión molecular.
- Difusión de los solutos, a través de los poros de la superficie activa del adsorbente, desde el exterior hasta la superficie interior de la partícula.
- Adhesión del adsorbato a la superficie interior del adsorbente.

La superficie específica es una de las características fundamentales de la calidad del adsorbente; los carbonos activos son adsorbentes de amplio espectro, la mayoría de las moléculas orgánicas se fijan en su superficie, siendo las que peor se fijan las moléculas más cortas y las menos polares. Se fijan bien las moléculas más pesadas, los compuestos aromáticos, los hidrocarburos sustitutos, etc.

El filtro empleado se compone de carbón granular, cuyas características físicas más importantes son la dureza y el tamaño. La superficie específica, la distribución del tamaño de poro y la naturaleza química de la superficie tienen un fuerte efecto en la capacidad de adsorción.

El carbón granular se utiliza en forma de lecho filtrante atravesado por el agua a tratar, cuyas impurezas se someten así a una extracción metódica, en efecto el agua progresivamente desprovista de sus contaminantes encuentra fracciones de carbón activo cada vez más saturadas y por tanto cada vez más activas.

Un lecho compacto cumple cuatro funciones:

- Filtración: esta función debe reducirse al mínimo para evitar el atascamiento del filtro, que se produce irremisiblemente en ausencia de sistemas de lavado eficaces.
- Soporte bacteriano: la superficie del carbón ofrece condiciones ideales para la colonización bacteriana, lo cual contribuye a la depuración.
- Acción catalítica.

- Adsorción: esta es la misión principal del carbón, debiendo prestar especial atención al contacto agua-carbón.

La capacidad útil del carbón se caracteriza por la profundidad del lecho, cuando más profundo es el lecho, se obtienen mejores resultados y por la velocidad de intercambio, para la cual se fijarán 50 volúmenes de carbón activo por volumen de agua y por hora.

DIMENSIONES DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVO

- Altura del lecho: 1,30 m.
- Diámetro del lecho: 0,91 m.
- Capacidad de adsorción: 4147,2 kg/m³.

• Filtro de arena de lecho continuo

La filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido-líquido a través de un medio poroso que retiene los sólidos y deja pasar los líquidos. Si las materias en suspensión que deben separarse tienen una dimensión superior a la de los poros, quedarán retenidas en el interior de la masa porosa.

En este tipo del filtro el lecho filtrante, homogéneo en toda su altura descansa sobre el falso fondo perforado, al cual se fijan anillos en los que van roscadas rosquillas metálicas.

Diseñado como cilindro recto vertical, relleno de arena filtrante. El agua drena por el lecho arenoso el cual se halla provisto de un sistema de lavado continuo en contracorriente. Mediante una bomba soplante se introduce aire comprimido por la sección inferior del filtro, el cual impulsa el agua de recirculación del mismo, acción conjunta que compone el lavado. El agua en contracorriente recirculada se va saturando por lo que cuando llega a unos valores determinados es enviada al principio del circuito, al desbaste y tamización. El agua depurada que se extrae por un lateral del filtro tiene dos destinos, uno el tanque de agua de limpieza de filtros y por otro el final del tratamiento, siendo vertido al alcantarillado o es utilizado como agua de proceso.

El diámetro interior del filtro es de 1700 mm y una altura de 1080 mm. El filtro se construirá en PRFV y se apoya sobre una estructura metálica diseñada al efecto, por lo que no resulta necesario ningún elemento de anclaje, debido al peso de la unidad.

- **Sistemas de limpieza de los filtros**

El lavado es una operación muy importante, puesto que es insuficiente lleva consigo el atascamiento permanente de ciertas zonas, dejando un paso reducido al agua, la pérdida de carga crece rápidamente y la filtración se efectúa localmente con más rapidez y menos eficacia, en el lecho filtrante pueden desarrollarse entonces microorganismos perjudiciales.

Para lavar el material filtrante se le somete a una corriente que circula de abajo hacia arriba, corriente destinada a despegar las impurezas y arrastrarlas hacia el canal de evacuación. El material filtrante debe agitarse al mismo tiempo en la corriente de agua. Para obtener este resultado se empleará el método de lavado por expansión, solo con agua.

Se elige un caudal de agua suficientemente elevado para expansionar el material filtrante. Teniendo en cuenta la variación de la viscosidad del agua en función de la temperatura se prevé un sistema de medida y regulación del caudal de agua de lavado.

El tanque de limpieza de los filtros será de 5 m³ y empleará el agua depurada procedente del filtro de arena del lecho continuo. El agua será impulsada mediante una bomba a 2 bar y se encargará de la limpieza del filtro dual sílex y antracita y el filtro de carbón activo.

6. AUTOMATISMO Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN.

La instalación es semi-automática con actuación redundante manual, por ello todas las señales de instrumentación se recibirán en un PLC desde el cual se controlará en lazo cerrado la actuación de todos y cada uno de los componentes de la instalación.

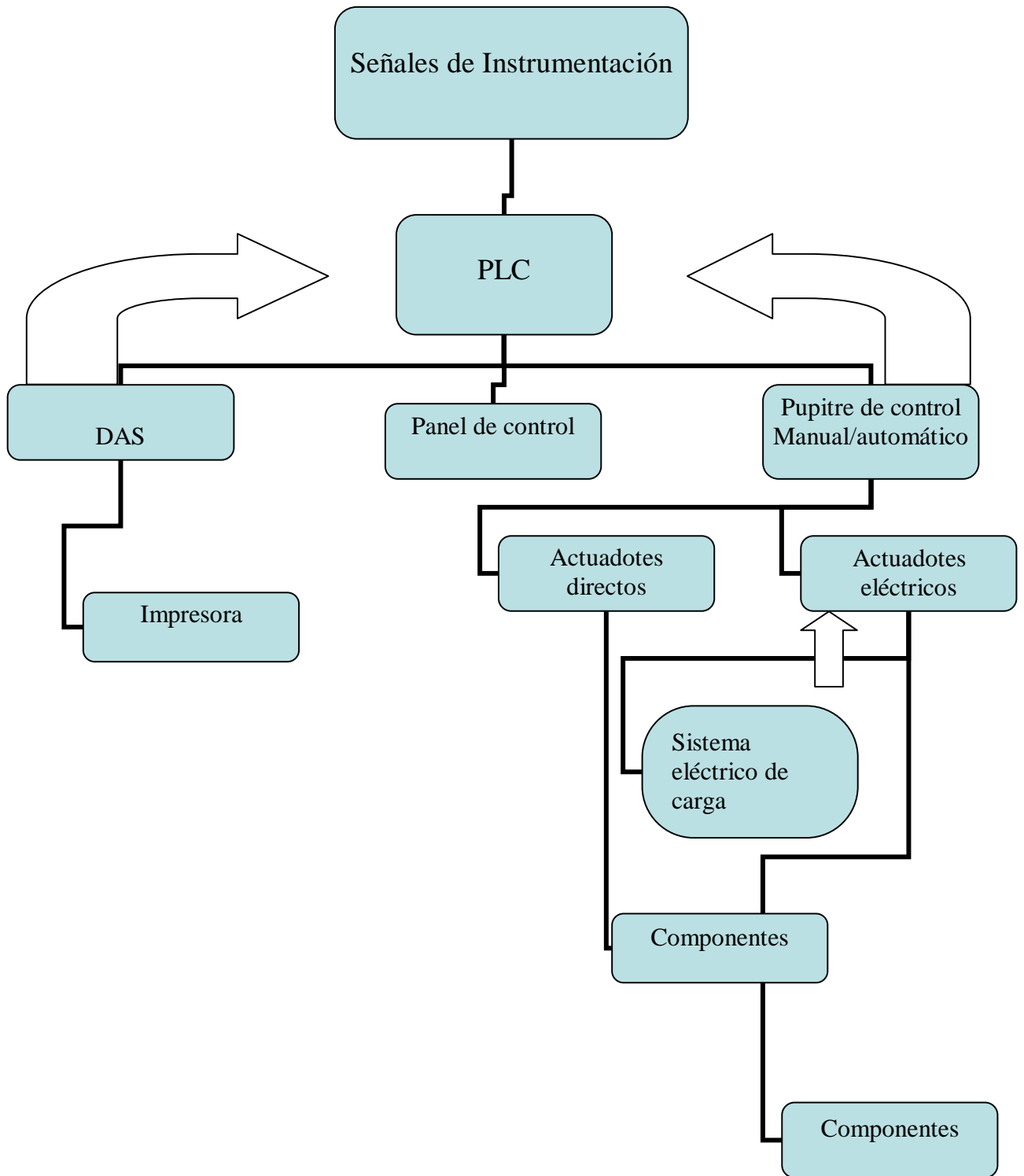
Este PLC estará comunicado en serie con un sistema de adquisición de datos y control remoto DAS tipo MAX, donde se analizarán en pantalla el estado de operación de la planta, alarmas y averías y presentará un tiempo de refresco de pantalla de un segundo.

La adquisición de datos es automática y se toma directamente de las entradas de instrumentación del autómat. El tiempo de actualización de datos es de 5 minutos y se grabarán en disco los promedios horarios de los datos más representativos de la operación de la instalación. El listado diario de los parámetros de operación de la planta se imprimirá bajo demanda del operador de la instalación, utilizando la impresora a la que está conectado el PC que gobierna la planta.

Debido a que la instalación presenta la posibilidad de una actuación redundante manual, todas las alarmas y variables que registran los instrumentos de medida, se presentan en un panel de control simplificado de la instalación. En el pupitre de control se encuentran los pulsadores necesarios para desconectar el lazo automático de maniobra, así como el interruptor general de la instalación y los pulsadores marcha/paro de las líneas de producción.

La actuación sobre los componentes de la instalación para su control se realiza de forma directa: actuando la salida de la automática sobre el elemento a controlar directamente, sin que medie ningún sistema de maniobra entre ambos.

Diagrama de bloques general del automatismo de la instalación:



7. INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL.

Se describirán en este apartado los diferentes instrumentos colocados en la instalación y encargados de su funcionamiento y control. Cada uno de estos elementos generará pulsos, que serán registrados por el panel de control.

Instrumento: Indicador de nivel.

Función: Indicación local del nivel de líquido.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Función: Dispara la alarma de bajo/alto nivel.

Instrumento: Indicador de presión.

Función: Indicación local de la presión local.

Instrumento: Interruptor de presión.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control.

Instrumento: Presostato diferencial.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control.

Instrumento: Indicador de caudal.

Función: Indicación local del caudal de agua.

Instrumento: Transmisor de caudal.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control.

Instrumento: Indicador de ozono.

Función: Indicación local de la cantidad de ozono producido.

Instrumento: Conductivímetro.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Indicación local y remota, en el panel de control, de la conductividad del agua.

Instrumento: Medidor de sólidos en suspensión.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control, indicación local y remota, en el panel de control.

Instrumento: Indicador de temperatura.

Función: Indicación local de la temperatura del agua.

Instrumento: Interruptor de temperatura.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control.

Instrumento: Medidor de pH.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Indicación local y remota, en el panel de control, del valor del pH del agua.

8. ESTUDIO ECONÓMICO

La inversión total asciende a la cantidad de 81.502,97 euros, corresponden al valor de la ejecución del material más IVA.

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto dividido en dos partes obra civil e instalaciones electromecánicas.

OBRA CIVIL

Acondicionamiento del terreno	4.495,65 €
Edificación	6.435,66 €
Canalizaciones y conexiones	1.916,36 €

Siendo ésta un total de 12.847,65 €.

INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

Bombas	2.224,24 €
Tanques	3.934,83 €
Válvulas	1.709,71 €
Accesorios	1.916,64 €
Elementos de medida y control	1.772,55 €
Filtros	3.855,56 €
Ozonización	8.684,70 €
Desesterilización U.V.	9.347,06 €
Instalaciones eléctricas	2.053,68 €

El total del precio en ejecución del material es de 52.436,26 €.

Dentro de los gastos deben destacarse los siguientes:

- Los salarios.

La instalación estará controlada por dos operarios (oficiales de primera). El importe en salarios es de 16.000 €/año.

- Energía eléctrica.

El consumo de energía eléctrica se desglosa del siguiente modo:

Energía contratada: 22 kw.

Término de potencia: TP

$TP = 22\text{kw} * 20\text{euros/kw y año} = 440,00 \text{ euros/año}$

Término de energía: TE

El término de energía se compone de los siguientes términos:

El precio corresponde a 0,12 euros/kwh en hora punta y a 0,04 euros/kwh en hora valle.

$TE = 22 \text{ kw} * ((4 * 0,12) + (12 * 0,04)) * 335 \text{ días/año} = 7.075,20 \text{ euros/año.}$

El total del gasto anual de Energía será la suma del TP y del TE:

$TP + TE = 7.515,20 \text{ euros/año.}$

- Productos químicos

Hidróxido de magnesio

Gasto anual: 1.366,80 €/año

Floculante

Gasto anual: 722,58 €/año

Ácido sulfúrico

Gasto anual: 4.100,40 €/año

Sosa caústica

Gasto anual: 2.915,84 €/año

Por lo que el gasto anual en reactivos es de 9.105,62 €/año.

- Mantenimiento y reparaciones.

Se estima este apartado en un 2,5% de la inversión en instalaciones y el 1% de la construcción, de manera que sumaría 690,82 €/año.

- Seguros, impuestos y otros conceptos.

Se valorarán estos en un 1% de todo el coste de la inversión inicial menos los terrenos: 755,03 euros/año.

En el estudio económico hay que tener en cuenta los ingresos anuales que dividimos en dos: el obtenido por la venta del agua para riego que es de 32.802,20 €/año y el ahorro debido al canon en control de vertidos que es de 911,20 €/año.

PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. PRESUPUESTO.....	2
3. INVERSIONES.....	3
4. VIDA DEL PROYECTO.....	3
5. FINANCIACIÓN.....	4
6. RENOVACIÓN DE LOS INMOVILIZADOS.....	5
7. CORRIENTES DE COBROS Y PAGOS.....	5
7.1. Cobros ordinarios.....	5
7.2. Cobros extraordinarios.....	9
7.3. Pagos ordinarios.....	9
7.3.1. Materias primas.....	9
7.3.2. Energía eléctrica.....	9
7.3.3. Gastos de personal.....	10
7.3.4. Mantenimiento y reparaciones.....	11
7.3.5. Seguros, impuestos y otros conceptos.....	11
7.3.6. Pagos extraordinarios.....	11
7.3.7. Corriente total de flujos de caja (FCN).....	12
8. EVALUACIÓN FINANCIERA.....	12
8.1. Valor actual neto (VAN).....	12
8.2. Relación beneficio-inversión (B/I).....	13
8.3. Plazo de recuperación.....	13
8.4. Tasa interna de rendimiento.....	13
9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	14

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se lleva a cabo el estudio económico necesario para evaluar la viabilidad de la inversión proyectada, así como la rentabilidad económica de la inversión y por lo tanto, la oportunidad o no de llevar a cabo las actuaciones contempladas a lo largo del proyecto.

2. PRESUPUESTO

A continuación se detalla el resumen del Presupuesto de Ejecución por Contrata de la instalación proyectada.

Presupuesto Ejecución material y Presupuesto Ejecución por Contrata		
1 I. OBRA CIVIL		12.847,65
1.1.- I.1. Acondicionamiento del terreno, urbanización y vialidad		4.495,63
1.2.- I.2. Edificación		6.435,66
1.3.- I.3. Canalizaciones y conexiones con servicios existentes		1.916,36
2 II. INSTALACIONES ELECTROMECAICAS		35.128,97
2.1.- II.1. Bombas		2.224,24
2.2.- II.2. Tanques		3.934,83
2.3.- II.3. Válvulas		1.709,71
2.4.- II.4. Accesorios		1.916,64
2.5.- II.5. Elementos de medida y control		1.772,55
2.6.- II.6. Filtros		3.485,56
2.7.- II.7. Ozonización		8.684,70
2.8.- II.8. Desesterilización UV		9.347,06
2.9.- Instalación eléctrica en BT según Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión incluyendo: -Acometida -Líneas de alumbrado -Líneas de fuerza -Elementos de control y protección		2.053,68
3 III. VARIOS		4.459,64
	Total Presupuesto Ejecución Material.....:	52.436,26
	13,00 % Gastos generales	6816,71
	6,00 % Beneficio industrial	3146,18
	SUMA DE G.G. y B.I.	9962,89
	Base imponible (PEM+GG+BI)	62399,15
	21 % I.V.A.	13103,82
	Total Presupuesto Ejecución por Contrata.....:	75.502,97
Asciende el presente Presupuesto de Ejecución por Contrata a la cantidad de Setenta y cinco mil quinientos dos euros con noventa y siete céntimos (75.502,97 euros)		

3. INVERSIONES

El capital fijo de inversión teniendo además en cuenta el coste de adquisición de los terrenos será:

CAPITAL INMOVILIZADO	
1. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	75.502,97 €
2. Terrenos (IVA incluido)	6.000,00 €
Capital inmovilizado total (€)	81.502,97 €

La cuantía de la inversión para la puesta en funcionamiento asciende por tanto a doscientos ocho mil setecientos treinta y dos euros con treinta y dos céntimos **(81.502,97 €)**.

4. VIDA DEL PROYECTO

Por lo general, la vida del proyecto viene dada por el elemento de la inversión de mayor duración, siempre y cuando este represente un porcentaje significativo del pago total de la inversión.

Sin embargo, el que los equipos puedan quedar obsoletos, por la aparición de otros nuevos que mejoran las labores de trabajo y reducen los costes de producción, hace que la vida media del proyecto se estime en función de la maquinaria, aunque no sea el elemento de mayor duración.

En nuestro caso hemos estimado una vida de 20 años.

5. FINANCIACIÓN

El importe total de la inversión se cubrirá en un 50 % con subvenciones autonómicas y de fondos de cohesión y un 50 % mediante crédito bancario concedido por una entidad financiera.

El coste de la inversión inicial es de **81.502,97 €** y se financiará en un 50 % con un crédito bancario, a un interés del 5 % a pagar en 15 años.

La anualidad a pagar por la concesión del préstamo viene dada por:

$$a = \frac{C * (1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

a: anualidad

C: cuantía del crédito

i: tipo de interés

n: duración

De forma que quedaría:

$$a = \frac{40.751,49 * (1,05)^{15} * 0,05}{(1,05)^{15} - 1} = 3.926,09 \text{ €}$$

a es una cuota en la cual se pagan los intereses de 1 año del préstamo y la devolución de la cantidad principal del préstamo que suma 3.926,09 €.

Los intereses del crédito ascienden a un total de 18.139,86 €

6. RENOVACIÓN DE LOS INMOVILIZADOS

	V ₀	N (años)	V _r	a'
CONSTRUCCIONES	18.499,33 €	20	7.399,73 €	554,98 €
INSTALACIONES	20.232,88 €	20	6.069,86 €	708,15 €
MAQUINARIA	22.761,99 €	10	6.828,60 €	1.593,34 €
(FILTROS, CARTUCHOS, ETC)	7.587,33 €	7	758,73 €	975,51 €
TOTAL	69.081,53 €		21.056,93 €	

Donde:

-V₀ es el valor inicial en € (el valor de cada subgrupo es su P.E.C.)

-N: vida útil del proyecto en años

-V_r es el valor residual al final de la vida útil en € (para su cálculo tomaremos un 40% para las construcciones, un 30% para instalaciones y maquinaria, así como un 10 % para los elementos que requieren una renovación más intensa, como filtros, cartuchos, etc. Consideramos como simplificación que el presupuesto en instalaciones y maquinaria se distribuye como el 40% en instalaciones, 45% maquinaria y 15% elementos de renovación más intensa como cartuchos, et)

-a': cuota anual de amortización en €/año, obtenida como: $a' = (V_0 - V_r) / n$

7. CORRIENTES DE COBROS Y PAGOS

7.1. Cobros ordinarios

**Procedentes de la venta de agua producto:*

Se parte del supuesto de que ya desde el primer año la venta se establecerá en torno a la capacidad máxima de producción. De este modo se establece un precio de venta de 0,36 euros/m³ de agua destinada a riego de hortofrutícolas (Calidad 2.1.a. del agua tratada según RD 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas).

Teniendo en cuenta que la planta producirá sobre un total de 335 días útiles al año a razón de 17 m³/h y en jornada de 16 horas diarias la producción de sitúa en los 91.120,00 m³/año y el nivel de ingresos mediante cobros ordinarios se establece en:

Producto m³/año	Precio Producto €/m³	Cobros Ordinarios €
91.120,00	0,36	32.803,20

**Ahorro del canon de control de vertido:*

Debemos también tener en cuenta que la venta del agua tratada supone un ahorro por cuanto al Canon de control de vertido al que hace referencia el artículo 113.1 del Texto Refundido de la Ley de Aguas.

El importe del canon de control de vertidos será el producto del volumen de vertido autorizado por el precio unitario de control de vertido. Este precio unitario se calculará multiplicando el precio básico por metro cúbico por un coeficiente de mayoración o minoración (K), establecido en el Anexo IV del Real Decreto 849/1996, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH) en función de la naturaleza, características y grado de contaminación del vertido, así como por la mayor calidad ambiental del medio físico en que se vierte.

El precio básico por metro cúbico se fija en 0,01653 € para el agua residual urbana, y en 0,04132 € para el agua residual industrial; precios establecidos en la Ley 2/2012 de Presupuestos Generales del Estado para 2012.

Cálculo del coeficiente K:

A) El cálculo del coeficiente de mayoración o minoración se obtiene, para cada uno de los dos tipos de vertido indicados en el apartado 1, Naturaleza del vertido, del resultado de multiplicar los factores correspondientes a cada clase de los apartados 2, 3 y 4 siguientes:

1. Naturaleza del vertido

Agua residual urbana o asimilable (menos de un 30% de aguas de origen industrial).

Agua residual industrial.

2. Características del vertido (C1)

Urbanos hasta 1.999 habitantes-equivalentes = 1.

Urbanos entre 2.000 y 9.999 habitantes-equivalentes = 1,14.

Urbanos a partir de 10.000 habitantes-equivalentes = 1,28.

Industrial clase 1 = 1.

Industrial clase 2 = 1,09.

Industrial clase 3 = 1,18.

Clase 1, 2 ó 3 con sustancias peligrosas = 1,28.

3. Grado de contaminación del vertido (C2)

Urbanos con tratamiento adecuado = 0,5.

Urbanos sin tratamiento adecuado = 2,5.

Industrial con tratamiento adecuado= 0,5.

Industrial sin tratamiento adecuado = 2,5.

4. Calidad ambiental del medio receptor (C3)

Vertido en zona de categoría I =1,25.

Vertido en zona de categoría II = 1,12.

Vertido en zona de categoría III = 1.

En nuestro caso se trata de aguas urbanas y los coeficientes toman los siguientes valores:

-C1=1,28 (La estación depuradora a nivel global trata un volumen superior a los 10.000 h-e)

-C2=0,5 (aguas tratadas previo al vertido)

-C3=1 (se considera que el vertido es realizado mediante un emisario submarino lejos de zonas de posible afección ambiental o antrópica)

Con ello tendremos:

-Precio básico=0,01653

- $K=C1 \cdot C2 \cdot C3=1,28 \cdot 0,5 \cdot 1=0,64$

-Canon de control de vertidos= $0,64 \cdot 0,01653=0,0106$ euros-> 1 céntimo/ m³

Teniendo en cuenta que la venta del agua tratada en nuestra instalación es de 91.120,00 m³/año, y el canon de vertido de 0,01 euros por m³ esto supone un ahorro de 911,20 euros/años en concepto de ahorro en el canon de control de vertidos, que a efectos equivalentes supone un ingreso anual.

**Resumen ingresos anuales:*

Por tanto los ingresos anuales podrían estimarse como la suma de los ingresos por venta del agua tratada para riego y el ahorro debido al canon de control de vertidos:

Cobros ordinarios	
Venta agua para riego	32.803,20 €
Beneficio ambiental	911,20 €
TOTAL	33.714,40 €

7.2. Cobros extraordinarios.

Son los debidos al cobro, por una parte, del valor residual de partidas al final de su vida útil y, por otra, del valor de desecho de todos los inmovilizados al final de la vida del proyecto:

	V _r
CONSTRUCCIONES	7.399,73 €
INSTALACIONES	6.069,86 €
MAQUINARIA	6.828,60 €
(FILTROS, CARTUCHOS, ETC)	758,73 €
TOTAL	21.056,93 €

7.3. Pagos ordinarios.7.3.1. Materias primas.

MATERIA PRIMA	CONSUMO Kg/h	CANTIDAD kg/año	COSTE euros/kg	COSTE euros/año
Hidróxido de magnesio	5,1	27.336	0,05 €	1366,80 €
Floculante	0,1105	592	1,22 €	722,58 €
Ácido sulfúrico	8,50	45560	0,09 €	4100,40 €
Sosa caústica	6,80	36448	0,08 €	2915,84 €
	Total reactivos anual			9.105,62 €

7.3.2. Energía eléctrica.

El consumo de energía eléctrica se desglosa del siguiente modo:

***Término de potencia: TP**

-Módulo de energía contratada: 22 kw (Se considera que los equipos funcionan de manera alterna por lo que no se consume toda la potencia instalada)

-TP = 22 kw*20,00 euros/kw y año = 440,00 euros/año

***Término de energía: TE**

El término de energía se compone de los costes por kwh consumidos en hora punta y los consumidos en hora valle:

-Precio en hora punta: a 0,12 euros/kwh

-Precio en hora valle: a 0,04 euros/kwh

Considerando que la planta trabajará 4 horas en horario punta y 12 horas en valle el término de energía resulta:

$$TE= 22 \text{ kw}*((4*0,12)+(12*0,04))*335 \text{ días/año} = 7075,2\text{euros/año.}$$

El total del gasto anual de Energía será la suma del TP y del TE:

Coste anual por TP	440,00
Coste anual por TP	7075,20
Gasto eléctrico anual	7515,20 €

7.3.3. Gastos de personal

La instalación estará controlada por dos operarios (oficiales de primera) que se distribuirán las responsabilidades de la planta en dos turnos de ocho horas. No obstante se considera que dichos operarios dedicarán sólo una parte de su jornada en la ampliación proyectada, considerándose atribuible al cuidado de la ampliación únicamente el 20 % de su jornada. Con ello resulta la siguiente estimación:

Nº	CATEGORIA	SALARIO (Año)	20% SALARIO (Año)	TOTAL ATRIBUIBLE €/Año
2	Oficial 1ª	16.000 €	3.200,00 €	6.800,00 €
			TOTAL	6.800,00 €

7.3.4. Mantenimiento y reparaciones.

Para realizar este cálculo lo estimaremos como el 2,5% de la inversión en instalaciones y el 1% de la construcción, de manera que sumaría 690,82 €/año.

7.3.5. Seguros, impuestos y otros conceptos

Los estimaremos como el 1% de todo el coste de inversión inicial menos los terrenos: 755,03 €/año.

Resumen

CONCEPTO	Euros
Materias primas	9.105,62 €
Energía eléctrica	7.515,20 €
Personal	6.800,00 €
Mantenimiento	690,82 €
Seguros	755,03 €
TOTAL PAGOS ORDINARIOS	24.866,67 €/Año

7.3.6. Pagos extraordinarios.

Son los pagos derivados de la renovación de los distintos inmovilizados.

Se consideran también como tales el pago inicial de 50 % derivado de las subvenciones de la inversión (pago extraordinario realizado en el año 0).

7.3.7. Corriente total de flujos de caja (FCN)

AÑO	COBROS ORDINARIOS €	COBROS EXTRAORDINARIOS €	PAGOS ORDINARIOS €	PAGOS EXTRAORDINARIOS €	PAGOS FINANCIERA €	FLUJOS CAJA €	FLUJOS CAJA ACUMULADO €
0				40.751,49		-40.751,49	-40.751,49
1	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-35.829,85
2	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-30.908,21
3	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-25.986,57
4	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-21.064,93
5	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-16.143,29
6	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	-11.221,65
7	33.714,40	6.069,86	24.866,67		3.926,09	10.991,50	-230,14
8	33.714,40		24.866,67	7.587,33	3.926,09	-2.665,69	-2.895,83
9	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	2.025,81
10	33.714,40	6.828,60	24.866,67		3.926,09	11.750,24	13.776,05
11	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	18.697,69
12	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	23.619,33
13	33.714,40		24.866,67		3.926,09	4.921,64	28.540,97
14	33.714,40	6.069,86	24.866,67		3.926,09	10.991,50	39.532,47
15	33.714,40		24.866,67	7.587,33	3.926,09	-2.665,69	36.866,78
16	33.714,40		24.866,67			8.847,73	45.714,51
17	33.714,40		24.866,67			8.847,73	54.562,24
18	33.714,40		24.866,67			8.847,73	63.409,97
19	33.714,40		24.866,67			8.847,73	72.257,70
20	33.714,40	20.948,53	24.866,67			29.796,26	102.053,96

8. EVALUACIÓN FINANCIERA

Los criterios necesarios para la evaluación financiera son los siguientes, que se calcularán a continuación para concluir acerca de la viabilidad económica de la actuación:

- VAN
- B/I
- PB
- TIR

8.1. *Valor actual neto (VAN)*

$VAN = \sum(\text{flujos netos de caja anuales}) - \text{valor de la inversión.}$

Con la función VNA de Excel y la tabla de flujo de caja calculamos:

$$VAN = 397.528,46 \text{ €}$$

Que expresa la ganancia neta generada por el proyecto luego es necesario que sea un valor positivo para que el proyecto sea viable financieramente.

8.2. Relación beneficio-inversión (B/I)

El valor de B/N indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida.

Podemos definir si un proyecto es viable tanto en términos de B/I como en términos de VAN, ya que la expresión de B/I es la siguiente:

$$B / I = \frac{VAN}{Inversion} = 4,9$$

8.3. Plazo de recuperación.

Indica el momento de la vida de la inversión en el que el valor actual neto de la misma se hace cero, a partir del cual el inversor irá obteniendo rendimientos positivos.

El plazo de recuperación o pay-back se calcula acumulando año por año los flujos de caja actualizados, a los que se les sustrae el pago de la inversión. Su valor estará comprendido entre los años correspondientes al último signo negativo y al primer signo positivo.

Observando el flujo de caja se concluye que el momento de recuperación está entre los años 8 y 9 con lo que tomamos:

$$PB = 8,5 \text{ años}$$

8.4. Tasa interna de rendimiento.

Se define como el tipo de interés al cual el VAN se hace cero.

Con la función TIR y la tabla de flujo de caja calculamos:

$$\text{TIR} = 7 \%$$

Valor que resulta mayor que el interés considerado del 5% por lo que este indicador habla favorablemente acerca de la inversión de la instalación proyectada.

Se llegará a la conclusión de que una inversión es viable siempre y cuando su TIR sea mayor que el tipo de interés.

9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Como conclusión del estudio económico financiero del proyecto consideramos que este será viable en un escenario de tipos de interés más elevados, ya que la TIR que obtenemos y los excelentes flujos de caja obtenidos son garantía suficiente para reafirmarnos en esta postura.

VAN	397.528,46 €
B/I	4,9
PB	8 AÑOS Y 6 MESES
TIR	7 %

Todos los indicadores hablan favorablemente acerca de la rentabilidad económica de la inversión, por lo que sólo cabe calificar este proyecto como plenamente viable y rentable.

En Almería, Enero de 2014.

Fdo: Verónica Roca Doña

ANEXO I

ESTUDIO DE VIABILIDAD

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	2
2. TRATAMIENTO Terciario. ESTUDIO DE MERCADO.....	2
3. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	4
4. RECURSOS HÍDRICOS MUNDIALES.....	6
4.1 Consumo hídrico mundial.....	9
4.2 Usos del agua mundial.....	11
5. ESTADO ACTUAL DEL NIVEL DE SANEAMIENTO A NIVEL MUNDIAL .	12
6. EVOLUCIÓN Y ESTADO DE SANEAMIENTO EN LA UNIÓN EUROPEA	14
7. ESTADO ACTUAL DE LA EVOLUCIÓN DE SANEAMIENTO EN ESPAÑA	19
8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	24
9. CINÉTICA DE LA ACCIÓN GERMICIDA	29
10. AGENTES MAS UTILIZADOS EN DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES	32

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es ampliar una estación de aguas residuales mediante tratamiento terciario por ozono y radiación ultravioleta para la ciudad de Almería, con la capacidad de tratamiento de 17 m³/h.

El agua de la planta será destinada principalmente a los regadíos intensivos existentes en los alrededores de la zona.

Se eligió la depuradora urbana de Almería para la ampliación debido a que a pesar de ser una depuradora con unas instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas con una capacidad de 100.000 equivalentes-habitante, donde su actividad principal es la recogida y tratamiento de aguas residuales, éste solo se realiza hasta tratamiento secundario, por lo que el presente proyecto tiene como finalidad la ampliación de la depuradora hasta tratamiento terciario, para así mejorar el proceso de la planta y éste agua poder ser utilizada para riego de hortofrutícolas .

2. TRATAMIENTO TERCIARIO. ESTUDIO DE MERCADO

El tratamiento terciario consiste en una serie de procesos físico-químicos destinado a afinar algunas características del agua efluente de la depuradora con vistas a su empleo para un determinado uso.

La necesidad de utilización de este tipo de proceso surge con la idea de reutilizar el agua residual depurada para usos como riego de parques y jardines, campos de golf, usos industriales, pero sobre todo principalmente para el riego en zonas de agricultura.

La limitación de los recursos disponibles plantea un amplio debate en el que destacan dos cuestiones:

-Reestructuración del regadío tradicional.

-Búsqueda de soluciones a la actual escasez de agua.

Posibles soluciones para captar, almacenar y poner el agua a disposición principalmente de la agricultura son:

- Trasvases de cuencas.
- Aguas subterráneas.
- Depuración de aguas residuales (reutilización).
- Desalación de aguas salinas.
- Embalses.

Varias de estas opciones están consideradas en el Plan Hidrológico Nacional que propone el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Cada una de ellas plantea importantes problemas que deben ser resueltos, como son la cuantía de las inversiones, la justa compensación interterritorial, o incluso consideraciones de carácter ecológico.

Otras opciones como la captación de aguas subterráneas tampoco pueden considerarse como definitivas. Nos encontramos con la dependencia de las reservas de agua presentes en el acuífero, que son limitadas y frecuentemente de baja calidad por su elevada salinidad.

Por todas estas razones, la reutilización de aguas residuales despierta un gran interés, más aun si consideramos toda la cantidad de agua que es vertida al mar y no es aprovechada.

El desarrollo al que ha llegado la tecnología de tratamientos terciarios permite actualmente el tratamiento de agua a coste moderado, aportando soluciones flexibles y adaptadas a cada tipo de necesidad. Su incorporación al sistema de gestión integral del agua no genera rechazo social y se trata, además, de una solución de escaso impacto ambiental.

3. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Los métodos de depuración de aguas residuales se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era el drenaje, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las calles significaba que junto con el agua viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa excavaciones subterráneas privadas primero y, más tarde, letrinas. Cuando éstas estaban llenas, unos obreros vaciaban el lugar en nombre del propietario. El contenido de los pozos negros se empleaba como fertilizante en las granjas cercanas o era vertido en los cursos de agua o en tierras no explotadas.

