ANEJO Nº8. ANÁLISIS DE CALIDAD DE LAS AGUAS PARA RIEGO

APÉNDICE 1: DIAGRAMA DE FLUJO

ÍNDICE:

1. INTRODUCCION 3

2. MECANISMOS DE CONTROL 3

3. PUNTOS DE ENTREGA AGUA REGENERADA 3

4. PARÁMETROS DE CALIDAD A CONTROLAR 4

5. FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE CADA PARÁMETRO 5

6. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS REGENERADAS 6

6.1. CRITERIOS DE CONFORMIDAD 6

6.2. MEDIDAS DE GESTIÓN FRENTE A INCUMPLIMIENTOS. 7

6.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS. 8

7. DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES 8

8. INSPECCION POR LAS ADMINISTRACIÓN HIDRAULICA 9

9. USOS PROHIBIDOS 9

10. CAUDALES DE DIMENSIONAMIENTO 9

11. NORMAS DE USO DE LAS AGUAS REGENERADAS 10

12. TOLERANCIAS DE LOS CULTIVOS 11

13. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA 18

14. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL 19

14.1. SEGUIMIENTO DE LAS MASAS DE AGUA 19

1. INTRODUCCION

Con el fin de comprobar que el tratamiento de regeneración cumple con los objetivos de calidad exigidos por el citado R.D 1620/2007, y del Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del consejo de 25 de mayo de 2020 que entrará en vigor a partir del 26 de junio de 2023 y que será de obligado cumplimiento para todos los Estados Miembros, el responsable de los proceso correspondientes a la EDAR y a la ERA y, como consecuencia, de la calidad del agua regenerada, llevará a cabo un Autocontrol de los procesos de ambas plantas de tratamiento y el usuario de esta agua regenerada, está obligado a mantener la calidad desde la salida de la ERA hasta su utilización final, mediante programa de control analítico. Dada la coexistencia de las dos normativas, será de obligado cumplimiento los valores más restrictivos.

Dicho programa consiste en la realización de una serie de mediciones de los distintos parámetros, con las frecuencias establecidas para cada uno de ellos y en cada uno de los puntos de control.

Los puntos de control establecidos por el RD de Reutilización se sitúan con carácter general en:

La salida de la estación regeneradora (ERA)

- Cada uno de los puntos de entrega al usuario, en el caso que nos ocupa exclusivamente uso agrícola.

De esta forma se comprueba que el efluente regenerado no ha sufrido ningún cambio durante su distribución a los distintos puntos, respecto de la calidad inicial. La realización del control en dichos puntos permite identificar si un incumplimiento de la calidad del agua se debe al tratamiento de regeneración o bien ha sido generado durante la distribución del agua. De esta forma se pueden determinar las medidas más adecuadas para solucionarlo.

2. MECANISMOS DE CONTROL

Los criterios de calidad a controlar en función de los usos previstos, con los valores máximos admisibles a los parámetros de calidad considerados, sus frecuencias mínimas de muestreo y la evaluación de la calidad están incluidos en el ANEXO 1 del citado R.D., en el cual figuran como biológicos: *Nematodos intestinales y Escherichia Coli*, y como físico–químicos, los Sólidos *en Suspensión y la Turbidez*, cuyos análisis y métodos se han de realizar en laboratorio homologado al efecto, como es preceptivo.

Se pretende de acuerdo con el R.D. respetar sus condicionantes tanto parámetros de muestreo como frecuencias y también, respetar los análisis de cada parámetro, donde se determinarán los valores máximos admisibles de acuerdo a cada uno de los usos del agua regenerada.

Para el resto de parámetros: *Sólidos en Suspensión y Turbidez*, entre otros posibles, pueden instalarse sistemas automáticos de control en continuo de los procesos de regeneración. Son equipos que permiten prevenir en tiempo real el deterioro de la calidad del agua regenerada, así como del influente.

Estos medidores específicos, son equipos robustos y fiables y no excesivamente caros por lo que son eficaces y baratos.

Normalmente, estos mecanismos de control están conectados a un dispositivo automático, como una electroválvula programada, de manera que este sistema puede mandar señales de cierre automático o hacer saltar una alarma en el caso de que se detectara una anomalía

3. PUNTOS DE ENTREGA AGUA REGENERADA

Continuando con el R.D, 1620/2007, y su ANEXO I B. el control se realizará a la salida de la planta de regeneración, cuya responsabilidad depende de la empresa gestora de la planta EDAR y ERA, y en todos los puntos de entrega al usuario cuya responsabilidad de mantener la calidad del agua regenerada entregada, depende del usuario.

Puntos de entrega que están proyectados en las ubicaciones siguientes:

Punto Entrega	Conexión
PEAR (0)	SALIDA EDAR
PEAR(1)	SALIDA ERA
RIEGO AGRICOLA	EMABLSE E
PEAR(2)	PUNTO ENTREGA AGUA REGENERADA
PREVIO A BALSA	NO
CONEXIÓN A RED, ARQUETA LLAVES BALSA	PEAR (2)

4. PARÁMETROS DE CALIDAD A CONTROLAR

Continuando con el citado R.D. 1620/ 2007, y su Anejo I.A, los criterios de calidad para la reutilización de las aguas según su uso, incluidos en el presente proyecto son los siguientes:

ANEXO 1.A: CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA REUTILIZACION DE LAS AGUAS SEGÚN SUS USOS

CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SOLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
2.-USOS AGRICOLAS[1]					
CALIDAD 2.1 (Invernaderos)	1 huevo /10 L	100 UFC /100 ml	20 mg/L	10 UNT	Otros contaminantes contenidos en la autorizacion[10]

[1] Características del agua regenerada que requieren información adicional cuando sobrepasen los limites siguientes:

Elemento	Valor Max.	Elemento	Valor Max.
Conductividad	3.0 dS/m.	Cromo	0.1 mg/L
RAS	6.0 meq/L	Cobre	0.2 mg/L
Boro	0.5 mg/L	Manganeso	0.2 mg/L
Arsénico	0.1 mg/L	Molibdeno	0.01 mg/L
Berilio	0.1 mg/L	Níquel	0.2 mg/L
Cadmio	0.1 mg/L	Selenio	0.02 mg/L
Cobalto	0.05 mg/L	Vanadio	0.1 mg/L

[2] Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones

[3] Su autorización estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia de doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso.

[9] Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolizacion del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados.

[10] En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. (normas de calidad ambiental)

La Unión Europea (UE), ha confeccionado un nuevo Reglamento 2020/741 para aplicación al riego con aguas regeneradas, que entrará en vigor el 26 de Junio de 2023, que será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Reglamento que, entre otros, en su Anexo I, Usos y Requisitos mínimos, agrupa la Categoría de los cultivos, sus Clases de calidad y Métodos de riego, restringiendo los parámetros correspondientes a la Calidad del agua regenerada para el riego agrícola. En nuestro caso la calidad de agua mínima requerida será la A.

También detalla los requisitos mínimos de calidad. Estos requisitos mínimos se refieren a parámetros microbiológicos (presencia de patógenos: E.coli, Legionella spp. y nematodos intestinales) y físico-químicos (demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales y turbidez).

Categoría de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego
A	Todos los cultivos alimentarios, incluidos los tubérculos que se consumen crudos y los cultivos alimentarios en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas	Todos los métodos de riego
B	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimentarios, incluidos los cultivos para alimentar a animales productores de carne o leche	Todos los métodos de riego
C		Riego por goteo* únicamente
D	Cultivos industriales, energéticos y productores de semillas	Todos los métodos de riego

Cuadro 2 — Requisitos de calidad de las aguas regeneradas para el riego agrícola

Clase de calidad de las aguas regeneradas	Tratamiento indicativo	Requisitos de calidad				
		E. coli (número/100 ml)	DBO_5 (mg/l)	STS (mg/l)	Turbidez (UNT)	Otros
A	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	*Legionella* spp.: < 1 000 UFC/l cuando exista un riesgo de aerosolización Nematodos intestinales (huevos de helmintos): ≤ 1 huevo/l para el riego de pastos o forraje
B	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 100	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, cuadro 1)	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, cuadro 1)	–	
C	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 1 000			–	
D	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 10 000			–	

5. FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE CADA PARÁMETRO

Continuando con el R.D, 1620/2007, y su ANEXO I B. el control se realizará a la salida de la planta de regeneración, cuya responsabilidad depende de la empresa gestora de la planta EDAR y ERA, y en todos los puntos de entrega al usuario cuya responsabilidad de mantener la calidad del agua regenerada entregada, corresponde al usuario.

