



ANEJO 1. CUADRO DE PRECIOS





CÓDIGO	UD.	CONCEPTO	PRECIO
1		PERSONAL	
1.1	Mes	Responsable del contrato (20%)	
1.2	Mes	Responsable investigador (100%)	
1.3	Mes	Responsable de explotación (100%)	
1.4	Mes	Analista de laboratorio (100%)	
2		ANALÍTICA	
2.1	Ud.	Kits de Analíticas en Planta según tabla de analíticas del anejo 3 del PPTP (DQO, Nitratos, fosfatos, fósforo total, hierro, aluminio, ozono en agua, amonio, dióxido de cloro, cloro libre, manganeso, ozono)	
2.2	Ud.	Escobillas limpieza	
2.3	Ud.	Patrón pH 4,00 (0,5l)	
2.4	Ud.	Patrón pH 7,00 (0,5l)	
2.5	Ud.	Patrón pH 9,22 (0,5l)	
2.6	Ud.	Patrón de conductividad 147 µS/cm (0,5l)	
2.7	Ud.	Patrón de conductividad 1.413 µS/cm (0,5l)	
2.8	Ud.	Guantes nitrilo	
2.9	Ud.	Vasos de vidrio 1000ml	
2.10	Ud.	Vasos de vidrio 2000ml	
2.11	Ud.	Cubetas para espectrofotómetro	
3		MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN	
3.1	Ud.	Mantenimientos reglamentarios PCI, BT, etc...	
3.2	Ud.	Mantenimiento instrumentación general de planta	
3.3	Ud.	Mantenimiento de medidor de Trihalometanos	
3.4	Ud.	Mantenimiento de medidor de TOC	
3.5	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ozono	
3.6	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ultravioletas	
3.7	Ud.	Mantenimiento de Generador de Cloro y Dióxido de Cloro	
3.8	Ud.	Mantenimiento equipos electromecánicos de planta	
3.9	Ud.	Mantenimiento de casetas, estructuras, tuberías, etc	
4	Año	ADMINISTRACIÓN	
4.1	Mes	Vehículo a disposición de la planta piloto	
4.2	Mes	Telefonía e internet	
4.3	Ud.	Vestuario y EPIs para el personal de Planta y laboratorio	
4.4	Ud.	Productos de limpieza industrial	
4.5	Ud.	Seguros (Todo riesgo, RSC,...)	
4.6	Ud.	Material de oficina	
4.7	Ud.	Revisiones médicas del personal	
5	Año	REACTIVOS	
5.1	Kg	Policloruro de aluminio al 39%	
5.2	Kg	Sulfato de alúmina al 27%	
5.3	Kg	peróxido de hidrógeno al 35%	
5.4	Kg	almidón	



5.5	Kg	polydadmec	
5.6	Kg	carbón activo en polvo	
5.7	Kg	permanganato potásico	
5.8	Kg	hidróxido de sodio al 25%	
5.9	Ud.	cloro gas. Botella 100 kg	
5.10	Kg	ácido clorhídrico	
5.11	Kg	clorito sódico	
6		MODIFICACIONES DE PROCESO	
6.1	ml	Tubería en PP PN 10, DN 63, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 32, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 15, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	
6.3	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN63. Totalmente instalada y probada.	
6.4	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN32. Totalmente instalada y probada.	
6.5	kg	Acero inoxidable AISI-316 para soportación, incluyendo anclajes en el mismo material. Instalado.	
6.6	Ud	Deposito PP 1 m3, con cinco conexiones DN-63. Instalado y probado	
6.7	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x2,5 mm2. Instalado y probado	
6.8	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x10 mm2. Instalado y probado	
6.9	ml	Cable conductor Profibus DP. Instalado y probado.	
6.10	Ud	Sonda medición ozono en líquido, incluyendo sensor de ozono 0-5 ppm, controlador de ppm, caja para modulo montaje en pared y soporte instalación bypass. Compatible con sistema de dosificación de ozono existente. Totalmente instalada y probada	
6.11		Programación entrada/salida digital	
6.12		Programación pantalla SCADA	