Unos siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres. Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. A pesar de que existían reservas respecto a estos por el desperdicio de recursos que suponían, los riesgos para la salud que planteaban y su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más dentro del tratamiento químico, con el objetivo de desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

La cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases (sólida, líquida

y gaseosa) siempre se ha mantenido constante. Esto ha sido posible gracias a un ciclo cerrado (evaporación, precipitaciones, infiltraciones, salida al mar) conocido como ciclo hidrológico del agua.

Se puede definir este ciclo como un seguido de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre a la atmósfera en forma de vapor (evaporación directa y transpiración de las plantas y animales) y más tarde regresar en estado líquido o sólido.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y más tarde se condensa, formando así, nieblas y nubes. El agua contenida en las nubes regresará a la superficie terrestre en forma de nieve, granizo o lluvias. Las aguas que precipitan en tierra pueden tener varios destinos: una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación, otra parte se infiltra en el suelo y la parte que queda se desliza formando ríos hasta ir a desembocar a lagos y océanos.

El uso del agua para nuestro consumo diario y como elemento para el desarrollo de muchas actividades industriales, agrícolas... y también urbanas hace que las aguas limpias se conviertan en aguas residuales, es decir, aguas contaminadas. Como hemos visto, el agua no es un bien ilimitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos perjudicando a nosotros mismos. Por esta razón controlar la contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes para la continuidad del equilibrio entre el hombre y el medio en el cual vive y la prevención, reducción y eliminación de los contaminantes de esta agua es una necesidad prioritaria en la actualidad. Para mantener este control se construyen las estaciones depuradoras, que se encargan de reducir la contaminación hasta niveles asumibles por la naturaleza.

Debido al ciclo hidrológico del agua, estas aguas contaminadas nos vuelven en forma de lluvias, por lo que antes de ser consumida la debemos tratar, y esta es la función básica de las potabilizadoras, conseguir un agua desinfectada y limpia de contaminación, evitando así el riesgo de salud, epidemias...

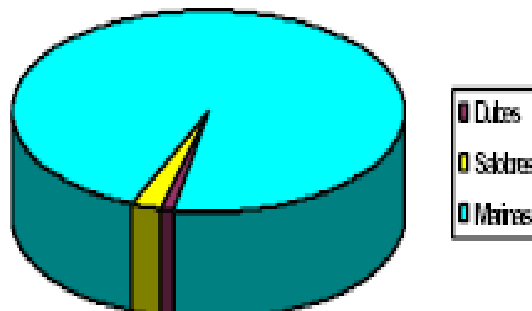
Por contaminación de las aguas se entiende el aporte de materias o formas de energía de una manera directa o indirecta que impliquen una alteración o modificación de su calidad en relación a sus usos posteriores o a su función ecológica.

Del mismo modo que todos pedimos una red de abastecimiento, también es necesaria una de saneamiento para depurar las aguas. Hasta hace bien poco no se le

daba importancia al tratamiento del agua, pero en vista de los grandes problemas que aporta la contaminación, la construcción de plantas depuradoras y potabilizadoras va en aumento. Gracias a programas de saneamiento y de depuración de aguas residuales que permiten la vuelta del agua a su estado natural, eliminando los elementos contaminantes y protegiéndola, se está consiguiendo una mejor calidad en el agua de los ríos de toda España.

4. RECURSOS HÍDRICOS MUNDIALES

Las reservas de agua del planeta son inmensas aunque el agua de los océanos, cubriendo las $\frac{3}{4}$ de la superficie terrestre, al tener más de un 3 % en peso de sales, resultan inservibles para cualquier tipo de uso (agrícola, industrial o humano).



El resto del agua es dulce, pero el 68.9 % de ella está permanentemente en forma de hielo o nieve en regiones polares o montañosas, con lo que su uso tampoco es posible. El 29.9% son aguas subterráneas, y tan sólo un 0.3 % se encuentra en lagos y ríos, utilizables sin limitaciones técnicas y económicas.

El agua sigue un ciclo regenerativo: Evaporación, formación de nubes, lluvia, escorrentía. Pero solo en parte del mismo es utilizable, cuando está en estado líquido y sin contenido de sal.

Este ciclo regenerativo es el responsable de que existan recursos hídricos renovables. Se calcula que los recursos renovables mundiales son alrededor de 42.750

km³ por año, pero este valor es muy variable con el espacio y el tiempo.

Se muestra a continuación en una tabla por continentes y países la irregular distribución de los recursos hídricos renovables en el planeta.

País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Alemania	96	1165
España	110,3	2775
Francia	180	3065
Irlanda	47	13187
Noruega	384	87691
Reino Unido	71	1219
Rusia	4312,7	29115
Suiza	42,5	5802
EUROPA	6142,9	

País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Canadá	3287	120000
Estados Unidos	2930	11500
NORTE AMÉRICA	6217	
País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Argentina	270	17000
Brasil	6220	45200
Colombia	1200	35000
Cuba	34,7	3110
Méjico	345	3670
Perú	1100	50300
Venezuela	856	36830
CENTRO Y SUR AMÉRICA	10863	

País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Argelia	13,87	460
Angola	184	15376
Camerún	268	18711
Egipto	2,8	43
Guinea	226	29454
Libia	0,6	100
Sierra Leona	160	34957
Sudáfrica	44,8	1011
ÁFRICA	3988,1	

País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Arabia Saudita	2,4	119
China	2800	2231
Emiratos Árabes	0,15	64
India	1850	1896
Indonesia	2530	12251
Japón	547	4344
Kuwait	0,02	11
Malasia	456	21259
Turquía	196	3074
ASIA	12686,5	

País o continente	Anual (km ³)	Per cápita (m ³ /hab)
Australia	343	18596
Nueva Zelanda	313	89400
OCEANÍA	1539,3	

Tabla 1. Recursos hídricos anuales renovables locales y per cápita de diferentes países por continentes.

Fuente: Shiklomanov, 1999

Como se observa en la tabla, hay 6 países que acaparan casi el 50 % de los recursos hídricos totales: Brasil, Canadá, Rusia, Estados Unidos, China e India. Hay cinco grandes ríos que concentran el 27 % de los recursos renovables: Amazonas, Ganges-Brahmaputra, Congo, Amarillo y Orinoco.

Lo que queda muy claro es la mala distribución de los recursos hídricos que existe en el planeta, con zonas de baja población y abundancia de recursos difícilmente aprovechables.

La realidad actual es que, de acuerdo con la definición de estrés hídrico (recursos renovables de menos de 1.000 m³ de agua por habitante y año) 26 países sufren ya problemas de escasez (300 millones de personas), y las proyecciones para el año 2050 son mucho más pesimistas, con 66 países afectados que concentran 2/3 partes de la población mundial (Medina, 2000).

4.1 Consumo hídrico mundial

El desarrollo humano demanda cada vez más agua, además la industria consume una media de 200 toneladas de agua por tonelada de producto manufacturado.

El agua es más de la mitad del peso del cuerpo humano, un adulto bebe una media de 2.5 litros al día de agua, y necesita como mínimo 0.75 litros para mantenerse vivo. La O.M.S. dice que son necesarios 150 litros/día para un mínimo de higiene (Al-Gobaisi, 1997), aunque en los países subdesarrollados del planeta hay más de 1.500 millones de personas que no tienen agua potable, de ellos la mayoría consumen de tres a cuatro horas diarias para conseguirla (Intermón, 1998).

Generalmente, el nivel de desarrollo local incide en el consumo de agua dulce per cápita, pero normalmente la climatología también incide en ese consumo. La siguiente tabla resume el consumo per cápita anual a finales de 1992. Se puede ver que España es un gran consumidor de agua dulce (comparación con el consumo medio en distintos continentes).

Continente o país	m ³ /hab y año
Europa	726
Asia	526
África	244
América del Sur	476
América del Norte y central	1.692
Oceanía	907
Antigua URSS	1.330
España	1.174

Tabla 2. Consumo hídrico per cápita por continentes y en España

Fuente: Lanz, 1997

La desigualdad entre la demanda de agua y los recursos disponibles como se ve es muy clara, especialmente en las áreas más áridas (Golfo Pérsico, Magreb). El consumo per cápita en estas regiones es altísimo, de 300 a 1500 litros/día. Esto se ha visto favorecido por el rápido crecimiento del nivel de vida en estos países, pérdidas de la red y agricultura intensiva. Los recursos provenientes de la lluvia, subterráneos o el reciclado de aguas residuales no son suficientes para satisfacer la demanda. Existe el problema añadido de la sobreexplotación de acuíferos subterráneos, que implica una disminución de los niveles freáticos o un deterioro de sus cualidades, llevando incluso a la intrusión de agua salada en los mismos. La experiencia en estas zonas es que unos recursos renovables de 1.000 m³ de agua anuales son el límite de la escasez crónica de agua que impide el desarrollo humano. Un estrés hídrico, como ya se ha comentado, se define como unos recursos en la zona de menos de 1.000 m³ de agua por habitante y año que se renuevan. De acuerdo con esta definición, todos los países de Oriente Medio sufren de estrés hídrico (Al-Gobaisi, 1999).

4.2 Usos del agua mundial

La mayor parte de los recursos se destinan a la agricultura (parte de esta aguas retorna a sus cuencas hidrográficas de donde proceden). El resto, que en la mayoría de los países no alcanza el 20% del total, se destina a la industria (que tendrá mayor o menor importancia dependiendo del país) y al consumo humano propiamente dicho.

Los usos del agua dependen de su calidad. La salinidad media del agua de mar es de 34.800 ppm, aunque lógicamente varía en función del océano. Por ejemplo, el total de sólidos disueltos del Golfo Pérsico varía entre 43.000 y 50.000 ppm, mientras que en el océano Atlántico la media es de 36.000 ppm y en el Pacífico de 33.600 ppm (Abu Qdais, 1999).

El límite para el consumo humano es de 1.000 ppm, aunque este máximo permisible depende de las aguas disueltas, del consumo diario y del clima. Suponiendo que el hombre bebe un máximo de 8 litros diarios, este consumo de agua no supone un serio problema en el futuro si lo comparamos con el consumo industrial o agrícola.

La pureza necesaria para la industria depende fundamentalmente del sector. A veces un agua salobre es suficiente (<5.000 ppm de total de sólidos disueltos), pero otras veces se necesita agua ultrapura (ciclos de potencia, refrigeración). La cantidad de agua utilizada es varias veces mayor que la de consumo, por lo que toda investigación orientada al reciclado y reutilización de aguas industriales es muy importante actualmente.

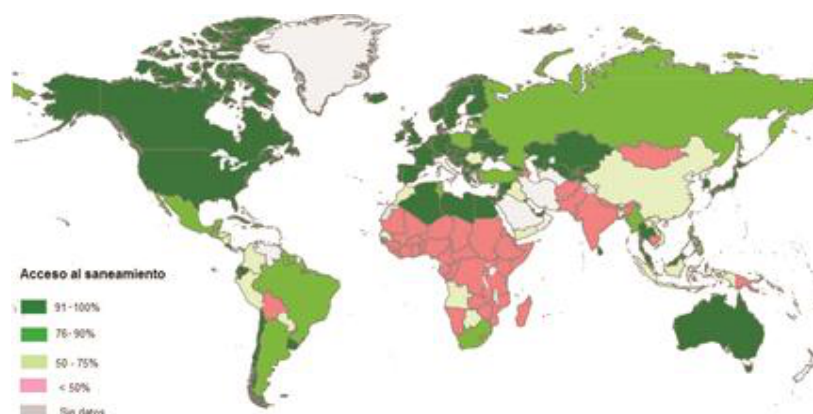
El riego artificial (no proveniente de la lluvia) consume la mayoría del agua en el mundo como ya se ha comentado, por ejemplo en China supone un 87% del consumo total, y este % puede ser aún mayor en zonas muy áridas. La desalación es demasiado cara para ser utilizada para estos propósitos. Sin embargo, aguas salobres en torno a 2.000 ppm son aceptables para algunos cultivos, los límites de cada planta dependen del terreno, clima, composición de las sales, método de riego y tratamientos fertilizantes.

5. ESTADO ACTUAL DEL NIVEL DE SANEAMIENTO A NIVEL MUNDIAL

En los últimos veinte años se han realizado importantes esfuerzos a nivel mundial para incrementar el porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento básicos. A pesar de ello, en la actualidad todavía hay unos 2.600 millones de personas que carecen de estos servicios, es decir, más de un tercio de la población mundial no dispone de acceso al saneamiento.

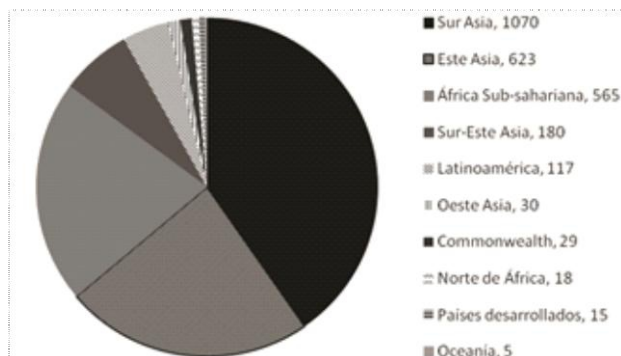
La Figura 1 muestra que existen importantes divergencias entre regiones en relación al acceso a este servicio básico. Mientras que en los países desarrollados se considera que toda la población (99%) dispone de un adecuado saneamiento, en los países en vías de desarrollo, el porcentaje se reduce considerablemente siendo sólo del 52%.

Porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento.



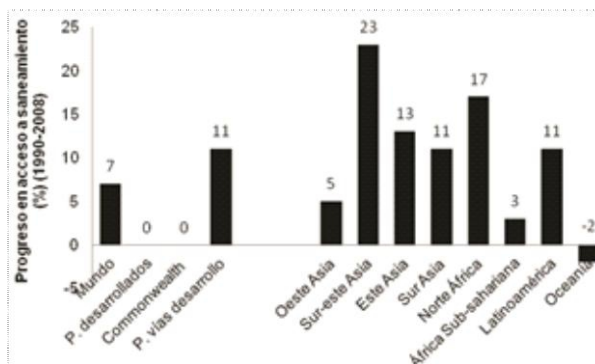
Si centramos el análisis en la distribución regional (Figura 2), se observa que es en el Sureste asiático donde el número de personas sin acceso al saneamiento es mayor. No obstante, también son de destacar las regiones del Este de Asia y África Subsahariana. Una agrupación por continentes muestra que Asia y África concentran el 72% y 22% respectivamente de todas las personas sin acceso al saneamiento. Por otra parte, incluso en los países desarrollados hay 15 millones de personas que carecen de servicios de saneamiento.

Figura 2. Millones de personas sin acceso a servicios de saneamiento.



La Figura 3 muestra que hay importantes disparidades entre regiones. Así, el Norte de África, el Sureste asiático y el Este de Asia han incrementado significativamente el porcentaje de población con acceso al saneamiento mientras que en Oceanía se ha producido un retroceso.

. Progreso desde 1990 a 2008 en el acceso al saneamiento (%)



Las cifras mostradas en las Figuras 1 y 2 indican que en materia de acceso al saneamiento hay una importante disparidad entre las regiones desarrolladas y las no desarrolladas. Así mismo, tal y como se muestra en la Figura 4, esta disparidad también se produce entre las zonas urbanas y rurales. En el año 2008, 794 millones de personas sin acceso a saneamiento vivían en áreas urbanas mientras que 1856 millones lo hacían en áreas rurales. Estas cifras indican que 7 de cada 10 personas sin acceso al saneamiento viven en áreas rurales. De los 1300 millones de personas que accedieron al saneamiento durante el periodo de 1990 a 2008, el 64% de ellas vivían en áreas urbanas.

No obstante, a pesar de que las áreas urbanas están mejor servidas que las áreas rurales, se enfrentan al problema del continuo crecimiento de la población urbana.

6. EVOLUCIÓN Y ESTADO DE SAMENAMIENTO EN LA UNIÓN EUROPEA

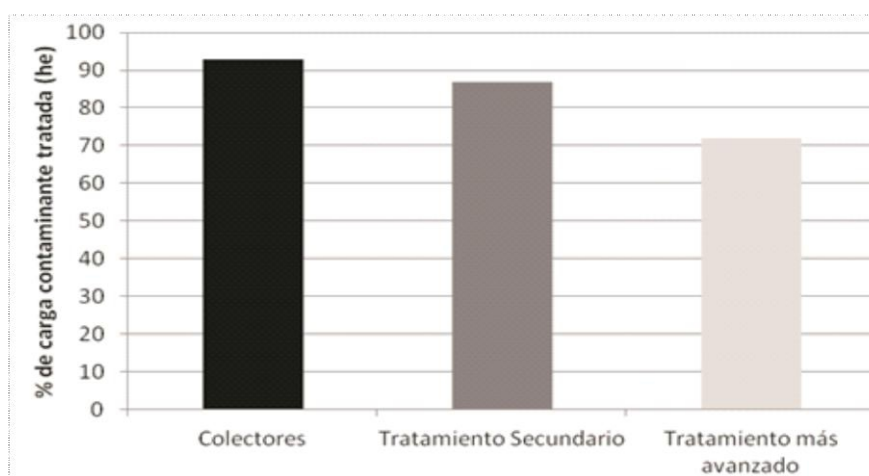
La Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas supuso una importante mejora en el saneamiento y depuración de aguas residuales en los Estados Miembro de la UE (EM). La citada Directiva establece las medidas necesarias que los EM han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido. De forma resumida, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas. En primer lugar las “aglomeraciones urbanas” deben disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marinas. Así mismo, en la determinación de los tratamientos a que deberán someterse las aguas residuales antes de su vertido, se tienen en cuenta las características del emplazamiento donde se producen. De acuerdo con esto, los tratamientos serán más o menos rigurosos según se efectúen en zonas calificadas como sensibles o no sensibles a la eutrofización.

A pesar de que la Directiva 91/271/CEE es de obligatorio cumplimiento para los 27 EM, el Sistema Europeo de Información sobre el Agua (*Water Information System for Europe*, WISE) únicamente contiene información relativa al saneamiento y depuración de aguas para 18 países europeos: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Estonia, Eslovaquia, Eslovenia, Finlandia, Francia, Hungría, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Rumanía y Suecia. La razón de ello, es que sólo estos países han presentado a la Comisión Europea los informes para valorar el grado de aplicación de la Directiva en la forma que fueron solicitados. A fecha de Diciembre de 2006, estos 18 países contaban con 13.734 aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes equivalentes^[1] (he).

Tal y como se muestra en la Figura 4, el 93% de la carga contaminante generada en la UE-18 es recogida mediante sistemas de alcantarillado adecuados. Un 87% de la

carga contaminante es depurada mediante los denominados tratamientos secundarios de los cuales el 78% funcionan adecuadamente. Finalmente, otros tratamientos más avanzados se utilizan para tratar un 72% de la carga contaminante siendo el 65% el porcentaje que funcionan de forma adecuada. Estas cifras indican que la mayoría del agua residual generada llega a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) donde reciben un tratamiento adecuado.

Figura 4. Carga contaminante tratada en aglomeraciones mayores de 2.000 he.



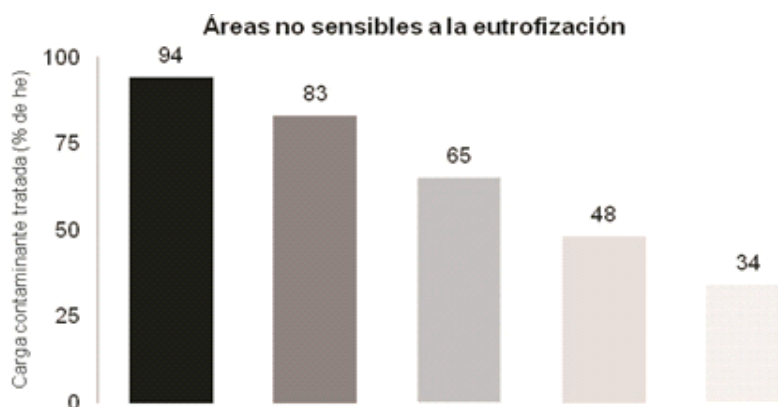
Según el artículo 5(1) de la Directiva 91/271/CEE, los EM tienen que identificar las áreas sensibles a la eutrofización y revisar dicha identificación cada 4 años -Artículo 5(6). Sin embargo, el Artículo 5(8) de esta misma Directiva establece que un EM no deberá designar zonas sensibles cuando depure todas las aguas residuales generadas en su territorio según el criterio establecido para dichas zonas. En relación a los tratamientos más avanzados a aplicar cuando el vertido se produce a zonas sensibles, la Directiva permite dos opciones. La primera de ellas, (Artículo 5 (2,3)) hace referencia a alcanzar una determinada calidad de efluente en instalaciones con capacidad de tratamiento superior a 10.000 he. La segunda opción (Artículo 5(4)) no requiere una determinada calidad en el efluente sino alcanzar como mínimo un 75% de reducción en la carga de nitrógeno y fósforo en todas las instalaciones.

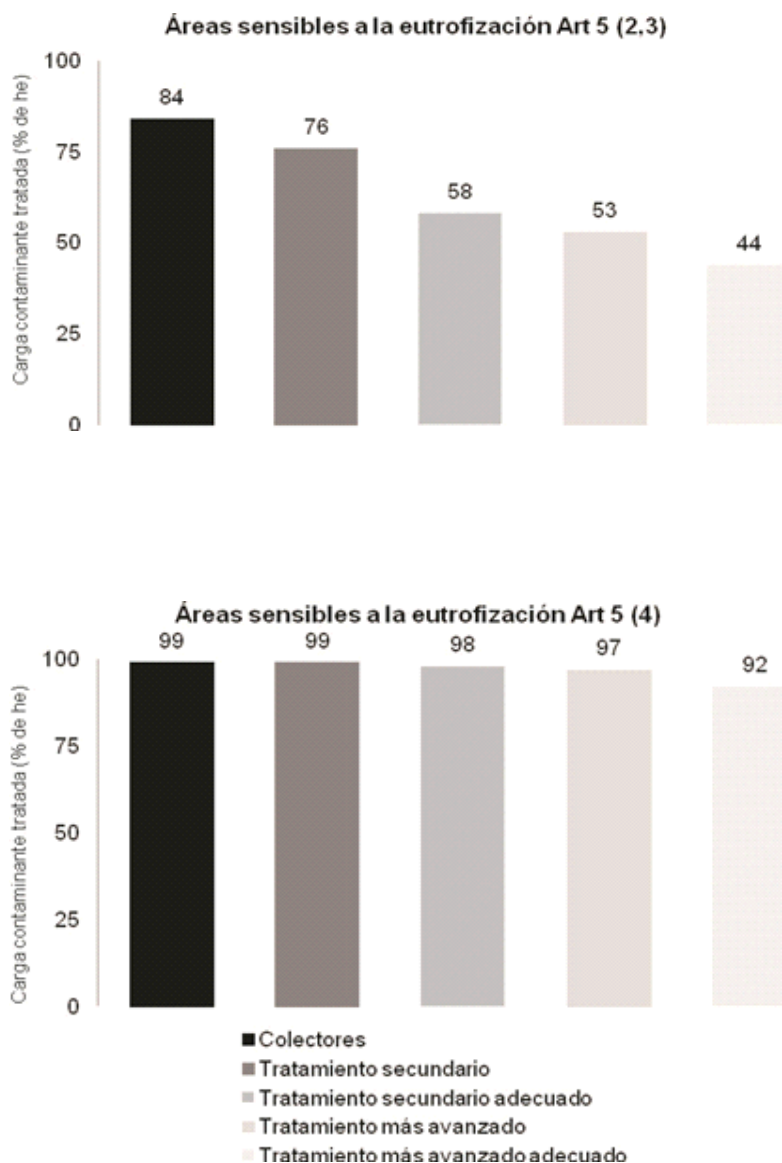
Con fecha de 31 de Diciembre de 2006, diez EM se habían acogido al Artículo 5(8), es decir, aplicaban tratamientos más exigentes en todo su territorio: Austria, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia y Rumania. Por otra parte, aunque Bélgica, Eslovaquia y Suecia no se acogen al Artículo

5(8) han identificado todas sus masas de agua como sensibles a la eutrofización. El resto de países (Alemania, Bulgaria, Chipre, Eslovenia, España, Francia, Hungría, Italia, Malta, Portugal y Reino Unido) han identificado las masas de agua que son sensibles a la eutrofización. Con fecha de Diciembre de 2008, el 68% del territorio de la EU-27 había sido definido como área sensible a la eutrofización.

Las aglomeraciones de los 18 EM estudiados generan un volumen de carga contaminante de 317,7 millones de he. La carga asociada a las zonas sensibles que se acogen al Artículo 5(4) es 145 millones de he incluyendo 4.839 aglomeraciones. En relación a las zonas sensibles que aplican el Artículo 5(2,3) la carga es de 115 millones de he y el número de aglomeraciones es de 6.306. Finalmente, en las 2.589 aglomeraciones que conforman las zonas no sensibles, se genera una carga contaminante de 54 millones de he. La Figura 6 muestra las infraestructuras de recogida y depuración de aguas residuales en función del emplazamiento donde se realiza el vertido: zonas sensibles acogidas al Artículo 5(4), zonas sensibles acogidas al Artículo 5 (2,3) y zonas no sensibles a la eutrofización.

Figura 5. Carga contaminante tratada en aglomeraciones mayores de 2.000 he en función de la zona de vertido.



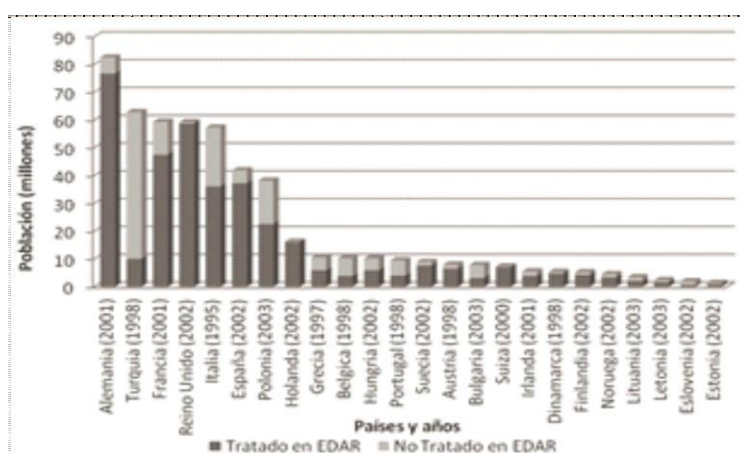


Se observa que las áreas que se acogen a lo dispuesto en el Artículo 5(4) disponen de más y mejores infraestructuras de tratamiento de aguas residuales que aquellas que se acogen al Artículo 5(2,3). Es de destacar que en las zonas no sensibles a la eutrofización no todas las aguas residuales son recogidas ni son depuradas con tratamiento de tipo secundario. Sin embargo, a pesar de que no es una obligación establecida por la Directiva, algunas de las instalaciones disponen de tratamientos más avanzados. En relación a las zonas sensibles regidas por el Artículo 5(2,3), sólo el 84% dispone de sistemas de recogida de agua residual, el 76% son depuradas con tratamiento de tipo secundario y sólo el 53% reciben tratamiento más avanzado. Una de las razones que justifica el bajo porcentaje de carga contaminante depurada con tratamientos

secundarios en las áreas que se rigen por el Artículo 5(2,3) es el hecho de que a muchos países se les ha permitido una moratoria en la implementación de la Directiva 91/271/CEE en relación a las áreas sensibles.

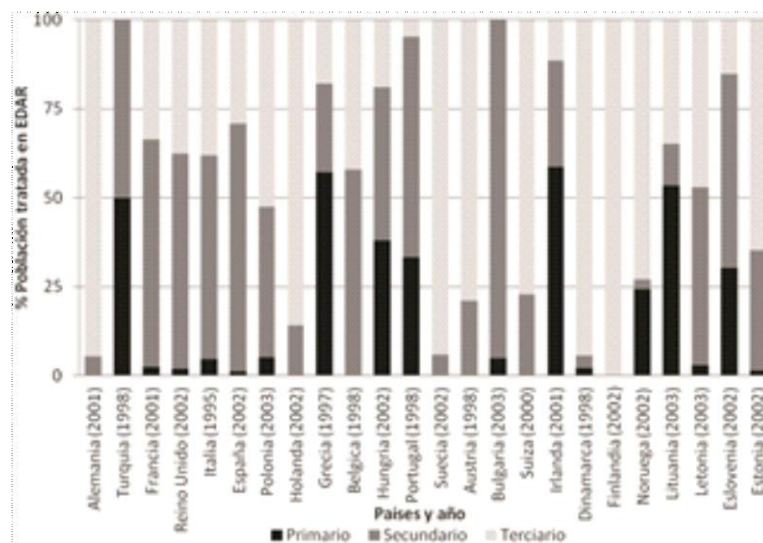
Si ampliamos la escala espacial y consideramos otros países europeos que no forman parte de la UE, podemos observar importantes diferencias entre ellos en relación al porcentaje de su población cuya agua residual es tratada en EDARs (Figura 7). Si bien es de destacar que la información proporcionada en la Figura 7 corresponde a distintos años en función de la disponibilidad de datos.

Figura 7. Población (millones) conectada a EDARs en países europeos



En un análisis más detallado, la Figura 8 muestra el porcentaje de cada tipo de tratamiento (primario, secundario y terciario). Se observa que hay algunos países como Alemania, Países Bajos, Suecia, Austria, Dinamarca, Finlandia, Noruega, Estonia y Chipre en los que la mayoría del agua residual se depura haciendo uso de tratamientos de tipo terciario. Por el contrario, en otros países como Grecia, Irlanda, Lituania e Islandia la mayor parte del agua residual únicamente se depura con tratamientos primarios. Así mismo, es de destacar que ninguna de las EDARs de Turquía e Islandia cuentan con tratamientos de tipo avanzado o terciario.

Figura 8. Porcentaje de población conectada a EDAR según el tipo de tratamiento.



Las cifras mostradas previamente nos informan sobre el estado del saneamiento y depuración de aguas residuales en Europa. Con el objetivo de describir los progresos realizados en esta materia.

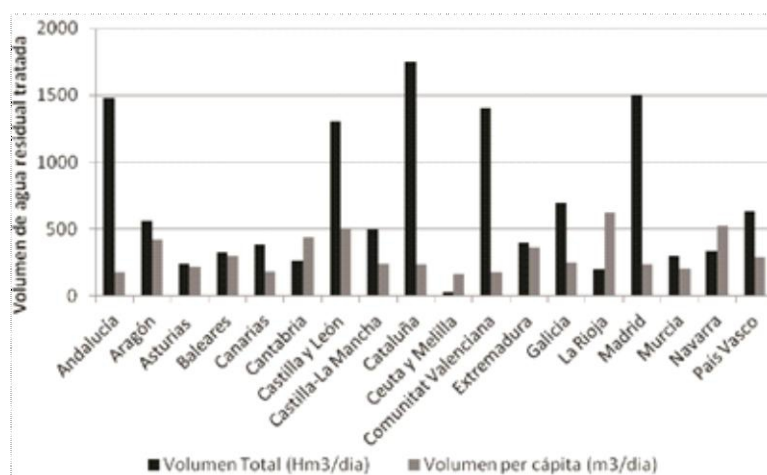
7. ESTADO ACTUAL DE LA EVOLUCIÓN DE SANEAMIENTO EN ESPAÑA

En España había 2.412 aglomeraciones urbanas de más de 2.000 he lo que implica una carga contaminante total de 71.784.819 he. En la Figura 10 se observa la distribución territorial de estas aglomeraciones y de las áreas definidas como sensibles a la eutrofización. En algunas zonas parece que no haya aglomeraciones urbanas. Si hay, lo que ocurre es que son inferiores a 2.000 he correspondiéndose a pequeños municipios en áreas rurales. Así mismo, también se identifican las áreas de mayor concentración urbana que se corresponden con las zonas donde las necesidades de inversión y mantenimiento en instalaciones de gestión de aguas residuales son mayores (SIA, 2011). De todas las aglomeraciones urbanas identificadas, aproximadamente unas 650 tienen una población superior a 15.000 he representando el 87% del total de la carga generada en España. A fecha de 31 de Diciembre de 2005, el 77% de estas aglomeraciones cumplían los requerimientos establecidos por la Directiva 91/271/CEE

(MARM, 2006). Por otra parte, se han definido 837 zonas sensibles a la eutrofización lo que representa un 31% del territorio nacional.

En un análisis detallado por Comunidades Autónomas (CC.AA), la Figura 11 muestra el volumen de agua residual total tratado por cada una de ellas ($\text{hm}^3/\text{día}$) así como por habitante ($\text{m}^3/\text{día}$) para el año 2009.

Figura 11. Agua residual tratada por regiones (total y per cápita)



Se observa que la comunidad autónoma donde se trata un mayor volumen de agua residual es Cataluña seguida de Madrid y Andalucía. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la población de cada región, la ordenación es distinta. Bajo este criterio, son Castilla-León, Navarra y Aragón las tres regiones que tratan mayor volumen per cápita de agua residual.

En relación a la evolución temporal en el volumen de agua residual tratada, la Figura 12 muestra que durante los años 2000 a 2009 se ha producido una mejora significativa. De forma más específica, el volumen total de agua residual tratada en España en el año 2000 era de 7,7 millones de $\text{m}^3/\text{día}$ mientras que en 2009 fue de 12,4 millones de $\text{m}^3/\text{día}$ (aumento del 60%). Además, esta mejora se observa en todas las CC.AA. Es de destacar el excepcional crecimiento producido en las regiones de Castilla-León, Valencia y Madrid.

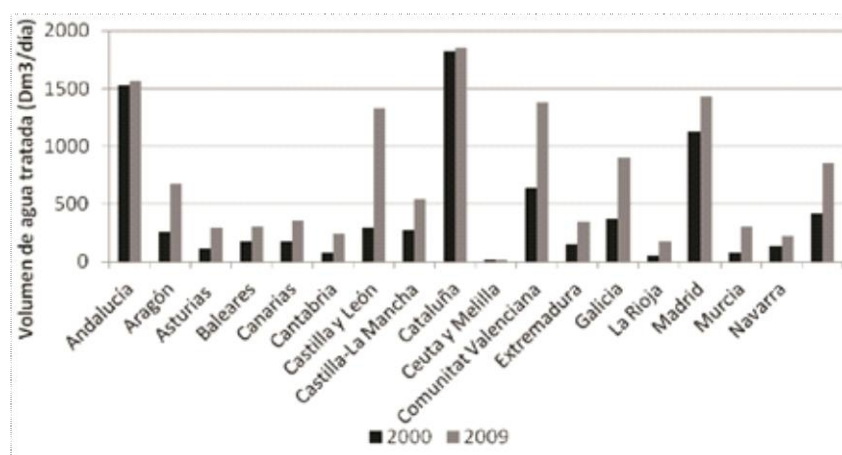


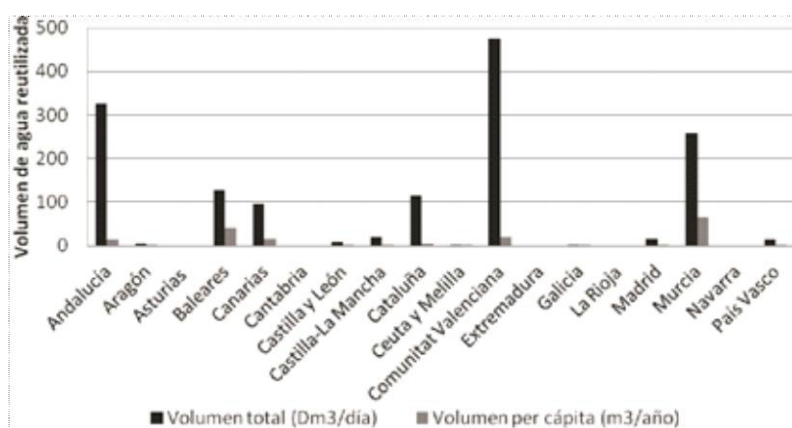
Figura 12. Evolución en el volumen de agua residual tratada por regiones (2000-2009)

En el contexto de la gestión de recursos hídricos y teniendo en cuenta los problemas endémicos de escasez de agua existentes en determinadas regiones españolas, en los últimos años el uso de fuentes de agua no convencionales, como son la reutilización de agua regenerada y la desalación de agua de mar, ha adquirido una gran importancia. Este suministro de agua es especialmente relevante en las áreas del sureste peninsular y los archipiélagos tanto Balear como Canario dada la escasez e irregularidad de los recursos hídricos convencionales en estos territorios.