USO	CALIDAD	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SOLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ	N_T y P_T	OTROS CRITERIOS
2.- USO AGRARIO	**2,1**	**Quincenal**	**Semanal**	**Semanal**	**Semanal**	**------**	**Mensual**
	2,2	Quincenal	Semanal	Semanal	------	------	Quincenal
	2,3	Quincenal	Semanal	Semanal	------	------	------

La frecuencia de análisis se modificará en los siguientes supuestos:

- Tras 1 año de control se podrá presentar una solicitud motivada para reducir la frecuencia de análisis hasta un 50%, para aquellos parámetros que no sea probable su presencia en las aguas.

- Si el número de muestras con concentración inferior al VMA del Anexo I.A es inferior al 90% de las muestras durante controles de un trimestre (o fracción, en caso de periodos de explotación inferiores), se duplicará la frecuencia de muestreo para el periodo siguiente.

- Si el resultado de un control supera al menos en uno de los parámetros los rangos de desviación máxima establecidos en el Anexo I.C, la frecuencia de control del parámetro que supere los rangos de desviación se duplicara durante el resto de este periodo y el siguiente.

Siguiendo con el nuevo Reglamento 2020/741 para aplicación al riego con aguas regeneradas, que entrará en vigor el 26 de Junio de 2023, la frecuencia mínima de control será:

	Frecuencia mínima de los controles					
Categoría de calidad de las aguas regeneradas	*E. Coli*	BOD_5	TSS	Turbidez	*Legionella* spp. *(si procede)*	Nematodos intestinales *(si procede)*
A	Una vez a la semana	Una vez a la semana	Una vez a la semana	Continuo	Una vez a la semana	Dos veces al mes o con la frecuencia que determine el operador de la instalación de regeneración en función del número de huevos en las aguas residuales que entran en la instalación de regeneración
B	Una vez a la semana	Con arreglo a la Directiva 91/271/CEE (anexo I, sección D)	Con arreglo a la Directiva 91/271/CEE (anexo I, sección D)	-		
C	Dos veces al mes			-		
D	Dos veces al mes			-		

6. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS REGENERADAS

La calidad de las aguas regeneradas se valorará mediante el análisis de muestras tomadas sistemáticamente en todos los puntos de entrega de estas y con las frecuencias mínimas previstas en el Anexo I.B.

6.1. CRITERIOS DE CONFORMIDAD

La calidad de las aguas regeneradas se considerará adecuada a las exigencias de este real decreto si en los controles analíticos de un trimestre, o fracción cuando el periodo de explotación sea inferior, cumpla simultáneamente:

El 90% de las muestras tendrá resultados inferiores a los VMA en todos los parámetros especificados en el Anexo I.A.

Las muestras que superen el VMA del Anexo I.A no sobrepasen los límites de desviación máxima establecidos a continuación.

Para las sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las Normas de Calidad Ambiental en el punto de entrega de las aguas regeneradas según la legislación propia de aplicación.

PARÁMETRO	LIMITE DE DESVIACION MAXIMA*
Nematodos intestinales	100% del VMA
Escherichia coli	1 unidad logarítmica
Legionella spp	1 unidad logarítmica
Taenia saginata	100% del VMA
Taenia solium	100% del VMA
Sólidos en suspensión	50% del VMA
Turbidez	100% del VMA
Nitratos	50% del VMA
Nitrógeno Total	50% del VMA
Fósforo Total	50% del VMA
*Se entiende por desviación máxima la diferencia entre el valor medido y el VMA	

Respecto a la Normativa Europea, los controles de validación serán los siguientes:

Cuadro 4 — Controles de validación de las aguas regeneradas para el riego agrícola

Clase de calidad de las aguas regeneradas	Microorganismos indicadores (*)	Objetivos de rendimiento de la cadena de tratamiento (reducción de $\log_{10}$)
A	*E. coli*	≥ 5,0
	Colífagos totales/colífagos F-específicos/colífagos somáticos/colífagos (**)	≥ 6,0
	Esporas de *Clostridium perfringens*/bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato (***)	≥ 4,0 (en caso de esporas de *Clostridium perfringens*) ≥ 5,0 (en caso de bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato)

(*) Los patógenos de referencia *Campylobacter*, rotavirus y *Cryptosporidium* también podrán emplearse para el control de validación, en lugar de los microorganismos indicadores propuestos. En ese caso, se aplicarán los siguientes objetivos de rendimiento (reducción de $\log_{10}$): *Campylobacter* (≥ 5,0), rotavirus (≥ 6,0) y *Cryptosporidium* (≥ 5,0).

(**) Se ha seleccionado colífagos totales como el indicador viral más adecuado. No obstante, si no es posible el análisis de los colífagos totales, se analizará al menos uno de ellos (colífagos F-específicos o somáticos).

(***) Se han seleccionado las esporas de *Clostridium perfringens* como el indicador de protozoos más adecuado. No obstante, las bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato son una alternativa si la concentración de esporas de *Clostridium perfringens* no permite validar la reducción de $\log_{10}$ solicitada.

Se validarán y documentarán los métodos de análisis para el control con la norma EN ISO/IEC-17025 u otras normas nacionales o internacionales que garanticen un nivel equivalente de calidad.

6.2. MEDIDAS DE GESTIÓN FRENTE A INCUMPLIMIENTOS.

En caso de no llevar a efecto los requerimientos respecto a la calidad del agua regenerada y teniendo en cuenta la sensibilidad de los usuarios para el uso de esta agua se aplicaraán las medidas contempladas en el Anexo I.C del citado R.D.

1º. Se procederá a la suspensión del suministro de agua regenerada en los casos en los que no se cumplan los criterios de conformidad i e iii anteriores.

2º. Si en un control se superan en un parámetro los límites de desviación máxima de la tabla anterior, se procederá a realizar un segundo control a las 24 horas. En el caso de persistir esta situación se procederá a la suspensión del suministro.

3º. El suministro se reanudará cuando se hayan tomado las medidas oportunas en lo relativo al tratamiento para que la incidencia no vuelva a ocurrir, y se haya constatado que el agua regenerada cumpla los VMA del Anexo I.A durante cuatro controles efectuados en días sucesivos.

4º. En los casos de incumplimiento descritos en los apartados 1º, 2º y 3º será de aplicación la modificación de frecuencias de control prevista en el Anexo I.B.

Así mismo proponemos que de las mediciones en continuo, ante el incumplimiento de algún valor y se sobrepase el límite de desviación máxima, y previo aviso al empresario responsable, sea aplicado el punto 1º.

6.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Los métodos o técnicas analíticas de referencia que se proponen en este apartado son los incluidos en el R.D. 1620, y se tomarán como referencia o guía.

Se podrán emplear métodos alternativos siempre que estén validados y den resultados comparables a los obtenidos por el de referencia.

Para el caso del análisis de contaminantes deberán cumplir los valores de incertidumbre y límite de cuantificación especificados en la tabla correspondiente.

Los análisis y la validación de los parámetros en continuo serán realizados en laboratorios de ensayo que dispongan de un sistema de control de calidad según la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025

Los métodos o técnicas analíticas de referencia son las siguientes:

MICROBIOLOGICOS

PARAMETRO	METODOS O TECNICAS ANALITICAS DE REERENCIA
Nematodos intestinales	Método Bailinger modificado por Bouhoum & Schwartzbrod. “Analysis of wastewater for use in agriculture” Ayres & Mara O.M.S. (1996)
Echerichia Coli	Recuento de Bacterias Escherichia Coli - Glucuronidasa positiva
Legionella spp	Norma ISO 11731 parte 1: 1998 Calidad del Agua. Detección y enumeración de Legionella.
Tenia saginata	-----
Taenia solium	-----

CONTAMINANTES

PARAMETRO	TECNICA DE REFERENCIA	U[1]	U[2]
Sólidos en suspensión	Gravimetría con filtro de fibra de vidrio	30%	5 mg/L
Turbidez	Nefelometría	30%	0,5 mg/L
Nitratos	Espectroscopia de absorción molecular Cromatografía lónica	30%	10 mg NO_3/L
Nitrógeno total	Suma de Nitrógeno Kjeldahl, nitratos y nitritos Auto analizador	30%	3 mg N/L
Fosforo total	Espectroscopia de absorción molecular Espectrofotometría de plasma	30%	0,5 mg P/L
Sustancias peligrosas	Cromatografía. Espectroscopia	Metales : 30% Organicos:50%	30% de NCA

[1] Incertidumbre máxima expandida con un factor de cobertura de 2

[2] Limite de cuantifica determinarse con el nivel de incertidumbre requerido en la tabla

7. DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES

Los agentes que intervienen en un sistema de reutilización asumen respectivamente unas responsabilidades determinadas que se resumen a continuación.