ANEJO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO





1. MEDICIONES

	UD.	CONCEPTO	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
1		PERSONAL			
1.1	Mes	Responsable del contrato (20%)	12		
1.2	Mes	Responsable investigador (100%)	12		
1.3	Mes	Responsable de explotación (100%)	12		
1.4	Mes	Analista de laboratorio (100%)	12		
2		ANALISIS DE AGUAS A REALIZAR EN LA PLANTA PILOTO			
2.1	Ud.	Kits de Analíticas en Planta según tabla de analíticas del anejo 3 del PPTP (DQO, Nitratos, fosfatos, fosforo total, hierro, aluminio, ozono en agua, amonio, dióxido de cloro, cloro libre, manganeso, ozono)	1		
2.2	Ud.	Escobillas limpieza	4		
2.3	Ud.	Patrón pH 4,00 (0,5l)	2		
2.4	Ud.	Patrón pH 7,00 (0,5l)	2		
2.5	Ud.	Patrón pH 9,22 (0,5l)	2		
2.6	Ud.	Patrón de conductividad 147 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,5l)	2		
2.7	Ud.	Patrón de conductividad 1.413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,5l)	2		
2.8	Ud.	Guantes nitrilo	16		
2.9	Ud.	Vasos de vidrio 1000ml	10		
2.10	Ud.	Vasos de vidrio 2000ml	4		
2.11	Ud.	Cubetas para espectrofotómetro	1		
3		MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN			
3.1	Ud.	Mantenimientos reglamentarios PCI, BT, etc...	1		
3.2	Ud.	Mantenimiento instrumentación general de planta	1		
3.3	Ud.	Mantenimiento de medidor de Trihalometanos	1		
3.4	Ud.	Mantenimiento de medidor de TOC	1		
3.5	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ozono	1		
3.6	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ultravioletas	1		
3.7	Ud.	Mantenimiento de Generador de Cloro y Dióxido de Cloro	1		
3.8	Ud.	Mantenimiento equipos electromecánicos de planta	1		
3.9	Ud.	Mantenimiento de casetas, estructuras, tuberías, etc	1		
4	Año	ADMINISTRACIÓN	1		





4.1	Mes	Vehículo a disposición de la planta piloto	1		
4.2	Mes	Telefonía e internet	1		
4.3	Ud.	Vestuario y EPIs para el personal de Planta y laboratorio	1		
4.4	Ud.	Productos de limpieza industrial	1		
4.5	Ud.	Seguros (Todo riesgo, RSC,...)	1		
4.6	Ud.	Material de oficina	1		
4.7	Ud.	Revisiones médicas del personal	3		
5	Año	REACTIVOS			
5.1	Kg	Policloruro de aluminio al 39%	2420		
5.2	Kg	Sulfato de alúmina al 27%	2640		
5.3	Kg	peróxido de hidrógeno al 35%	3600		
5.4	Kg	almidón	25		
5.5	Kg	polydamac	25		
5.6	Kg	carbón activo en polvo	20		
5.7	Kg	permanganato potásico	25		
5.8	Kg	hidróxido de sodio al 25%	2550		
5.9	Ud.	cloro gas. Botella 100 kg	100		
5.10	Kg	ácido clorhídrico	23		
5.11	Kg	clorito sódico	23		
6		ADAPTACIONES DE PROCESO			
6.1	ml	Tubería en PP PN 10, DN 63, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	60		
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 32, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	60		
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 15, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	50		
6.3	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN63. Totalmente instalada y probada.	5		
6.4	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN32. Totalmente instalada y probada.	5		
6.5	kg	Acero inoxidable AISI-316 para soportación, incluyendo anclajes en el mismo material. Instalado.	50		
6.6	Ud	Deposito PP 1 m3, con cinco conexiones DN-63. Instalado y probado	1		
6.7	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x2,5 mm2. Instalado y probado	97		
6.8	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x10 mm2. Instalado y probado	50		
6.9	ml	Cable conductor Profibus DP. Instalado y probado.	50		





6.10	Ud	Sonda medición ozono en líquido, incluyendo sensor de ozono 0-5 ppm, controlador de ppm, caja para modulo montaje en pared y soporte instalación bypass. Compatible con sistema de dosificación de ozono existente. Totalmente instalada y probada	1		
6.11		Programación entrada/salida digital	20		
6.12		Programación pantalla SCADA	2		
				TOTAL	