Como prueba de la importancia creciente de la reutilización de aguas residuales, el Ministerio de la Presidencia aprobó a propuesta de los Ministerios de Medio Ambiente, de Agricultura, Pesca y Alimentación y de Sanidad y Consumo, el Real Decreto 1620/2007, de 7 de Diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de aguas depuradas en España. Entre otros aspectos, la norma define el concepto de reutilización, introduce la denominación de aguas regeneradas, determina los requisitos necesarios para llevar a cabo la actividad de utilización de estas aguas y los procedimientos para obtener la concesión exigida en la Ley. Además, recoge los criterios de calidad mínimos obligatorios exigibles para la utilización de las aguas regeneradas según los usos. En todos los casos, el Organismo de Cuenca solicitará a las autoridades sanitarias un informe que tendrá carácter vinculante. Por otro lado, se prohíben determinados usos que presentan riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

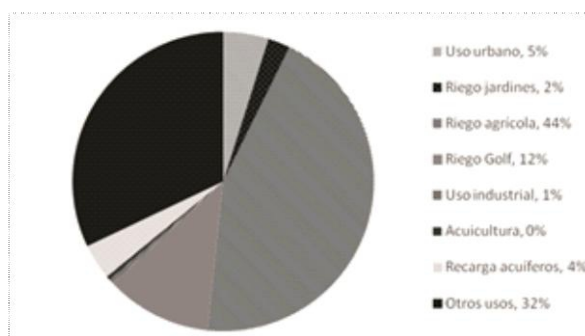
El volumen total de agua regenerada reutilizada en España durante el año 2009 fue 1.464.261 m³/día. La Figura 13 muestra la distribución de este volumen por CC.AA. Se observa que más de un tercio del total de agua es reutilizada en la región de Valencia seguida de las regiones de Murcia y Andalucía. Por otra parte, hay regiones como Navarra, Cantabria o Asturias que por sus condiciones climáticas no necesitan hacer uso de esta fuente alternativa de recursos hídricos. Considerando el volumen de agua reutilizada per cápita (Figura 13), Murcia es la región con mayor tasa de reutilización de agua (65 hm³/año per cápita), seguida de las Islas Baleares (41 hm³/año per cápita) y la región de Valencia (21 hm³/año per cápita).

Figura 13. Agua regenerada reutilizada por regiones (total y per cápita)



En relación a los usos del agua regenerada, la Figura 14 muestra que en España el uso fundamental es el riego agrícola. El segundo uso más importante es el denominado “otros usos” que hace referencia a usos ambientales, principalmente en relación al mantenimiento y regeneración de humedales. También es de destacar que el 12% del agua regenerada se usa para el riego de campos de golf. El resto de usos son minoritarios ya que representan un porcentaje inferior al 5% del total de agua regenerada.

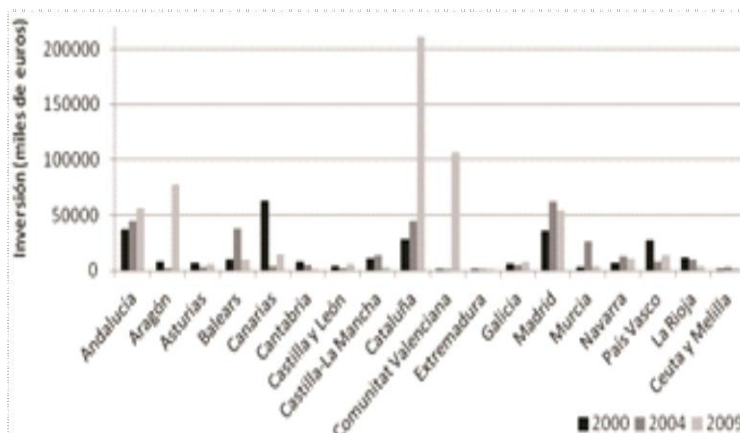
Figura 14. Uso del agua regenerada reutilizada en España



Para finalizar el análisis sobre el estado y evolución del saneamiento y depuración en España, la Figura 15 muestra los costes de inversión relacionados con la recogida y tratamiento de agua residual. Se observa que algunas CC.AA (Asturias, Islas Canarias, Cantabria y País Vasco) realizaron la mayoría de las inversiones en el año 2000 lo que les permitió alcanzar los requerimientos exigidos por la Directiva 91/271/CEE en el marco temporal adecuado. Un segundo grupo de regiones realizaron las inversiones fundamentalmente en el año 2004 (Islas Baleares, Castilla La Mancha, Madrid, Murcia y Navarra).

Finalmente, la mayoría de las CC.AA. (Andalucía, Aragón, Castilla-León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia) realizaron sus inversiones más recientemente (año 2009). Es de destacar el importante esfuerzo económico realizado en las comunidades de Valencia y sobre todo de Cataluña. Dado que en el año 2009, la mayoría de las aglomeraciones urbanas tanto en Cataluña como en Valencia ya disponía de acceso a servicios de saneamiento, en ausencia de datos más actualizados, es de prever que dichas inversiones han tenido como objetivo la implementación de sistemas de tratamiento avanzados destinados a la reutilización del agua residual.

Evolución de las inversiones en tratamiento de aguas residuales por regiones españolas.



8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El progreso en el control de las enfermedades ha sido posible cuando se comprendió su causa.

Las bacterias fueron descubiertas en 1680. Alrededor de 1880, algunas investigaciones demostraron que las denominadas **patógenas** eran la causa de determinadas enfermedades, comprobándose que muy pequeñas cantidades de determinados productos químicos eran capaces de eliminarlas. De entre éstos, el cloro y sus compuestos se mostraron tan económicos y eficaces que la historia de la desinfección del agua es, esencialmente, la historia de la cloración.

La cloración del agua puede regularse para obtener varios grados de acción:

- Bacteriostática: Inhibe el crecimiento, sin causar la muerte del organismo, como resultado de productos de reacción del cloro, las **cloraminas**.
- Desinfectante: Destruye los microorganismos que causan infección o enfermedad.
- Esterilizante: Cuando, infrecuentemente, el cloro se aplica en tales cantidades que destruye **todos** los microorganismos.

Pero cuál es la utilidad de la desinfección: El uso de la desinfección como parte de un proceso de tratamiento del agua puede obedecer a los siguientes objetivos:

- a) Reducir el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda (predesinfección). Este proceso se utiliza solo en casos especiales.
- b) Desinfectar el agua luego de la filtración. Constituye el uso más importante.
- c) Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no requiere otro tratamiento.

Antes de estudiar nuestras alternativas vamos a detallar los parámetros a tener en cuenta-

TIPOS DE MICROORGANISMOS A ELIMINAR

Tres principales tipos de microorganismos deben preocuparnos: Bacterias, virus y protozoos.

Las bacterias patógenas ligadas al agua son clasificadas como entero-bacterias

ENTERO-BACTERIAS
Echerichia Coli u otros Coliformes (algunas diarreas)
Salmonella typhosa (fiebre tifoidea)
Vibrio Cholerae (cólera)
Salmonella sp. (paratíficas, diarreas)
Shigella sp. (disentería bacilar)
VIRUS
Poliomelitis
Hepatitis infecciosa

Echovirus
Coxsackie virus
Adeno virus
PROTOZOOS Y OTROS
Endamoeba histolytica (disentería amebiana)
Microbacterium tuberculosis
Schistosoma sp.
Leptospira icterohemosh
Leishmania so.
Huevos de gusanos

CONSIDERACIONES ACERCA DEL INDICADOR BACTERIANO

El principal parámetro para probar la eficacia de la desinfección es la resistencia del organismo indicador.

Para que un grupo de microorganismos sea indicador ideal, debe ocurrir que:

- Debe estar presente en la muestra siempre que lo estén los patógenos, en mayor número y ser más resistentes que aquellos al agente desinfectante.
- Debe estar aleatoriamente distribuido y poderse enumerar mediante un procedimiento simple, rápido y no ambiguo.
- Su crecimiento no debe estar inhibido por la presencia de otros organismos, y su número en el medio acuático no deberá aumentar después de la desinfección.
- No deberá ser patógeno para el hombre.

En opinión de muchos investigadores, el grupo de los coliformes, que es el más utilizado, no da el suficiente margen de seguridad.

La relación entre los coliformes fecales (CF) y los estreptococos fecales (EF) de una muestra, puede usarse para demostrar si la contaminación sospechada procede de residuos humanos o animales, ya que:

- para animales domésticos $CF/EF < 1$
- para seres humanos $CF/EF > 4$

MÉTODOS DISPONIBLES DE DESINFECCIÓN

- Agentes químicos
- Agentes físicos
- Medios mecánicos
- Radiación

Agentes químicos

Entre los agentes químicos que pueden utilizarse, están:

- El cloro y sus compuestos
- El bromo y el cloruro de bromo
- El yodo
- El ozono

. Agentes físicos

i) **El calor:** No es un medio factible, debido a su elevado coste de aplicación a grandes cantidades de A.R.. En cambio se emplea para la pasteurización del fango.

ii) **La Luz solar:** La luz solar es un buen desinfectante, pudiéndose utilizar, en especial, la radiación ultravioleta.

ii) **La radiación UV:** Tienen un efecto esterilizante. Se producen con lámparas especiales de vapor de mercurio. Tienen muy poca penetración y, en el caso de las A.R., la acción letal sólo puede ejercerse a través de unos pocos milímetros, debido a los Sólidos en Suspensión (SS) y turbidez. Su uso estaba limitado para aguas de la más alta calidad, tanto potables como efluentes residuales terciarios, aunque desde los años 80 se ha ampliado su campo de acción a los efluentes secundarios de EDARs.

Medios mecánicos

Las bacterias pueden también eliminarse por medios mecánicos, durante los tratamientos del A.R.

Radiación

Dentro de la radiación electromagnética se han utilizado, por su poder de penetración, los rayos gamma para desinfectar (esterilizar) las A.R.

Tienen gran poder de penetración y pueden ocasionar efectos beneficiosos adicionales en tratamientos terciarios, por alterar las moléculas orgánicas e inorgánicas. La fuente idónea es el Cobalto-60. Debido al alto coste de la energía de radiación, no es competitivo como proceso de desinfección de A.R.

Se han conseguido 5-6 órdenes de inactivación con 5 min. de tiempo de exposición.

- Ventajas: Confianza, efectos colaterales beneficiosos, sin efectos residuales.
- Inconvenientes: Seguridad, coste excesivo, falta de experiencia.

Costes comparativos

El método que predomine será aquel que:

- Realice el trabajo adecuadamente
- Tenga los mínimos riesgos para la salud y seguridad
- Sea fácil de aplicar, medir y controlar
- Los equipos sean fáciles de operar

De acuerdo con estos aspectos, la cloración parece que será por algún tiempo, el método más popular para la desinfección de las A.R.

9. CINÉTICA DE LA ACCIÓN GERMICIDA

Los microorganismos patógenos encontrados en el agua tienden a presentarse como **organismos individuales**. Por tanto, los principios aplicables a la desinfección del agua son los que se refieren a la desvitalización de **células individuales**.

Los **agentes oxidantes** inhiben la actividad enzimática o destruyen la pared de las células; **el calor y la radiación** alteran la Naturaleza coloidal del protoplasma y **los rayos U.V.** producen alteraciones en el ADN, evitando su multiplicación

Modos de la acción germicida

La acción germicida es una acción definida entre un número pequeño de partículas del producto utilizado y un centro vital considerado como una unidad molecular. Puede, por tanto, ser tratada como un proceso dinámico, dependiente del tiempo, con una reacción química. Según esto, el grado de eliminación de microorganismos dependerá de:

- La naturaleza del organismo a desvitalizar
- La naturaleza del producto letal
- La concentración o intensidad del producto
- El tiempo de contacto
- La temperatura
- La naturaleza del medio
- El pH y otros

Ley de CHICK

Fue la primera descripción matemática válida de la velocidad de la acción germicida (1908). Viene dada por la ecuación:

$$dN/dt = -K_c C N$$

dN/dt = Velocidad de eliminación: variación del número de organismos viables, N, con el tiempo

K_c = Factor de proporcionalidad que varía con la concentración del desinfectante, la temperatura y otros factores, siendo independiente del número de microorganismos y del tiempo.

C = Dosis del desinfectante

N = Concentración de microorganismos

La ley tiene la forma de una reacción química de primer orden:

siendo:

N_0 = Concentración inicial

N_t = concentración de microorganismos supervivientes al cabo del tiempo t

A menudo conviene expresar la eficacia de la acción germicida en función del tiempo necesario para matar o desvitalizar una determinada fracción del número inicial de microorganismos.

Por ejemplo:

t_{50} (vida media), tiempo para eliminar el 50%

Análogamente:

El porcentaje de la muerte viene dado por el número de nuevas igual al número de unidades t_{90} y la fracción de supervivientes por $10^{(-t/t_{90})}$. Así, si el tiempo de reacción es $6 \cdot t_{90}$, se tendría:

% eliminados: 99,9999%

% supervivientes: 10^{-6}

Según esta ley no podría haber una destrucción completa de microorganismos en un tiempo finito, independientemente del valor de Kc. Esto no plantea problemas ya que la sensibilidad de los métodos de laboratorio impide discriminar entre cero (0) y una pequeña fracción. La ambigüedad de una completa destrucción mediante la desinfección está explícitamente reconocida en el ensayo de coliformes (N.M.P.)

Validez de la ley de CHICK

Se han de cumplir dos aspectos de la ecuación, uno ligado con la forma diferencial y otro con la integrada.

- La primera condición que debe cumplirse experimentalmente es que: la pendiente inicial de la representación gráfica de log N en función del tiempo

debería ser independiente de la concentración inicial de microorganismos Este aspecto es generalmente válido

- La otra comprobación principal se refiere al desarrollo a lo largo del tiempo

La representación de los datos experimentales debería ser una recta. Sin embargo en el caso de productos químicos desinfectantes, especialmente en los fuertemente oxidantes (ozono y cloro), existen desviaciones a sensibles de la linealidad teórica.

Sin embargo, aunque el proceso de desinfección, en ciertos casos, no sigue la Ley de Chick, es posible utilizarla con el objeto de establecer parámetros útiles acerca de la eficacia de los germicidas.

Efectos a considerar

a) Concentración del desinfectante

alfa = constante para cada gemicida

c = concentración

n = Coeficiente de dilución

si $n > 1$, La eficacia depende principalmente de la concentración

si $n < 1$, la eficacia depende principalmente del tiempo de contacto

generalmente, $n = 0.8 - 1.2$

b) Efecto de la Temperatura

A = Constante independiente de la temperatura

E = Energía de activación (cal ó kcal)

T = Temperatura en K

R = Constante de los gases (cal ó kcal)

c) Efecto del pH

Existen tres razones fundamentales para los efectos observados del pH:

- i) Efectos letales de las reacciones ácidas y básicas:

pH < 4 letal para enterobacterias

pH > 10 letal para enterobacterias y virus

ii) Cambios físico-químicos en la forma o composición del desinfectante añadido.

iii) Cambios en el carácter del organismo, que lo hacen más sensible o resistente al agente desinfectante añadido

10. AGENTES MAS UTILIZADOS EN DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Cloración

a) Cloro gas

· Características físicas del cloro

- El Cloro se encuentra en la Naturaleza únicamente en combinación, principalmente con NaCl.
- Es un gas amarillo-verdoso, fácilmente compresible a líquido ámbar
- A 1 Atm, solidifica a $-65.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y cristaliza como hidrato $\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ por debajo de $9.6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Es $2\frac{1}{2}$ veces más pesado que el aire, en estado gaseoso y $1\frac{1}{2}$ veces más que el agua, en estado líquido
- Siempre que no esté comprimido se vaporiza a gas

(1 Vol. líquido 450 Vol.gas ; 1 kg 0.31 m^3)

- En un contenedor está completamente líquido a $67\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Es sólo ligeramente soluble en agua, con un máximo a 1 Atm. De 1% a $9.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. A $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 1 atm. es insoluble

· Química del cloro

Para todas las condiciones normales de cloración de un agua, la hidrólisis del cloro es **esencialmente completa** con generalmente menos de una parte de cloro activo

por cada 10^4 como ClOH.

El cloro como tal, al disolverlo en agua, tiene muy poco tiempo para reaccionar antes de que se hidrolice.

En solución ácida, la ionización es muy pequeña pero a $\text{pH} = 7.5$ y 29°C la ClOH ClO⁻ y a $\text{pH} = 9.5$ hay 98 iones ClO⁻ por cada molécula de ClOH

Se llama **Cloro Libre Total** a la suma

$$T = [\text{ClOH}] + [\text{ClO}^-]$$

La eficacia germicida del cloro depende principalmente del ClOH presente. A 20°C se puede esperar que la eficacia de una concentración determinada de cloro libre sea la mitad a $\text{pH} 7.5$ que a $\text{pH} 6$.

Se necesitan 5.5 veces más de cloro libre total a $\text{pH} 8.5$ que a $\text{pH} 7.5$ ($10/1.98$), para dar el mismo grado de actividad germicida, a 20°C .

- Componentes del A.R. que afectan a la cloración:
- Materias Inorgánicas reductoras (SH_2 , SO_3^{2-} , NO_2^- , Fe^{2+} , Mn^{2+}). Son agentes reductores solubles que consumen oxígeno, pudiendo estar asociados a condiciones sépticas. Estos compuestos consumen el cloro de las soluciones de ácido hipocloroso. Estas reacciones son inmediatas y el Cloro libre disponible sólo permanecerá fracciones de segundo en el agua, reduciéndose el ClOH a ión Cl⁻, estable y no bactericida. Esta demanda inmediata de cloro, proporcional a la cantidad de sustancias reductoras presentes, oscila entre 5 (A.R.fresca)-100mg/l (A.R.séptica)
- Reacciones con amoníaco y aminas: Las A.R. contienen cantidades apreciables de N amoniacal, coexistiendo el NH_3 disuelto con su ión. La principal fuente de NH_3 es la UREA. El ClOH y el NH_3 , al reaccionar forman las cloraminas. El grado en que se forman depende del pH , T^a , tiempo y cantidad de reactivos. En general, pH bajos y relaciones Cl_2/NH_3 altas favorecen la formación de dicloroaminas, mucho más eficaz como germicida que la monocloroamina.

Se llama **Cloro Combinado disponible** al que está en combinación con el NH_3 ó compuestos orgánicos del N.

- Reacciones con bacterias y otros organismos:

El objetivo principal de la cloración es la desinfección, siendo todavía aceptado el NMP de coliformes como índice de su eficacia. El grado de destrucción de coliformes requerido, y la dosis de cloro, están influidos por las características del cauce receptor y el uso posterior.

- Resistencia de los microorganismos a la cloración.

La cloración **no destruye** completamente los bacilos de la tuberculosis o huevos de gusanos, siendo aconsejable otros medios (coagulación + filtración).

En cuanto a los virus, su inactivación depende de:

- La cantidad y tipo de cloro residual (libre o combinando)
- Temperatura, pH, y tiempo de contacto.
- Número y tipo de virus presentes.
- Presencia de sustancias protectoras.

El número de virus en el efluente, antes de la cloración depende del número inicial y tipo de tratamiento del A.R.

En cuanto a la inactivación, con Cloro libre es más rápida que con Cloro combinado

- Factores que afectan a la desinfección con cloro:
- El ácido hipocloroso, al contrario que el ClO^- es un desinfectante extraordinariamente potente. Ambas formas están en equilibrio, dependiente del pH, con concentraciones iguales a pH 7.5 y 25 °C. Por tanto, al añadir una solución acuosa de cloro al A.R., la forma dominante a pH= 6.5-7.5 sería ClOH . Pero al ser extremadamente activo, reacciona inmediatamente para producir formas combinadas de cloro, no persistiendo en el A.R. salvo que se practique el “break-point”
- Prácticamente todos los efluentes de A.R. contienen NH_3 por lo que el grueso del Cloro añadido se convertirá en monoclóroamina o productos de adición, de menor poder germicida
- En adición, el ClOH se combina con aminoácidos, materias proteínicas y materia

orgánica, dando lugar a compuestos de bajo poder desinfectante

- Reacciona con iones sulfito, sulfuro, nitritos, ferrosos y manganosos, produciendo compuestos sin actividad germicida

Consideraciones prácticas:

La dosis de cloro necesaria variará con la calidad del efluente a tratar. La dosis seleccionada C (mg/l), en combinación con el tiempo de contacto, t , dará la reducción de coliformes deseada, según

$$N/N_0 = (1 + 0.23 \cdot C \cdot t)^{-3}$$

Se aportan datos orientativos de diseño, para A.R. domésticas con sólo 1-2% de aguas industriales:

- Efluente primario 18-25 mg/l Cl_2
- Efluente 2º: Lechos bacterianos 15
- Fangos activados 6-12
- Efluente 2º + lagunas: 6
- Efluente 3º (sin nitrificación): 4-5

Suministro y manejo:

- Botellas: 50 y 100 kg de Cl_2
- Contenedores: 500 y 1000 kg de Cl_2
- Cisternas, para carga de depósitos fijos

La capacidad de vaporización del cloro de los recipientes, llenados al 83-85% con Cloro líquido, oscila entre el 1-1.5% de su capacidad en Kg/h, lo que obligará, según necesidades, a conectar varios en paralelo. Por ej. para consumos del orden de 700 kg/d, debe haber:

- 4 contenedores de 1000 kg en servicio
- 4 de reserva
- espacio para nuevo suministro.

Para cantidades mayores, es lógico cambiar a extracción de Cloro líquido, lo que

requiere el uso de evaporadores. Los recipientes deben estar a una temperatura menor o igual a la temperatura de la instalación.

Para mantener el suministro continuo de Cloro, es fundamental y deseable:

- Una adecuada reserva de Cloro
- Disponer de básculas para los contenedores
- Un sistema de interconexión apropiado
- Un intercambiador automático

Control de la cloración

- Manual: impracticable por la irregular demanda de Cloro del A.R. junto con las variaciones de caudal durante el día
- Semiautomática: Iniciándose o desactivándose la inyección de la solución acuosa mediante controles eléctricos o hidráulicos
- Automática: Siendo el caudal de la solución clorada proporcional al caudal de agua a tratar.

Para poder mantener una concentración de Cloro residual constante, con una demanda variable, es imprescindible el **control combinado** en función del caudal de A.R. a tratar y del Cloro residual en el Agua tratada. Dado que es imperativo que el suministro de Cloro se controlado, en proporción al caudal, la capacidad del clorador está unívocamente ligada a la del **medidor de caudal**.

El método más eficaz de control de la cloración es el sistema de **Lazo compuesto**, por el que se envían dos señales independientes y separadas al clorador.

Materiales:

El cloro líquido deba almacenarse siempre en recipientes de acero al carbono y ser conducido por tuberías, sin soldaduras, de este material. El Cloro líquido se inflama espontáneamente y mantiene la combustión con el acero al carbono a 250 °C. Ataca y disuelve al PVC a temperatura ambiente, por lo que éste no debe utilizarse en el sistema de cloro líquido o donde puedan existir las dos fases, ni tampoco cuando el cloro gas esté a una presión superior a la atmosférica, ya que este material acaba haciéndose poroso.

Al llegar el Cloro al eyector del clorador y entrar en contacto con el agua, forma ClOH y HCl, dando una solución de bajo pH, altamente corrosiva, por lo que, a partir de aquél, las tuberías y difusores deben ser de PVC o acero ebonitado.

El objetivo principal de la cámara de contacto es el suministrar el tiempo de detención necesario para que los compuestos de cloro reduzcan las bacterias a niveles aceptables. El tiempo de contacto no debe rebajar de los 15 min., bajo ninguna circunstancia.

La relación Longitud / anchura debe ser mayor de 10 y siendo mayor de 40 se obtendrá una distribución de tiempos de contacto cercanos a los de flujo pistón.

' Dados los peligros que entraña al Cloro para la salud humana, es imprescindible detectar fugas y neutralizarlas. '

La O.M. 1/3/84 (BOE 9/3/84) es de obligado cumplimiento en todo lo referente al almacenamiento de Cloro.

Hipoclorito sódico

Al disolver un hipoclorito en agua se ioniza:

Los iones suministrados reaccionan con los hidrogeniones del agua dando una solución acuosa cuya concentración respecto al ClOH es exactamente la misma, para pH y temperatura dados, si se utiliza Cloro gas ó hipoclorito

La única diferencia es que la hidrólisis del Cloro gas da H^+ , bajando el pH, mientras que los hipocloritos consumen H^+ y suben el pH. Con pocos mg/l, el efecto en el pH es tan pequeño que ambos exhiben la misma actividad germicida. A mayores dosis (>10 mg/l), la producción y absorción de H^+ será lo suficientemente grande como para encontrar una diferencia medible en el pH de las soluciones finales, y la actividad germicida será la misma únicamente si se añade ácido o base para igualar los pH de la solución.

El peligro potencial del almacenamiento, uso y transporte de grandes cantidades de Cloro líquido,, ha resultado en la consideración del hipoclorito como forma alternativa del Cloro.

El cloro gas es claramente la alternativa para grandes instalaciones, los hipocloritos son más caros, pierden su contenido en cloro disponible durante su almacenamiento y pueden ser difíciles de manejar.

El hipoclorito sódico es, de todos los posibles, el aconsejado. El equipo para solución acuosa de hipoclorito cálcico sería apropiado para dosificar una solución de hipoclorito sódico y, con éste, no hay problemas de formación de fangos

Propiedades:

- El hipoclorito sódico es sensible a la luz, debiendo almacenarse en zonas secas, frescas y oscuras
- Se recomienda el uso de hipoclorito con el 10-15% de Cloro disponible
- Es fuertemente alcalino y debe tenerse cuidado al manejarlo.
- La solución acuosa es extremadamente corrosiva
- Dosificación y control

El control puede hacerse proporcional al caudal, enviando la señal del medidor de caudal, bien a una válvula reguladora, si se utiliza una bomba centrífuga, o bien al posicionador de la bomba membrana. También se puede combinar la señal del medidor de caudal con la del analizador, mediante un sumador. El control de lazo compuesto, utilizando las dos señales independientemente, sólo es posible con bombas de membrana que pueden recibir señales para el rectificador del motor y para el posicionador.

Ozono**• Propiedades:**

- Es un gas azul pálido de **olor** característico
- Es tóxico y corrosivo
- Es uno de los agentes oxidantes más fuertes que existen
- La solubilidad en agua es sólo de 570 mg/l (12 veces menos que el Cl)

• Química:

El Ozono se forma por disociación del Oxígeno en oxígeno atómico. Dado que la disociación del Oxígeno implica la rotura del enlace fuerte O-O, se requiere una gran cantidad de energía.

La tercera reacción limita la concentración de Ozono que puede producirse

económicamente, mediante el sistema convencional, al 1% en peso cuando se utiliza aire y, al 2% cuando se utiliza Oxígeno.

• **Consideraciones de diseño:**

- La eficacia del O₃ como desinfectante es relativamente independiente del pH y temperatura, aunque parece que el rango más favorable está entre 6-7.
- La vida media del O₃ es sólo 20 min. por lo que es necesario suministrarlo escalonadamente para conseguir el tiempo de contacto necesario para la desinfección
- Para A.R. es necesario como mínimo una dosis de 5-8 mg/l (NMP= 100/100ml). La dosis puede determinarse empíricamente:

$$O_3 \text{ (mg/l)} = 1.5 + 0.38 * TSS$$

Donde TSS son los SS del efluente secundario y el tiempo de contacto es de 10 min.

.

Sistemas de desinfección:

- Sistema de alimentación con O₂: Es el más simple y económico, y el de mayores aplicaciones comerciales. El esquema del proceso es G-D-E-F, pudiendo el O₂ resultante del destructor de ozono ser utilizado para alimentar una planta de Fangos Activados.

El consumo energético es del orden de 7.5-8 kwh/kg O₃

- Sistema con recirculación de O₂: G-D-E-F-A-B-C. El gas, rico en Oxígeno, es recirculado al compresor A y refrigerador B, para su desecación y limpieza, antes de volver al generador de ozono. A intervalos, el gas es recirculado es purgado (CO₂ y N₂) y se añade O₂ para mantener la concentración en el mismo.
- Sistema de alimentación con aire: A-B-C-D-E-F. Este sistema descarga a la atmósfera. Su elección es puramente económica (Coste de E, eficiencia del generador de ozono, costes de suministro de aire y oxígeno y, tamaño de la instalación). El consumo energético es del orden de 15-16 kwh/kg O₃

Este sistema puede ser el indicado para capacidades de ozonización de hasta 450 kg O₃/d. Junto con el anterior, es el mejor para el sistema de fangos Activados.

La **Mezcla** supone el transferir un máximo de ozono de la fase gas a la líquida. Es fundamental el producir burbujas finas, la máxima turbulencia y elevada diferencia de concentración de ozono (gradiente) entre ambas fases. Los mejores rendimientos obtenidos se acercan al 90%. En la se muestra el esquema de una cámara de contacto con difusores de burbuja fina.

Radiación ultravioleta

Propiedades

El rango de radiaciones UV, y de las correspondientes ondas electromagnéticas, puede subdividirse, de acuerdo con sus efectos biológicos,) siendo la comprendida en el rango de corta longitud (UV-C), entre 200-280 nm, la que tiene efecto germicida.

La razón de este efecto es que los r-UV originan cambios químicos en el ADN de los microorganismos La radiación o dosis, D, se calcula multiplicando la Intensidad de la Radiación por el Tiempo de Exposición

$$D = I * 10t \text{ (microWs/cm}^2\text{)}$$

Existe una relación exponencial entre la dosis y el número de microorganismos no inactivados N, del tipo

$$N = N_0 * e^{-kD} \text{ (Ley de Chick)}$$

Donde N₀ es el número inicial de microorganismos.

Esto implica que

- La inactivación del número de microorganismos depende, únicamente de la dosis, pudiéndose compensar un menor tiempo de exposición con una mayor irradiación
- La dosis necesaria para conseguir inactivaciones del 99; 99.9 y 99.99% son, respectivamente: 2; 3 y 4 veces la dosis (D₁₀) para un 90% de inactivación ó un 10% de supervivencia

Producción

Los rayos U.V. se generan mediante una descarga eléctrica en vapor metálico, siendo la lámpara de vapor de mercurio la más indicada para la generación de la radiación germicida (U.V.-C), dado que la línea de resonancia del átomo de Hg a 254 nm es emitida con alta eficiencia.

Las lámparas pueden ser de Baja Presión, que emiten del orden del 92% de su radiación a 254nm, ó de Media Presión, que dan lugar a un espectro difuso típico

Aunque las de media P permiten mayor intensidad, y por tanto, mayor dosis para un caudal dado, simplificando la configuración del sistema, éste se compensa por sus mayores costes y menor vida.

Utilización en desinfección de aguas residuales

Si bien el desarrollo de la lámpara de Hg data de 1901, los r-U.V. no se usaron en principio para desinfección debido a los altos costes de operación y problemas de mantenimiento que se presentaron. El desarrollo de fuentes más baratas y eficaces ha hecho que vaya aumentando su aplicación.

Dosis necesaria

Ensayos de laboratorio, bajo condiciones ideales, han determinado que, para el E.Coli, las dosis para un 90% (D10) y 99.9% de inactivación son 3mWs/cm² y 9mWs/cm², respectivamente.

En condiciones reales, hay factores que influyen en la dosis:

- Un fluido que no transmite la radiación de longitud de onda 253.7nm con la misma eficacia que el agua pura hará que disminuya la intensidad recibida por los microorganismos
- La intensidad de la radiación U.V. disminuye con el envejecimiento de la lámpara
- El ensuciamiento del tubo de cuarzo también disminuirá la intensidad de la radiación
- Si el caudal a desinfectar es mayor que el de diseño para el equipo, la dosis

disminuirá, debido al menor tiempo de contacto

Recíprocamente, la dosis aumentará si el caudal a desinfectar es menor que el de diseño

Puede demostrarse que $D = 216 * 1/Q$ (m^3/h).

Según esto, un A.R. poco tratada no es deseable, siendo aconsejable una transmisividad mínima de la radiación UV del 50% a través de un espesor de 1cm., lo que corresponde a un efluente con tratamiento secundario, para lo cual debe preverse un sistema de limpieza de las lámparas (por ej. con una solución al 10% de Ac. Cítrico), y es importante incluir un sistema de control del rendimiento de la desinfección en función de la transmisividad, el caudal de agua a desinfectar y el nivel de contaminación del tubo de cuarzo de protección de la lámpara, lo que se consigue mediante un equipo de detección de la intensidad de la radiación U.V. y un control automático de nivel en el canal de desinfección.

La dosis estimada para obtener una reducción de tres unidades logarítmicas (99.9%) en el número de coliformes fecales de un efluente es de 30 mWs/cm^2 .

Reactor

Cualquier reactor ó cámara de rayos U.V. debe estar diseñado para que funcione satisfactoriamente con la turbiedad del efluente a desinfectar y para evitar o minimizar, en lo posible, dos fenómenos que, en caso contrario, limitarían el rendimiento del sistema de desinfección: El cortocircuito y la fotorreactivación.

Turbidez:

La radiación U.V. penetra, a través del fluido, las paredes de las células de los microorganismos, siendo la energía efectiva únicamente la absorbida por ellos. Si hubiese sólo una partícula en el agua, podría evitarse que actuase de escudo protector sobre los microorganismos, diseñando la cámara de forma que aquella recibiese radiación desde todos los ángulos esféricos. Sin embargo, al haber normalmente muchas partículas, siempre hay un efecto protector de las mismas que puede minimizarse si el agua circula en la cámara en régimen turbulento.

Por tanto, en el diseño hay que considerar:

- El flujo debe ser turbulento
- El agua debe recibir los rayos UV. desde todas direcciones

Corto-circuito

Se denomina cortocircuito al paso de parte del agua por la cámara, sin haber recibido tratamiento, debido a las condiciones del flujo. Incluso un muy pequeño grado de corto-circuito puede ser extremadamente dañino, habiéndose confirmado mediante trazadores que basta que una parte por mil bypase la cámara, para que no pueda obtenerse un grado de desinfección mayor del 99.9% de reducción, tres unidades logarítmicas en lugar de seis u ocho que podrían obtenerse, dependiendo del A.R.tratada.

Foto-reactivación

La luz visible puede reparar el daño hecho las bacterias “tocadas”, que no tienen capacidad de reproducirse, pero no han sido matadas. Por tanto, la exposición a la luz inmediatamente después que a la radiación U.V. dará lugar a la curación de aquéllas.