El titular de la autorización de vertido es responsable de la calidad del vertido y de su control hasta el punto de entrega de las aguas depuradas. (PEAD)

El titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas es responsable de la calidad del agua regenerada y de su control desde el punto en que las aguas depuradas entran en el sistema de reutilización, es decir, el PEAD, hasta el punto de entrega de las aguas regeneradas (PEAR).

El usuario del agua regenerada es responsable de evitar el deterioro de su calidad desde el punto de entrega del agua regenerada hasta los lugares de uso.

La calidad del efluente a la salida de la planta depuradora determina en gran manera la eficacia de la regeneración, por ello es importante que en el PEAD el agua cumpla con los requisitos de calidad previstos, en caso contrario deberá notificarse al responsable de la regeneración para que tomen las medidas oportunas.

Con el fin de sistematizar esta comunicación puede ser interesante establecer protocolos de información, así como disponer de medidores en continuo que informen a tiempo real de la calidad del efluente, tanto al titular de la depuradora como de la regeneradora.

8. INSPECCION POR LAS ADMINISTRACIÓN HIDRAULICA

El R.D. de Reutilización establece que las responsabilidades del titular de la concesión o autorización de reutilización y del usuario se entienden “sin perjuicio de la potestad de supervisión y control de las autoridades ambientales y sanitarias”

Esto es, los organismos responsables de la inspección y vigilancia de la producción, distribución y uso de las aguas regeneradas corresponden al Organismo de Cuenca y a la autoridad sanitaria actuando cada uno en el ámbito de sus competencias.

En la labor de inspección, y con independencia de los controles impuestos en el condicionado de la concesión o autorización, el organismo de cuenca podrá efectuar cuantos análisis e inspecciones estime conveniente para comprobar las características del agua regenerada y el rendimiento del sistema de reutilización. Para la realización de estas tareas podrá contar con el apoyo de las entidades colaboradoras e la administración hidráulica.

Todos los resultados derivados del control de la calidad del agua regenerada realizado por el titular de la concesión o autorización deberán estar recogidos en un sistema de registro que estará a disposición de la Autoridad o Administración competente. Así como las medidas ejecutadas ante incumplimientos de las muestras.

9. USOS PROHIBIDOS

El apartado 4 del Artículo 4 del R.D. 1620/ 2007, prohíbe los siguientes usos:

a) Para el consumo humano (Excepción: situaciones de declaración de catástrofe.)

b) Para los usos propios de la industria alimentaria (Excepción: situaciones de declaración de catástrofe.)

c) Para uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares.

d) Para el cultivo de moluscos filtrados en acuicultura

e) Para el uso recreativo como agua de baño.

f) Para el uso de torres de refrigeración y condensadores evaporativos (Excepción: bajo condiciones estrictas)

g) Para el uso de fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos

h) Para cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere un riesgo para la salud de las personas

10. CAUDALES DE DIMENSIONAMIENTO

DESIGNACION	Actual Invierno	Actual Verano	Horizonte Invierno	Horizonte Verano	Unidades
a) CAUDALES DE DIMENSIONAMIENTO					
Población (Nº habitantes)	16.590	16.590	23.155	23.155	Hab Equ.
Dotación	153,90	153,90	153,90	153,90	l/hab..día
Volumen diario	2.553,20	2.553,20	3.563,55	3.563,55	m3
Caudal medio horario	106,38	106,38	148,48	148,48	m3/h
Caudal punta trat. biológico	223,41	223,41	311,81	311,81	m3/h
Caudal punta de Pretrat.	531,92	531,92	742,41	742,41	m3/h
Caudal mínimo	42,55	42,55	59,39	59,39	m3/h
b) CARACTERISTICAS DE LA CONTAMINACION					
DBO5:					
Carga	60,00	60,00	60,00	60,00	gr/hab.día
Concentración media	390	390	390	390	mg/día
Carga Diaria	995,40	995,40	1.389,30	1.389,30	kg/día
Sólidos en Suspensión					
Carga	47,70	47,70	47,70	47,70	gr/hab..día
Concentración media	310	310	310	310	mg/día
Carga Diaria	791,34	791,34	1.104,49	1.104,49	kg/día
Nitrógeno					
Carga diaria NTK	11,05	11,05	11,05	11,05	gr/hab..día
Concentración media NTK	72	72	72	72	mg/día
Carga diaria NTK	183,32	183,32	255,86	255,86	kg/día
Fosforo					

Carga	1,55	1,55	1,55	1,55	gr/hab..día
Concentración media	10	10	10	10	mg/día
Carga Diaria	25,71	25,71	35,89	35,89	kg/día
c) RESULTADOS A OBTENER					
Características de salita T. Secundario					
Reducción DBO5	25	25	25	25	mg/l
Reducción S.S.	35	35	35	35	mg/l
NTK	15	15	15	15	mg/l
P	2	2	2	2	mg/l
Rendimiento salida T. Secundario					
Reducción DBO5	93,59	93,59	93,59	93,59	%
Reducción S.S.	88,71	88,71	88,71	88,71	%
Reducción Nitrógeno	79,11	79,11	79,11	79,11	%
Reducción Fosforo	80,14	80,14	80,14	80,14	%

11. NORMAS DE USO DE LAS AGUAS REGENERADAS

Las personas en contacto con el agua regenerada, ya sean operarios de las empresas gestoras de aguas regeneradas o usuarios finales de las mismas, deben respetar una serie de normas que aseguren que se está realizando un uso adecuado de la misma con total garantía para la salud pública.

Por este motivo las autoridades sanitarias dedican especial atención a las normas de utilización del agua regenerada, tales como las relativas a la seguridad del público o a la propia seguridad de los usuarios.

En este sentido, las empresas y entidades gestoras están obligadas a implantar un Plan de Prevención de Riesgos Laborales, que deberán incluir, entre otros aspectos, las responsabilidades, las funciones, las practicas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgo, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

Así pues, cualquier entidad o empresa que utilice aguas regeneradas deberá garantizar dichas normas.

Respecto a las normas para la seguridad del público, al tratarse de uso en cultivos agrícolas, con sistemas de riego localizado que disminuyen las pérdidas por evaporación, escorrentías e infiltraciones, y considerando que son los más adecuados para utilizar agua regenerada y los menos expuestos al público, estimamos que es suficiente con cumplir la normativa vigente.

Se respetarán las Normas de Calidad Ambiental (NCA) para las sustancias peligrosas en el punto de entrega de las aguas regeneradas según la legislación propia de aplicación.

De acuerdo con las prescripciones de la Guía de Aplicación del RD 1620, el color que identifica las infraestructuras de tratamiento, almacenamiento y distribución del agua regenerada es el violeta (PANTONE 2577U ó RAL 4001).

Dicha obligación afecta al titular de las instalaciones de regeneración y también al usuario del agua regenerada que deberá identificar con violeta las infraestructuras de transporte, las tapas de arqueta, las bocas de riego, valvulería y otros elementos del sistema de riego para que sean debidamente identificadas.

En Balsas y Estanques, cuando se informe de la prohibición de bañarse, se utilizará la señal de prohibición de forma redonda tal como figura en el Anexo III: Señales en forma de panel del Real Decreto 485/1994.

El pictograma representará un hombre nadando en aguas de color negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45º respecto a la horizontal) en rojo (el rojo deberá cubrir al menos un 35% de la superficie de la señal circular). Todo ello estará enmarcado en un rectángulo con fondo en el violeta estandarizado remarcado con una línea blanca. En la parte superior pondrá la leyenda “AGUA REGENERADA, NO BAÑARSE”.

Las conducciones e pintarán de violeta en toda su longitud. Además, el público y los usuarios serán informados mediante carteles indicativos de que se está utilizando agua regenerada no potable para el uso correspondiente.

Para ello se colocarán las señales en lugares fácilmente visibles en todos los casos, de conformidad a lo previsto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Tanto las conducciones como todos los elementos del sistema de riego deberán estar señalizados con la leyenda *“AGUA REGENERADA NO POTABLE”*.