2. PRESUPUESTO

CÓDIGO	UD.	CONCEPTO	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
1		PERSONAL			192.672,96 €
1.1	Mes	Responsable del contrato (20%)	12	1.686,83 €	20.241,96 €
1.2	Mes	Responsable investigador (100%)	12	5.622,75 €	67.473,00 €
1.3	Mes	Responsable de explotación (100%)	12	4.373,25 €	52.479,00 €
1.4	Mes	Analista de laboratorio (100%)	12	4.373,25 €	52.479,00 €
2		ANALÍTICA			6.765,53 €
2.1	Ud.	Kits de Analíticas en Planta según tabla de analíticas del anejo 3 del PPTP (DQO, Nitratos, fosfatos, fosforo total, hierro, aluminio, ozono en agua, amonio, dióxido de cloro, cloro libre, manganeso, ozono)	1	5.997,60 €	5.997,60 €
2.2	Ud.	Escobillas limpieza	4	2,50 €	10,00 €
2.3	Ud.	Patrón pH 4,00 (0,5l)	2	10,50 €	21,00 €
2.4	Ud.	Patrón pH 7,00 (0,5l)	2	10,50 €	21,00 €
2.5	Ud.	Patrón pH 9,22 (0,5l)	2	12,59 €	25,18 €
2.6	Ud.	Patrón de conductividad 147 μ S/cm (0,5l)	2	9,71 €	19,42 €
2.7	Ud.	Patrón de conductividad 1.413 μ S/cm (0,5l)	2	9,71 €	19,42 €
2.8	Ud.	Guantes nitrilo	16	12,56 €	200,96 €
2.9	Ud.	Vasos de vidrio 1000ml	10	3,55 €	35,50 €
2.10	Ud.	Vasos de vidrio 2000ml	4	10,15 €	40,60 €
2.11	Ud.	Cubetas para espectrofotómetro	1	374,85 €	374,85 €
3		MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN			55.947,34 €
3.1	Ud.	Mantenimientos reglamentarios PCI, BT, etc...	1	1.874,25 €	1.874,25 €
3.2	Ud.	Mantenimiento instrumentación general de planta	1	12.435,02 €	12.435,02 €
3.3	Ud.	Mantenimiento de medidor de Trihalometanos	1	18.742,50 €	18.742,50 €
3.4	Ud.	Mantenimiento de medidor de TOC	1	3.452,33 €	3.452,33 €
3.5	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ozono	1	6.373,47 €	6.373,47 €
3.6	Ud.	Mantenimiento de equipamiento de ultravioletas	1	1.249,50 €	1.249,50 €
3.7	Ud.	Mantenimiento de Generador de Cloro y Dióxido de Cloro	1	4.698,12 €	4.698,12 €
3.8	Ud.	Mantenimiento equipos	1	4.623,15 €	4.623,15 €





		electromecánicos de planta			
3.9	Ud.	Mantenimiento de casetas, estructuras, tuberías, etc	1	2.499,00 €	2.499,00 €
4	Año	ADMINISTRACIÓN	1		9.471,21 €
4.1	Mes	Vehículo a disposición de la planta piloto	1	4.648,14 €	4.648,14 €
4.2	Mes	Telefonía e internet	1	1.199,52 €	1.199,52 €
4.3	Ud.	Vestuario y EPIs para el personal de Planta y laboratorio	1	249,90 €	249,90 €
4.4	Ud.	Productos de limpieza industrial	1	249,90 €	249,90 €
4.5	Ud.	Seguros (Todo riesgo, RSC,...)	1	2.499,00 €	2.499,00 €
4.6	Ud.	Material de oficina	1	249,90 €	249,90 €
4.7	Ud.	Revisiones médicas del personal	3	124,95 €	374,85 €
5	Año	REACTIVOS			6.046,35 €
5.1	Kg	Policloruro de aluminio al 39%	2420	0,42 €	1.016,40 €
5.2	Kg	Sulfato de alúmina al 27%	2640	0,27 €	712,80 €
5.3	Kg	peróxido de hidrógeno al 35%	3600	0,79 €	2.844,00 €
5.4	Kg	almidón	25	2,82 €	70,50 €
5.5	Kg	polydmac	25	2,43 €	60,75 €
5.6	Kg	carbón activo en polvo	20	2,77 €	55,40 €
5.7	Kg	permanganato potásico	25	4,78 €	119,50 €
5.8	Kg	hidróxido de sodio al 25%	2550	0,36 €	918,00 €
5.9	Ud.	cloro gas. Botella 100 kg	100	2,03 €	203,00 €
5.10	Kg	ácido clorhídrico	23	0,33 €	7,59 €
5.11	Kg	clorito sódico	23	1,67 €	38,41 €
6		MODIFICACIONES DE PROCESO			17.850,00 €
6.1	ml	Tubería en PP PN 10, DN 63, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	60	45,00 €	2.700,00 €
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 32, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	60	30,00 €	1.800,00 €
6.2	ml	Tubería en PP PN 10, DN 15, incluyendo parte proporcional de accesorios, valvulería y soporte en AISI-316. Instalada y probada.	50	20,00 €	1.000,00 €
6.3	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN63. Totalmente instalada y probada.	5	85,00 €	425,00 €
6.4	Ud	Válvula de bola manual PP, PN10, DN32. Totalmente instalada y probada.	5	58,00 €	290,00 €