Para evitarlo, lo mejor es matar a los microorganismos para lo que se necesita una dosis real de, al menos, 30000 Ws/cm².

Las lámparas deben colocarse en la cámara de forma tal que no absorban energía de los adyacentes, ya que de lo contrario, podrían absorber hasta el 80% de la energía emitida, originándose la foto-reactivación.

Tipos de Reactores

Básicamente pueden considerarse dos tipos de reactores, según que las lámparas de rayos UV no estén en contacto con el fluido a desinfectar, por el contrario, estén introducidas en su seno.

En el primer caso, el fluido circula por el interior de un tubo de teflón o de cuarzo, estando las lámparas montadas alrededor del mismo, exteriormente. Colocando, además, unos reflectores de forma adecuada, se consigue un campo de radiación muy intenso, más en el centro, de forma que el perfil de intensidad se adapte lo más posible al perfil del flujo del agua (flujo a desinfectar).

La principal ventaja es que las lámparas no se ensucian y no existen partes móviles, siendo únicamente necesario limpiar el tubo a intervalos que pueden llegar a 2 meses, para efluentes secundarios.

Sin embargo, para A.R. es más empleado el segundo tipo de reactor, que puede ser en conducción cerrada o en canal, si bien es este último el más utilizado, ya que permite un desarrollo modular para adaptarse a caudales y estructuras diferentes, pudiendo ser equipados con el número ideal de lámparas.

Dependiendo del tamaño del equipo completo, se montan varias lámparas en fila, formando un módulo. Los módulos se montan verticalmente en el canal, mediante consolas de apoyo, son variables en la dirección del flujo y pueden ser encendidas y apoyadas individualmente.

ANEXO II

CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO

1. CÁLCULOS HIDRÁULICO.....	2
2. CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES QUÍMICAS	38
2.1 Dosificación de hidróxido de magnesio.....	38
2.2 Dosificación de floculante.....	41
2.3 Dosificación de ácido/sosa	45
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA DE AGITACIÓN	52
4. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DUAL SILEX Y ANTRACITA	52
5. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DE CARTUCHOS.....	57
6. DIMENSIONAMIENTO DEL OZONIZADOR	59
7. DIMENSIONAMIENTO DEL MINERALIZADOR	63
8. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DEL CARBÓN ACTIVO.....	65
9. DIMENSIONAMIENTO FILTRO DE ARENA DE LECHO CONTINUO	67
10. CÁLCULO DEL LAVADO DE FILTROS.....	73
11. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA DE IMPULSIÓN	74

1. CÁLCULOS HIDRÁULICO

Datos de partida:

Caudal de agua de aporte: 17 m³/h.

Presión del agua a la acometida: 2 bar.

Diámetro de la tubería de acometida: 90mm.

La acometida de agua se realizará mediante una conducción de 90mm proveniente de un tanque de almacenamiento de agua de 6 m³. Esta conducción se derivará en dos tuberías de PVC-63 en cada una de las cuales se halla una bomba de impulsión centrífuga provista de una válvula manual a la entrada y otra a la salida, así como una válvula antirretorno.

- Tramo 1

Por el primer tramo de tubería, desde el tanque de almacenamiento hasta la ramificación de las bombas de impulsión, circulará el caudal de agua correspondiente a la alimentación de la planta.

Los componentes hidráulicos y su magnitud equivalente son las siguientes:

- Caudal nominal:	Qn= 17m ³ /h
- Caudal máximo circulante:	Qmax= 20m ³ /h
- Diámetro interno de todos los componentes:	D=90mm.
- Longitud de tubería recta:	L= 29.5 m
- Número total de codos:	Nc = 5
- Longitud equivalente de cada codo:	Leqc=2.025 m
- Número total de 'T':	Nt=1
- Longitud equivalente de cada 'T':	Leqt= 2.05 m
- Número total de válvulas de bola:	Nvb= 2
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	Leqv= 0.765 m
- Longitud equivalente total del circuito:	Leq= 43.20 m

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

V = 0.742 m/s

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu}$: Ecuación (2)

μ

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Qn^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$\sum F_1 = 1.76 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0176 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Caudal máximo:

Velocidad de circulación: Según ecuación (1), $V_{\max} = 0.873 \text{ m/s}$

Número de Reynolds:

Según ecuación (2), $Re = 7.86 \cdot 10^4 \rightarrow$ Régimen turbulento

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0188$

Pérdida de cargas mayores:

Según la ecuación (3), $\sum F_1 = 2.3497 \text{ J/kg} = 0.0235 \text{ bar}$.

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eq} = 22.5 \quad D = 2.025 \text{ m}$

'T': $L_{eqT} = 60 \quad D = 5.4 \text{ m}$

Válvula de bola $L_{eqv} = 8.5 \quad D = 0.765 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$\sum F_{m1} = 1.017 \text{ J/kg} = 0.01017 \text{ bar}$.

Caudal máximo:

$$\sum F_{m1_{\max}} = 1.3576 \text{ J/kg} = 0.0136 \text{ bar.}$$

Perdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T1} = \sum F_1 + \sum F_{m1} = 2.78 \text{ J/kg} = 0.0278 \text{ bar}$$

$$\text{Caudal máximo: } \sum F_{T1_{\max}} = \sum F_{1_{\max}} + \sum F_{m1_{\max}} = 3.706 \text{ J/kg} = 0.0371 \text{ bar}$$

- Tramo 2

El segundo tramo de tuberías comprende desde la primera bifurcación hasta cada una de las dos bombas de impulsión.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal máximo circulante:	$Q_{\max} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 63 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 0.7 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 2$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 1.4175 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.5355 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 4.61 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$V = 1.5148 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 9.54 * 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0184$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Qn^2}{\pi^2 * D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F_2 = 0.2346 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.00234 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Caudal máximo:

Velocidad de circulación: Según ecuación (1), $V_{\max} = 1.7822 \text{ m/s}$

Número de Reynolds:

Según ecuación (2), $Re = 1.12 * 10^5 \rightarrow$ Régimen turbulento

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0175$

Pérdida de cargas mayores:

Según la ecuación (3), $\sum F_1 = 0.3247 \text{ J/kg} = 0.00324 \text{ bar}$.

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eq} = 22.5 \text{ D} = 2.025 \text{ m}$

Válvula de bola $L_{eq} v = 0.5355$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D}$ Ecuación (4)

$$\sum F_{m2} = 1.3088 \text{ J/kg} = 0.0131 \text{ bar}$$

Caudal máximo:

$$\sum F_{m2\max} = 1.7231 \text{ J/kg} = 0.0172 \text{ bar}$$

Perdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T2} = \sum F_2 + \sum F_{m2} = 1.544 \text{ J/kg} = 0.0154 \text{ bar}$

Caudal máximo: $\sum F_{T2\max} = \sum F_{2\max} + \sum F_{m2\max} = 2.044 \text{ J/kg} = 0.0204 \text{ bar}$

-Tramo 3

Este tramo abarca las tuberías que recorren desde las dos bombas impulsoras hasta la entrada del filtro silex y antracita.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta:	$L = 3,54 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 5$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de 'T':	$N_t = 1$
- Longitud equivalente de cada 'T':	$L_{eqt} = 5.4 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 3$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Número de válvulas antirretorno (clapeta) :	$N_{va} = 2$
- Longitud equivalente de la válvula antirretorno:	$L_{eq va} = 2.34 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 26.04 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 6.68 \cdot 10^4$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$$\sum F_3 = 0.2113 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.00211 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \text{ m}$ $D = 2.025 \text{ m}$

'T': $L_{eqT} = 60 \text{ m}$ $D = 5.4 \text{ m}$

Válvula de bola $L_{eqv} = 8.5 \text{ m}$ $D = 0.765 \text{ m}$

Válvula antirretorno: $L_{eqva} = 26 \text{ m}$ $D = 2.34 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 22.5 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m3} = 1.31 \text{ J/kg} = 0.0131 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T3} = \sum F_3 + \sum F_{m3} = 1.5213 \text{ J/kg} = 0.01521 \text{ bar}$$

- Tramo 4

Comprende las tuberías que van desde la salida del filtro dual silex y antracita hasta la entrada del filtro de cartuchos.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 2.73 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 3$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 10.33 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$V = 0.7422$ m/s

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 6.68 \cdot 10^4$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3$ kg/m³ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3}$ kg/m*s la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$2 \cdot D \quad \pi^2 \cdot D^5$$

$\sum F_4 = 0.1629$ J/kg*1000kg/ m³ *10⁻⁵ bar = 0.00163 bar

Peso específico del agua: 1000 kg/m³

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eq} = 22.5$ D=2.025m

Válvula de bola $L_{eq} v = 8.5$ D=0.765 m

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq a} = 7.60$ m

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$$2 \cdot D$$

$\sum F_{m4} = 0.4538$ J/kg = 0.00454 bar.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T4} = \sum F_4 + \sum F_{m4} = 0.6167$ J/kg = 0.006617 bar

- Tramo 5

Comprende la tubería correspondiente al presostato diferencial del filtro dual silex y antracita.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.2 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 20 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta:	$L = 3.15 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 2$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 4.39 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi * D^2$$

 $V = 0.1768 \text{ m/s}$ Número de Reynolds: $Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 3.5 * 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2) μ Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua. $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.018$ Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$ Ecuación (3)

$$\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$$

 $\sum F_5 = 0.0443 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.00044 \text{ bar}$ Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \text{ m}$ $D = 0.045 \text{ m}$ Válvula de bola $L_{eqv} = 8.5 \text{ m}$ $D = 0.17 \text{ m}$ Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 1.24 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m5} = 0.0174 \text{ J/kg} = 0.00017 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T5} = \sum F_5 + \sum F_{m5} = 0.0617 \text{ J/kg} = 0.00062 \text{ bar}$$

- Tramo 6

Comprende las tuberías que van desde la salida del filtro de cartuchos hasta el ozonizador.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 3.01 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 3$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas antirretorno:	$N_{va} = 1$
- Longitud equivalente de cada VA:	$L_{eq va} = 2.34 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 1$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 12.19 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 6.68 * 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon=0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D=0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D=0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$\sum F_6 = 0.1796 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0018 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 2.025 \text{ m}$

Válvula antirretorno $L_{eqva} = 26 \cdot D = 0.234 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.765 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 9.18 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ = Ecuación (4)

$\sum F_{m6} = 0.5478 \text{ J/kg} = 0.0055 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T6} = \sum F_6 + \sum F_{m6} = 0.7274 \text{ J/kg} = 0.0073 \text{ bar}$

- Tramo 7

Comprende la tubería correspondiente al presostato diferencial del filtro de cartuchos.

- Caudal nominal: $Q_n = 0.2 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 20 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 2.7 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 2$
- Longitud equivalente de cada codo: $L_{eqc} = 0.45 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola: $N_{vb} = 2$

- Longitud equivalente de cada válvula de bola: $Leq_v = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito: $Leq = 3.94 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

 $V = 0.1768 \text{ m/s}$ Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 3.5 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua. $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.018$ Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3) $\sum F_7 = 0.3798 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0004 \text{ bar}$ Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codós: $L_{eq_c} = 22.5 \text{ D} = 0.45 \text{ m}$ Válvula de bola: $L_{eq_v} = 8.5 \cdot D = 0.17 \text{ m}$ Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq_a} = 1.24 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4) $\sum F_{m7} = 0.01744 \text{ J/kg} = 0.0002 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T7} = \sum F_7 + \sum F_{m7} = 0.0554 \text{ J/kg} = 0.00055 \text{ bar}$

- Tramo 8

Comprende las tuberías correspondientes al tramo que va desde el sistema de bombas del ozonizador hasta el propio desgasificador.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.12 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta:	$L = 1.4 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 1$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas antirretorno:	$N_{va} = 1$
- Longitud equivalente de cada VA:	$L_{eqva} = 2.34 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 7.29 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = 5.24 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 608$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.105$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$$\sum F_8 = 2.25 \cdot 10^{-5} \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 2.25 \cdot 10^{-7} \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5$ $D = 2.025$ m

Válvula antirretorno: $L_{eq va} = 26 * D = 2.34$ m

Válvula de bola: $L_{eq v} = 8.5 * D = 0.765$ m

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq a} = 5.89$ m

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} \equiv \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m8} = 9.46 * 10^{-5} \text{ J/kg} = 9.46 * 10^{-7} \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T8} = \sum F_8 + \sum F_{m8} = 1.17 * 10^{-4} \text{ J/kg} = 1.17 * 10^{-6} \text{ bar}$$

- Tramo 9

Este tramo está compuesto por las tuberías que salen del ozonizador hasta el sistema de mineralización.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 2.95 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 4$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 1$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 11.82 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 6.68 \cdot 10^4$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua. $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$ Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$\frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$$\sum F_9 = 0.176 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0018 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 2.025 \text{ m}$ Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.765 \text{ m}$ Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 8.86 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$$\frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$$

$$\sum F_{m9} = 0.529 \text{ J/kg} = 0.0053 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T9} = \sum F_9 + \sum F_{m9} = 0.705 \text{ J/kg} = 0.0071 \text{ bar}$

- Tramo 10

Es el tramo correspondiente a la tubería de la salida de gases del ozonizador.

- Caudal nominal: $Q_n = 0.1 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 20 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 0.4 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 1$
- Longitud equivalente de cada codo: $L_{eqc} = 0.72 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola: $N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola: $L_{eqv} = 0.272 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito: $L_{eq} = 1.39 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$V = 0.0345 \text{ m/s}$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 1.1 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.058$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$\sum F_{10} = 4.314 \cdot 10^{-4} \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 4.314 \cdot 10^{-6} \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.72 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.272 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 0.992 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m10} = 1.07 * 10^{-3} \text{ J/kg} = 1.07 * 10^{-5} \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T10} = \sum F_{10} + \sum F_{m10} = 1.5 * 10^{-3} \text{ J/kg} = 1.5 * 10^{-5} \text{ bar}$$

- Tramo 11

Comprende desde la salida del mineralizador hasta el filtro de carbón activo.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 3.2 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 4$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 12.06 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 6.68 * 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F_{11} = 0.1909 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.0019 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \text{ D} = 2.025 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 * D = 0.765 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 8.86 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D}$ = Ecuación (4)

$$\sum F_{m11} = 0.5290 \text{ J/kg} = 0.0053 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T11} = \sum F_{11} + \sum F_{m11} = 0.7199 \text{ J/kg} = 0.0072 \text{ bar}$

- Tramo 12

Comprende el sistema de tuberías del presostato diferencial del mineralizador.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.2 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 20 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 3.2 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 2$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 4.44 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$$V = 0.1768 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 3.5 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.018$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$\frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$$\sum F_8 = 0.0450 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0004 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.45 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.17 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 1.24 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$: Ecuación (4)

$$\frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$$

$$\sum F_{m8} = 0.0174 \text{ J/kg} = 0.0002 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T12} = \sum F_{12} + \sum F_{m12} = 0.0624 \text{ J/kg} = 0.0006 \text{ bar}$

- Tramo 13

Representa el tramo desde la salida del filtro de carbón activo hasta la entrada superior del filtro de arena de lecho continuo y una ramificación que pasa directamente a la salida del mismo.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta:	$L = 4.12 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 6$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de válvulas antirretorno:	$N_{va} = 1$
- Longitud equivalente de cada VA:	$L_{eqva} = 2.34 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 3$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 20.91 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 6.68 \cdot 10^4$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$2 \cdot D \quad \pi^2 \cdot D^5$$

$$\sum F_{13} = 0.2458 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0025 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 * D = 2.025 \text{ m}$

Válvula antirretorno: $L_{eq va} = 26 * D = 2.34 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eq v} = 8.5 * D = 0.765 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq a} = 16.78 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} \equiv \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m13} = 1.002 \text{ J/kg} = 0.01 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T13} = \sum F_{13} + \sum F_{m13} = 1.2474 \text{ J/kg} = 0.0125 \text{ bar}$$

- Tramo 14

Esta representado por el presostato diferencial del filtro de carbón activo.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.2 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 20 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 3.55 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 2$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 4.79 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ ; Ecuación (1)}$$

$$V = 0.1768 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 3.35 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

μ

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.018$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$\sum F_{14} = 0.0499 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0005 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.45 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.17 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 1.24 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$\sum F_{m14} = 0.0174 \text{ J/kg} = 0.002 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T14} = \sum F_{14} + \sum F_{m14} = 0.0673 \text{ J/kg} = 0.00067 \text{ bar}$

- Tramo 15

Tramo correspondiente a la tubería de la bomba de filtro de arena de lecho continuo.

- Caudal nominal: $Q_n = 55 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 20 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 0.4 \text{ m}$

- Número total de codos:	$N_c = 1$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45 \text{ m}$
- Número total de válvulas motorizadas:	$N_{vm} = 2$
- Longitud equivalente de cada VM:	$L_{eq \text{ vm}} = 0.3 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 1$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 1.62 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$$V = 48.63 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 1.25 \cdot 10^6$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$ la densidad del aire. $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0114$ Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F_{15} = 269.596 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 2.69 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.45 \text{ m}$ Válvula motorizada: $L_{eq \text{ VM}} = 15 \cdot D = 0.30 \text{ m}$ Válvula de bola: $L_{eq \text{ v}} = 8.5 \cdot D = 0.17 \text{ m}$ Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq \text{ a}} = 1.22 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m15} = 822.268 \text{ J/kg} = 8.22 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T15} = \sum F_{15} + \sum F_{m15} = 1091.86 \text{ J/kg} = 10.92 \text{ bar}$$

- Tramo 16

Es el tramo de tubería que va desde el filtro de arena de lecho continuo hasta el tanque de lavado de los filtros, por un lado y por otro lado al final del circuito.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 90 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 4.2 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 3$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 2.025 \text{ m}$
- Número total de "T":	$N_T = 1$
- Longitud equivalente de cada "T":	$L_{eqT} = 5.4 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.765 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 17.21 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$V = 0.7422 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 6.68 * 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s} \text{ la viscosidad del agua.}$$

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon=0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D=0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D=0.0195$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F_{16} = 0.2506 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0025 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 2.025 \text{ m}$

“T”: $L_{eqT} = 60 \cdot D = 5.4 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.765 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 13.01 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$$\sum F_{m16} = 0.7764 \text{ J/kg} = 0.0078 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T16} = \sum F_{16} + \sum F_{m16} = 1.0269 \text{ J/kg} = 0.01 \text{ bar}$

- Tramo 17

Sistema de tuberías que comprende la recirculación del propio filtro de arena de lecho continuo.

- Caudal nominal: $Q_n = 4 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 63 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta: $L = 3.95 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 3$
- Longitud equivalente de cada codo: $L_{eqc} = 1.4175 \text{ m}$

- Longitud equivalente total del circuito: $L_{eq} = 8.20\text{m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$V = 0.445 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 2.8 \cdot 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s} \text{ la viscosidad del agua.}$$

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0238$

$$\text{Pérdida de carga mayores: } \sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\sum F_{17} = 0.148 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.0015 \text{ bar}$$

$$\text{Peso específico del agua: } 1000 \text{ kg/m}^3$$

Pérdida de carga menores

$$\text{Codos: } L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 1.4175 \text{ m}$$

$$\text{Longitud equivalente de los accesorios: } L_{eqa} = 4.25 \text{ m}$$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D} \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m17} = 0.159 \text{ J/kg} = 0.0016 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T17} = \sum F_{17} + \sum F_{m17} = 0.307 \text{ J/kg} = 0.0031 \text{ bar}$$

- Tramo 18

Tramo que comprende los circuitos de drenaje del sistema.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.3 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 1'' \text{ mm}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 1.4 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 4$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.27 \text{ m}$
- Número total de válvulas de drenaje:	$N_{vd} = 8$
- Longitud equivalente de cada VD:	$L_{eqvd} = 0.54 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 6.80 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = 0.7368 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 8.84 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0318$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$$\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$$\sum F_{18} = 1.007 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.01 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.27 \text{ m}$

Válvula de drenaje: $L_{eqvd} = 45 \cdot D = 0.54 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq a} = 5.40 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m18} = 3.884 \text{ J/kg} = 0.039 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T18} = \sum F_{18} + \sum F_{m18} = 4.8912 \text{ J/kg} = 0.049 \text{ bar}$$

- Tramo 19

Tramo correspondiente a la recirculación de agua desde los filtros de arena de lecho continuo, de carbón activo y dual silex y antracita al tanque de almacenamiento de aguas residuales.

- Caudal nominal:	$Q_n = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 63 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 18.17 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 11$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 1.4175$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 3$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.5355 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 35.37 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$V = 1.51 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 9.5 * 10^4 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon=0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D=0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D=0.018$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$: Ecuación (3)

$\sum F_{19} = 6.09 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.061 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 1.4175 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.5355 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 17.20 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$\sum F_{m19} = 5.60 \text{ J/kg} = 0.056 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T19} = \sum F_{19} + \sum F_{m19} = 11.69 \text{ J/kg} = 0.117 \text{ bar}$

- Tramo 20

Se corresponde con las tuberías del lavado de los filtros, que van desde el tanque de lavado hacia el filtro dual sílex y antracita y hacia el filtro de carbón activo.

- Caudal nominal: $Q_n = 95 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 63 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 13.35 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 5$
- Longitud equivalente de cada codo: $L_{eqc} = 1.4175$
- Número total de válvulas de bola: $N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola: $L_{eqv} = 0.5355 \text{ m}$

- Longitud equivalente total del circuito: $L_{eq} = 21.50\text{m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$V = 8.46 \text{ m/s}$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 5.3 \cdot 10^5$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0132$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$2 \cdot D \quad \pi^2 \cdot D^5$$

$\sum F_{20} = 100.09 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 1 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 1.4175 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.5355 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 8.16 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$$2 \cdot D$$

$\sum F_{m20} = 61.18 \text{ J/kg} = 0.61 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T20} = \sum F_{20} + \sum F_{m20} = 162.08 \text{ J/kg} = 1.62 \text{ bar}$

- Tramo 21

Comprende la tubería de unión entre la bomba de lavado y el tanque de lavado.

- Caudal nominal: $Q_n = 95 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 63 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 0.76 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 1$
- Longitud equivalente de cada codo: $L_{eqc} = 1.4175$
- Número total de válvulas de bola: $N_{vb} = 2$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola: $L_{eqv} = 0.5355 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito: $L_{eq} = 3.25 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2}$: Ecuación (1)

$$S = \pi * D^2$$

$V = 8.46 \text{ m/s}$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 5.3 * 10^5$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0131$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$: Ecuación (3)

$$\frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$$

$\sum F_{21} = 5.66 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.057 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 * D = 1.4175 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 * D = 0.5355 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eq a} = 2.49 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m21} = 18.53 \text{ J/kg} = 0.185 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T21} = \sum F_{21} + \sum F_{m21} = 24.19 \text{ J/kg} = 0.24 \text{ bar}$$

- Tramo 22

Este tramo responde a las tuberías que van desde el tanque de lavado hasta los tanques dosificados de hidróxido de magnesio, de floculante y de ácido.

- Caudal nominal:	$Q_n = 20 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 63 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 13.25 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 4$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 1.4175$
- Número total de "T":	$N_T = 6$
- Longitud equivalente de cada "T":	$L_{eq T} = 3.78 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 6$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.5355 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 44.81 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ ; Ecuación (1)}$$

$$V = 1.78 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 1.1 * 10^5 \text{ (Régimen turbulento) Ecuación (2)}$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0177$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$: Ecuación (3)

$\sum F_{22} = 5.897 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.06 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 * D = 1.4175 \text{ m}$

“T”: $L_{eqT} = 60 * D = 3.78 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 * D = 0.5355 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 31.54 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D}$ Ecuación (4)

$\sum F_{m22} = 14.04 \text{ J/kg} = 0.14 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T22} = \sum F_{22} + \sum F_{m22} = 19.93 \text{ J/kg} = 0.2 \text{ bar}$

- Tramo 23

Tramo que se corresponde al trecho que une la bomba de agitación con los tres módulos de dosificación de reactivos.

- Caudal nominal: $Q_n = 0.051 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes: $D = 20 \text{ mm}$.
- Longitud de tubería recta: $L = 9.6 \text{ m}$
- Número total de codos: $N_c = 13$

- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45$
- Número total de "T":	$N_T = 1$
- Longitud equivalente de cada "T":	$L_{eqT} = 1.2 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 6$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 17.67 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi * D^2$$

$$V = 0.071 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 1.4 * 10^3$ (Régimen turbulento) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua. $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s}$ la viscosidad del agua.Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.0457$ Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$ Ecuación (3)

$$\frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5}$$

$$\sum F_{23} = 0.055 \text{ J/kg} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 10^{-5} \text{ bar} = 0.0006 \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 * D = 0.45 \text{ m}$ "T": $L_{eqT} = 60 * D = 1.2 \text{ m}$ Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 * D = 0.17 \text{ m}$ Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 8.07 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal : $\sum F_m = \frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D}$ Ecuación (4)

$$\frac{f_D * L_{eq} * V^2}{2 * D}$$

$$\sum F_{m_{23}} = 0.0465 \text{ J/kg} = 0.0005 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T_{23}} = \sum F_{23} + \sum F_{m_{23}} = 0.101 \text{ J/kg} = 0.001 \text{ bar}$$

- Tramo 24

Las tuberías que componen este tramo son las que unen los tanques de dosificación de reactivos con sus respectivas bombas dosificadoras.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.0225 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 20 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 5.77 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 12$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.45$
- Número total de "T":	$N_T = 6$
- Longitud equivalente de cada "T":	$L_{eqT} = 1.2 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 12$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.17 \text{ m}$
- Número total de válvulas antirretorno:	$N_{va} = 6$
- Longitud equivalente de cada VA:	$L_{eqva} = 0.52 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 23.53 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

$$\text{Velocidad de circulación: } V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 * Q_n}{\pi * D^2} \text{ : Ecuación (1)}$$

$$S = \pi * D^2$$

$$V = 0.0225 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} = 450 \text{ (Régimen laminar) Ecuación (2)}$$

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m*s} \text{ la viscosidad del agua.}$$

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.076$

$$\text{Pérdida de carga mayores: } \sum F = \frac{f_D * L * V^2}{2 * D} = \frac{f_D * 8 * L * Q_n^2}{\pi^2 * D^5} \text{ Ecuación (3)}$$

$$\sum F_{24} = 5.55 \cdot 10^{-3} \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 5.55 \cdot 10^{-5} \text{ bar}$$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.45 \text{ m}$

“T”: $L_{eqT} = 60 \cdot D = 1.2 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.17 \text{ m}$

Válvula antirretorno: $L_{eqva} = 26 \cdot D = 0.52 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 17.76 \text{ m}$

Pérdidas menores:

$$\text{Caudal nominal : } \sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D} = \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum F_{m24} = 0.0171 \text{ J/kg} = 0.0002 \text{ bar.}$$

Pérdida de carga total

$$\text{Caudal nominal: } \sum F_{T24} = \sum F_{24} + \sum F_{m24} = 0.0226 \text{ J/kg} = 0.00023 \text{ bar}$$

- Tramo 25

Este tramo es el correspondiente al que va desde las bombas dosificadoras de reactivos de depuración en cuestión.

- Caudal nominal:	$Q_n = 0.0255 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro interno de todos los componentes:	$D = 8 \text{ mm.}$
- Longitud de tubería recta:	$L = 8.55 \text{ m}$
- Número total de codos:	$N_c = 12$
- Longitud equivalente de cada codo:	$L_{eqc} = 0.18$
- Número total de “T”:	$N_T = 3$
- Longitud equivalente de cada “T”:	$L_{eqT} = 0.48 \text{ m}$
- Número total de válvulas de bola:	$N_{vb} = 3$
- Longitud equivalente de cada válvula de bola:	$L_{eqv} = 0.068 \text{ m}$
- Longitud equivalente total del circuito:	$L_{eq} = 12.35 \text{ m}$

Pérdidas de carga mayores:

Caudal nominal:

Velocidad de circulación: $V = \frac{Q_n}{S} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot D^2}$ Ecuación (1)

$$S = \pi \cdot D^2$$

$V = 0.1409 \text{ m/s}$

Número de Reynolds: $Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = 1.1 \cdot 10^3$ (Régimen laminar) Ecuación (2)

$$\mu$$

Siendo $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ la densidad del agua.

$\mu = 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ la viscosidad del agua.

Rugosidad de la tubería: Tubería de PVC: $\epsilon = 0$, por lo que la rugosidad relativa será $\epsilon/D = 0$, tubo liso.

Leyendo el diagrama de Moody: Factor de Darcy: $f_D = 0.058$

Pérdida de carga mayores: $\sum F = \frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$ Ecuación (3)

$$\frac{f_D \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D} = \frac{f_D \cdot 8 \cdot L \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot D^5}$$

$\sum F_{22} = 0.617 \text{ J/kg} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 0.006 \text{ bar}$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Pérdida de carga menores

Codos: $L_{eqc} = 22.5 \cdot D = 0.18 \text{ m}$

“T”: $L_{eqT} = 60 \cdot D = 0.48 \text{ m}$

Válvula de bola: $L_{eqv} = 8.5 \cdot D = 0.068 \text{ m}$

Longitud equivalente de los accesorios: $L_{eqa} = 3.80 \text{ m}$

Pérdidas menores:

Caudal nominal: $\sum F_m = \frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$ Ecuación (4)

$$\frac{f_D \cdot L_{eq} \cdot V^2}{2 \cdot D}$$

$\sum F_{m25} = 0.274 \text{ J/kg} = 0.003 \text{ bar}$.

Pérdida de carga total

Caudal nominal: $\sum F_{T25} = \sum F_{25} + \sum F_{m25} = 0.891 \text{ J/kg} = 0.009 \text{ bar}$

2. CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES QUÍMICAS

2.1 Dosificación de hidróxido de magnesio

Se calcularán en este apartado las dosificaciones químicas necesarias de hidróxido de magnesio suministradas al comienzo del proceso de depuración.

Para la coagulación de los coloides presentes en el agua se empleará $\text{Mg}(\text{OH})_2$ al 3% siendo la dosis necesaria de 10 ml/l de disolución.

- Tanque de dosificación

Dosis de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ será:

$$d = 10 \text{ ml/l} * 10^{-3} \text{ l/ml} * 30 \text{ g/l} = 0.3 \text{ g/l} = 300 \text{ g/m}^3$$

$$D = Q * d = 17 \text{ m}^3/\text{h} * 300 \text{ g/m}^3 = 5100 \text{ g/h}$$

Siendo,

d: dosis por unidad de volumen

D: dosis por unidad de tiempo

Q: caudal nominal

- Caudal de dosificación

$$Q_d = \frac{D}{c} = \frac{5100 \text{ g/h}}{30 \text{ g/l}} = 170 \text{ l/h} = 0.170 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo,

c: concentración de reactivo

- Volumen necesario para una autonomía de un día a jornada laboral de 16 horas diarias.

$$V = Q_d * t = 170 \text{ l/h} * 16 \text{ h/día} * 1 \text{ día} = 2720 \text{ l}$$

Por lo cual se emplearán dos tanques de 1500 l cada uno

Diámetro: $D = 1000 \text{ mm}$

Altura: $h = 1900 \text{ mm}$

$$\text{Volumen de cada tanque: } V = \pi * r^2 * h = 0.5 \text{ m}^3$$

- Bomba dosificadora

La bomba inyectará en una conducción de 20 mm a 4 bar de presión interior. Para que la inyección se lleve a cabo con seguridad, la presión de impulsión de la bomba será la

de la llegada más la pérdida de carga del circuito de dosificación que es de $1.6 \cdot 10^{-3}$ bar. Pudiendo despreciarse esta pérdida de carga, por lo que la presión a soportar será : $P=4\text{bar}$.

Las bombas empleadas serán centrífugas y se dispondrán dos bombas en paralelo por los dos tanques. La segunda bomba se colocará por razones de seguridad, en caso de fallo de la primera.

- Cálculo de las bombas dosificadoras:

Para régimen turbulento se empleará la ecuación de Bernouilli:

$$\Delta h = \Delta z + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \sum F + \frac{V_i^2}{2 \cdot \alpha_i} - \frac{V_a^2}{2 \cdot \alpha_1} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo,

Δh : Carga total en metros

Δz : diferencia de altura a vencer por la bomba, en metros

ΔP : Diferencia de presión entre la entrada y la salida de la impulsión $\Delta P: P - P_i$, donde P es la presión de entrada y P_i la de impulsión.

$\sum F$: Pérdida de cargas mayores en J/kg.

V_i y V_a : Velocidad de impulsión y aspiración del fluido.

En paralelo la carga total será la misma para las dos bombas e igual a la total, mientras que el caudal total, en caso de funcionamiento de las dos bombas simultáneamente, será la suma de los correspondientes a cada una de ellas.

- V_i y V_a :

$V_a = 0$ ya que se toma como punto de aspiración uno cualquiera sobre la superficie libre del líquido que se halla a presión atmosférica.

$V_i : 0.022 \text{ m/s}$ por lo cual se despreciará este término al ser insignificante.

- Δz :

$Z_a = 1.2 \text{ m}$, $z_i = 0.3 \text{ m} \rightarrow \Delta z = 0.9 \text{ m}$

- ΔP :

$$P = 1 \text{ atm} \quad P_i = 4 \text{ atm} \rightarrow \Delta P = 3 \text{ atm}$$

- ΣF :

Dato obtenido de los cálculos de pérdida de carga:

$$\Sigma F = 1.6 \cdot 10^3 \text{ bar} = 0.16 \text{ J/kg}$$

$$\Delta h = 0.9 \text{ m} + \frac{3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} + \frac{0.16 \text{ J/kg}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 31.5 \text{ m}$$

Máxima altura de la bomba para que no se produzca cavitación.

Potencia de la bomba: $P = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$

η (Ecuación 6)

Siendo,

ΔP : la carga total en metros

Q : el caudal a impulsar en metros cúbicos por segundos

η : el rendimiento de la bomba

Se tomará como rendimiento de la bomba un 70%

$$\Delta P = P_i + P_a + \Sigma F = (4 + 1.5 + 0.0016) \text{ bar} = 5.5016 \text{ bar} = 550160 \text{ Pa}$$

Tomando como valor de seguridad 6 bar.

Siendo ΔP la pérdida de carga total de la bomba y P_i la presión de impulsión, P_a la presión de aspiración suministrada por el fabricante.

$$P = \frac{0.17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2.78 \cdot 10^{-4} \text{ h/s} \cdot 600000 \text{ Pa}}{0.7} = 40.51 \text{ W}$$

Al tratarse de una potencia muy pequeña se elegirá la bomba de mayor calibre que se ajuste a estos valores.

Así la bomba escogida tendrá las siguientes características:

- Caudal de impulsión $Q = 0.17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Carga total $\Delta h = 31.5 \text{ m}$
- Presión de impulsión $P_i = 4 \text{ bar}$

Potencia $P = 120 \text{ W}$

- Agitador

Para conseguir una buena mezcla, teniendo en cuenta las dimensiones del depósito, se necesita un aspa de 250 mm a una velocidad de giro de 120 rpm.

La potencia necesaria para la agitación será:

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot D_a^5}{g_c} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Siendo,

N_p , el número de potencia, el cual viene determinado por el número de Reynolds, que para una agitación turbulenta ($Re > 10000$) es 0.4:

g_c , constante dimensional que para SI vale 1

ρ , densidad del fluido a agitar

ω , velocidad de giro del aspa

D_a , diámetro del aspa

$$P = \frac{0.4 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (120 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 60^{-1})^3 \cdot (0.25 \text{ m})^5}{1} = 775.16 \text{ W}$$

Tomando un motor normalizado de potencia: $P = 1100 \text{ W} = 1.5 \text{ CV}$

2.2 Dosificación de floculante

Se calcularán en este apartado las dosificaciones químicas necesarias de floculante suministradas al comienzo del proceso de depuración.