Cuando se informe de la prohibición de beber el agua se utilizará la señal de prohibición de forma redonda que corresponde a “Agua no potable” recogida en el Anexo III: Señales en forma de panel del Real Decreto 485/1994.

La señal se enmarcará en un rectángulo con fondo violeta (PANTONE 2577U ó RAL 4001) remarcado con una línea blanca. En la parte superior pondrá la leyenda “AGUA REGENERADA NO POTABLE”

Con respecto **a los campos de golf**, además de la señalización que previene el baño o el consumo, se sugiere que se haga publicidad de que se usa agua regenerada que cumple las especificaciones del RD de reutilización para el riego de campos de golf, por ejemplo, en las tarjetas de juego.

En algunas instalaciones los letreros pueden ir acompañados de frases que fomenten la aceptación del uso del agua regenerada del tipo “Conservamos nuestro recurso más valioso regando con agua regenerada”.

12. TOLERANCIAS DE LOS CULTIVOS

En la actualidad estamos esperando una analítica competa actualizada

Ha título orientativo y con carácter general, el tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes.

• A corto plazo: influye en la producción calidad y tipo de cultivo.

• A largo plazo: ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura.

Y entre los factores a tener en cuenta se encuentran:

Salinidad. La salinidad es uno de los parámetros individuales más importantes para determinar la idoneidad de un agua de riego, sobretodo en la reutilización de aguas residuales urbanas depuradas. Depende del tipo de cultivo el que sea más tolerante a ser regado con este tipo de aguas.

Cultivos tolerantes	Moderadamente tolerantes	Moderadamente sensibles	Sensibles
Calabacín	Pepino- Berenjena-Tomate- Melón-	Sandia- Pimiento	

Cultivos tolerantes	Moderadamente tolerantes	Moderadamente sensibles	Sensibles
Calabacín	Tomate	Pimiento Berenjena Melón	Sandía

El uso doméstico produce un incremento en el contenido en sales propio del agua de abastecimiento usada que suele estar entre 150 - 400 mg/l.

Este aumento no se altera con la depuración y eso hace que las aguas residuales puedan presentar problemas de salinidad.

Todas las aguas contienen cantidades apreciables de sales disueltas la mayor parte de las ciudades se abastecen de aguas subterráneas, cuya calidad varia considerablemente entre las distintos pozos de la zona; como resultado de ello, la calidad del agua residual es también muy variable y la evaluación de la calidad del agua de riego es la cantidad y el tipo de sales presentes en las aguas de abastecimiento. A medida que aumenta la salinidad del agua residual regenerada utilizada para regar, también lo hace la probabilidad de que surjan problemas en el suelo, en el agua o en el cultivo agrícola. Estos problemas guardan relación con el contenido total de sales, con el contenido de uno o varios tipos de sales, o con las concentraciones excesivas de uno o varios Microelementos.

No obstante, estos problemas no son diferentes de las causados par la salinidad o los Microelementos presentes en los abastecimientos de agua convencionales, llegando a ser preocupantes únicamente cuando su presencia restringe el uso del agua o requiere una gestión especial para poder mantener ~ una productividad aceptable. Par lo tanto, cuando se trata de regar con agua residual regenerada, la idoneidad de un agua se establece en función del nivel de gestión necesario para resolver satisfactoriamente los problemas que cabe esperar que se producirán durante su uso.

No es posible abarcar todas las posibles circunstancias locales cuando se trata de elaborar directrices sobre la calidad del agua. El enfoque adoptado aquí ha sido presentar directrices en las que el énfasis recae especialmente sobre lao aspectos de gesti6n necesarios para poder utilizar satisfactoriamente un agua de determinada calidad. Es evidente que, a medida que la

calidad del agua disminuye, las opciones disponibles se reducen y la gestión llega a ser cada vez más determinante. En cualquier caso, la elección concreta de las técnicas a seguir debe hacerse en la propia explotación agraria o por el usuario del agua.

Como directrices para evaluar la cantidad de agua de riego con agua regenerada, presentamos la siguiente tabla, adaptada del informe de Ayers y Wescot:

DIRECTRICES PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Posible problema de riego	Unidades	Grado de restricciones de uso		
		Ninguno	Débil o moderada	Elevado
Salinidad: afecta la disponibilidad de agua para riego				
CE a	dS/m	< 0,7	0,7 - 3,0	>3,0
Materia disuelta total	mg/l	< 450	450 - 2000	>2000
Permeabilidad: afecta a la velocidad del infiltración del agua en el suelo				
TAS : 0 - 3	y CE a	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
3 - 6		> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
6 - 12		> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
12 - 20		> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
20 - 40		> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
Toxicidad de iones específicos: afecta a cultivos sensibles				
Sodio : riego superficial	TAS	< 3	3 - 9	>9
Cloruros: riego superficial	mg/l	< 140	140 - 350	>350
Boro:	mg/l	< 0,7	0,7 - 3,0	>3
Microelementos:				
E**fectos diversos** : afectan a cultivos susceptibles				
Nitrógeno total	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
pH	El intervalo normal es 6,5 - 8,4			

Directrices para el riego agrícola, elaboradas sobre la hipótesis de mantener rentables a largo plazo las condiciones del suelo y de las cultivos: las beneficios a corto plazo que se obtendrían mediante el vertido de caudales adicionales de agua residual no justifican el deterioro que se causarla en el suelo y en las recursos hidráulicos mediante esa mayor intensidad de riego.

Cuando las directrices no indican ninguna restricción sobre el uso del agua, se supone que todos los cultivos alcanzan su máxima capacidad productiva. Por otra parte, cuando el agua que se utiliza alcanza o excede los valores indicados bajo el epígrafe de "restricciones severas", es muy posible que el usuario del agua experimente problemas con el suelo y los cultivos, o consiga una menor producción por hectárea debido a la deficiente calidad del agua. La existencia de dichas restricciones severas implica la necesidad de adoptar técnicas especiales de gesti6n que permitan alcanzar una producci6n satisfactoria con un agua de la calidad indicada. Cuando la calidad del agua se sitúa a un nivel intermedio, las restricciones sobre la selección del cultivo aumentan gradualmente; par otra parte, las alternativas de gestión disminuyen a medida que la calidad del agua se deteriora.

A continuación exponemos los posibles problemas motivados por la calidad del agua

1.- Salinidad

La salinidad, medida en términos de la conductividad eléctrica, es el parámetro individual más importante para determinar la idoneidad de un agua de riego. La salinidad guarda una relaci6n directa con lao posibles problemas causados par la concentraci6n total de sales disueltas en· el agua. Los danos causados en las plantas, tanto para la salinidad coma par los iones específicos, guardan normalmente una relaci6n directa con el aumento de la salinidad.

El agua de riego aporta continuamente sales al suelo. Los problemas surgen cuando la cantidad de sales acumulada alcanza un nivel perjudicial para las plantas.

La velocidad de acumulación depende de la cantidad de sales aportada par el agua de riego y de la cantidad de sales eliminada par el lavado del suelo.

A largo plazo, el aporte de sales ha de igualar a la cantidad de sales eliminadas.

Afortunadamente, la mayoría de las sales son solubles, siendo fácilmente arrastradas por el agua de riego.

La utilización de una cantidad de agua de riego superior a la que puede ser utilizada por el cultivo asegura el arrastre de las sales mediante el lavado del suelo.

El establecimiento de un flujo neto descendente, tanto de agua coma de sales, a través de la zona radicular es la única forma práctica de resolver el problema de la salinidad.

En estas condiciones, un buen drenaje es una condici6n esencial para permitir un movimiento continuo del agua y de las sales por debajo de la zona radicular.

Las aguas procedentes del tratamiento secundario de la EDAR de Huercal-Overa, presenta una CE de 600 dS/m. En estas condiciones no resulta necesaria ninguna técnica de gestión especial.

2.- Permeabilidad del suelo

Si la velocidad de infiltración llega a reducirse considerablemente, puede llegar a ser imposible suministrar al cultivo el agua necesaria para su adecuado crecimiento.

Lo normal en estos casos es que aparezcan simultáneamente otros problemas secundarios, coma la formación de costras, el crecimiento excesivo de hierbas o la deficiencia de oxigeno, propiciados por la débil estructura del suelo y el encharcamiento en su superficie.

Los problemas de permeabilidad se presentan normalmente en los primeros centímetros de la superficie del suelo y son debidos principalmente a un contenido relativamente alto de iones sodio o a uno relativamente bajo de iones calcio, tanto en esta zona del suelo coma en el agua de riego.