El resultado del cálculo de la dosis de floculante es de 13 ml/l de disolución de floculante al 0.05%.

- Tanque de dosificación

Dosis del floculante:

$$d = 13 \text{ ml/l} \cdot 10^{-3} \text{ l/ml} \cdot 0.5 \text{ g/l} = 6.5 \cdot 10^{-3} \text{ g/l} = 6.5 \text{ g/m}^3$$

$$D = Q \cdot d = 17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 6.5 \text{ g/m}^3 = 110.5 \text{ g/h}$$

Siendo,

d: dosis por unidad de volumen

D: dosis por unidad de tiempo

Q: caudal nominal

- Caudal de dosificación

$$Q_d = \frac{D}{c} = \frac{110.5 \text{ g/h}}{0.5 \text{ g/l}} = 221.0 \text{ l/h} = 0.221 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo,

c: concentración de reactivo

- Volumen necesario para una autonomía de un día a jornada laboral de 16 horas diarias.

$$V = Q_d * t = 221 \text{ l/h} * 16 \text{ h/día} * 1 \text{ día} = 3536 \text{ l}$$

Por lo cual se emplearán dos tanques de 2000 l cada uno.

Diámetro: D= 1200 mm

Altura: h= 1800mm

- Bomba dosificadora

La bomba inyectará en una conducción de 20 mm a 4 bar de presión interior. Para que la inyección se lleve a cabo con seguridad, la presión de impulsión de la bomba será la de la llegada más la pérdida de carga del circuito de dosificación que es de $1.73 * 10^{-3}$ bar. Pudiendo despreciarse esta pérdida de carga, por lo que la presión a soportar será :
P= 4bar

Las bombas empleadas serán centrífugas y se dispondrán dos bombas en paralelo por los dos tanques. La segunda bomba se colocará por razones de seguridad, en caso de fallo de la primera.

- Cálculo de las bombas dosificadoras:

Para régimen turbulento se empleará la ecuación de Bernoulli:

$$\Delta h = \Delta z + \frac{\Delta P}{\rho * g} + \sum \frac{F}{g} + \frac{V_i^2}{2 * \alpha_i} - \frac{V_a^2}{2 * \alpha_1} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo,

Δh : Carga total en metros

Δz : diferencia de altura a vencer por la bomba, en metros

ΔP : Diferencia de presión entre la entrada y la salida de la impulsión $\Delta P: P - P_i$, donde P es la presión de entrada y P_i la de impulsión.

ΣF : Pérdida de carga mayores en J/kg.

V_i y V_a : Velocidad de impulsión y aspiración del fluido.

En paralelo la carga total será la misma para las dos bombas e igual a la total, mientras que el caudal total, en caso de funcionamiento de las dos bombas simultáneamente, será la suma de los correspondientes a cada una de ellas.

- V_i y V_a :

$V_a = 0$ ya que se toma como punto de aspiración uno cualquiera sobre la superficie libre del líquido que se halla a presión atmosférica.

V_i : 0.03 m/s por lo cual se despreciará este término al ser insignificante.

- Δz :

$$Z_a = 1.2 \text{ m}, z_i = 0.3 \text{ m} \rightarrow \Delta z = 0.9 \text{ m}$$

- ΔP :

$$P = 1 \text{ atm} \quad P_i = 4 \text{ atm} \rightarrow \Delta P = 3 \text{ atm}$$

- ΣF :

Dato obtenido de los cálculos de pérdida de carga:

$$\Sigma F = 1.73 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 0.173 \text{ J/kg}$$

$$\Delta h = 0.9 \text{ m} + \frac{3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} + \frac{0.173 \text{ J/kg}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 31.5 \text{ m}$$

Máxima altura de la bomba para que no se produzca cavitación.

Potencia de la bomba: $P = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$

$$\eta \quad (\text{Ecuación 6})$$

Siendo,

ΔP : la carga total en metros

Q : el caudal a impulsar en metros cúbicos por segundos

η : el rendimiento de la bomba

Se tomará como rendimiento de la bomba un 70%

$$\Delta P = P_i + P_a + \sum F = (4 + 1.5 + 0.0017) \text{ bar} = 5.5017 \text{ bar} = 550173 \text{ Pa}$$

Tomando como valor de seguridad 6 bar.

Siendo ΔP la pérdida de carga total de la bomba y P_i la presión de impulsión, P_a la presión de aspiración suministrada por el fabricante.

$$P = \frac{0.221 \text{ m}^3/\text{h} * 2.78 * 10^{-4} \text{ h/s} * 600000 \text{ Pa}}{0.7} = 52.66 \text{ W}$$

Al tratarse de una potencia muy pequeña se elegirá la bomba de mayor calibre que se ajuste a estos valores.

Así la bomba escogida tendrá las siguientes características:

- Caudal de impulsión $Q = 0.221 \text{ m}^3/\text{h}$
- Carga total $\Delta h = 31.5 \text{ m}$
- Presión de impulsión $P_i = 4 \text{ bar}$
- Potencia $P = 120 \text{ W}$

- Agitador

Para conseguir una buena mezcla, teniendo en cuenta las dimensiones del depósito, se necesita un aspa de 250 mm a una velocidad de giro de 110 rpm.

La potencia necesaria para la agitación será:

$$P = \frac{N_p * \rho * \omega^3 * D_a^5}{g_c} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Siendo,

N_p , el número de potencia, el cual viene determinado por el número de Reynolds, que para una agitación turbulenta ($Re > 10000$) es 0.4:

g_c , constante dimensional que para SI vale 1

ρ , densidad del fluido a agitar

ω , velocidad de giro del aspa

D_a , diámetro del aspa

$$P = \frac{0.4 * 1600 \text{ kg/m}^3 * (110 * 2 * \pi * 60^{-1})^3 * (0.25 \text{ m})^5}{1} = 955.31 \text{ W}$$

Tomando un motor normalizado de potencia: P= 1100 W

2.3 Dosificación de ácido/sosa

Se calcularán en este apartado las dosificaciones químicas necesarias de ácido/sosa suministradas después del filtro de cartuchos y antes de la entrada del agua al ozonizador en el proceso de depuración.

El resultado del cálculo de la dosis de ácido sulfúrico al 5% es de 10 ml /l de disolución y de sosa cáustica al 4% a dosis de 10 ml/l.

CÁLCULO DE ÁCIDO SULFÚRICO

- **Tanque de dosificación**

Dosis de ácido sulfúrico:

$$d = 10 \text{ ml/l} * 10^{-3} \text{ l/ml} * 50 \text{ g/l} = 0.5 \text{ g/l} = 500 \text{ g/m}^3$$

$$D = Q * d = 17 \text{ m}^3/\text{h} * 500 \text{ g/m}^3 = 8500 \text{ g/h}$$

Siendo,

d: dosis por unidad de volumen

D: dosis por unidad de tiempo

Q: caudal nominal

- Caudal de dosificación

$$Qd = \frac{D}{c} = \frac{8500 \text{ g/h}}{50 \text{ g/l}} = 170.0 \text{ l/h} = 0.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo,

c: concentración de reactivo

- Volumen necesario para una autonomía de un día a jornada laboral de 16 horas diarias.

$$V = Qd * t = 170 \text{ l/h} * 16 \text{ h/día} * 1 \text{ día} = 2720 \text{ l}$$

Por lo cual se emplearán dos tanques de 1500 l cada uno.

Diámetro: D= 1000 mm

Altura: h= 1900 mm

- Bomba dosificadora

La bomba inyectará en una conducción de 20 mm a 4 bar de presión interior. Para que la inyección se lleve a cabo con seguridad, la presión de impulsión de la bomba será la de la llegada más la pérdida de carga del circuito de dosificación que es de $1.84 \cdot 10^{-3}$ bar. Pudiendo despreciarse esta pérdida de carga, por lo que la presión a soportar será :
 $P = 4 \text{ bar}$

Las bombas empleadas serán centrífugas y se dispondrán dos bombas en paralelo por los dos tanques. La segunda bomba se colocará por razones de seguridad, en caso de fallo de la primera.

- Cálculo de las bombas dosificadoras:

Para régimen turbulento se empleará la ecuación de Bernoulli:

$$\Delta h = \Delta z + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \sum F + \frac{V_i^2}{2 \cdot \alpha_i} - \frac{V_a^2}{2 \cdot \alpha_a} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo,

Δh : Carga total en metros

Δz : diferencia de altura a vencer por la bomba, en metros

ΔP : Diferencia de presión entre la entrada y la salida de la impulsión $\Delta P = P - P_i$, donde P es la presión de entrada y P_i la de impulsión.

$\sum F$: Pérdida de cargas mayores en J/kg.

V_i y V_a : Velocidad de impulsión y aspiración del fluido.

En paralelo la carga total será la misma para las dos bombas e igual a la total, mientras que el caudal total, en caso de funcionamiento de las dos bombas simultáneamente, será la suma de los correspondientes a cada una de ellas.

- V_i y V_a :

$V_a = 0$ ya que se toma como punto de aspiración uno cualquiera sobre la superficie libre del líquido que se halla a presión atmosférica.

$V_i : 0.045 \text{ m/s}$ por lo cual se despreciará este término al ser insignificante.

- Δz :

$$Z_a = 1.2 \text{ m}, z_i = 0.3 \text{ m} \rightarrow \Delta z = 0.9 \text{ m}$$

$$\Delta P:$$

$$P = 1 \text{ atm} \quad P_i = 4 \text{ atm} \rightarrow \Delta P = 3 \text{ atm}$$

$$\Sigma F:$$

Dato obtenido de los cálculos de pérdida de carga:

$$\Sigma F = 1.84 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 0.184 \text{ J/kg}$$

$$\Delta h = 0.9 \text{ m} + \frac{3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} + \frac{0.184 \text{ J/kg}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 31.5 \text{ m}$$

Máxima altura de la bomba para que no se produzca cavitación.

$$\text{Potencia de la bomba: } P = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$$

$$\eta \quad (\text{Ecuación 6})$$

Siendo,

ΔP : la carga total en metros

Q: el caudal a impulsar en metros cúbicos por segundos

η : el rendimiento de la bomba

Se tomará como rendimiento de la bomba un 70%

$$\Delta P = P_i + P_a + \Sigma F = (4 + 1.5 + 0.0018) \text{ bar} = 5.5018 \text{ bar} = 550184 \text{ Pa}$$

Tomando como valor de seguridad 6 bar.

Siendo ΔP la pérdida de carga total de la bomba y P_i la presión de impulsión, P_a la presión de aspiración suministrada por el fabricante.

$$P = \frac{0.17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2.78 \cdot 10^{-4} \text{ h/s} \cdot 600000 \text{ Pa}}{0.7} = 40.51 \text{ W}$$

Al tratarse de una potencia muy pequeña se elegirá la bomba de mayor calibre que se ajuste a estos valores.

Así la bomba escogida tendrá las siguientes características:

$$\text{Caudal de impulsión } Q = 0.170 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Carga total $\Delta h = 31.5$ m
- Presión de impulsión $P_i = 4$ bar
- Potencia $P = 120$ W

- Agitador

Para conseguir una buena mezcla, teniendo en cuenta las dimensiones del depósito, se necesita un aspa de 250 mm a una velocidad de giro de 100 rpm.

La potencia necesaria para la agitación será:

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot D_a^5}{g_c} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Siendo,

N_p , el número de potencia, el cual viene determinado por el número de Reynolds, que para una agitación turbulenta ($Re > 10000$) es 0.4:

g_c , constante dimensional que para SI vale 1

ρ , densidad del fluido a agitar

ω , velocidad de giro del aspa

D_a , diámetro del aspa

$$P = \frac{0.4 \cdot 1800 \text{ kg/m}^3 \cdot (100 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 60^{-1})^3 \cdot (0.25 \text{ m})^5}{1} = 807.45 \text{ W}$$

Tomando un motor normalizado de potencia: $P = 1100$ W

CÁLCULO DE SOSA CÁUSTICA

- Tanque de dosificación

- Dosis de Na(OH) :

$$d = 10 \text{ ml/l} \cdot 10^{-3} \text{ l/ml} \cdot 40 \text{ g/l} = 0.4 \text{ g/l} = 400 \text{ g/m}^3$$

$$D = Q \cdot d = 17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 400 \text{ g/m}^3 = 6800 \text{ g/h}$$

Siendo,

d : dosis por unidad de volumen

D : dosis por unidad de tiempo

Q : caudal nominal

- Caudal de dosificación

$$Q_d = \frac{D}{c} = \frac{6800 \text{ g/h}}{40 \text{ g/l}} = 170.0 \text{ l/h} = 0.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo,

c: concentración de reactivo

- Volumen necesario para una autonomía de un día a jornada laboral de 16 horas diarias.

$$V = Q_d * t = 170 \text{ l/h} * 16 \text{ h/día} * 1 \text{ día} = 2720 \text{ l}$$

Por lo cual se emplearán dos tanques de 1500 l cada uno.

Diámetro: $D = 1000 \text{ mm}$

Altura: $h = 1900 \text{ mm}$

- Bomba dosificadora

La bomba inyectará en una conducción de 20 mm a 4 bar de presión interior. Para que la inyección se lleve a cabo con seguridad, la presión de impulsión de la bomba será la de la llegada más la pérdida de carga del circuito de dosificación que es de $1.84 * 10^{-3}$ bar. Pudiendo despreciarse esta pérdida de carga, por lo que la presión a soportar será :
 $P = 4 \text{ bar}$

Las bombas empleadas serán centrífugas y se dispondrán dos bombas en paralelo por los dos tanques. La segunda bomba se colocará por razones de seguridad, en caso de fallo de la primera.

- Cálculo de las bombas dosificadoras:

Para régimen turbulento se empleará la ecuación de Bernouilli:

$$\Delta h = \Delta z + \frac{\Delta P}{\rho * g} + \sum \frac{F}{g} + \frac{V_i^2}{2 * \alpha_i} - \frac{V_a^2}{2 * \alpha_1} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo,

Δh : Carga total en metros

Δz : diferencia de altura a vencer por la bomba, en metros

ΔP : Diferencia de presión entre la entrada y la salida de la impulsión $\Delta P = P - P_i$, donde P es la presión de entrada y P_i la de impulsión.

ΣF : Pérdida de cargas mayores en J/kg.

V_i y V_a : Velocidad de impulsión y aspiración del fluido.

En paralelo la carga total será la misma para las dos bombas e igual a la total, mientras que el caudal total, en caso de funcionamiento de las dos bombas simultáneamente, será la suma de los correspondientes a cada una de ellas.

- V_i y V_a :

$V_a = 0$ ya que se toma como punto de aspiración uno cualquiera sobre la superficie libre del líquido que se halla a presión atmosférica.

$V_i = 0.045$ m/s por lo cual se despreciará este término al ser insignificante.

- Δz :

$Z_a = 1.2$ m, $z_i = 0.3$ m $\rightarrow \Delta z = 0.9$ m

- ΔP :

$P = 1$ atm $P_i = 4$ atm $\rightarrow \Delta P = 3$ atm

- ΣF :

Dato obtenido de los cálculos de pérdida de carga:

$\Sigma F = 1.84 \cdot 10^{-3}$ bar = 0.184 J/kg

$\Delta h = 0.9$ m + $\frac{3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}$ + $\frac{0.184 \text{ J/kg}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 31.5$ m

Máxima altura de la bomba para que no se produzca cavitación.

Potencia de la bomba: $P = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$

η (Ecuación 6)

Siendo,

ΔP : la carga total en metros

Q : el caudal a impulsar en metros cúbicos por segundos

η : el rendimiento de la bomba

Se tomará como rendimiento de la bomba un 70%

$\Delta P = P_i + P_a + \Sigma F = (4 + 1.5 + 0.0018)$ bar = 5.5018 bar = 550184 Pa

Tomando como valor de seguridad 6 bar.

Siendo ΔP la pérdida de carga total de la bomba y P_i la presión de impulsión, P_a la presión de aspiración suministrada por el fabricante.

$$P = \frac{0.17 \text{ m}^3/\text{h} * 2.78 * 10^{-4} \text{ h/s} * 600000 \text{ Pa}}{0.7} = 40.51 \text{ W}$$

Al tratarse de una potencia muy pequeña se elegirá la bomba de mayor calibre que se ajuste a estos valores.

Así la bomba escogida tendrá las siguientes características:

- Caudal de impulsión $Q = 0.170 \text{ m}^3/\text{h}$
- Carga total $\Delta h = 31.5 \text{ m}$
- Presión de impulsión $P_i = 4 \text{ bar}$
- Potencia $P = 120 \text{ W}$

- Agitador

Para conseguir una buena mezcla, teniendo en cuenta las dimensiones del depósito, se necesita un aspa de 250 mm a una velocidad de giro de 100 rpm.

La potencia necesaria para la agitación será:

$$P = \frac{N_p * \rho * \omega^3 * D_a^5}{g_c} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Siendo,

N_p , el número de potencia, el cual viene determinado por el número de Reynolds, que para una agitación turbulenta ($Re > 10000$) es 0.4:

g_c , constante dimensional que para SI vale 1

ρ , densidad del fluido a agitar

ω , velocidad de giro del aspa

D_a , diámetro del aspa

$$P = \frac{0.4 * 1700 \text{ kg/m}^3 * (100 * 2 * \pi * 60^{-1})^3 * (0.25 \text{ m})^5}{1} = 762.59 \text{ W}$$

Tomando un motor normalizado de potencia: $P = 1100 \text{ W}$

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA DE AGITACIÓN

Dimensionamiento de la bomba de agitación

Los cálculos referentes a esta bomba se encuentran incluidos en los tres apartados anteriores para cada tipo de reactivo.

Se empleará el agitador de mayor envergadura obtenido, para suplir las necesidades de agitación.

Las características del agitador son:

- Potencia: 1100 W
- Velocidad de giro del aspa: 120 rpm
- Diámetro del aspa: 250 mm

4. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DUAL SILEX Y ANTRACITA

Los parámetros de diseño del filtro dual sílex de antracita son los siguientes:

- Caudal de alimentación: 17 m³/h
- Velocidad de filtración: $V_f = 8$ m/h
- Velocidad máxima (de lavado): $V_l = 10$ m/h
- Pérdida de carga a filtro limpio: $\Delta P = 0,3$ bar
- Ciclo de lavado: 24 horas
- Materia en suspensión: $ss < 0,1$ g/l

- Diámetro

- Superficie necesaria de filtración:

$$S = \frac{Q}{V_f} = \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{8 \text{ m/h}} = 2,125 \text{ m}^2$$

$$V_f = 8 \text{ m/h}$$

- Diámetro del filtro:

$$D = 2(S/\pi)^{1/2} = 2*(2,125/\pi)^{1/2} = 0.915 \text{ m}$$

Por razones de seguridad se tomará un diámetro incrementado en un 10% aproximadamente.

El diámetro del lecho será: $D = 1000$ mm

- Espesor del filtro (altura de la parte recta)

Para aumentar la velocidad de filtración y el tiempo de marcha de este tipo de filtros, se sustituye una parte de la arena silex por una capa de material más ligero y de una talla efectiva superior a la de la arena situado por debajo. Este material más ligero será la antracita.

La elección de la granulometría de cada una de las capas está ligada a su posibilidad de expansión de forma similar con el mismo caudal de lavado con el fin de que vuelvan a clasificarse antes de puesta en filtración.

Así la talla efectiva de la antracita es de 1,35 mm y representará el 23% del total del lecho, y la talla efectiva de la arena silex es de 0,75 mm en un 77%. La granulometría media del lecho es de 0,90 mm.

- Cálculo del volumen útil de lecho filtrante

Considerando que en 1 m³ de material filtrante de una granulometría media de 0,90 mm se dispone de 0,45 m³ de volumen vacío. Tomando en cuenta que este espacio puede colmatarse como máximo en un 25 % para no incurrir en fugas y dejar suficiente espacio para el paso de agua, el volumen útil para la retención de sólidos por unidad volumétrica de lecho filtrante es:

$$V_u = V_v * C_{max}$$

Siendo,

V_u, el volumen útil en m³

V_v, el volumen vacío en m³

C_{max}, la colmatación máxima en %

$$V_u = 0,45 \text{ m}^3 * 0,25 = 0,1125 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ de lecho}$$

- Cálculo de materia retenible

Para el cálculo de la materia retenible por unidad volumétrica de lecho filtrante, se tomará como concentración máxima a retener 60 g/l y como concentración mínima 40 g/l siendo el valor medio de 50 g/l.

$$M_r = V_u * C_m$$

Siendo,

M_r, la materia retenible en g/ m³ de lecho

C_m, la concentración media de sólidos a retener en g/l

V_u, el volumen útil en m³

$$M_r = 0,1125 \text{ m}^3 / \text{m}^3 * 50 \text{ g/l} * 10^3 \text{ l} / \text{m}^3 = 5625 \text{ g} / \text{m}^3 \text{ de lecho}$$

-

- Cálculo del volumen de lecho necesario

Tomando como actividad industrial 16 horas diarias, el volumen necesario de agua a soportar por filtro es de:

$$V_a = Q * a_i$$

Siendo,

V_a , el volumen de agua en m^3

Q , el caudal nominal en m^3/h

a_i , actividad industrial en $\text{h}/\text{día}$

$$V_a = 17 \text{ m}^3/\text{h} * 16 \text{ h}/\text{día} = 272 \text{ m}^3/\text{día}$$

La cantidad de materia diaria a retener es:

$$M_r = V_a * s_s$$

Siendo,

M_r , cantidad diaria retenible en g

s_s , sólidos en suspensión en g/l

$$M_r^* = 272 \text{ m}^3 * 0,1 * 10^3 \text{ g} / \text{m}^3 = 27200 \text{ g}$$

El volumen de lecho necesario será:

$$V = \frac{M_r^*}{M_r}$$

M_r

$$V = \frac{27200 \text{ g}}{5625 \text{ g} / \text{m}^3} = 4,83 \text{ m}^3$$

-

- Cálculo de la altura del lecho

$$H = \frac{V}{S}$$

S

$$H = \frac{4,835 \text{ m}^3}{\pi (1 \text{ m})^2} = 1,54 \text{ m} = 1540 \text{ mm}$$

$$\pi (1 \text{ m})^2$$

- Cálculo de la pérdida de carga en el filtro

Para realizar el cálculo de la pérdida de carga es necesario considerar las pérdidas de presión en los siguientes elementos y condiciones de trabajo:

- Lecho filtrante limpio
- Lecho filtrante en el límite de oclusión
- Colectores del fondo del filtro

a) Lecho filtrante limpio

Para el cálculo de la pérdida de carga de fluidos que circulan a través de lechos empacados, se recurre a la correlación de Leva:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot f_m \cdot G^2 \cdot \rho \cdot L \cdot (1 - \epsilon)^n}{D_p \cdot g_c \cdot \phi_s^{3-n} \cdot \epsilon^3} \cdot 4,87 \cdot 10^4 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Siendo,

ΔP , la caída de presión en bar

f_m , factor de fricción

g_c , constante dimensional

D_p , diámetro medio de las partículas en metros

Φ_s , factor de forma del sólido

ϵ , volumen libre fraccionario

L , la profundidad del lecho en metros

G , velocidad másica superficial del fluido

N , función del número de Reynolds modificado

Para el cálculo del factor de fricción modificado se hace uso del número de Reynolds modificado:

$$Re_m = \frac{D_p \cdot G}{\mu}$$

Siendo,

μ , la viscosidad del fluido

$$\text{Rem} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 4,72 \text{ kg/s}}{10^{-3} \text{ cp}} = 4,25$$

$$G = Q \cdot \rho = 17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h} / 3600 \text{ s} = 4,72 \text{ m/s}$$

$$\text{Siendo, } D_p = 0,9 \text{ mm y } \mu = 10^{-3} \text{ cp}$$

$$\text{Para Rem} = 4,25 \rightarrow f_m = 25,5$$

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 25,5 \cdot 10^3 \cdot 4,72^2 \cdot 1,54 \cdot (1 - 0,29)^{0,61}}{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^7 \cdot 0,9^{0,61} \cdot 0,45^3} = 4,87 \cdot 10^{-4} = 0,154 \text{ bar}$$

Siendo,

$$\varepsilon = 0,45$$

$$\phi_s = 0,9$$

$$n = 2,39$$

b) Lecho filtrante a máximo atascamiento admisible

En este caso sólo varía la porosidad respecto al cálculo anterior. La hipótesis así adoptada es $\varepsilon = 0,29$ trabajando en las mismas condiciones se obtiene, según la ecuación 8:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 25,5 \cdot 10^3 \cdot 4,72^2 \cdot 1,54 \cdot (1 - 0,29)^{0,61}}{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^7 \cdot 0,9^{0,61} \cdot 0,29^3} = 4,87 \cdot 10^{-4} = 0,154 \text{ bar}$$

c) Colectores

El filtro debe estar provisto de 49 boquillas por m^2 por lo que el número de boquillas es:

$$N_b = 49 \cdot S = 49 \cdot 3,14 \text{ m}^2 = 153,86$$

Se emplearan 154 boquillas.

El caudal de la boquilla es:

$$Q_b = \frac{Q}{N_b} = \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{154} = 0,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_b = 154$$

Se incrementará este valor en un 20% quedando:

$$Q_b = 0,11 \cdot 1,2 = 0,132 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para obtener el valor de la pérdida de carga se utiliza la curva del colector. El valor correspondiente a la misma es:

$$\Delta P = 0,009 \text{ bar}$$

En consecuencia la pérdida de carga del filtro será:

- A lecho limpio: $\Delta P_L = (0,154 + 0,009) \text{ bar} = 0,163 \text{ bar}$

Por seguridad se toma 0,2 bar como valor límite

- A lecho atorado al máximo admisible: $\Delta P_A = (0,672 + 0,009) \text{ bar} = 0,681 \text{ bar}$

Por seguridad se toma 0,7 bar como valor límite.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FDSA

- Caudal a tratar: $17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro del filtro: 1000 mm
- Altura total del lecho: 1540 mm
- Altura de arena silex: 1185 mm
- Altura de antracita: 355 mm
- Granulometría media: 0,90 mm
- Granulometría de la arena silex: 0,75 mm
- Granulometría de la antracita: 1,35 mm
- Coeficiente de uniformidad: 85%
- Número de boquillas : 154
- Pérdida de carga a lecho limpio: 0,163 bar
- Pérdida de carga a lecho atorado: 0,681 bar
- Velocidad de filtración nominal: 8 m/h
- Velocidad máxima: 10 m/h

5. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DE CARTUCHOS

Las variables de diseño correspondientes a este filtro son:

- Caudal de alimentación: $Q = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
- Velocidad de filtración: $V_f = 8 \text{ m/h}$
- Materia en suspensión: $ss < 0,10 \text{ g/ m}^3$

- Cálculo del número de cartuchos

- La superficie útil de filtración necesaria es:

$$S = \frac{Q}{V_f} = \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{8 \text{ m/h}} = 2,125 \text{ m}^2$$

$$V_f = 8 \text{ m/h}$$

- Las dimensiones de los cartuchos son:

$$\text{Altura: } L = 1000 \text{ mm} \quad \text{Diámetro: } D = 180 \text{ mm}$$

- Por lo cual la superficie útil por cartucho es:

$$S_c = \pi * L * D = 0,102 \text{ m}^2$$

- El número de cartuchos es:

$$N_c = \frac{S}{S_c} = \frac{2,125 \text{ m}^2}{0,102 \text{ m}^2} = 20,87$$

$$S_c = 0,102 \text{ m}^2$$

Para garantizar el buen funcionamiento del filtro se emplearán 22 cartuchos.

- Pérdida de carga en el FC

- El caudal que circula a través de cada cartucho es:

$$Q_c = \frac{Q}{N_c} = \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{22} = 0,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_c = 22$$

- Según la curva de la pérdida de carga de los cartuchos, la pérdida de presión para el caudal calculado es:

$$\Delta P = 0,18 \text{ bar}$$

Por seguridad se toma como pérdida de carga: $\Delta P = 0,3 \text{ bar}$

- Ciclo de reposición

- El volumen disponible por filtro, para atrapar la materia en suspensión es:

$$V_u = \pi * (R_1^2 - R_2^2) * L * \epsilon: \text{ (Ecuación 9)}$$

Siendo,

V_u , el volumen útil por cartucho en m^3

R_1 , radio exterior en m

R_2 , radio interior en m

L , altura del cartucho en m

ϵ , volumen libre fraccionario

$$V_u = \pi * (0,10^2 - 0,09^2) * 1 \text{ m} * 0,6 = 0,00358 \text{ m}^3$$

De este volumen por cartucho, no se puede ocupar más del 70%, para asegurar que no habrá fugas importantes, que es lo que se recomienda para este tipo de membranas. Por lo cual el volumen útil de mención por cartucho es:

$$V_u = V_u * 0,7 = 0,0025 \text{ m}^3$$

Considerando que la concentración máxima de la materia retenida es $c = 50 \text{ g/l}$, basándose en los mismos criterios que para el filtro dual silex y antracita, se tiene que la materia retenible por cartucho es:

$$m_r = V_u * c = 2,5l * 50g/l = 125 \text{ g}$$

La materia retenible total es:

$$M_r = m_r * N_c = 125g * 10 = 1250 \text{ g}$$

El periodo de reposición es entonces:

$$P_r = \frac{M_r}{Q * s_s} = \frac{1250 \text{ g}}{17 \text{ m}^3/\text{h} * 0,10g/\text{m}^3} = 45,95 \text{ días} = 1,5 \text{ meses}$$

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE CARTUCHOS

- Caudal a tratar: 17 m³/h
- Número de cartuchos: 22
- Número de contenedores: 1
- Diámetro de cada cartucho: 180 mm
- Longitud de cada cartucho: 1000 mm
- Velocidad de filtración nominal: 8m/h
- Velocidad máxima de filtración: 10 m/h
- Pérdida de carga a filtro limpio: 0,18 bar
- Ciclo de reposición : 1,5 meses

6. DIMENSIONAMIENTO DEL OZONIZADOR

Las variables de diseño del ozonizador son las siguientes:

Concentración de la mezcla de aire-ozono en el agua: $CO_3 = 4 \text{ g/m}^3$

Eficiencia de conversión: $e = 15\%$

Caudal nominal de agua: $Q = 17 \text{ m}^3 / \text{h}$

Electrodos: $l = 150 \text{ mm}$

Dieléctrico de vidrio: $K = 5,6$

- Dosis de ozono:

A partir del factor de eficiencia de conversión del aire a ozono, $e = 15\%$ se obtiene la concentración de ozono en el aire:

$$C = 15 \text{ g/ m}^3$$

Si la concentración de ozono en el agua debe ser de 4 g/m^3 y la eficiencia de conversión es del 15% la concentración de la mezcla es:

$$C = 4 \text{ g/m}^3 + \frac{0,85}{0,15} * 4 \text{ g/m}^3 = 26,67 \text{ g/m}^3$$

Las necesidades de ozono, expresadas como dosis de mezcla aire-ozono en el agua son:

$$D = c * Q = 26,67 \text{ g/m}^3 * 17 \text{ g/m}^3 = 453,33 \text{ g/h}$$

• Cálculo de la diferencia de potencial entre electrodos:

0. Cálculo de la diferencia de potencial sin dieléctrico:

$$V_o = \frac{\sigma * S}{\epsilon_o} \text{ (Ecuación 10)}$$

Siendo,

σ , la carga por unidad de área de cada una de las placas

ϵ_o , la permisividad de espacio libre

S, la distancia entre los electrodos

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{2,01 * 10^{-5} \text{ C}}{(0,92^2 \text{ m}^2)} = 2,37 * 10^{-5} \text{ C/m}^2$$

Siendo,

Q, la capacidad de cada electrodo

A, el área de cada electrodo (placa de lado 0,92 m)

$$V_o = \frac{2,37 * 10^{-5} \text{ C/m}^2 * 0,03 \text{ m}}{8,85 * 10^{-12} \text{ F/m}} = 80350 \text{ V}$$

1. Cálculo de la diferencia de potencial con dieléctrico:

$$V = \frac{V_o}{K}$$

K (Ecuación 11)

$$V = \frac{80350 \text{ V}}{5,6} = 14384,2 \text{ V}$$

Siendo,

K, la constante dieléctrica

- Necesidades de aire para la ozonización:

$$Q_a = \frac{D}{c} = \frac{453,33 \text{ g/h}}{26,67 \text{ g/m}^3} = 16,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debiendo triplicar este valor teórico a $51 \text{ m}^3/\text{h}$, para asegurar el mínimo de ozono en el agua.

- Cálculo de la producción de ozono

La producción de ozono por unidad de dieléctrico es:

$$P = \frac{C * Q_a}{S_d} = \frac{15 \text{ g/m}^3 * 51 \text{ m}^3/\text{h}}{(0,92 \text{ m})^2} = 902,95 \text{ g/m}^2 * \text{h}$$

- Cálculo de las lámparas de mercurio:

Tomando lámparas de mercurio de media presión, las necesidades de producción del ozonizador son:

$$P = E * D = 25 \text{ Wh/g} * 453,33 \text{ g/h} = 11333,25 \text{ W}$$

Siendo,

E, la energía consumida por el ozonizador por gramo de ozono producido. Dato suministrado por el fabricante

D, la dosis de ozono necesaria

Para una potencia por lámpara de 400 W, el número de lámparas necesarias será de:

$$\eta = \frac{P}{P_L} = \frac{11333,33 \text{ W}}{400 \text{ W}} = 28,33$$

Para asegurar el buen funcionamiento de la ozonización, y considerando que no se ha tenido en cuenta el rendimiento de la misma, se incrementará este valor en un 15% quedando:

Número de lámparas de Hg: $n=30$

- Cálculo de la soplante productora de ozono:

La presión necesaria de impulsión no se puede calcular, pero se estima que la proximidad de los consumidores y la cota relativa que se encontrará en la planta respecto a ellos una impulsión de 10 bar será suficiente. La presión de impulsión está condicionada por la necesidad de ser 2,5 veces superior a la del agua, por lo cual la aproximación realizada resulta aceptable. Aún así se incrementará este valor en un 20 %, quedando $p_1 = 12$ bar.

2. Potencia del compresor:

La potencia para la compresión se deduce de la ecuación de estado para gases no ideales, aplicando a la de los gases ideales el factor de compresibilidad correspondiente, que para el aire es de 0,98.

$$P = \frac{n \cdot R \cdot T \cdot \gamma}{\eta} \int \frac{dp}{p} = \frac{n \cdot R \cdot T \cdot \gamma}{\eta} \ln\left(\frac{dp}{p}\right) \quad (\text{Ecuación 12})$$

La integral se extiende desde el valor de presión inicial al final, en este caso de 1 bar a 12 bar, respectivamente.

Siendo,

η , la eficiencia del compresor

γ , el coeficiente de compresibilidad

Temperatura: $T = (273 + 35) \text{ K} = 308 \text{ K}$

Constante de gases: $R = 8,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{Kmol} \cdot \text{K}$

Eficiencia del compresor: $\eta = 70\%$

Coficiente de compresibilidad: $\gamma = 0,98$

$$n = \frac{Q_a \cdot \rho_a}{PM} = \frac{51 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot 1\text{h}/3600\text{s}}{28,84 \text{ kg/kmol}} = 6,33 \cdot 10^{-4} \text{ kmol/s}$$

Peso molecular del aire:

$$PM = (0,79 \cdot 28 + 0,21 \cdot 32) \text{ kg/kmol} = 28,84 \text{ kg/kmol}$$

Caudal de aire: $Q_a = 3,77 \text{ m}^3/\text{h}$, aunque este valor sea el estrictamente calculado, se dimensionará el compresor para $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Densidad del aire: $\rho_a = 1,29 \text{ kg/m}^3$

$$P = \frac{6,33 \cdot 10^{-4} \text{ kmol/s} \cdot 8,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{Kmol} \cdot \text{K} \cdot 308 \text{ K} \cdot \ln(12/1)}{0,98 \cdot 0,70} = 5861,63 \text{ W}$$

Se empleará un compresor de 7500 W tomando el compresor disponible del Mercado que más se acerque al valor calculado.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR (S-01)

Caudal de aire a impulsar: 51 m³/h

Presión de impulsión: 10 bar

Potencia del compresor: 7500 w

7. DIMENSIONAMIENTO DEL MINERALIZADOR

Las variables de diseño para el cálculo del dimensionamiento del mineralizador son:

Caudal de agua a tratar: $Q = 17 \text{ m}^3/\text{h}$

Potencia necesaria de radiación: $N = 1000 \text{ W/m}^3$

Lámparas de mercurio de media presión: $p_L = 400 \text{ W}$

Tubo interior de cuarzo (interior) : $D_i = 400 \text{ mm}$

- Cálculo del diámetro del tubo exterior de acero:

Debido a la disponibilidad de espacio, la longitud del sistema se limita a $l = 1,5 \text{ m}$. Por lo tanto la velocidad de paso, para un tiempo de contacto (t_c) de 20 minutos que asegure la actuación germicida de UV, deberá ser:

$$V = \frac{l}{t_c} = \frac{1,5 \text{ m}}{20 \text{ min}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 4,5 \text{ m/h}$$

$$t_c = 20 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

Así la superficie, y en consecuencia el diámetro del tubo exterior de acero será:

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{4,5 \text{ m/h}} = 3,7 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} (D_e - D_i)^2 ; D_e^2 = \frac{4 \cdot S}{\pi} + D_i^2$$

$$D_e = ((4 \cdot S / \pi) + D_i^2)^{1/2} = ((4 \cdot 1,89 \text{ m}^2 / \pi) + 0,35 \text{ m}^2)^{1/2}$$

$$D_e = 2,2 \text{ m} = 2200 \text{ mm}$$

La capacidad volumétrica del mineralizador es:

$$V = S \cdot l = 3,7 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = 5,55 \text{ m}^3$$

- Cálculo de la potencia total necesaria:

$$P^* = N \cdot V = 1000 \text{ W/m}^3 \cdot 5,55 \text{ m}^3 = 5500 \text{ W}$$

Tomando en cuenta que las lámparas se dispondrán radialmente dentro del tubo de cuarzo, se pierde radiación por la disposición de las mismas. Estas pérdidas, se pueden estimar en un 20-40%, tomando el caso más desfavorable, la potencia total necesaria para un rendimiento del 60% es:

$$P = \frac{P^*}{\eta} = \frac{5500 \text{ W}}{0,6} = 9250 \text{ W}$$

- Cálculo del número de lámparas:

$$\eta_L = \frac{P}{P_L} = \frac{9250 \text{ W}}{400 \text{ W}} = 23,13$$

Se emplearan 26 lámparas de mercurio. Las dimensiones de los tubos son:

Diámetro: $D = 50 \text{ mm}$ Longitud: $L = 700 \text{ mm}$

La distribución de los mismos será paralela a la circulación del agua, en dos bloques consecutivos de trece lámparas cada uno.

8. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DEL CARBÓN ACTIVO

Las variables de diseño correspondientes al filtro de carbón activo son:

Caudal de agua a tratar: $Q = 17 \text{ m}^3/\text{h}$

Constante de relación entre el volumen de carbón activo y el caudal de agua: $K = 50$

Velocidad de filtración: $V_f = 10 \text{ m/h}$

Ciclo de lavado: 24 horas

Concentración de soluto inicial: $C_o = 30 \text{ mg/l}$

En la columna de adsorción en carbón activo se alimenta agua residual a la columna con una concentración de soluto de C_o . Se desea reducir la concentración de soluto en el efluente hasta un valor que no supere $C_e = 5 \text{ mg/l}$. Yendo a la curva típica de ruptura para adsorción en carbón activo, el tiempo de ruptura para C_e es de $t_e = 4 \text{ días}$.

Así la capacidad de adsorción (N_o), es la cantidad máxima de contaminante en el soluto que puede ser adsorbida por el carbón cuando se presenta la saturación.

$$N_o = \frac{86,4 * Q * \int (C_o - C_e) dt}{V} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

$$N_o = \frac{86,4 * (C_o - C_e) * (t_e - t_o)}{K} = 4147,2 \text{ kg soluto/m}^3 \text{ carbón}$$

Otro parámetro a determinar es la constante de velocidad K . Se supone una velocidad de adsorción de 1º orden, esto es $r = K * C$.

Para una velocidad de filtración de 10 m/h , $K = 0,1 \text{ m}^3/\text{kg} * \text{h}$.

El funcionamiento en continuo de las columnas de carbón activo puede evaluarse mediante la ecuación que determina la profundidad crítica de lecho de carbón.

$$D_o = \frac{V_f}{K * N_o} * \ln((C_o - C_e) - 1) \quad \text{(Ecuación 14)}$$

$$D_o = \frac{10 \text{ m/h}}{0,1 \text{ m}^3/\text{kg h} * 4147,2 \text{ kg/m}^3} * \ln((30/5) - 1) = 0,388 \text{ m}$$

La expresión para el tiempo de servicio es:

$$t = \frac{N_o * D - \ln((C_o - C_e) - 1)}{C_o * V_f \quad K * C_o} \quad \text{(Ecuación 15)}$$

$$t = \frac{4147,2 \text{ kg/m}^3}{30 * 10^{-3} \text{ kg/m}^3 * 10 \text{ m/h}} * 1,3 \text{ m} - \frac{\ln((30/5) - 1)}{0,1 \text{ m}^3/\text{kg h} * 30 * 10^{-3} \text{ kg/m}^3}$$

$$= 17434,7 \text{ h} * \text{d}/24\text{h} = 726 \text{ días} = 2 \text{ años}$$

Para un rendimiento de la adsorción del 70%, el lecho real (altura) es:

$$\eta = \frac{D - D_o}{D} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

$$D = \frac{D_o}{0,3} = \frac{0,388 \text{ m}}{0,3} = 1,3 \text{ m}$$

Las dimensiones del lecho serán:

El volumen del lecho de carbón activo viene determinado por:

$$K = \frac{V}{Q}; V = K * Q = 50 * 17 = 850 \text{ l} = 0,85 \text{ m}^3$$

El lecho tiene una altura $D = 1,3 \text{ m}$, así el diámetro será:

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

Despejando d , se obtiene: $d = 0,91 \text{ m}$

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE C.A.

Caudal de agua a tratar: 17 m³/h
 Velocidad de filtración: 10 m/h
 Concentración de soluto inicial: 30 mg/l
 Concentración de soluto final : 5mg/l
 Capacidad de adsorción: 4147,2 kg/m³
 Tiempo de servicio del filtro : 2 años
 Altura del lecho: 1,30 m
 Diámetro del lecho : 0,91 m

9. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DE ARENA DE LECHO CONTINUO

Los parámetros de diseño del filtro de arena de lecho continuo son los siguientes:

Caudal de alimentación: 17 m³/h
 Velocidad de filtración: Vf= 10 m/h
 Granulometría de la arena : 0,7 mm
 Caudal de aire: Qa = 20 m³/h por m² de filtro
 Caudal de agua recirculada : Qr = 5 m³/h
 Pérdida de carga al final del ciclo: ΔP = 100 -400 mbar
 Materia en suspensión : ss = 40 mg/l

- Diámetro

Superficie necesaria de filtración:

$$S = \frac{Q + Q_r}{V_f} = \frac{22 \text{ m}^3/\text{h}}{10 \text{ m/h}} = 2,2 \text{ m}^2$$

- Diámetro del filtro:

$$D = 2 * (S/\pi)^{1/2} = 2 * (2,2 \text{ m}^2 / \pi)^{1/2} = 1,67 \text{ m}$$

Por razones de seguridad se tomará un diámetro incrementando en un 5-10% aproximadamente.

El diámetro del lecho será : $D= 1700$ mm

- Espesor del filtro (altura de la parte recta)

Considerando que en 1 m^3 de material filtrante de una granulometría media de $0,70$ mm se dispone de $0,43 \text{ m}^3$ de volumen vacío. Tomando en cuenta que este espacio puede colmatarse como máximo en un 25% para no incurrir en fugas y dejar suficiente espacio para el paso de agua, el volumen útil para la retención de sólidos por unidad volumétrica de lecho filtrante es:

$$V_u = V_v * C_{\max}$$

Siendo,

V_u , el volumen útil en m^3

V_v , el volumen vacío en m^3

C_{\max} , la colmatación máxima en %

$$V_u = 0,43 \text{ m}^3 * 0,25 = 0,1075 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ de lecho}$$

Cálculo de la materia retenible

Para el cálculo de la materia retenible por unidad volumétrica de lecho filtrante, se tomará como concentración máxima a retener 30 g/l y como concentración mínima 10 g/l , siendo el valor medio 20 g/l .

$$m_r = V_u * C_m$$

Siendo,

m_r , la materia retenible en g / m^3 de lecho

C_m , la concentración media de sólidos a retener en g/l

V_u , el volumen útil en m^3

$$m_r = 0,1075 \text{ m}^3 / \text{m}^3 * 20 \text{ g/l} * 10^3 \text{ l/m}^3 = 2150 \text{ g} / \text{m}^3 \text{ de lecho}$$

Cálculo del volumen de lecho necesario

Tomando como tiempo de funcionamiento diario del filtro 24 horas ya que no son necesarias paradas para el lavado del mismo, el volumen necesario de agua a soportar por el filtro es de:

$$V_a = Q \cdot a_i$$

Siendo,

V_a , el volumen de agua en m^3

Q , el caudal nominal en m^3/h

a_i , actividad industrial en h/día

$$V_a = 22 \text{ m}^3/h \cdot 24 \text{ h/día} = 528 \text{ m}^3/\text{día}$$

La cantidad de materia diaria a retener es:

$$m_r^* = V_a \cdot s_s$$

Siendo,

m_r^* , la cantidad diaria retenible en g

s_s , sólidos en suspensión en g/l

$$m_r^* = 528 \text{ m}^3 \cdot 40 \text{ g/m}^3 = 21120 \text{ g}$$

El volumen de lecho necesario será:

$$V = \frac{m_r^*}{m_r}$$

$$V = \frac{21120 \text{ g}}{2150 \text{ m}^3} = 9,82 \text{ m}^3$$

Cálculo de la altura del lecho

$$H = \frac{V}{S}$$

$$H = \frac{9,82 \text{ m}^3}{\pi * (1,7 \text{ m})^2} = 1,08 \text{ m} = 1080 \text{ mm}$$

- Cálculo de la pérdida de carga en el filtro

Para realizar el cálculo de la pérdida de carga es necesario considerar las pérdidas de presión en los siguientes elementos y condiciones de trabajo:

Lecho filtrante limpio

Lecho filtrante en el límite de oclusión

Colectores del fondo del filtro

a) Lecho filtrante limpio

Para el cálculo de la pérdida de carga de fluidos que circulan a través de lechos empacados, se recurre a la correlación de Leva:

Ecuación 8, se obtiene:

Para el cálculo del factor de fricción modificado se hace uso del número de Reynolds modificado:

$$Re_m = \frac{D_p * G}{\mu}$$

Siendo,

μ , la viscosidad del fluido

$$Re_m = \frac{0,7 * 10^3 \text{ m} * 4,72 \text{ kg/s}}{10^{-3} \text{ cp}} = 3,30$$

$$G = Q * \rho = 17 \text{ m}^3/\text{h} * 10^3 \text{ kg/ m}^3 \text{ h}/3600\text{s} = 4,72 \text{ m/s}$$

Siendo $D_p = 0,9\text{mm}$ y $\mu = 10^{-3} \text{ cp}$

Para $Re_m = 3,30 \rightarrow f_m = 38,42$

$$\Delta P = \frac{2,38 * 42 * 10^{-3} * 4,72^2 * 1,08 * (1-0,43)^{0,61}}{0,7 * 10^{-3} * 5 * 10^7 * 0,9^{0,61} * 0,43^3} * 4,87 * 10^{-4} = 0,244 \text{ bar}$$

Siendo,

$$\varepsilon = 0,43$$

$$\phi_s = 0,9$$

$$n = 2,39$$

b) Lecho filtrante a máximo atascamiento admisible

En este caso sólo varía la porosidad respecto al cálculo anterior. La hipótesis así adoptada es $\varepsilon = 0,28$, trabajando en las mismas condiciones se obtiene, según la ecuación 8 :

$$\Delta P = \frac{2,38 * 42 * 10^{-3} * 4,72^2 * 1,08 * (1-0,28)^{0,61}}{0,7 * 10^{-3} * 5 * 10^7 * 0,9^{0,61} * 0,28^3} * 4,87 * 10^{-4} = 1,02 \text{ bar}$$

c) Colectores

El filtro debe estar provisto de 49 boquillas por m^2 , por lo cual el número de boquillas es:

$$N_b = 49 * S = 49 * 2,2 \text{ m}^2 = 107,80$$

Se emplearán 108 boquillas.

El caudal por boquilla es:

$$Q_b = \frac{Q}{N_b} = \frac{22 \text{ m}^3/\text{h}}{108} = 0,204 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_b = 108$$

Se incrementará este valor en un 20%, quedando:

$$Q_b = Q_b * 1,2 = 0,245 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para obtener el valor de la pérdida de carga se utiliza la curva del colector. El valor correspondiente a la misma es:

$$\Delta P = 0,014 \text{ bar}$$

En consecuencia la pérdida de carga del filtro será:

A lecho limpio : $\Delta P_L = (0,244 + 0,014) \text{ bar} = 0,257 \text{ bar}$

Por seguridad se toma 0,3 bar como valor límite.

A lecho atorado al máximo admisible: $\Delta P_A = (1,02 + 0,014) \text{ bar} = 1,024 \text{ bar}$

- Cálculo de la soplante de limpieza continua del filtro:

Caudal de aire necesario:

$$Q_a = 20 \text{ m}^3/\text{h} * \text{m}^2 * 2,2 \text{ m} = 44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Presión de impulsión:

La presión de impulsión está condicionado por la pérdida de carga del filtro y por la carga hidrostática a vencer, que en este caso es de 0,8 m.

En consecuencia la presión de impulsión será:

$$p_i = \Delta P + \sum F + \Delta h$$

$$p_i = (10,92 + 1,1 + 1,14 * 10^{-4}) \text{ bar} = 12,02 \text{ bar}$$

Tomando como valor de seguridad 13 bar.

- Potencia de la soplante:

Haciendo uso de la ecuación 12 se obtiene la potencia de la soplante:

Para una temperatura de 35°C, un rendimiento de la soplante del 75%, un caudal de aire de 55 m³/h, una presión de aspiración de 1 bar y una presión de impulsión de 13 bar.

$$P = \frac{5,47 * 10^{-4} \text{ kmol/s} * 8,31 * 10^3 \text{ Pa m}^3/\text{kmol k} * 308 \text{ k} * \ln(13/1)}{0,98 * 0,75} = 4885,63 \text{ W}$$

Se empleará una soplante de 5500 W.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FDSA

- Caudal a tratar: 22 m³/h
- Diámetro del filtro: 1700 mm
- Altura total del lecho: 1080 mm
- Granulometría media: 0,70 mm
- Coeficiente de uniformidad: 85%
- Número de boquillas: 108

- Pérdida de carga a lecho limpio: 0,244 bar
- Pérdida de carga a lecho atorado: 1,02 bar
- Velocidad de filtración nominal: 10 m/h
- Caudal de aire a impulsar: 44 m³/h
- Potencia de la soplante: 5500 W
- Presión de impulsión: 12,02 bar

10. CÁLCULO DEL LAVADO DE FILTROS

Para lavar el material filtrante, se le somete a una corriente de agua que circula a contracorriente, de abajo hacia arriba.

Para el lavado del filtro dual silex y antracita y del filtro de carbón activo, se ha escogido el lavado por expansión, solo con agua, ya que por las condiciones de uso y dimensiones de los filtros, resulta el modo más económico y eficaz de lavado.

- Dimensionamiento de la bomba de lavado:

Las variables de diseño de la bomba son las citadas a continuación:

- Caudal a impulsar: $Q_L = 27,7 \text{ m}^3/\text{h}$
- Velocidad de lavado: $V_L = 7 \text{ m/h}$
- Pérdida de carga máxima: $\sum F = 1,5 \text{ bar}$
- Tiempo de lavado: $t_L = 5-8 \text{ min}$

La presión de lavado será de 2 bar, por lo cual las pérdidas de carga serán:

$$\Delta P = \sum F + p_L = 1,5 \text{ bar} + 2 \text{ bar} = 3,5 \text{ bar}$$

Para un rendimiento de la bomba del 85%, la potencia es según la ecuación 6:

$$P = \frac{3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0077 \text{ m}^3/\text{s}}{0,85} = 3368,75 \text{ W}$$

La potencia de la bomba a emplear será de 4000 W.

- Dimensionado del tanque de lavado:

Las necesidades de agua, el volumen del tanque, depende del caudal necesario y el tiempo de lavado, tomando el caso más extremo se obtiene:

$$V = Q * t_L = 27,7 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ min} * 1\text{h}/60 \text{ min} = 3,69 \text{ m}^3$$

Se incrementará por seguridad este valor en un 30%, quedando un volumen de 5 m^3 .

Las dimensiones del tanque son, según el espacio disponible de:

Diámetro: $D = 1600 \text{ mm}$ Altura: $H = 2500 \text{ mm}$

Para estos valores, el volumen del tanque queda en : $V = 5,03 \text{ m}^3$.

11. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA DE IMPULSIÓN

Para el cálculo y dimensionamiento de la bomba de impulsión se calculará la presión de impulsión y la potencia necesaria para ajustar las demandas del proceso.

- Cálculo de la presión de impulsión:

El caudal de impulsión de la bomba es de $17 \text{ m}^3/\text{h}$.

La presión mínima de aspiración de la bomba, según datos del fabricante es de $4,4 \text{ m}$ a caudal máximo ($20 \text{ m}^3/\text{h}$) lo cual equivale a $0,43 \text{ bar}$. No obstante se tomará por seguridad un valor mínimo de aspiración de $1,5 \text{ bar}$.

La pérdida de carga total del circuito calculada con anterioridad es $\Delta F_T = 0,21 \text{ bar}$.

Para determinar la pérdida de carga de la bomba se tomará la situación más desfavorable. En consecuencia para la presión de impulsión, que equivale a la de trabajo, la pérdida de carga a tener en cuenta para el cálculo de la potencia es:

$$\Delta P = P_a + P_i + \Delta F_T = 3,71 \text{ bar}$$

La potencia necesaria se calcula a partir de la ecuación 6 tomando como rendimiento 80% .

$$P = \frac{3,71 * 10^5 \text{ Pa} * 4,72 \text{ m}^3/\text{h}}{0,8} = 2189,9 \text{ W}$$

La potencia de la bomba empleada será de 2200 W . Por seguridad se dispondrán de 2 bombas de 2200 W dispuestas en paralelo, en caso de fallo de alguna de ellas.

ANEXO III

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

1. MATRIZ DE ACTIVIDADES	2
2. EVALUACIÓN MULTICRITERIO	3
2.1 Método medidas ponderadas.....	3
2.2 Aplicación de las medidas ponderadas.....	3
2.2.1 Distribución en planta.....	3
2.2.2 Emplazamiento.....	5
3. SITUACIÓN.....	5
4. LÍMITES	5
5. VÍAS DE ACCESO	6

1. MATRIZ DE ACTIVIDADES

La matriz de actividades nos sirve para hacer una clasificación de las distintas actividades del proceso y ver la prerreación que existe entre ellas. Estas actividades se relacionarán entre ellas mediante unos criterios donde le daremos un valor cualitativo. Estos criterios son:

- 1→ Control de proceso.
- 2→ Suciedad.
- 3→ Complementariedad
- 4→ Continuidad del proceso.
- 5→ Procesos próximos.
- 6→ Ahorro de energía.
- 7→ Sin relación.
- 8→ Reducción de área.

Las valoraciones que se la dan a estos criterios son:

- A→ Absolutamente necesario.
- E→ Especialmente importante.
- I→ Importante.
- O→ Ordinario.
- U→ Sin importancia.
- X→ No deseable.

Y las distintas actividades del proceso son las siguientes:

1. Almacenamiento del agua residual a tratar.
2. Dosificación de los reactivos.
3. Filtro dual silex y antracita.
4. Filtro de cartuchos.
5. Aplicación de ozono.
6. Aplicación de la radiación ultravioleta.
7. Filtro de carbón activo.

8. Filtro de arena de lecho continuo.

Con esta matriz se obtendrán los dos modelos diferentes de distribución en planta.

2. EVALUACIÓN MULTICRITERIO

El análisis multicriterio es un método de evaluación de alternativas que considera, en forma simultánea, el grado de consecución de cada una de ellas de unos objetivos previamente establecidos, en función de unos criterios de valoración que a su vez son agregados mediante algún procedimiento que determine una ordenación de las alternativas consideradas.

.2.1. Método de las medidas ponderadas

La media ponderada para cada alternativa a_i valdrá:

$$y_i = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij} * p_j}{\sum_j p_j}$$

y_{ij} → evaluaciones parciales deben ser cuantitativas y homogéneas.

j → criterios a evaluar.

p_j → pesos asignados a cada criterio.

Con lo que podrán ordenarse a partir de los valores numéricos y elegir la alternativa de mayor numeración.

.2.2 Aplicación de las medidas ponderadas

2.2.1 Distribución en planta

Hemos diseñado tres modelos de distribución en planta que se mostrarán posteriormente. las alternativas o modelos se evaluarán con los siguientes criterios:

- I** → Continuidad del proceso.
- II** → Separación de áreas de no deseable.
- III** → Agrupación de áreas de mayor suciedad.
- IV** → Aprovechamiento del espacio.
- V** → Zonas de difícil accesos
- VI** → Flexibilidad para posibles modificaciones.
- VII** → Ubicación adecuada.

Y sus correspondientes pesos son:

- I** → 0,3.
- II** → 0,1.
- III** → 0,2.
- IV** → 0,1.
- V** → 0,1.
- VI** → 0,1.
- VII** → 0,1.

Los pesos serán asignados de forma que el criterio de mayor relevancia para el desarrollo de nuestro proceso, tendrá un mayor valor y así sucesivamente. Los valores numéricos a las distintas alternativas son las siguientes:

- 0**→ No tienen importancia.
- 2**→ Ordinaria.
- 4**→ Relevancia media.
- 6**→ Gran importancia.

Todas estas consideraciones son las que deberíamos de tener en cuenta para un proyecto, pero teniendo en cuenta que mi proyecto es la ampliación de una depuradora que esta ya esta construida, este proyecto ya tiene una ubicación definida, así como que

ya en si mismo es una ampliación del proceso por lo que no tiene sentido llevar a cabo una valoración puesto que ya vienen definidas las zonas de la misma.

2.2.2 Emplazamiento

Solo hay un lugar a plantear al ser una ampliación y es la depuradora urbana de Almería.

3. SITUACIÓN

La ampliación se va a llevar a cabo en la depuradora que se encuentra situada al margen izquierdo de río Andarax que fue diseñada para el tratamiento hasta el nivel secundario de las aguas residuales de la ciudad de Almería.

La parcela que vamos a tomar para hacer la ampliación es la parcela número 89.

La superficie total ocupada por la parcela es de 500 m², en cuya superficie estarán ubicados el tanque de almacenamiento así como todos los equipos descritos en las etapas del proceso.

Las instalaciones exteriores están compuestas por vallado y terreno asfaltado en parte de la parcela. Las dimensiones alrededor de la nave son suficientes para el acceso y desarrollo de la actividad, con una superficie de parcela total de 500 m².

4. LÍMITES

En la documentación gráfica del proyecto se pueden ver las vías de comunicación existentes en el momento del proyecto.

Al Sur de la finca se encuentra la carretera comarcal.

Al Norte de la finca se encuentra la depuradora.

Al Este de la finca se encuentran diferentes parcelas.

Al Oeste de la finca se encuentran parcelas.

5. VÍAS DE ACCESO

Se ha escogido esta ubicación debido a que se encuentra al lado de la depuradora a la cual vamos a llevar a cabo la ampliación además de la enorme facilidad de comunicación por carretera al estar prácticamente con una vía de enormes posibilidades.

La principal vía de comunicación es:

- ✓ Carretera comarcal.

ANEXO IV

AUTOMATISMO Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN

1. GENERALIDADES.....	2
2. INSTRUMENTACIÓN.....	3

1. GENERALIDADES

La instalación ha sido proyectada para que su funcionamiento sea totalmente automático con actuación redundante manual, para operación de la misma en el supuesto de emergencia de que los sistemas automáticos sufrieran un fallo.

Las señales de todos y cada uno de los instrumentos de la instalación serán recibidos en un PLC, desde donde se controlarán todas y cada una de las actuaciones sobre los componentes de la misma. Este PLC estará conectado en serie con un sistema de adquisición de datos y control remoto de DAS, tipo MAX en el que se visualizará en pantalla el estado de operación de la planta, alarmas y averías.

La adquisición de datos se realizará de forma automática, tomándola directamente de las entradas de instrumentación del autómeta, generándose un archivo de registros en el que quedarán reflejadas todas las incidencias de la instalación y que tendrá su correspondiente salida por medio de una impresora instalada a tal efecto.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la instalación operará con control redundante manual, por lo que todas las alarmas y variables registradas por los aparatos de medida, tendrán su correspondiente representación redundante en un panel de control simplificado donde se enclavarán los correspondientes Led's y pantallas digitales que presentarán las lecturas de los aparatos de medida. Así mismo se instalará el correspondiente pupitre de control en el que estarán enclavados los diferentes pulsadores marcha/parada de las líneas de producción y el interruptor general de la planta.

El modo de actuación sobre los componentes de la instalación se realiza de forma directa: actuando la salida del autómeta sobre el elemento a controlar, sin que medie ningún sistema de maniobra entre ambos.

2. INSTRUMENTACIÓN

Se describirán en este apartado los diferentes instrumentos colocados en la instalación y encargados de su funcionamiento y control. Cada uno de estos elementos generará pulsos, los cuales serán los responsables de las actuaciones que igualmente se detallan a continuación:

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de floculante T-01.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de floculante T-02.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de $Mg(OH)_2$ T-03.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de $Mg(OH)_2$ T-04.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de ácido/sosa T-05.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de ácido/sosa T-06.

Instrumento: Indicador de nivel.

Denominación en el P&I: LI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del nivel del tanque de la salida del desgasificador.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-01, BD-02, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-01 y lo activa. Cuando LL en T-01, a la inversa ocurre con BD-01 (BD-02), M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-01, BD-02, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-02 y lo activa. Cuando LL en T-02, a la inversa ocurre con BD-01 (BD-02), M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-03, BD-04, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-03 y lo activa. Cuando LL en T-03, a la inversa ocurre con BD-03 (BD-04), M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-03, BD-04, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-04 y lo activa. Cuando LL en T-04, a la inversa ocurre con BD-04, M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-05, BD-06, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-05 y lo activa. Cuando LL en T-05, a la inversa ocurre con BD-05, M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL y LH.

Elementos sobre los que actúa: P-03, BD-05, BD-06, M-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control Impide el arranque de P-03 cuando LH en T-06 y lo activa. Cuando LL en T-06, a la inversa ocurre con BD-05 (BD-06), M-01 se desconecta cuando LL. Conectado al PLC.

Instrumento: Interruptor de nivel.

Denominación en el P&I: SL con alarma LH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma de alto nivel en el panel de control desconectando S-01. conectado al PLC.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: SL con alarma LL.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma de bajo nivel a la salida del desgasificador desconectando S-01. conectado al PLC.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: SL con alarma LH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control desconectando S-01. conectado al PLC.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión de impulsión del motor M-01.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua de aporte a la entrada de la instalación.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: SL con alarma LH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma de bajo y alto nivel en el panel de control desconectando S-01. conectado al PLC.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la salida del FSDA. Determinación del grado de fiabilidad del PSD.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión de impulsión del agua a la salida del FC. Determinación del grado de fiabilidad del PSD..

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión de impulsión de la soplante S-01.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la entrada del desgasificador.

.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión de impulsión de la soplante S-02.

.

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la salida de la soplante S-02..

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la salida de la bomba P-03..

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la salida de la bomba P-02..

Instrumento: Indicador de presión.

Denominación en el P&I: PI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la presión del agua a la salida de la bomba P-01..

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: M-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor M-01 en caso de anomalía (alta presión)..

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-01 en caso de anomalía (alta presión) dentro de S-01.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-01 en caso de anomalía (alta presión) a la salida de S-01.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH y PL.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-01 en caso de anomalía (alta presión y baja presión) dentro del desgasificador.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: S-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-01 en caso de anomalía (alta presión) a la salida del desgasificador..

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PL.

Elementos sobre los que actúa: P-01/P-02.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor P-01/P-02 en caso de anomalía (baja presión) a la salida del mineralizador.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: P-01/P-02..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor P-01/P-02 en caso de anomalía (alta presión) a la salida del filtro de carbón activo.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: S-02..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-02 en caso de anomalía (alta presión). Impide la operación de la soplante S-02.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: S-02..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor S-02 en caso de anomalía (alta presión). Localización a la salida de la soplante.

.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: P-03..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor P-03 en caso de anomalía (alta presión).

.

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: P-02..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor P-02 en caso de anomalía (alta presión).

Instrumento: Interruptor de presión.

Denominación en el P&I: PS con alarma PH.

Elementos sobre los que actúa: P-01.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación del motor P-01 en caso de anomalía (alta presión).

Instrumento: Presostato diferencial.

Denominación en el P&I: PSD.

Elementos sobre los que actúa: P-01,P-02, V-13, V-14.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación de bomba P-01, P-02 en caso de anomalía (alta presión) en el FSDA.

Instrumento: Presostato diferencial.

Denominación en el P&I: PSD.

Elementos sobre los que actúa: P-01,P-02, V-16, V-17.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación de bomba P-01, P-02 en caso de anomalía (alta presión) en el FC.

Instrumento: Presostato diferencial.

Denominación en el P&I: PSD.

Elementos sobre los que actúa: P-01,P-02, V-18, V-19.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación de bomba P-01, P-02 en caso de anomalía (alta presión) en el mineralizador.

Instrumento: Presostato diferencial.

Denominación en el P&I: PSD.

Elementos sobre los que actúa: P-01,P-02, V-20, V-21.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Impide la operación de bomba P-01, P-02 en caso de anomalía (alta presión) en el FCA.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de agua circulante al inicio del circuito.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de aire a la salida de la soplante S-01.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de aire a la salida de la soplante S-02.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de agua a la salida de la bomba P-01.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de agua a la salida de la bomba P-02.

Instrumento: Indicador de caudal.

Denominación en el P&I: FI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local del caudal de agua a la salida de la bomba P-03.

Instrumento: Transmisor de caudal.

Denominación en el P&I: FT.

Elementos sobre los que actúa: P-01, P-02.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Controla de la apertura/cierre de la válvula correspondiente para mantener constante el caudal de agua.

Instrumento: Indicador de ozono.

Denominación en el P&I: O₃I.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la cantidad de ozono producido.

Instrumento: Conductivímetro..

Denominación en el P&I: CEI con CEH.

Elementos sobre los que actúa: Panel de control.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control.(conductividad alta). Indicación local y remota, en el panel de control, de la conductividad del agua.

Instrumento: Medidor de sólidos en suspensión.

Denominación en el P&I: TSDI.

Elementos sobre los que actúa: Panel de control de la instalación..

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Indicación local y remota en el panel de control, del SDI..

Instrumento: Indicador de temperatura..

Denominación en el P&I: TI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la temperatura del agua a la entrada del mineralizador.

Instrumento: Indicador de temperatura.

Denominación en el P&I: TI.

Elementos sobre los que actúa: ninguno.

Función: Indicación local de la temperatura del agua a la salida del mineralizador.

Instrumento: Interruptor de temperatura..

Denominación en el P&I: TS.

Elementos sobre los que actúa: Panel de control.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Indicación local y remota en el panel de control, de la temperatura del agua a la salida del mineralizador.

Instrumento: Medidor de pH.

Denominación en el P&I: pis con alarma pHL y pHH.

Elementos sobre los que actúa: Panel de control.

Función: Dispara la alarma correspondiente en el panel de control. Indicación local y remota, en el panel de control, del valor del pH del agua.

ANEXO V

SEGURIDAD Y SALUD

1. NORMAS SANITARIAS.....	2
2. LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	3
3. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	4
4. REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN	6
5. REGLAMENTO SOBRE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	8
6. SEGURIDAD ELÉCTRICA.....	27

1. NORMAS SANITARIAS

- Los poderes públicos prestarán especial atención a la sanidad ambiental, que deberá tener la correspondiente consideración en los programas de salud.
- Las autoridades sanitarias propondrán o participarán con otros Departamentos en la elaboración y ejecución de la legislación sobre:
 - α) Calidad del aire
 - β) Aguas
 - χ) Alimentos e industrias alimentarias
 - δ) Residuos orgánicos sólidos y líquidos
 - ε) El suelo y subsuelo
 - φ) Las distintas formas de energía
 - γ) Transporte colectivo
 - η) Sustancias tóxicas y peligrosas
 - ι) La vivienda y el urbanismo
 - φ) El medio escolar y deportivo
 - κ) El medio laboral
 - λ) Lugares, locales e instalaciones de esparcimiento público
 - μ) Cualquier otro espacio del medio ambiente relacionado con la salud

2. LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

Ley 31/1995, 8 de noviembre.

CAPÍTULO 1: OBJETIVO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y DEFINICIONES

Artículo 1: Normativa.

Artículo 2: Objetivo y carácter de la norma.

Artículo 3: Ámbito de aplicación.

Artículo 4: Definiciones.

CAPÍTULO 2: POLÍTICA EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS PARA PROTEGER LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

CAPÍTULO 3: DERECHOS Y OBLIGACIONES

CAPÍTULO 4: SERVICIOS DE PREVENCIÓN

CAPÍTULO 5: CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

CAPÍTULO 6: OBLIGACIONES DE LOS FABRICANTES IMPORTADORES Y SUMINISTRADORES

3. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Desde la publicación de la LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (Ley 31/1995, de 8 de noviembre) en el BOE nº 269 del 10/11/95, han ido incorporándose a la legislación laboral española toda una serie de disposiciones que pretenden desarrollar la citada Ley en aspectos más concretos.