Para conservar una buena estructura del suelo es necesario mantener unos niveles adecuados de calcio, bien sea en el suelo o bien en e! agua de riego. El contenido de calcio de un suelo puede llegar a reducirse excesivamente tanto por la utilización de un agua de riego de muy baja salinidad, que disuelve y arrastra el calcio, como por un agua de riego de alto contenido en sodio, que desequilibra la proporci6n relativa de sodio y calcio.

Las directrices relativas a la permeabilidad del suelo contenidas en la Tabla, tienen en cuenta el efecto potencial producido tanto por la salinidad coma por el ion sodio.

Un agua de salinidad elevada aumenta la permeabilidad y contrarresta, al menos parcialmente, los posibles problemas de permeabilidad que cabria esperar de acuerdo con las valores de la TAS. Para un valor dado de la TAS, la velocidad de infiltración aumenta o disminuye del mismo modo que lo hace la salinidad.

Por lo tanto, la TAS y la CEA deben utilizarse conjuntamente cuando se trata de evaluar los posibles problemas de permeabilidad.

Normalmente, las aguas residuales regeneradas tienen unas concentraciones de sales y de calcio lo suficientemente elevadas coma para no suscitar una gran preocupaci6n ante la posibilidad de que el agua disuelva o arrastre demasiado calcio de la superficie del suelo.

No obstante, las aguas residuales regeneradas tienen concentraciones relativamente altas de sodio, lo que contribuye a incrementar el valor de la TAS, convirtiéndolo así en una de las mayores preocupaciones que se presentan en la planificación de los proyectos de reutilización de agua residual.

Se disponen actualmente de técnicas de gestión de suelos capaces de mitigar los problemas de permeabilidad que puedan presentarse, permitiendo así un uso satisfactorio de aguas de riego con una TAS elevada.

No obstante, ocurre con frecuencia que estas técnicas deben utilizarse de forma continuada para evitar el deterioro de la estructura del suelo.

Una vez adoptadas, estas técnicas promueven una mejor penetración del agua y ayudan a evitar los problemas causados por vectores, como los mosquitos, que se desarrollan con frecuencia en aguas estancadas sobre la superficie del suelo durante prolongados periodos de tiempo.

3.- Fitotoxicidad de Iones Específicos

La toxicidad debida a un determinado ión se presenta cuando ese ión es asimilado por la planta y se acumula en sus tejidos hasta alcanzar un nivel capaz de ocasionar daños a la propia planta o reducir su productividad.

Los problemas asociados a la toxicidad suelen ir asociados con frecuencia a los producidos por la salinidad, aunque puede darse el caso de que exista un problema de toxicidad aún cuando la salinidad sea escasa.

Los iones presentes en un agua residual que mayor preocupación suscitan son el sodio, el cloruro y el boro.

La toxicidad que mayor incidencia tiene cuando se utiliza agua residual regenerada es la debida al boro.

Las fuentes de boro más comunes son las detergentes domésticos y los vertidos de instalaciones industriales.

El contenido de cloruros y de sodio también aumenta durante el uso domestico del agua, especialmente cuando se utilizan ablandadores de agua. No todos los cultivos tienen la misma sensibilidad frente a los iones tóxicos.

En el caso de cultivos sensibles, la toxicidad es difícil de corregir, a menos que se llegue al límite de cambiar el tipo de cultivo o la fuente de suministro de agua.

El problema se acentúa en condiciones climáticas de elevadas temperaturas. Si las concentraciones de iones toxicos son suficientemente elevadas, los síntomas aparecen en casi la totalidad de los cultivos.

Cuando el riego se realiza mediante aspersores, el sodio y el cloruro se acumulan por adsorción directa a través de las hojas humedecidas y se manifiesta en concentraciones mucho menores que cuando se utiliza riego superficial.

Respecto a los Microelementos

Con el término de Microelementos se designa a un grupo de elementos químicos completamente diferentes entre sí y presentes en el medio ambiente natural a bajas concentraciones.

Aunque los seres vivos necesitan para su crecimiento pequeñas cantidades de estos Microelementos, la presencia de concentraciones de esos mismos elementos ligeramente superiores a las necesarias puede tener efectos tóxicos para las plantas y los animales.

Existen ciertos elementos químicos, coma el As, Cd, Pb y Hg, que, por carecer de función fisiológica conocida, se les considera siempre como biológicamente peligrosos.

De entre los Microelementos comúnmente presentes el B, Cu, Mo, Ni, y Zn, están considerados como potencialmente muy peligrosos, si se incorporan al terreno de cultivo de manera incontrolada.

Por otra parte, la presencia en el suelo de cualquiera de las otros Microelementos no suscita normalmente ningún peligro, debido a su atenuada actividad química en el suelo, a su presencia inusual y a las concentraciones excepcionalmente bajas a que se encuentran en el agua residual.

El aporte de Mn, Fe, Al, Cr, As, Se, Sb, Pb y Hg que pueda realizarse mediante el riego con agua residual tratada, de acuerdo con las técnicas de cultivo normalmente utilizadas, no deberla producir efectos toxicos sobre las plantas ni exponer a los consumidores a unas concentraciones de Microelementos potencialmente peligrosos.

El aporte incontrolado de Microelementos al suelo es una práctica no deseable, ya que, una vez acumulados en el, es prácticamente imposible eliminarlos en la mayoría de los casos.

Una acumulación progresiva de Microelementos en los suelos puede dar lugar con posterioridad a:

1) efectos toxicos sobre las plantas cultivadas en ellos,

2) la absorción de ciertos elementos par parte de los cultivos, haciendo que su concentración en los tejidos vegetales alcancen Iimites peligrosos para las personas o las animales que consuman tales productos y

3) el arrastre de estos Microelementos hasta las aguas subterráneas o superficiales, haciéndolas inadecuadas para los usos previstos.

Los límites recomendados tienen como objetivo asegurar que el terreno en que se utiliza agua regenerada para regar puede ser empleado para desarrollar cualquier tipo de cultivo en el futuro.

Para todo ello, esos límites deben considerarse como los valores máximos de las concentraciones medias a largo plazo, obtenidos a partir de unas condiciones de riego normales. Sin embargo, a corto plazo, puede ocurrir que se tenga que sobrepasar bien sea la concentración máxima de algún elemento, o bien las caudales normales de riego; en estos casos, la futura concentración de estos microelementos, o los correspondientes caudales de riego, deberán ajustarse consecuentemente.

El agua y el suelo deben analizarse periódicamente a fin de estimar la velocidad de acumulación de elementos en el suelo y contribuir así a la planificación de los futuros usos de la zona regada.

Aunque los sistemas convencionales de tratamiento de agua residual no se diseñan para eliminar las Microelementos contenidos en el agua, el hecho de que estos estén absorbidos en la materia en suspensión, o formen precipitados decantables con esta, hace que puedan ser eliminados eficazmente del agua residual mediante la eliminación de la materia en suspensión.

Concentraciones máximas de micro elementos recomendadas en aguas de riego

Micro elemento	**A**	**Observaciones**
Al	5	Puede provocar falta de productividad en suelos ácidos, pH < 5.5 Suelos más alcalinos precipitaran el ión y eliminaran cualquier toxicidad. As 0.1 Be 0.1 0.5
As	0,1	Su fitotoxicidad varia ampliamente entre 12,00 mg/ l hasta menos de 0,5 mg/l.
Be	0,1	Su fitotoxicidad puede alcanzar hasta 0.5 mg/ l para las judías verdes.
Cd	0,05	Es tóxico para las judías, a concentraciones de 0.1 mg/l en disolución. Los límites recomendados son conservadores debido a su capacidad para acumularse en el suelo y en las plantas hasta concentraciones que pueden ser perjudiciales para las personas.
Co	0,05	Es tóxico para la planta del tomate a una concentración de 0.1 mg/l en disolución. Suele ser inactivado por suelos neutros o alcalinos.
Cr	0,1	No está considerado como un elemento esencial para el crecimiento. Los límites recomendados son conservadores debido a los escasos conocimientos sobre su fitotoxicidad
Cu	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre 0.1 y 1.0 mg/l en disolución.
F(fluoruros)	1	Es inactivado por suelos neutros o alcalinos.
Fe	5	No es tóxico para las plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y a la disminución del fósforo y molibdeno, elementos esenciales para las plantas. El riego por aspersión elevado puede dar lugar a depósitos desagradables en las plantas, los equipos y los edificios.
Li	2,5	Es tolerado por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg/ l; es un elemento móvil en el suelo. Es tóxico para los cítricos a concentraciones superiores a 0.075 mg/ l. Actúa de forma similar al boro
Mn	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre unas décimas y unos miligramos por litro, aunque principalmente en suelos ácidos.
Mo	0,01	No es tóxico para las plantas a las concentraciones