Estas disposiciones son las siguientes:

- Reglamento de los Servicios de Prevención (R.D. 39/1997, de 17 de enero BOE nº 27, de 31 de enero)
- Régimen de funciones de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social en el desarrollo de actividades de prevención de riesgos laborales (Orden de 22/4/97, BOE nº 98, de 24/4/97).
- Condiciones de acreditación de las entidades especializadas como servicios de prevención ajenos a las empresas, de personas y entidades como auditorias de prevención, y de entidades para actividades formativas de riesgos laborales (Orden de 27/6/97 BOE nº 159, de 4/7/97).
- Certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales (R.D. 949/1997, de 20/6/97, BOE nº 165, de 11/7/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (R.D. 486/1997, de 14/4/97).
- Disposiciones mínimas en materias de señalización de seguridad y salud en el trabajo (R.D. 485/1997 de 14/4/97).

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbres, para los trabajadores (R.D: 487/1997 de 14/4/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyan pantallas de visualización (R.D. 488/1997, de 14/4/97).
- Protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (R.D. 413/1997 de 21/3/97).
- Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la explotación a agentes biológicos durante el trabajo (R.D. 664/1997 de 12/5/97).
- Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la explotación a agentes cancerígenos durante el trabajo (R.D. 665/97 de 12/5/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (R.D. 773/1997 de 30/5/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (R.D. 773/1997 de 30/5/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (R.D. 1215/1997 de 18/7/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo a bordo de los buques de pesca (R.D. 1216/1997 de 18/7/97).
- Disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras (R. D. 1389/1997 de 5/9/97).

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (R.D. 1627/1997 de 24/10/97).

4. REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN

REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

- a) Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes en zonas controladas según Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
- b) Trabajos con exposición a agentes tóxicos y muy tóxicos y en particular a agentes cancerígenos, mutagénicos o tóxicos para la reproducción de primera y segunda categoría, según Real Decreto 363/1995 de 10 de enero, que aprueba el Reglamento sobre la notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, así como Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos y las normas de desarrollo y adaptación de progreso de ambos.
- c) Actividades en que intervienen productos químicos de alto riesgo y con objeto de la aplicación del Real Decreto 886/1988 de 15 de julio y sus modificaciones sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales.
- d) Trabajos con exposición a agentes biológicos de los grupos 3 y 4 según la Directa 90/679/CEE y sus modificaciones sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados a agentes biológicos durante el trabajo.

- e) Actividades de fabricación manipulación y utilización de explosivos, incluidos los artículos pirotécnicos y otros objetos o instrumentos que contengan explosivos.
- f) Trabajos propios de minería a cielo abierto y de interior, y sondeos en superficie terrestre o en plataformas marinas.
- g) Actividades en inmersión bajo el agua.
- h) Actividades en obras de construcción, excavación, movimientos de tierras y túneles con riesgo de caída de altura y sepultamiento.
- i) Actividades en la industria siderúrgica y en la construcción naval.
- j) Producción de gases comprimidos, licuados o disueltos o utilización significativa de los mismos.
- k) Trabajos que produzcan concentraciones elevadas de polvo silíceo.
- l) Trabajos con riesgos eléctricos en alta tensión.

5. REGLAMENTO SOBRE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

REGLAMENTO SOBRE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS E INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS.

PRODUCTOS QUÍMICOS. ALMACENAMIENTO. Real Decreto 668/1981, de 8 de febrero (Industria y Energía) sobre almacenamiento de productos químicos.

El desarrollo experimentado por las industrias químicas y petroquímicas en España ha determinado un notable incremento de las actividades de almacenamiento y manejo de productos químicos que suponen potenciales situaciones de peligro para las personas y las cosas y en especial para las propias instalaciones.

Esta situación creciente en volumen y complejidad aconseja disponer de una normativa legal a la que ajustar el almacenamiento de dichos productos químicos y las operaciones conexas.

Teniendo en cuenta de la gran variedad de productos químicos y su diferente estado, en función de las condiciones de su almacenamiento, se ha considerado conveniente establecer en la presente disposición las normas de carácter general para cualquier tipo de almacenamiento y las referentes a la intervención del Ministerio de Industria y energía en la materia, previéndose la fijación separada por este Departamento de las prescripciones técnicas referentes a las distintas clases de productos según su peligrosidad lo que facilitará su acomodación futura a las circunstancias tecnológicas de cada momento.

En su virtud y a propuesta del Ministerio de Industria y Energía y previa deliberación del consejo de Ministro en su reunión del día ocho de febrero de mil novecientos ochenta, dispongo:

Artículo primero

Uno. Correspondiente al Ministerio de Industria y Energía la reglamentación intervención e inspección de las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento, manutención y trasiego de productos químicos tanto en esta sólido como líquido y gaseoso y sus servicios auxiliares en toda clase de establecimientos industriales y almacenes al por mayor incluidos los recintos aduaneros. Todo ello sin perjuicio de las competencias de otros Departamentos y de las derivadas del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

Dos. Por el Ministerio de Industria y energía se dictarán las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) a las que habrán de ajustarse las referidas instalaciones. Las ITC se revisarán con la periodicidad que exigían los cambios tecnológicos, estableciéndose en las mismas las disposiciones transitorias correspondientes.

Artículo segundo

El presente Real Decreto aplicará a las instalaciones referidas en el artículo anterior no integradas en las unidades de proceso y no serán aplicables a los productos y actividades para los que existían reglamentaciones legales específicas, que se registrarán por ellas.

Artículo tercero

Uno. Inscripción provisional. La instalación, ampliación, modificación o traslado de las instalaciones referidas en el artículo primero, destinadas a contener productos químicos peligrosos, entendiéndose por tales los que comportan riesgos o puedan ocasionar daños a las personas o cosas, como los inflamables, combustibles, comburentes tóxicos, explosivos y corrosivos, precisarán antes de la iniciación de las obras su inscripción provisional en el correspondiente Registro del órgano competente de la Comunidad Autónoma que se solicitará adjuntando un proyecto firmado por Técnico competente y visado por el colegio

Oficial que corresponda. El proyecto se redactará de conformidad a lo previsto en las correspondientes ITC, y con él se acreditará el cumplimiento de las mismas.

No obstante lo indicado en el párrafo anterior se autoriza al Ministerio de Industria y energía para que pueda establecer en las instrucciones Técnicas Complementarias la necesidad de presentar proyecto o no, o la sustitución de éste por otro documento más sencillo en aquellos casos en que, la menor peligrosidad y condiciones de dicho almacenamiento así lo aconsejen.

Dos. Autorización de puesta de servicio finalizadas las obras de ejecución de las instalaciones, el interesado solicitará la autorización de puesta en servicio. Para otorgarla, la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía recabará del interesado:

- a) Certificación suscrita por el técnico titulado director de obra, en la que haga constar que las instalaciones se han ejecutado, bajo su responsabilidad, de acuerdo con el proyecto presentado, así como que cumplen las condiciones de seguridad contenidas en este Real Decreto y, en su caso, en sus ITC.
- b) Para las instalaciones a las que sea aplicable alguna de las ITC o estén afectadas por lo dispuesto en el artículo quinto se requerirá además una certificación suscrita por Entidad colaboradora en la que se precisarán las inspecciones de seguridad contenidas en este Real Decreto y sus ITC, o de aquellas a que se refiere el artículo quinto.

Tres. La inscripción provisional y la autorización de puesta en servicio a que se refieren los números anteriores no relevan del cumplimiento, en su caso, del Decreto mil setecientos setenta y cinco mil novecientos sesenta y siete, de veintidós de julio, sobre el régimen de instalación, ampliación y traslado de industrias.

Artículo cuarto

Las entidades colaboradoras facultadas para el ejercicio de las funciones previstas en este Real Decreto se regularán por lo dispuesto en el Real Decreto setecientos treinta y cinco mil novecientos setenta y nueve, de veinte de febrero y sus disposiciones complementarias.

Artículo quinto

Se autoriza al Ministerio de Industria y Energía para que mediante Orden ministerial en atención al desarrollo técnico o a situaciones objetivas excepcionales a petición de parte interesada y previo informe del consejo Superior del Ministerio, pueda establecer para casos determinados prescripciones técnicas diferentes de las previstas en las ITC.

Artículo sexto

Independientemente de las distintas pruebas inspecciones y ensayos periódicos que se establezcan en las ITC cada cinco años, contados a partir de la fecha de la autorización de puesta en servicio los titulares de las instalaciones deberán obtener un nuevo certificado de entidad colaboradora, expresivo de la conformidad de aquellas con los preceptos de la ITC o en su caso con los términos de la autorización prevista en el artículo tercero.

Artículo séptimo

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía de oficio, por propia iniciativa o por acuerdo de la Dirección General de Industrias químicas y Textiles o a instancia de parte interesada, dispondrán cuantas inspecciones de las instalaciones referidas en el artículo primero sean necesarias, tanto durante su construcción como una vez puestas en servicio.

Artículo octavo

En cuanto afecte al ámbito de aplicación de este Real Decreto, el personal de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía en el ejercicio de sus funciones, gozará de la consideración de Agente de autoridad a efectos de lo dispuesto en la legislación penal.

Artículo noveno

Uno. Las instalaciones referidas en el artículo primero deberán cumplir las normas establecidas en este Real Decreto y sus ITC, siendo la Empresa titular responsable de su cumplimiento.

Dos. Las instalaciones objeto del artículo tercero solamente podrán montarse por la propia Empresa o por Empresas especializadas con técnicos titulados competentes, que tendrán como obligaciones:

- a) Controlar los materiales y la ejecución de los trabajos que se lleven a cabo.
- b) Realizar o hacer realizar las pruebas exigidas por la reglamentación y normas vigentes.
- c) Emitir o hacer emitir los certificados pertinentes.
- d) Responsabilizarse de la correcta ejecución de las instalaciones que construyan y de la idoneidad de los materiales empleados, así como de su correcta explotación.

Tres. Las inspecciones y revisiones oficiales que puedan realizarse no eximen en ningún momento a la Empresa del cumplimiento de las obligaciones impuestas a la misma en cuanto al estado y conservación de las instalaciones y de las responsabilidades que puedan derivarse de ello.

Artículo décimo

Uno. En caso de accidente, la Empresa dará cuenta inmediata a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía la cual dispondrá el desplazamiento de personal facultativo y que en el plazo más breve posible se persone en el lugar del accidente y tome cuantos datos estime oportunos que permitan estudiar y determinar las causas del mismo. En caso de incendios, la Empresa informará de las medidas de precaución adoptadas o que se prevé adoptar para evitar su programación.

Dos. La Delegación Provincial dará cuenta inmediata a la Dirección General de Industrias Químicas y Textiles en caso de incendio o de explosión que hubiera dado lugar a accidentes personales o a averías en la instalación que provoquen la paralización de la industria. De todo accidente se informará a la Dirección General de Industrias Químicas y Textiles y al Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía una vez que se hayan establecido las conclusiones pertinentes, en un plazo máximo de quince días.

Tres. Las actuaciones del personal de la Delegación Provincial se efectuarán de oficio y con independencia de la actuación judicial.

Artículo undécimo

Uno. Con independencia de otras responsabilidades legales exigibles, la infracción de los preceptos contenidos en el presente Real Decreto se sancionarán de conformidad con lo que establecen los artículos treinta y ocho y siguientes del Decreto mil setecientos setenta y cinco mil novecientos sesenta y siete, de veintidós de julio, sobre régimen de instalación ampliación y traslado de industrias.

Dos. Adicionalmente a la imposición de las sanciones anteriormente señaladas, la Autoridad u Organismo que las imponga podrá disponer la paralización de las actividades de que se trate, en el caso de que racionalmente se derive de la

infracción o incumplimiento de los preceptos de este Real Decreto y sus ITC, la existencia de un peligro manifiesto y grave para las personas o las cosas.

Tres. Asimismo en el acto en que se acuerde la sanción con paralización o no de la actividad se indicará el plazo en que deberá corregirse la causa que haya dado lugar a la misma, salvo que pueda o deba hacerse de oficio y así se disponga. Si transcurriese el anterior plazo sin que por el responsable se dé cumplimiento a lo ordenado, el infractor podrá nuevamente ser sancionado, previa instrucción del oportuno expediente en la misma forma señalada para la primera o anterior veces.

Artículo duodécimo

Contra las resoluciones que se adopten sobre materias reguladas en este Real Decreto podrán interponerse los recursos previstos en el capítulo II, título Y, de la Ley de Procedimiento Administrativo.

Artículo decimotercero

Cuando en una misma instalación o servicio se almacenen o trasieguen distintas clases de productos químicos y las correspondientes ITC, en su aplicación al caso, difieran o resulten incompatibles, será exigible la observancia de las prescripciones técnicas más severas, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo quinto.

Artículo decimocuarto

Las instalaciones existentes con anterioridad la entrada en vigor de este Real Decreto se adaptarán a las correspondientes ITC, en todo lo que afecte a la seguridad, en el plazo que en éstas se determine.

Artículo decimoquinto

Se faculta al Ministro de Industria y Energía para dictar las disposiciones que sean necesarias para la ejecución y desarrollo de lo dispuesto en el presente Real Decreto.

ORDEN de 18 de julio de 1991 por la que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE APQ-001 referente a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

Con fecha 9 de marzo de 1982 se aprobó la Instrucción Técnica complementaria (ITC) MIE-APQ-OO1 relativa a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, que fue modificada parcialmente por Orden de 26 de octubre de 1983.

El tiempo transcurrido y la experiencia acumulada desde las citadas fechas ha puesto de manifiesto la necesidad de actualizar dicha disposición en algunos de sus aspectos, tales como excluir de su campo de aplicación de peróxidos orgánicos que por sus especiales características deben figurar en otra ITC modificar algunas prescripciones referentes a la protección contra incendios y a los cargaderos terrestres y marítimos, dar una nueva redacción de la sección de almacenamiento en recipientes móviles, así como otras modificaciones de menor entidad, lo cual aconseja publicar de nuevo todo el texto de la ITC.

En su virtud este Ministerio ha dispuesto:

Primero

Se modifica la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, MIE-APQ-OO1 referente a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, aprobado por Orden de 9 de marzo de 1982 y modificada por Orden de 26 de octubre de 1983 la cual quedará redactada en la forma que se indica en los anexos I y II a la presente Orden.

Segundo

La presente Instrucción Técnica Complementaria no será de aplicación para aquellas instalaciones que a la entrada en vigor de la misma ya existieran cumpliendo con la ITC MIEAPQ-OO1, aprobada por Orden del Ministerio de Industria y Energía de 9 de marzo de 1982 (Boletín Oficial del Estado, número 120, de 20 de mayo).

Tercero

Los proyectos de instalaciones a que se refiere la presente ITC que se presenten durante los cuatro meses posteriores a su publicación podrán acogerse, indistintamente a las disposiciones establecidas en ella o a la vigente con anterioridad a su entrada en vigor.

Cuatro

Independientemente de las referencias a normas que contiene esta Instrucción así como las características de los productos se aceptarán por el Ministerio de Industria, comercio y Turismo los utensilios y materiales legalmente fabricados y comercializados en otros Estados miembros de la CEE que respondiendo a especificaciones técnicas diferentes, permitan alcanzar niveles de seguridad equivalentes a los definidos por esta Instrucción Técnica.

Por resolución del Centro Directivo competente en materia de Seguridad Industrial, el Ministerio de Industria, comercio y Turismo actualizará periódicamente la relación de normas UNE que figuran en esta disposición de acuerdo con la evolución de la técnica.

DISPOSICIÓN ADICIONAL

Con independencia de lo establecido en la presente disposición para aquellos almacenamientos de líquidos inflamables y combustibles que estén incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto 886/1988, de 15 de julio, sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales, también le será de aplicación lo establecido en el mismo.

ANEXO I

Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-OO1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles” del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

SECCIÓN PRIMERA GENERALIDADES

Índice

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Definiciones usadas en esta Instrucción
4. Clasificación de productos
5. Área de las instalaciones
6. Formas de almacenamiento
7. Inscripción provisional.

1. Objetivo

La presente instrucción tiene por finalidad establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse el almacenamiento y la manipulación de los líquidos inflamables y combustibles.

2. Campo de aplicación

Esta Instrucción Técnica se aplicará a las instalaciones industriales de almacenamiento, manipulación, carga y descarga de los líquidos inflamables y combustibles comprendidos en la clasificación establecida en el apartado 4 “Clasificación de productos” con las siguientes excepciones:

Los almacenamientos integrados dentro de los procesos de fabricación, considerando como tales los recipientes siguientes:

- a) Equipos de proceso.
- b) Recipientes de productos intermedios de alimentación o de productos acabado situados dentro de los límites de batería de las unidades de proceso.

Las instalaciones en las que se cargan/descargan contenedores cisterna, camiones cisterna o vagones cisterna de líquidos inflamables o combustibles se considera instalaciones de almacenamiento aunque la carga/descarga sea la de instalaciones de proceso.

Los almacenamientos de líquidos en condiciones criogénicas (fuertemente refrigerados).

Los almacenamientos de sulfuro de carbono.

Los almacenamientos de peróxido orgánicos.

Los almacenamientos de productos cuyo punto de inflamación sea superior a 150°C.

Almacenamientos de productos para los que existan reglamentaciones legales específicas.

Asimismo se incluyen en el ámbito de esta instrucción los servicios o la parte de los mismos relativos a los almacenamientos de líquidos, así por ejemplo, los accesos, el drenaje del área de almacenamiento, el correspondiente sistema de protección contra incendios y las estaciones de depuración de las aguas contaminadas cuando estén dedicadas exclusivamente al servicio de almacenamiento.

3. Definiciones usadas en esta Instrucción.

3.1 Aerosoles inflamables

Se consideran aerosoles inflamables aquellos generadores de aerosol que contienen más de un 45 por 100 en peso de componentes inflamables o más de 0,25 Kilogramos de los mismos.

3.2 Aguas contaminadas

Se entiende por aguas contaminadas aquellas que no cumplan con las condiciones de vertido, de acuerdo con la legislación vigente al respecto.

En general se consideran como susceptibles de estar contaminadas las aguas que estén en contacto con los productos, las de limpieza de recipientes, cisternas y otras semejantes, así como las aguas de lluvia y de protección contra incendios que, en su recorrido hacia el drenaje puedan ponerse en contacto con elementos contaminantes.

3.3 Almacenamiento

Es el conjunto de recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener líquidos inflamables y/o combustibles ubicados en un área que incluye los tanques y depósitos propiamente dichos sus cubetas de retención, las calles intermedias de circulación y separación las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas.

3.4 Antorchas

Instalaciones destinadas a quemar a la atmósfera de un modo controlado y seguro determinados gases.

3.5 Área de las instalaciones

Superficie delimitada por el perímetro de la instalación considerada.

3.6 Cubeto

Recipiente abierto que contiene en su interior algún/os elementos de almacenamiento y cuya misión es retener los productos contenidos en este/os elemento/s en caso de rotura de los mismos o de funcionamiento incorrecto del sistema de trasiego o manejo.

3.7 Depósito

Recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica superior a 98 KPa (un kilogramo/centímetro cuadrado).

3.8 Esfera

Depósito de forma esférica.

3.9 Líquido

Todo producto que en el momento de su almacenamiento tiene dicho estado físico, incluyendo los que tienen una fluidez mayor de 300 cuando se prueba según norma ASTM-D 5, “Prueba de penetración para materiales bituminosos”.

3.10 Líquidos combustible

Es un líquido con un punto de inflamación igual o superior a 38°C.

3.11 Líquido inestable

Es un líquido que violentamente puede polimerizarse, descomponerse, condensarse o reaccionar consigo mismo, bajo condiciones de choque, presión o temperatura. Se perderá el carácter de inestable cuando se almacene en condiciones o con inhibidores que eliminen tal inestabilidad.

3.12 Líquido inflamable

Es un líquido con un punto de inflamación inferior a 38°C.

3.13 Vías de comunicación de servicio

Son las carreteras caminos y líneas de ferrocarril de circulación restringida o reglamentada.

3.14 Zonas clasificadas

Son los emplazamientos en los que haya o pueda haber gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables (norma UNE 20.322).

3.15 Zonas de carga y descarga

Son aquellos lugares en los que se sitúan unidades de transporte o recipientes móviles para realizar operaciones de trasvase de líquidos, entre las unidades de transporte o recipiente móviles y los almacenamientos o entre unidades de transporte.

3.16 Zonas de fuego abierto

Se consideran zonas de fuego abierto aquellas en las que de forma esporádica o continuada se producen llamas o chispas al aire libre, así como en las que existen superficies que pueden alcanzar temperaturas capaces de producir una ignición.

A título indicativo y no exhaustivo se consideran como zonas de fuego abierto:

3.16.1 Los hornos, calderas, forjas, gasógenos fijos o móviles, antorchas y todo sistema de combustión en general.

3.16.2 Las instalaciones con motores de explosión o combustión interna utilizados en zonas con ambientales inflamables o explosivos, que no lleven protección.

3.16.3 Los emplazamientos y locales en los que está permitido encender el fuego o fumar por ejemplo: oficinas, comedores y otros lugares similares.

4. Clasificación de productos

4.1 Clase A

Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15°C sea superior a 98KPa (un kilogramo/centímetro cuadrado manométrico) tales como propileno, butadieno, cloruro de metilo.

Según la temperatura a que se los almacena puede ser considerada como:

4.1.1 Subclase A1

Productos de la clase A que se le almacenan licuados a una temperatura inferior a 0°C.

4.1.2 Subclase A2

Productos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones.

4.2 Clase B

Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55°C y no están comprendidos en la clase A (acetona, alcohol amílico, por ejemplo).

Según su punto de inflamación puede ser considerado como:

4.2.1 Subclase B1

Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38°C.

4.2.2 Subclase B2

Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38°C.

4.3 Clase C

Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55°C y 100°C (fenol, formaldehído, por ejemplo)

4.4 Clase D

Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100°C.

Para la determinación del punto de inflamación arriba mencionado se aplicarán los procedimientos prescritos en la norma Une 51.024 para los productos de la clase B, en la norma UNE 51.022, para los de la clase C, y en la norma UNE 51.023 para los de la clase D.

Si los productos de las clases C o D están almacenados a temperatura superior a su punto de inflamación deberán cumplir las condiciones de almacenamiento prescritas para los de la subclase B2.

5 Área de las instalaciones

Los efectos de establecer las áreas de las instalaciones se deben considerar los límites siguientes:

5.1 Unidades de proceso: El área que contiene los elementos definidos para igual concepto en el apartado 3.20 de este capítulo.

5.2 Cargaderos de camiones y vagones cisternas: El área que contiene los dispositivos de carga en posición normal de operación más las cisternas de todos los vehículos en el supuesto de que carguen simultáneamente.

5.3 Cargaderos de buques o barcazas. El área que contiene la batería de válvulas y tuberías terminales, los brazos y los dispositivos de trasiego en posición de reposo y todo el muelle de atraque a lo largo del buque atracado, a efectos de medidas de seguridad.

5.4 Antorcha: el conjunto de antorcha y elementos adiciones.

5.5 Centrales de vapor de agua: El borde de las calderas con sus elementos de recuperación y conductos de humos, si están situados a la intemperie o el edificio que las albergue, incluidas las turbinas de generación de energía eléctrica si las hubiera.

5.6 Subestaciones eléctricas: El vallado más próximo que daba existir a su alrededor, o los límites del edificio donde estén contenidas.

5.7 Depósitos y tanques de almacenamiento: El área de la proyección sobre el terreno tomada desde la periferia de los depósitos, esferas y recipientes similares.

5.8 Almacenamiento: El área que contiene las instalaciones definidas para igual concepto en el apartado 3.3 del capítulo.

5.9 Balsas separadoras: el borde de la balsa a plena capacidad.

5.10 Edificios: El área de la proyección de las paredes exteriores.

5.11 Estaciones de bombeo: El área que incluye el conjunto de bombas con sus accionamientos y valvulería aneja o el vallado mínimo que pudiera serle aplicable o el edificio que las contenga.

6. formas de almacenamiento

El almacenamiento se hará en recipientes fijos de superficie o enterrados o bien en recipientes transportables. Los recipientes podrán estar situados al aire libre o en edificios abiertos o cerrados.

7. Inscripción provisional

7.1 El proyecto a que hace referencia el párrafo 1 del artículo del Real Decreto 668/1980 de 8 de febrero estará compuesto por los documentos siguientes:

7.1.1 Memoria técnica en la que conste, al menos los siguientes apartados:

7.1.1.1 Almacenamiento y recipientes: Describiendo sus capacidades, dimensiones y demás características, productos almacenados y en su caso, presiones y temperaturas tanto de servicio como máximas previstas.

7.1.1.2 Sistemas, equipos y medios de protección contra incendios, definiendo las normas de dimensionado que sean de aplicación en cada caso y efectuando los cálculos o determinaciones en ellas exigidas.

7.1.1.3 Otros elementos de seguridad, describiendo sus características y en su caso protecciones de los materiales contra la corrosión y/u otros efectos peligrosos.

7.1.1.4 Elementos de trasiego, sus características y dimensionado.

7.1.1.5 Aspectos geográficos y topográficos del entorno, con especial incidencia en aquellos accidentes naturales que puedan presentar riesgo de

desprendimiento de tierras o arrastre de aguas, se indicarán medidas de protección previstas en tales casos.

7.1.1.6 Justificación del cumplimiento de esta Instrucción Técnica Complementaria o de las medidas sustitutorias previstas.

7.1.2 Planos que incluirán al menos los siguientes:

7.1.2.1 Mapa geográfico (preferentemente escalas 1:25000 ó 1:50000) en el que señalarán el almacenamiento y los núcleos urbanos existentes dentro de un círculo de 10 kilómetros de radio con centro en dicho almacenamiento.

7.1.2.2 Plano general del conjunto, en el que se indicarán distancias reglamentarias de seguridad.

7.1.2.3 Planos de las instalaciones en los que se señalen el trazado de la red contra incendios y la situación de todos los equipos fijos de lucha contra incendios y los sistemas de alarma.

7.1.2.4 Planos de detalle de cada tipo de recipiente y de todos los sistemas de seguridad anejos al mismo.

7.1.3 Presupuesto

7.1.3 Instrucciones para el uso, conservación y seguridad de la instalación, en lo que respecta a las personas y a los bienes.

7.2 No será necesario la presentación de proyecto cuando la capacidad del almacenamiento sea inferior a la que se indica a continuación, pero cumpliéndose en todo caso, las normas de seguridad establecidas en esta ITC.

6. SEGURIDAD ELÉCTRICA

Peligros de la corriente eléctrica:

Cuando una persona se expone al contacto de la electricidad, se originan los accidentes eléctricos. En la mayoría de los casos, estos accidentes se producen por ignorancia, falta de prevención, impudencias, exceso de confianza, reducidos conocimientos de la Electrotécnica, fallos técnicos y humanos, así como el incumplimiento de las normas básicas de seguridad técnica y personal.

El cuerpo de las personas conduce la corriente eléctrica cuando es expuesto a la tensión eléctrica, lo que provoca una sacudida o descarga eléctrica. Esta descarga puede producir quemaduras y una paralización total o parcial de músculos por lo que la persona accidentada es incapaz de separarse de la causa que originó el contacto. En el caso de que la corriente eléctrica circule por el corazón humano, se puede producir un paro cardíaco por fibrilación ventricular del mismo, al mismo tiempo cesa la actividad respiratoria y finalmente se origina la muerte.

Cuando la corriente que atraviesa el cuerpo de un accidentado es inferior a los 30mA, éste aprecia una leve sacudida que puede ser desagradable, pero no peligrosa.

Las corrientes superiores a 30mA pueden originar una sacudida realmente desagradable, cuyas consecuencias y gravedad dependerá de la intensidad de esta corriente así como del tiempo que se esté expuesto al contacto eléctrico.

La intensidad de corriente que puede recorrer el cuerpo humano depende la tensión a la que sea sometido y de la resistencia eléctrica propia del cuerpo humano según la ley de Ohm, a mayor tensión mayor será la intensidad de corriente eléctrica, y a mayor resistencia, menor será corriente. De esta manera, las tensiones producen fuertes intensidades de corriente que suelen ocasionar las temperaturas en las zonas de contacto y como consecuencia graves quemadura. Por otro lado, la resistencia del cuerpo humano se compone de la resistencia interior del cuerpo y de la resistencia de la piel en los puntos de contacto con la electricidad. Esta última no posee valor fijo el cual depende

de factores externos. Así por ejemplo el sudor y la humedad o una superficie de conducto mojada provocan una reducción sustancial de dicha resistencia lo que estas circunstancias aumentan considerablemente el peligro de la descarga eléctrica.

Primeros auxilios

Por lo general, la vida de una persona que ha sufrido un accidente eléctrico depende de la rapidez con que le sean aplicados los primeros auxilios en el lugar del accidente.

Las tensiones por encima de 50 voltios pueden ser peligrosas y alcanzando los 300 voltios puede ser mortal, según las circunstancias.

En estos casos, lo primero que hay que hacer es interrumpir el circuito eléctrico procurar separar al accidentado del contacto eléctrico lo más rápido posible, tomar las debidas medidas de precaución personal para evitar la electrocución del propio socorrista. En caso de peligro, se puede retirar al accidentando con un aislante y perfectamente seco, como un palo, una cuerda, etc. Esto se hace más necesario en los casos de alta tensión donde hay que aislarse directamente los pies y manos con calzado y guantes aislantes, utilizando pértigas, banquetas, etc.

El siguiente paso a llevar a cabo si el accidentado no respira es aplicar con rapidez la respiración artificial y el masaje cardiaco si fuese necesario. Además se debe avisar rápidamente a un medico. En el caso de que el pulso y la respiración normales después del accidente, es necesario colocar el accidentado de costado tirándole las prótesis dentales y la sangre que pudiera existir en la boca y dejando dejar libres las vías respiratorias.

En caso de tener que aplicar la respiración artificial se coloca al accidentado el suelo y boca arriba. Se aflojan las vestiduras y se inspecciona la cavidad bucal con el objeto de eliminar aquellos objetos que pudieran impedir nuestra tarea. Seguidamente, el socorrista se arrodilla al lado del accidentado, le tapa la nariz, aspira profundamente e insufla aire con fuerza en la boca de dicho accidentado, procurando sujetar, al mismo

tiempo, la cabeza hacia atrás del mismo. Una vez hecho esto, se le ayuda a expulsar el aire de los pulmones oprimiéndole el pecho. Esta operación se debe repetir unas quince veces por minuto, hasta que respire por sí solo.

Estos primeros auxilios pueden salvar la vida de una persona, aun después de transcurridos varios minutos, incluso horas de aplicación interrumpida. Por eso es muy importante saber que aunque un accidentado no respire no significa su muerte y por supuesto conocer la técnica de la respiración artificial.

Normas de prevención contra accidentes eléctricos

Si se siguen una serie de normas de prevención y seguridad se pueden llegar a evitar muchos accidentes. Eliminando las causas que los producen, estos quedan suprimidos. Por todo ello, antes de realizar cualquier tarea con cualquier sistema que opere con electricidad, es necesario estudiar la probabilidad de un accidente, empleando los medios y medidas precisas para hacer el trabajo sin riesgo alguno, sin accidentes.

Seguidamente se expone el artículo 51 de Ordenanza Laboral General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, publicada en el año 1971. Este artículo tiene el fin de prevenir y suprimir los riesgos en los trabajos con electricidad. En concreto define la protección contra contactos eléctricos en distintas instalaciones y equipos eléctricos.

1. En las instalaciones y equipos eléctricos para la protección de personas contra contactos con partes habitualmente en tensión se adoptarán algunas de las siguientes prevenciones.
 - a) Se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen para evitar un contacto fortuito o la manipulación de objetos conductores cuando estos puedan ser utilizados cerca de la instalación.

2. Para la protección contra riesgos de contacto con las masas de las instalaciones que se puedan quedar accidentalmente con tensión, se adoptarán en corriente alterna uno o varios de los siguientes dispositivos de seguridad.
 - a) Puesta a tierra de las masas. Las masas deberán estar unidas eléctricamente a una toma de tierra o a un conjunto de tierras interconectadas, que tengan una resistencia apropiada. Las instalaciones, tanto con neutro aislado a tierra como con neutro unido a tierra, deberán estar permanentemente controladas por un dispositivo que indique automáticamente la existencia de cualquier defecto de aislamiento, o que separe automáticamente la instalación o parte de la misma en la que este el defecto y fuente de energía que la alimenta.
 - b) De corte automático o de aviso de la corriente de defecto (interruptores diferenciales), o la tensión de defecto (relés de tierra).
 - c) Unión equipotencial o por superficie aislada de tierra o de las masas (conexiones equipotenciales).
 - d) Separación de los circuitos de utilización de las fuentes de energía por medio de transformadores o grupos convertidores, manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización, incluido el neutro.
 - e) Por doble aislamiento de los equipos, incluido el neutro.
 - f) En corriente continua se adoptarán sistemas de protección adecuada para cada caso, similares o los referidos para alterna.

Antes de llevar a cabo un trabajo con electricidad, es fundamental tomar todas las medidas preventivas que sean necesarias. De esta forma, evitaremos daños que queremos provocar conscientemente. A continuación se indicarán algunas de las ideas a las que nos referimos:

Una vez que se ha terminado una reparación antes de arrancar una máquina o realizar la conexión de una línea eléctrica es necesario asegurarse de que no existe peligro de accidente para otras personas que se encuentren ocupadas en otras tareas de mantenimiento y reparación.

En los trabajos y reparaciones de instalaciones de baja tensión, es necesario aislar y desconectar el área en la que se vaya a trabajar, verificando si existe algún otro tipo de alimentación o retorno. A su vez se expondrá un cartel bien visible con la prohibición expresa de cualquier maniobra.

Aquellos recintos que contengan equipos que entrañen una cierta peligrosidad como celdas, con transformadores eléctricos, cuadros de maniobra, conexiones, etc., se mantendrán siempre cerrados.

Las instalaciones y maquinas no deben ser manipuladas por aquellas personas que no estén formadas adecuadamente sobre su funcionamiento.

Los trabajos que se realizan con aparatos eléctricos en zonas húmedas y conductoras deben de llevarse a cabo con la máxima precaución, utilizando calzado aislante, banquetas de madera seca o de materiales aislantes, tratando de evitar con ello los contactos con la corriente eléctrica.

En aquellos locales en que existan instalaciones eléctricas de alta tensión, como transformadores, generadores, equipos de maniobra y protección, etc., deben estar protegidos contra contactos y estar lejos del alcance de las personas.

En lo que se refiere al equipamiento eléctrico, es necesario tener en cuenta estas normas:

- No se consienten máquinas eléctricas con su caja de bornas sin tapa.
- No se admite conductores y conexiones en malas condiciones.
- No se permiten herramientas eléctricas que no estén bien aisladas.
- No se autorizan interruptores de cuchillas y fusibles al descubierto (cuando un fusible de este tipo funde, el arco formado provoca la

proyección de chispas y de materia incandescente, que pueden provocar quemaduras a las personas, y en algunos casos, incendios).

- No se permiten herramientas portátiles con tensiones mayores a 24 V sin la toma de tierra.
- No se admiten equipos de soldadura eléctrica sin la toma de tierra.

Sistema de protección

Tiene como objetivo evitar, en la medida de lo posible que los fallos eléctricos provoquen accidentes, a las personas y a las cosas. Existen diferentes sistemas de protección cuya aplicación concreta depende del tipo de instalación eléctrica, ubicación de la misma y del riesgo que éstas conllevan para las personas.