		normalmente presentes en el suelo y en el agua. Puede ser tóxico para el ganado cuando el forraje se cultiva en suelos con elevadas concentraciones de Molibdeno disponible
Ni	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre 0.5 y 1.0 mg/ l; su toxicidad disminuye a pH neutro o alcalino
Pb	5	Puede inhibir el crecimiento de las células vegetales a concentraciones muy elevadas.
Se	0,02	Es tóxico para las plantas a concentraciones tan pequeñas como 0.025 mg/ l, y para el ganado cuando el forraje se cultiva en suelos con niveles relativamente alto en selenio añadido. Es un elemento esencial para el crecimiento de los animales, pero en concentraciones muy pequeñas.
Sn		Las plantas lo rechazan de forma eficaz; su tolerancia específica es desconocida
Ti		Comportamiento similar al estaño
W		Comportamiento similar al estaño.
V		Es tóxico para muchas plantas a concentraciones relativamente bajas.
Zn		Es tóxico para muchas plantas a concentraciones muy variables; su toxicidad disminuye a pH> 6.0 y en suelos con textura fina o de carácter orgánico.

A: concentración máxima recomendada (mg/l)

- ® *Manual Práctico Generalitat de Cataluña*. Autor Rafael Mujeriego
- ® *Ponencia*. Autor: Avelino Martínez Herrero
- De acuerdo con las concentraciones que aparecen en esta tabla, las microelementos no deberían causar aparentemente ninguna preocupación importante.
- Dentro de estos microelementos, mencionaremos los elementos nutritivos presentes en el agua residual que proporcionan un aporte de fertilizantes a los cultivos No obstante, este aporte adicional puede sobrepasar las necesidades de las plantas en determinados casos, pudiendo llegar a causar problemas relacionados con un crecimiento vegetativo excesivo, una maduración tardía desigual de las frutos, o una calidad inferior de estos.
- El aporte de elementos nutritivos debe verificarse periódicamente mediante análisis sistemáticos de la calidad del agua y deben tenerse en cuenta al establecer el programa de fertilización.
- Entre los elementos nutritivos de importancia para la gestión agrícola cabe destacar: el nitrógeno, el fosforo y ocasionalmente el potasio, el zinc, el boro y el azufre.
- El nitrógeno es el elemento nutritivo más beneficioso y que con más frecuencia alcanza niveles excesivos.
- El contenido total de nitrógeno de un agua residual municipal, después de un tratamiento secundario, oscila entre 20 y 60 mg/l N. Sin embargo, tanto la concentración de nitrógeno como las especies en que este se encuentra, NH4- N, N03-N y N-orgánico, dependen de! tipo y grado de tratamiento a que se ha sometido al agua residual.
- El nitrógeno contenido en el agua residual regenerada que llega hasta el campo de cultivo a través del agua de riego es esencialmente idéntico al nitrógeno contenido en las fertilizantes agrícolas, aunque es más difícil de controlar.
- Durante cada sesión de riego, el agua aporta nitrógeno al suelo, fertilizando así el cultivo. Aunque este proceso es beneficioso en los primeros estadios vegetativos de la planta, deja progresivamente de serlo a medida que la planta inicia la maduración.
- En algunos casos, el aporte de nitrógeno es excesivo, lo que estimula el crecimiento vegetativo, pudiendo llegar a retrasar la maduración de la planta o reducir la calidad de la cosecha. En otros casos, puede darse un déficit de nitrógeno, lo que obliga a un aporte complementario mediante fertilizante agrícola a fin de satisfacer las necesidades propias del cultivo.
- Fósforo: El fósforo es otro elemento nutritivo requerido por todas las plantas. La concentraci6n de fósforo en el efluente de un sistema de tratamiento secundario varía entre 6 y 15 mg/l,

equivalentes a 15 - 35 mg/l $P_2 0_5$, a menos que el proceso de tratamiento haya conseguido eliminarlo.

- A su llegada al campo de riego, el fósforo contenido en el agua residual puede ser inferior al indicado anteriormente y, en general, es demasiado bajo durante el periodo de crecimiento inicial de las plantas coma para afectar su crecimiento.
- Sin embargo, este aporte de fósforo se acumula gradualmente en el suelo, disminuyendo así la necesidad de aportes complementarios de este fertilizante en años sucesivos.
- El exceso de fósforo en el suelo no ha llegado a ser un problema y, por consiguiente, no se ha establecido ninguna directriz para evaluar su concentración. A pesar de ello, tanto el agua residual regenerada como el suelo de cultivo deben analizarse sistemáticamente con objeto de planificar el programa de fertilización.
- Potasio: El potasio aportado por los efluentes de agua residual municipal, no mejora generalmente la producción por hectárea o la calidad de los cultivos. La concentración de potasio disuelto en un efluente secundario oscila entre 10 y 30 mg/l, equivalentes a 12 - 36 mg/l K20,
- Zinc: Prácticamente todos efluentes de agua residual contienen suficiente zinc como para corregir las posibles deficiencias de un suelo al cabo de 1 a 3 años. El zinc es un elemento nutritivo considerado coma beneficioso para los suelos deficitarios en este elemento, aunque no deben sobrepasarse los niveles máximos indicados en la Tabla 3.5.
- Azufre: Son muy pocos los casos, especialmente en zonas de las Sierras Nevadas o de la Costa Norte donde las precipitaciones sobrepasan los 500 mm/año, en las que la falta de azufre llega a reducir con frecuencia la producción por hectárea de los cultivos o de las pastas.
- El contenido de azufre de un agua residual municipal regenerada es suficiente coma para corregir el posible déficit de azufre de un suelo.
- Boro: El agua residual regenerada contiene boro suficiente coma para corregir cualquier déficit de boro que pueda existir en un suelo. Mucha mayor preocupación suscita un posible exceso de boro en el suelo, en cuanto que puede reducir la producción por hectárea de los cultivos.
- El boro es una de las sustancias químicas que más peligro tiene de ser tóxico.
- Es muy importante tener en cuenta el nivel de boro presente en las aguas de riego para la producción agrícola.
- En la tabla siguiente se muestra una relación del nivel de boro dependiendo del cultivo a regar
- De acuerdo con el Manual Práctico de Riego con agua regenerada, de Rafael Mujeriego, la tolerancia relativa al Boro de diversos cultivos solo incluye los cultivos siguientes

Sensibilidad	Cultivos
Moderadamente sensible (1,0 a 2,,0 mg/l.)	Pimiento rojo y Pepino
Moderadamente tolerante (2,0 a 4,0 mg/l).	Calabacín y Melón
Tolerante (4,0 a 6,0 mg/l).	Tomate

- **Problemas Diversos** El uso de agua residual regenerada para regar puede dar lugar a problemas ocasionales, debidos a valores anormales del pH, a la corrosión de las tuberías y equipos, a la obturación del sistema de riego y a la presencia de elevadas concentraciones de cloro residual.
- El pH del agua no es generalmente un problema en sí mismo, aunque un pH fuera del intervalo normal, 6,5 - 8,4, es un buen indicador de una calidad anormal del agua o de la presencia de un ión tóxico.
- La detección de un valor anormal del pH debe considerarse coma una advertencia de que es necesario realizar una evaluación detallada del agua y efectuar las correspondientes correcciones y mejoras.
- Los problemas de corrosión pueden presentarse en las tuberías tanto de metal como de hormigon, debido a la presencia de un pH bajo, a una concentración elevada de dióxido de carbono a dióxido de carbono libre, o en algunos cases al efecto secundario de un descenso del oxígeno disuelto en el agua, causado por una carga orgánica excesiva en la planta de tratamiento de agua residual.
- El descenso de la concentración de oxigeno disuelto provoca la formación de sulfuro de hidrogeno gaseoso.

- Esta situación se presenta con frecuente cuando se transporta efluente primario mediante conductos cerrados a lo largo de grandes distancias, o cuando no es posible drenar el agua residual contenida en la tubería de conducción, una vez terminado el riego.

- Los problemas de corrosión causan considerables molestias cuando se utilizan compuertas o tuberías de metal.

- Un efluente secundario bien tratado no suele ocasionar problemas de corrosión.

13. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

- Se deberá utilizar las mejores técnicas disponibles en el riego de los cultivos, para conseguir un uso eficiente del agua.

- Las instalaciones de la ERA y de la Planta Fotovoltaica deberán constar de los equipos necesarios para la depuración de las aguas domésticas que se puedan generar durante su funcionamiento.

- Se deberá controlar, y en lo posible, disminuir la utilización de fertilizantes y fitosanitarios.

- Se deberá realizar un control periódico de la calidad del agua regenerada, previa a su utilización, para asegurar que cumple con los requerimientos de calidad establecidos por la normativa vigente.

ANEXOII Tabla resumen de los criterios de calidad requeridos según los usos del agua en el Reglamento (UE) 2020/741

Usos del agua	Criterios de calidad. Valor máximo admisible
Riego agrícola	
A. Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario, filtración y desinfección Escherichia coli - ≤10 UFC /100 mL DBO - ≤10 mg/L STS ≤10 mg/L Turbidez - ≤5 UNT Legionella spp. <1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización). Nematodos intestinales - ≤ 1 huevo/ L para el riego de pastos o forraje
B. Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección Escherichia coli - ≤100 UFC /100 mL DBO - ≤25 mg/L STS ≤35 mg/L Turbidez - - Legionella spp. <1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización). Nematodos intestinales - ≤ 1 huevo/ L para el riego de pastos o forraje
C. Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche Riego por goteo (*2) u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo	Tratamiento secundario y desinfección Escherichia coli - ≤1000 UFC /100 mL DBO - ≤25 mg/L STS ≤35 mg/L Turbidez - - Legionella spp. <1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización). Nematodos intestinales - ≤ 1 huevo/ L para el riego de pastos o forraje
D. Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección Escherichia coli - ≤10000 UFC /100 mL DBO - ≤25 mg/L STS ≤35 mg/L Turbidez - - Legionella spp. <1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización). Nematodos intestinales - ≤ 1 huevo/ L para el riego de pastos o forraje

- Se deberá establecer una red de control de calidad de las aguas subterráneas, la cual controle los niveles piezométricos, características físicas (conductividad), concentración de componentes químicos potencialmente contaminantes (nitratos, plaguicidas, metales pesados, sales) y presencia microbiológica. Esta red podrá aprovechar las captaciones de aguas subterráneas existentes en el ámbito de actuación, siempre sobre la base del funcionamiento hidráulico de las aguas subterráneas, especialmente en relación con los gradientes hidráulicos del acuífero. Se propone que la red de control piezométrica esté constituida por cinco puntos de control, correspondiendo el piezómetro 1, el situado en el extremo septentrional de las parcelas que vayan a utilizar las aguas regeneradas, al “blanco”, y los restantes cuatro piezómetros de control se localizarían en los límites meridionales de los dos grupos principales de parcelas beneficiarias de las aguas regeneradas.

- Se deberá establecer un sistema de control de las aguas superficiales del entorno de las zonas de regadío. Este control se realizará mediante la toma de muestras de agua superficial en las ramblas de Zurgena y de La Guzmaina, en los puntos geográficos de entrada y salida de dichas ramblas en la zona donde se localizan las áreas de regadío proyectadas.

- Se deberá incorporar dispositivo para la medición del volumen de agua de riego por cada hidrante instalado.

- Se deberá instalar un sistema de monitorización automática para el control y seguimiento del contenido de nutrientes, principalmente nitrógeno y potasio en el agua de riego, antes de su aplicación, así como de otros iones potencialmente de las masas de agua (nitratos y fosfatos) con respecto a la actividad agrícola para la zona y usos.

- Se deberá instalar sensores que monitoricen los retornos más representativos para cada caso, siempre aguas debajo de la zona a modernizar.

Por tanto, tal y como viene expuesto anteriormente, el Proyecto de Construcción recoge un apartado denominado AUTOMATIZACION Y TELECONTROL, para la gestión eficaz de las actuaciones proyectadas, donde se realiza la monitorización y el telecontrol de los componentes principales que integran el tratamiento terciario y la impulsión a la basa “E”, además de la planta fotovoltaica en el Bombeo 2.

14. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

14.1. SEGUIMIENTO DE LAS MASAS DE AGUA

Control de la calidad y de la cantidad de las aguas regeneradas

Objetivo:	Control de salida y entrada de la calidad y cantidad de las aguas regeneradas Verificar que las aguas regeneradas usadas para el regadío cumplen con los requerimientos técnico-legales.
Actuaciones:	Se realizarán periódicamente analíticas químicas y de control de volumen derivado hacia la conducción de distribución mediante caudalímetro, del agua regenerada producida en la ERA.
Lugar de inspección:	Punto de salida de las aguas regeneradas de la ERA, y punto de conexión de la tubería de conducción con la balsa de distribución.
Parámetros de control y umbrales:	Caudal de salida de la ERA Caudal de llegada a la balsa de distribución Nematodos intestinales, Escherichia coli Sólidos en suspensión Turbidez Conductividad, Arsénico, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, fosfatos, manganeso, molibdeno, níquel, nitrógeno, nitratos, potasio, selenio, vanadio La concentración de los parámetros químicos analizados deberá mantenerse por debajo de los umbrales máximos establecidos por la normativa vigente.
Periodicidad de la inspección:	Según la Norma
Medidas de prevención y corrección:	En caso de no cumplimiento de la calidad mínima exigida, se paralizará el uso del agua regenerada y se ajustarán los equipos de depuración terciaria hasta alcanzar el cumplimiento de los umbrales máximos exigidos.
Documentación:	Los resultados de las inspecciones se reflejarán en los informes ordinarios, adjuntando los resultados de las analíticas practicadas.
Recursos necesarios:	Laboratorio acreditado. Equipo de seguimiento ambiental.

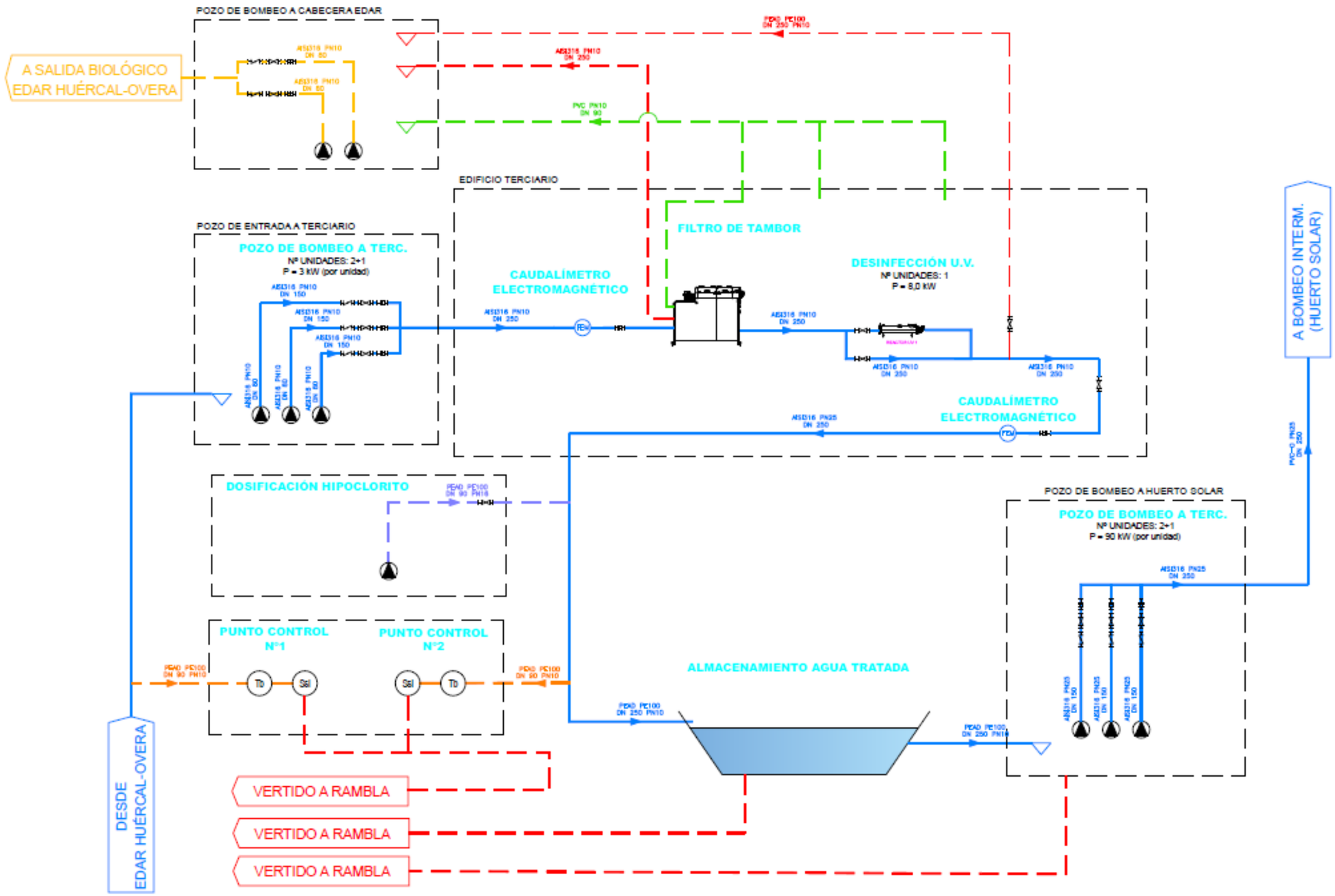
Control de Vulnerabilidad ambiental de la zona	
Objetivo:	Control de vulnerabilidad ambiental de la zona. Verificar que las aguas superficiales del área, en donde se regará con las aguas regeneradas, no han sufrido un impacto negativo en su calidad actual.
Actuaciones:	A partir de las analíticas biológicas y químicas del agua superficial de los cauces de la zona, tomadas aguas arriba y aguas abajo de la zona de regadío, se determinará su posible contaminación.
Lugar de inspección:	Rambla de Zurgena y Rambla de la Guzmaina.