A continuación indicamos algunos de los sistemas de protección más utilizados:

- Conectar el neutro a tierra.
- Conectar a tierra aquellas masas metálicas que pudieran quedar bajo tensión accidental.
- Utilizar relés diferenciales de corte.
- Realizar conexiones equipotenciales entre masas metálicas separadas.
- Emplear bajas tensiones de seguridad para aparatos portátiles y circuitos de mando y señalización (24 V para corriente continua).
- Emplear bajas tensiones de seguridad para circuitos de mando y herramientas portátiles en corriente alterna: 24 V en espacios húmedos y 50V en espacios secos.
- Utilizar transformadores de aislamiento para la separación de circuitos.

ANEXO VI

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. ANTECEDENTES	2
2. ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	2
2.1 Ingeniería del proceso.	2
2.2 Localización del proyecto.....	2
2.3 Legislación	2
2.4 Listado de acciones.....	5
3. INVENTARIO AMBIENTAL.....	5
4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	6
5. VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	8
6. MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	12
7. PROGRAMA DE VIGILANCIA	13
8. CONCLUSIONES.....	14

1. ANTECEDENTES

El presente estudio de impacto ambiental analizará el proyecto titulado “Aplicación de una edar con tratamiento terciario: ozono y radiación ultravioleta”.

2. ANÁLISIS DEL PROYECTO

2.1 Ingeniería del proceso.

La planta va a depurar las aguas residuales procedentes del tratamiento secundario de la depuradora urbana de Almería. La capacidad de depuración de la planta será de 17 m³/h.

Los residuos a tratar son líquidos, dadas las características del proyecto, se descartará la contaminación atmosférica, en este aspecto.

2.2 Localización del proyecto.

El proyecto se va a ubicar en la parcela 89 situada al lado al margen izquierdo del río Andarax.

2.3 Legislación

La realización del proyecto deberá ajustarse a la ley 7/1994, de Protección Ambiental. Las disposiciones generales de esta Ley, a la cual se va acoger la construcción y posterior funcionamiento de nuestro proyecto son las siguientes:

ARTÍCULO 1

1. Prevenir, minimizar, corregir, o en su caso, impedir los efectos que determinadas actuaciones públicas o privadas pueden tener sobre el medio ambiente y la calidad de vida, a través de las medidas que se establecen en la misma.
2. Definir el marco normativo y de actuación de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en materia de protección atmosférica, residuos en general y calidad

de agua, para conseguir mediante la aplicación de técnicas o instrumentos administrativos de prevención, corrección y control, una mejora de la calidad ambiental, en el ámbito de sus competencias.

ARTÍCULO 2

- 1 La consecución de los objetos de la presente Ley se llevará a cabo mediante la prevención ambiental, la mejora de la calidad ambiental y la disciplina ambiental.
1. Se entiende por prevención ambiental el conjunto de actuaciones a realizar sobre planes, programas y proyectos de construcción, instalación y obras públicas o privadas que se hallen comprendidas en los anexos primeros, segundo y tercero de esta Ley, a fin de evitar o minimizar anticipadamente los efectos que su realización pudiera producir en el medio ambiente.
2. Por mejora de la calidad ambiental, a los efectos de esta Ley, se entiende la modificación de los factores y de los efectos de la contaminación y degradación del medio ambiente y en especial, aquellos producidos por los residuos, en la calidad de las aguas litorales y en la calidad de la atmósfera.
3. Se entiende por disciplina ambiental el conjunto de medidas sancionadoras de acuerdo con lo preceptuado en la presente Ley a fin de hacer cumplir lo especificado en la misma.

ARTÍCULO 3

1. La presente Ley será de aplicación en el ámbito de la Comunidad Autónoma, a:
 - Los planes, programas y proyectos de construcción, instalaciones u obras públicas o privadas que se hallen comprendidas en los anexos primero, segundo y tercero.
 - Las industrias, actividades y en general cualquier dispositivo o actuación pública o privada, susceptible de producir contaminación atmosférica, tanto por formas de materia como de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para las personas de cualquier naturaleza.

- Los desechos y residuos urbanos producidos como consecuencia de las siguientes actividades y situaciones:
- Residuos sólidos que constituyan basuras domiciliarias o se generan por las actividades comerciales o de servicios, así como los procedentes de la limpieza varia o de los parques o jardines.
- Vehículos y enseres domésticos, maquinaria y equipo industrial abandonado.
- Escombros y restos de obras.
- Residuos biológicos y sanitarios incluyendo los animales muertos y los residuos y enseres procedentes de actividades sanitarias, de investigación o de fabricación que tengan una composición biológica y deban someterse a un tratamiento específico.
- Residuos industriales, incluyendo lodos y fangos.
- Residuos de actividades agrícolas entre los que se incluyan expresamente los sustratos utilizados para cultivos contra la intemperie.
- Todos los desechos y residuos que deban ser gestionados por las Corporaciones Locales, con a la vigente legislación de Régimen Local.
- Las actividades productoras y gestoras de residuos tóxicos y peligrosos, que estén caracterizados como tales por la normativa vigente.
- Los vertidos tanto líquidos como sólidos que de forma indirecta, se realicen desde tierra a cualquier bien de dominio público marítimo terrestre así como los de aguas residuales en la zona de servidumbre de protección y zona de influencia.

ARTÍCULO 4

1. Se incluyen del ámbito de aplicación de esta Ley las operaciones de gestión de los residuos contemplados en la Ley 22/1973, de 21 de Minas, y los vertidos regulados en la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas.
2. Asimismo quedan excluidos del ámbito de aplicación de esta Ley los residuos orgánicos procedentes de actividades agrícolas o ganaderas, producidos en fase de explotación y que se depositen en el suelo calificado como no urbanizable, conforme a lo previsto en el Real Decreto Legislativo 1/1992 de 26 Junio, por el que se apruebe el Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.

2.4 Listado de acciones.

- Obras y construcción: engloba tanto las obras de la propia construcción de la planta, electrificación, etc.
- Tráfico: vehículo de transporte de materiales.
- Proceso de depuración: dentro del proceso, concretamente por la emisión de residuos, en este caso contaminantes atmosféricos, olores provocados por las aguas residuales y emisión de los propios efluentes al sistema de alcantarillado.

3. INVENTARIO AMBIENTAL

Un primer paso para la identificación y valoración de los posibles impactos es el estudio de los factores ambientales, cuya finalidad es detectar aquellos aspectos del medio ambiente cuyos cambios, motivados por las distintas acciones de los proyectos, supongan modificaciones positivas o negativas de la calidad ambiental del mismo. Nos dará una idea de la capacidad de acogida del proyecto que posee dicho medio.

Medio físico:

- Atmósfera: Dada la localización geográfica del proyecto, se puede considerar la calidad del aire media.
- Clima: Con temperaturas suaves en invierno y altas en verano.

Medio biótico:

- Vegetación
- Fauna
- Poca flora y fauna por lo que estos factores no se ven afectados.
- Paisaje: En este caso tenemos una zona de terreno llano
- Calidad ambiental: La unidad considerada se corresponde con un valor ecológico medio/bajo.

Medio socio-económico:

Sectorización de usos del suelo: El tipo y uso de suelo es de construcción industrial.

Planeamiento Urbanístico:

Suelo no urbanizable genérico (SNU)

Usos compatibles:

Residencia unifamiliar aislada.

Equipamiento básico.

Industrial.

Infraestructuras básicas.

Producción agropecuaria.

Equipamiento terciario.

Recreativo.

Usos incompatibles:

Residencial colectiva

Residencial unifamiliar unida.

4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de impactos se lleva a cabo mediante una matriz de identificación causa-efecto. En las filas, se colocarán las acciones y en las columnas, los factores ambientales que se consideren afectados. Las casillas que se marquen indicarán acciones que provoquen posibles impactos sobre el factor.

Las acciones que se van a tener en cuenta como posible causa de impacto son las siguientes:

A0: Localización de las infraestructuras

A1: Obras y construcción.

A2: Presencia de la instalación.

A3: Tráfico.

A4: Trabajo de mantenimiento.

A5: Residuos.

La acción A0 corresponde a la fase de planificación del proyecto. Las demás acciones corresponden con la fase de construcción.

Los factores ambientales que se tendrán en cuenta en la matriz son los siguientes:

F1: Atmósfera.

F2: Paisaje.

F3: Población.

F4: Economía.

F5: Usos del suelo.

F6: Planeamiento urbanístico.

La matriz de identificación es:

	A0	A1	A2	A3	A4	A5
F1		X		X	X	X
F2		X	X			
F3	X			X		
F4	X		X			
F5						
F6			X			

5. VALORACIÓN DE IMPACTOS

Impactos más significativos:

Los criterios seguidos para caracterizar y valorar cada uno de los impactos han sido, en cada caso:

A0, F4: Localización- Población

Debido a que se trata de una ampliación, el lugar viene impuesto por la situación.

Como la capacidad de asimilación de la atmósfera es baja, pero la emisión de olores no es demasiado alta, por lo que no será significativa.

A0, F5: Localización- Economía

El establecimiento de este proyecto no supondrá un incremento significativo en la economía del lugar.

A2, F1: Obras- Atmósfera.

El paso de maquinaria y los distintos trabajos que se lleven a cabo en toda la fase de construcción provocarán gran cantidad de emisiones a la atmósfera, en forma de polvo, ruido, olores, etc. Por ello, este impacto deberá ser considerando a la hora de proponer medidas tanto correctoras como preventivas.

A2, F3: Obras- Paisaje:

La calidad visual del paisaje de la zona se verá afectada con el proceso de las obras y construcción de la planta, aunque la calidad del paisaje no es excesivamente elevada en el emplazamiento del proyecto.

A2, F7: Obras- Planeamiento Urbanístico

El lugar donde se va a construir la planta pertenece dentro del planeamiento urbanístico a Suelo Urbanizable.

A3, F3: Presencia de la instalación- Paisaje

La ampliación de la planta provoca un impacto visual considerable.

A3, F5: Presencia de la instalación- Economía:

Nos encontramos en una zona que, evidentemente existe alguna actividad industrial, por eso el colocar algún tipo de actividad que pueda fomentar el desarrollo económico de la misma, tendrá significativa importancia.

A3, F7: Presencia de la instalación- Planeamiento Urbanístico

Al encontrarnos en una zona con suelo apto para la instalación de una industria como la que nos ocupa del equipamiento e infraestructuras básicas que ella conlleva podremos concluir que la presencia de nuestro proyecto sobre el planeamiento urbanístico no merece especial consideración.

A4, F1: Tráfico- Atmósfera:

Resulta algo inevitable el que a la hora de la construcción de las distintas actividades como el transporte diario de materiales, las emisiones de ruidos, vibraciones y sobre todo, contaminantes atmosféricas aumenten con relación a las que existían previamente sin proyecto. Se considera que de todas formas este incremento en la contaminación no es merecedor de gran atención.

A5, F1: Trabajos de mantenimiento- Atmósfera:

Los trabajos de mantenimiento acarrearán la emisión de efluentes procedentes de la limpieza, éstos no provocarán daños atmosféricos

relevantes debido a que carecen en su mayor parte de componentes nocivos para este factor.

COMENTARIOS DE LOS DISTINTOS IMPACTOS Y ALGUNAS MEDIDAS

A) Localización de la infraestructura

La localización afectará de forma positiva a la economía y población debido a que se verán aumentados los puestos de trabajo netos y la economía del lugar se verá beneficiada. La ubicación de la ampliación de la planta será permanente debido a que siempre estará ubicada en el mismo lugar, siempre existirán trabajos y se obtendrá dinero para la zona.

B) Obras

Esta fase del proyecto pertenece a la etapa de construcción que consiste en la construcción de las diferentes infraestructuras, donde se instalarán los equipos. El impacto se recuperará en corto plazo ya que una vez terminada la actividad los gases emitidos se dispersarán gracias a la capacidad de asimilación del aire, la atmósfera del ámbito de estudio volverá a su estado inicial, tras un cierto tiempo.

C) Presencia de la instalación

Esta acción debe verse desde el punto de vista positivo, ya que la implantación de este sistema de depuración de vertidos líquidos reduce con respecto al anterior la carga contaminante del efluente.

El impacto es puntual y localizado en una superficie en una parcela situado al margen izquierdo del río Andarax.

D) Tráfico

La construcción de la ampliación de la depuradora, genera un aumento de tráfico en el ámbito general pero fundamentalmente en los alrededores de la instalación. El movimiento de los vehículos de transporte originará un importante aumento de gases tóxicos, ruidos, vibraciones, etc. que afectarán débil pero negativamente a la atmósfera del lugar.

E) Trabajos de mantenimiento

Como toda actividad industrial, precisa de unas determinadas actuaciones encaminadas a favorecer y mejorar el funcionamiento de la fábrica.

Estos trabajos provocan un efecto positivo sobre la población y economía del lugar, debido a la necesidad de utilizar personas encargadas del mantenimiento de la fábrica, aunque se ha considerado que éste personal será el mismo que el que se dedique al resto de actividades de tipo productivo, por lo que no se ha considerado éste impacto a la hora de analizar todos los que nuestro proyecto conlleva.

I) Residuos

En cuanto a la emisión de residuos, éstos son principalmente residuos líquidos: aguas residuales, líquidos de desecho...

No afectan de forma negativa, al contrario ya que se minoran la cantidad de vertido con respecto a la situación previa al proyecto, ya que las aguas vertidas al sistema de alcantarillado poseen una carga de contaminación insignificante, y en parte debido al sistema de depuración implantado se puede recircular como agua de proceso gran parte de esta agua.

6. MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

Definimos como medidas correctoras, la introducción, incorporación o modificación de procesos y actuaciones sobre la actividad o sobre el medio ambiente con el fin de:

- Explorar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio en aras al mejor logro ambiental de la actividad.
- Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas de la actividad producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas.
- Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

Según el carácter con el que actúan distinguimos entre:

- Medidas protectoras, que evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, traslado, tamaño, materias primas...)
- Medidas correctoras, de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar o modificar las acciones y efectos.

Una vez caracterizados los impactos se van a enumerar una serie de medidas protectoras y correctoras, que se han considerado idóneas para aplicar antes, durante y después de la realización del proyecto. Merecen una especial mención, la importancia que adquieren, la correcta concienciación ambiental, por parte de todos los ciudadanos y la previsión a la hora de programar la colocación de la planta.

Propuesta de medidas protectoras:

1. Evitar, en lo posible, la utilización de materiales contaminantes no retornables.
2. Buscar un ahorro energético en el diseño del proceso.
3. Atender un ahorro de espacio en la distribución del proyecto.

4. Uso de maquinaria avanzada, que utilice combustibles algo menos contaminantes que los usados por la maquinaria convencional.

Propuesta de medidas correctoras:

La propia implantación del sistema de depuración puede ser considerada como una medida correctora, debido a la reducción del poder contaminante de los efluentes líquidos con respecto al sistema de depuración original. Por otro lado la ampliación de la planta reduce además la cantidad de vertido, ya que debido a la calidad final de la depuración esta agua puede ser recirculada como agua de proceso para limpieza.

7. PROGRAMA DE VIGILANCIA

El programa de vigilancia a seguir en el proyecto deberá de tratar y vigilar principalmente, los siguientes aspectos:

- La emisión de residuos líquidos deberá ser vigilada, mediante análisis y controles periódicos de la composición de los residuos a evacuar, sistema que ya se encuentra integrado en el proceso de depuración.
- Vigilancia y control de los sistemas y aparatos empleados en la depuración (evitar fugas internas). Acción integrada en el desarrollo de la propia depuración.

Todas éstas corresponden a las medidas de vigilancia que se harían una vez realizado el proyecto.

8. CONCLUSIONES

Se concluye así que la implantación del proyecto conlleva impactos de carácter leve, en cuanto se refiere a los negativos. Sin embargo, cabe resaltar, la influencia positiva del sistema de depuración a implantar, ya que reducirá los niveles cuali- y cuantitativos de los efluentes, favoreciendo al medio-ambiente y a la sociedad. También cabe resaltar la influencia positiva del proyecto a la población y economía, creando nuevos puesto de trabajo, que aunque no sea muy importante, no ha de ser despreciada.

ANEXO VII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS

1. BOMBAS.....	2
2. TANQUES.....	4
3. VÁLVULAS	7
4. ACCESORIOS.....	8
5. ELEMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL.....	9
6. FILTROS.....	11
7. OZONIZACIÓN	13

1. BOMBAS

BOMBA P-00

Características: Con variador de frecuencia. Salida analógica a 4/20 mA

Tipo de bomba: Centrífuga.

Material de la carcasa: A.I.S.I. 316-L.

Potencia de la bomba: 2200 W.

Tensión de alimentación: 380 V, 50 Hz, 3F.

Presión máxima de impulsión: 3 Bar.

Caudal máximo a impulsar: 20 m³/h

BOMBAS DOSIFICADORAS BD-00

Características: Con variador de frecuencia. Salida analógica a 4/20 mA

Tipo de bomba: Centrífuga.

Material de la carcasa: A.I.S.I. 316-L.

Potencia de la bomba: 120 W.

Tensión de alimentación: 220 V, 50 Hz, 1F.

Presión máxima de impulsión: 4 Bar.

Caudal máximo a impulsar: 0,10 m³/h

BOMBA SOPLANTE S-00

Características: Con variador de frecuencia. Salida analógica a 4/20 mA. 2 cilindros.
1300rpm.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Volumen del calderón: 500 L.

Potencia de la bomba: 7500 W.

Tensión de alimentación: 380 V, 50 Hz, 3F.

Presión máxima de impulsión: 10,5 Bar.

Caudal máximo a impulsar: 1210 l/min.

BOMBA SOPLANTE S-00

Características: Con variador de frecuencia. Salida analógica a 4/20 mA. 2 cilindros.
950rpm.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Volumen del calderón: 500 L.

Potencia de la bomba: 5500 W.

Tensión de alimentación: 380 V, 50 Hz, 3F.

Presión máxima de impulsión: 10,5 Bar.

Caudal máximo a impulsar: 860 l/min.

BOMBA P-00

Características: Con variador de frecuencia. Salida analógica a 4/20 mA.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Material de la carcasa: A:I:S:I: 316-L.

Potencia de la bomba: 4000 W.

Tensión de alimentación: 380 V, 50 Hz, 3F.

Presión máxima de impulsión: 4 Bar.

Caudal máximo a impulsar: 50 m³/h..

2. TANQUES

DEPÓSITO T-00

Características: Disposición cilíndrico vertical de base plana y abierto con reborde.

Material: Construido en Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Barrera química resina Isoftálica. Refuerzo mecánico resina Ortoftálica.

Color: Natural.

Producto a almacenar: Agua + Coagulantes.

Diámetro: 1000 mm.

Capacidad: 6 m³.

Altura: 2400 mm.

Accesorios: 1 brida DN-20. 2 bridas DN-90.

DEPÓSITO T-00

Características: Disposición cilíndrico vertical de base plana y abierto con reborde.

Material: Construido en Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Barrera química resina Isoftálica. Refuerzo mecánico resina Ortoftálica.

Color: Natural.

Producto a almacenar: Agua + Coagulantes.

Diámetro: 1800 mm.

Capacidad: 5 m³.

Altura: 2000 mm.

Accesorios: 1 brida DN-20. 2 bridas DN-90.

DEPÓSITO T-00

Características: Disposición cilíndrico vertical de base plana y abierto con reborde.

Material: Construido en Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Barrera química resina Isoftálica. Refuerzo mecánico resina Ortoftálica.

Color: Natural.

Producto a almacenar: Agua + Coagulantes.

Diámetro: 1000 mm.

Capacidad: 1,5 m³.

Altura: 2000 mm.

Accesorios: 1 brida DN-20. 2 bridas DN-90.

DEPÓSITO T-00

Características: Disposición cilíndrico vertical de base plana y abierto con reborde.

Material: Construido en Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Barrera química resina Isoftálica. Refuerzo mecánico resina Ortoftálica.

Color: Natural.

Producto a almacenar: Agua + Coagulantes.

Diámetro: 1000 mm.

Capacidad: 2 m³.

Altura: 2600 mm.

Accesorios: 1 brida DN-20. 2 bridas DN-90.

3. VÁLVULAS

VÁLVULAS V-00

Características: Válvula de bola manual en PVC. Junta en asiento de bola en PTFE y anillos tóricos en Viton.

Diámetro nominal: DN-90.

Presión nominal: PN-6 Bar.

VÁLVULA DE REGULACIÓN VP-00

Características: Válvula de control en acero al carbono 1.0570.

Diámetro nominal: DN-90.

Presión nominal: PN-40 Bar.

Accesorios: Equipada con actuador eléctrico 0,45 KN (Tensión 220 V/ 50 Hz).
Equipada con posicionador electrónico señal de control 4/20 mA.

VÁLVULA VM-00

Características: Válvula de bola motorizada con actuador eléctrico de 220 V en PVC.

Diámetro nominal: 90mm.

Presión nominal: 6 Bar.

VÁLVULA VD-00

Características: Válvula de bola manual en PVC. Junta en asiento de bola en PTFE y anillos tóricos en Viton.

Diámetro nominal: 12mm

Presión nominal: 6 Bar.

VÁLVULA VR-00

Características: Válvula de capleta en PVC.

Diámetro nominal: 90mm.

Presión nominal: 6 Bar.

VÁLVULA EV-00

Características: Válvula de bola motorizada con actuador electrónico de 220 V en PVC.

Diámetro nominal: 20mm, 90mm, 63mm.

Presión nominal: 6 Bar.

4. ACCESORIOS

COLLARÍN DE TOMA

Características: Collarín de toma.

Diámetro nominal: 90 mm.

Presión nominal: 6 Bar.

DESHUMIFICADOR POR ADSORCIÓN

Caudal máximo: 1600 l/min.

Presión máxima: 16 Bar.

Potencial: 380 W.

Características: 220 V/50 Hz/1F.

Accesorios: BRIDA 1 1/2"

5. ELEMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL

INDICADORES-INTERRUPTORES DE NIVEL LI,SL

Características: Sonda de nivel electromagnética.

MANÓMETROS Y PRESOSTATOS PI,PS

Características: Presostatos para fluidos de baja y media presión, sumergidos en glicerina.

Rango: 0/10 Bar.

Diámetro nominal: Rosca trasera 1/4" de gas.

TRANSMISOR DE CAUDAL FT

Características: Transmisor de caudal con sensor. Salida a panel, por impulsos a 4/20 mA, 2 relés, alimentación 12/30 VDC.

INDICADOR-INTERRUPTOR DE Ph pis

Marca: Crisol

Modelo: Transmitter 2100.

Características: Kit para medir pH en tubería o reactor.

Accesorios: Sonda Infit 761 INOX con electrodo.

INDICADOR-INTERRUPTOR DE TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD CEI, TS

Características: Conductivímetro controlador de dos canales, para medir conductividad y temperatura.

Marca: Crisol

Modelo: CR 7350

Accesorios: Célula de conductividad INPRO 7100 en INOX. Con CAT Pt-1000 C=0,6, L=28 mm, rosca $\frac{3}{4}$ ".

PROGRAMADOR DE LAVADO DE FILTROS PLF

Potencia: 380 W.

Características: 220 V/50 Hz/1F

Accesorios: Transformador interno para solenoides 8 salidas para válvulas de lavado. 2 entradas.

6. FILTROS

FILTRO DUAL SILEX- ANTRACITA

Características: Filtro multicapa laminados en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Con manómetro incorporado. Tapa registro de gran diámetro para acceso al interior. Visor de líquidos. Racordaje interior en PVC y PP.

Caudal 36000L/h

Diámetro: 1000mm

Accesorios: Arena Silex y Arena Antracita.

Salidas: DN-90.

Presión de trabajo: 2,0 kg/cm².

FILTRO DE CARTUCHOS

Características: Portacartuchos fabricado en SS-316-L con acabado superficial lijado grano 120.

Marca: Cuno.

Modelo: 22ZM4.

Presión: 6 Bar.

Conexiones de entrada-salida: Brida PN-10 DN-90.

Conexiones para venteo y drenaje: Tipo gas macho de ¼" y 1" respectivamente.

Caudal máximo: 60 m³/h.

Accesorios: 22 cartuchos filtrantes tubulares de 40" de longitud.

FILTRO DE CARBÓN ACTIVO

Características: Declorador manual, sin batería de válvulas, con carga de carbón activado y colectores interiores.

Volumen de carbón: 850 L.

Caudal: 45,5 m³/h.

Diámetro: 0,85 m.

FILTRO DE ARENA DE LECHO CONTINUO

Características: Filtro de arena de lecho continuo de SS-304-L, recubierto con acero al carbono.

Superficie de filtración: 2,27 m².

Diámetro: 1,70 m.

Consumo: 2,0 Nm³/h a 4 Bar.

Rechazo: 2-12%.

Altura total: 1,40 m.

FILTRO DE AIRE

Caudal máximo: 1600 l/min.

Presión máxima: 16 Bar.

Características: 0,01 µm.

Accesorios: Brida ¾"

7. OZONIZACIÓN

CONTACTOR GAS-LÍQUIDO

Características: Cámara de contacto para ozono fabricada en poliéster y piezas interiores de PVC totalmente anticorrosivo. Con un recubrimiento interior para soportar la ozonización.

Presión de trabajo: 2,0 kg/cm².

Bocas de entrada, salida y purga: Rosca macho ¾".

Diámetro: 800 mm.

Volumen: 992 L.

DIAGRAMA Y PLANOS

DIAGRAMA DE FLUJO

DIAGRAMA DE BLOQUES

DOSIFICACIONES DE REACTIVOS

DIAGRAMA DE BLOQUES

BD → Bombas dosificadoras
 T → Tanques
 P → Bombas
 S → Soplantes

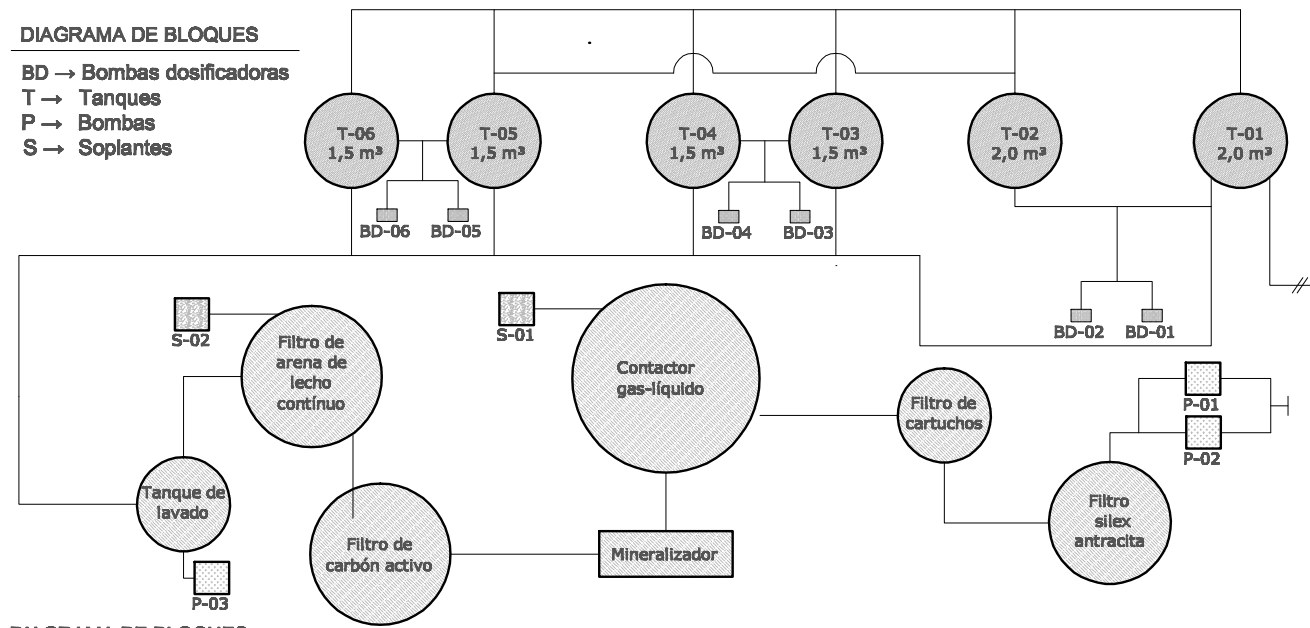


DIAGRAMA DE BLOQUES

DIAGRAMA DE FLUJO

SÍMBOLO	CÓDIGO	ELEMENTOS
	V	Válvulas manuales
	EV	Electroválvulas
	VP	Válvulas pilotadas
	VM	Válvulas motorizadas
	VR	Válvulas antirretorno
	P	Bombas
	VD	Válvulas de drenaje (para los equipos)
	VD	Válvulas de drenaje (para dosificación)
	L	líneas de tubo

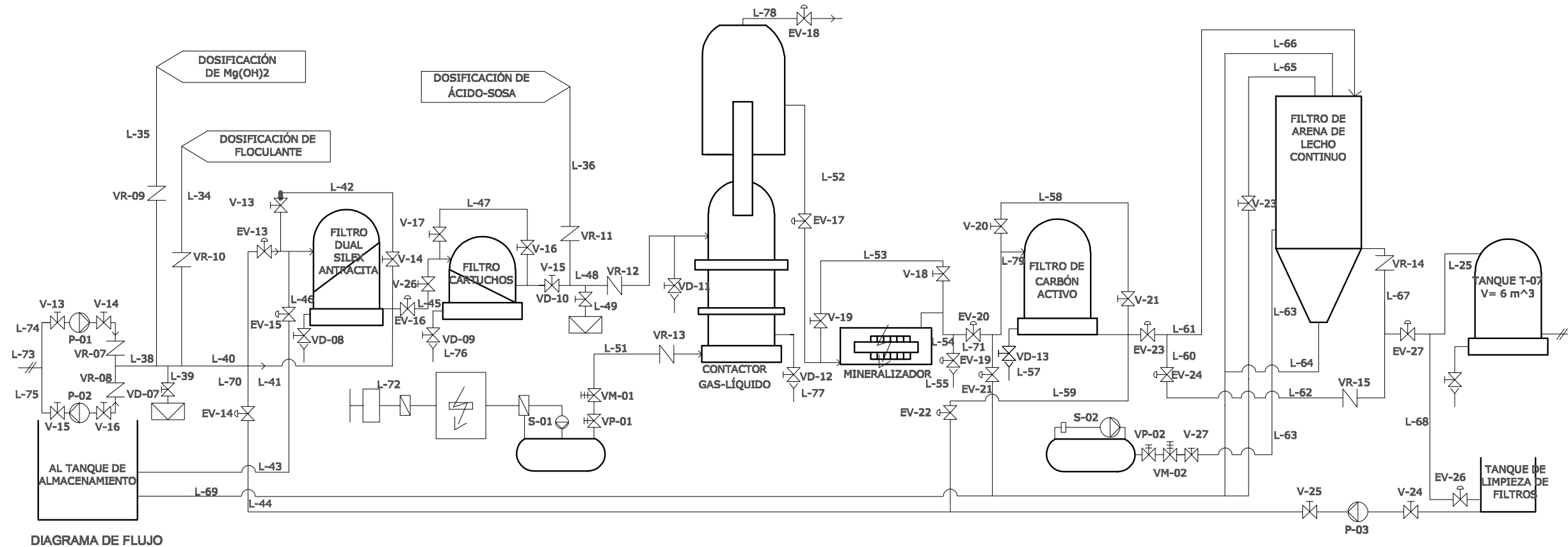


DIAGRAMA DE FLUJO

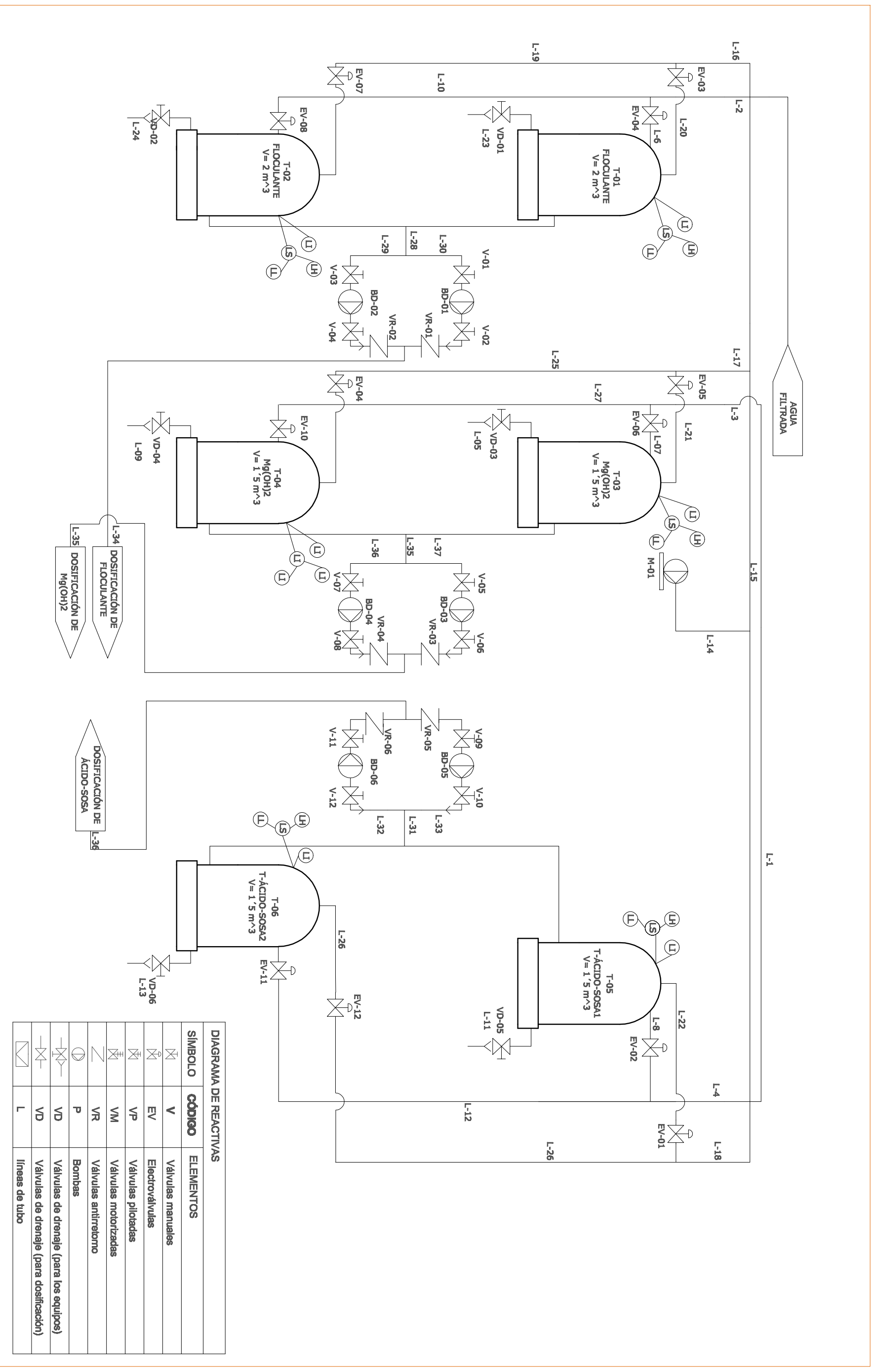


DIAGRAMA DE REACTIVAS

SÍMBOLO	CÓDIGO	ELEMENTOS
	V	Válvulas manuales
	EV	Electroválvulas
	VP	Válvulas pilotadas
	VM	Válvulas motorizadas
	VR	Válvulas antirretorno
	P	Bombas
	VD	Válvulas de drenaje (para los equipos)
	L	Válvulas de drenaje (para dosificación)
	L	líneas de tubo