Parámetros de control y umbrales:	Se tomará de base los parámetros de control usados por el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas para estudiar el potencial ecológico y el estado químico de las aguas superficiales: • Amonio • Conductividad • Fósforo total • Nitratos • Clorofila • Biovolumen total de fitoplancton • Índice de Grupos Algales (IGA) • Porcentaje cianobacterias • DBO5 • pH • Oxígeno disuelto • Tasa de saturación de oxígeno La concentración de los parámetros analizados se comparará con los valores previos a la utilización de las aguas regeneradas en el regadío, determinándose si se ha producido una alteración con pérdida de calidad de las aguas superficiales tras el uso de las aguas regeneradas.
Periodicidad de la inspección:	Abril – noviembre (estación de riegos) • Amonio…… ..Mensual • Conductividad……..Mensual • Fósforo total…… …..Mensual • Nitratos…… B …..Mensual • Clorofila…… ….Trimestral • Biovolumen total de fitoplancton …Trimestral • Índice de Grupos Algales (IGA) …Trimestral • Porcentaje cianobacterias… …Trimestral • DBO5…… Trimestral • pH…… Trimestral • Oxígeno disuelto … …Trimestral • Tasa de saturación de oxígeno… …Trimestral
Medidas de prevención y corrección:	En caso de detectarse una pérdida de calidad de las aguas superficiales, se paralizará el uso del agua regenerada y se estudiará las causas con la determinación de las medidas a tomar para solventar la situación.
Documentación:	Los resultados de las inspecciones se reflejarán en los informes ordinarios, adjuntando los resultados de las analíticas practicadas por la Administración competente.
Recursos necesarios:	Equipo de seguimiento ambiental.

Control de la calidad y la cantidad de los retornos de las aguas regeneradas	
Objetivo:	Verificar que las aguas subterráneas del área en donde se regará con las aguas regeneradas, no han sufrido un impacto negativo en su calidad actual.
Actuaciones:	Se realizarán periódicamente analíticas químicas del agua subterránea. Para ello, se realizará el estudio hidrogeológico del área de actuación, con objeto de establecer una red de piezómetros de control a partir de las infraestructuras existentes, particularmente de las captaciones de aguas subterráneas existentes en la zona y su entorno. La determinación de las ubicaciones de los puntos de control se realizará a partir de un estudio hidrogeológico del área de actuación, que determinará el funcionamiento hidrogeológico de la zona.
Lugar de inspección:	Red de piezómetros de control. La red estará constituida por cinco puntos de control (uno aguas arriba y cuatro aguas abajo).
Parámetros de control y umbrales:	Se tomará de base los parámetros de control usados por el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas para estudiar el estado químico de las aguas subterráneas: Nivel piezométrico, Conductividad, Salmonelas, Amonio, Arsénico, Cadmio, Cloruros, Mercurio, Nitratos, Plaguicidas, Plomo, Sulfatos, Tricloroetileno, Tetracloroetileno. Los parámetros analizados se compararán con los valores previos a la utilización de las aguas regeneradas en el regadío, determinándose si se ha producido una alteración con pérdida de calidad de las aguas subterráneas tras el uso de las aguas regeneradas, así como disminución del volumen de recursos hídricos almacenados en el acuífero.
Periodicidad de la inspección:	Nivel piezométrico… ..Diario NO3/CE …… ….Mensual NO2 …… ……Trimestral NH4 ……..Trimestral PO4 …… .Trimestral Plaguic…… …Semestral Comp may…… ……Semestral Otros indicadores… …Semestral

Medidas de prevención y corrección:	En caso de detectarse una pérdida de calidad de las aguas subterráneas, se paralizará el uso del agua regenerada y se estudiará las causas, con la determinación de las medidas a tomar para solventar la situación. En caso de detectarse la superación de los umbrales máximos, se deberá actuar inmediatamente para reducir el uso de fertilizantes y cualquier otro producto que pueda ser causante de dicha superación. En cualquier caso, antes de interrumpir el uso de agua regenerada, se compararán las analíticas de éstas con las de caracterización de las aguas regeneradas, por si no se detectase una relación directa de la calidad de aguas de retorno con las de empleo de esas aguas reutilizadas.
Documentación:	Los resultados de las inspecciones se reflejarán en los informes ordinarios, con un apartado específico acerca de la hidrogeología en dichos informes, adjuntando los resultados de los controles practicados.
Recursos necesarios:	Laboratorio acreditado. Equipo de seguimiento ambiental.

APÉNDICE 1: DIAGRAMA DE FLUJO


POZO DE BOMBEO A CABECERA EDAR
A SALIDA BIOLÓGICO EDAR HUÉRCAL-OVERA
AISI316 PN10 DN 80
AISI316 PN10 DN 80
PEAD PE100 DN 250 PN10
AISI316 PN10 DN 250
PVC PN10 DN 90
EDIFICIO TERCIARIO
POZO DE ENTRADA A TERCIARIO
POZO DE BOMBEO A TERC.
Nº UNIDADES: 2+1
P = 3 kW (por unidad)
AISI316 PN10 DN 150
AISI316 PN10 DN 150
AISI316 PN10 DN 150
AISI316 PN10 DN 80
AISI316 PN10 DN 80
AISI316 PN10 DN 80
CAUDALÍMETRO ELECTROMAGNÉTICO
FILTRO DE TAMBOR
DESINFECCIÓN U.V.
Nº UNIDADES: 1
P = 8,0 kW
AISI316 PN10 DN 250
AISI316 PN10 DN 250
AISI316 PN10 DN 250
AISI316 PN10 DN 250
CAUDALÍMETRO ELECTROMAGNÉTICO
AISI316 PN25 DN 250
A BOMBEO INTERM. (HUERTO SOLAR)
PVC-O PN25 DN 250
DOSIFICACIÓN HIPOCLORITO
PEAD PE100 DN 90 PN10
POZO DE BOMBEO A HUERTO SOLAR
POZO DE BOMBEO A TERC.
Nº UNIDADES: 2+1
P = 90 kW (por unidad)
AISI316 PN25 DN 250
AISI316 PN25 DN 150
AISI316 PN25 DN 150
AISI316 PN25 DN 150
PUNTO CONTROL Nº1
PUNTO CONTROL Nº2
Tb
Sal
Sal
Tb
PEAD PE100 DN 90 PN10
PEAD PE100 DN 90 PN10
ALMACENAMIENTO AGUA TRATADA
PEAD PE100 DN 250 PN10
PEAD PE100 DN 250 PN10
DESDE EDAR HUÉRCAL-OVERA
VERTIDO A RAMBLA
VERTIDO A RAMBLA
VERTIDO A RAMBLA