6.5	kg	Acero inoxidable AISI-316 para soportación, incluyendo anclajes en el mismo material. Instalado.	50	10,00 €	500,00 €
6.6	Ud	Deposito PP 1 m3, con cinco conexiones DN-63. Instalado y probado	1	3.000,00 €	3.000,00 €
6.7	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x2,5 mm2. Instalado y probado	97	5,00 €	485,00 €
6.8	ml	Cable de cobre armado tipo RZ1MZ1-k 0,6/1 KV 4x10 mm2. Instalado y probado	50	7,00 €	350,00 €
6.9	ml	Cable conductor Profibus DP. Instalado y probado.	50	6,00 €	300,00 €
6.10	Ud	Sonda medición ozono en líquido, incluyendo sensor de ozono 0-5 ppm, controlador de ppm, caja para modulo montaje en pared y soporte instalación bypass. Compatible con sistema de dosificación de ozono existente. Totalmente instalada y probada	1	3.500,00 €	3.500,00 €
6.11		Programación entrada/salida digital	20	25,00 €	500,00 €
6.12		Programación pantalla SCADA	2	1.500,00 €	3.000,00 €
				TOTAL	288.753,39 €



Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia

**“Proyecto explotación planta piloto, para el
tratamiento de aguas del Nervión a su paso por
Etxebarri”**

DOCUMENTO DIRECTOR



Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia

Noviembre de 2018





INDICE

0.	ANTECEDENTES	2
1.	OBJETIVOS	2
3.	PLANTA PILOTO.	3
3.1.	Laboratorio y analítica	3
3.2.	Equipos de tratamiento en Planta	11
4.	PLAN DE EXPERIMENTACION	12
4.1.	Planta Piloto Etxebarri	12
4.1.1.	Muestreos	13
4.1.2.	Analíticas	14
4.1.3.	Operación en planta	17
4.1.4.	Cronograma 1 ^{er} año	19
	ANEXOS	20





0. ANTECEDENTES

El Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia dispone de una concesión para captar, en determinadas circunstancias, un caudal máximo de 2.000 l/s del río Nervión, a su paso por Etxebarri. Actualmente el bombeo que permite enviar este caudal a la ETAP de Venta Alta para su tratamiento se encuentra operativo y está ubicado en el tanque de tormentas de Etxebarri situado junto a la presa de Bolueta. Esta nueva infraestructura complementará las ya existentes, de cara a afrontar eventuales episodios de escasez de los recursos o paradas técnicas.

La calidad del agua del río Nervión a su paso por Etxebarri tiene, según RD 1541/94 (ref. LEG 11) una calificación de Tipo A3 (ref. G45. "Informe Calidad Aguas Captación NERVIÓN N-22-BOLUETA. 2017") y es claramente inferior a la del agua procedente del sistema del Zadorra, que es la procedencia habitual del influente tratado en la ETAP de Venta Alta.

Así, las aguas del Río Nervión a su paso por la localidad de Etxebarri tienen, en base a los resultados analíticos y al RD 1541/1994 una calidad de agua tipo A2/A3 y en base a los Índices de Calidad Química que presenta, esta catalogada como del tipo A3.

Por tanto, estas aguas requerirían de un tratamiento de tipo A3 para su potabilización.

La necesidad de prever el tratamiento de estas aguas con las garantías de calidad requeridas, es lo que nos lleva a plantear la necesidad de ensayar en planta piloto el comportamiento que tendría la ETAP de Venta Alta alimentada con este recurso.

Así, el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia elaboró el 'Anteproyecto de la planta piloto para ensayos de agua del río Nervión en Bolueta' siendo publicado en el BOB el 22 de junio de 2016 (nº 119).

La redacción del Proyecto de Construcción, Ejecución de las obras y Explotación de la Planta Piloto para Ensayos de Tratamiento de Aguas del Río Nervión, se adjudicó a la empresa Cadagua S.A.

1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es determinar si el proceso de tratamiento de la Fase II de Venta Alta es capaz de producir un agua de calidad, según RD 140/2003 (ref. LEG 01 y 02) a partir de la captación de agua bruta del río Nervión, en el tramo de Etxebarri. En su caso, identificar qué otros tratamientos serían necesarios para asegurar, en todo momento y situación dicha calidad.

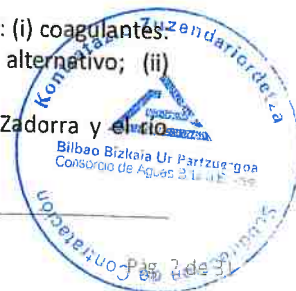
Esta alternativa se baraja como probable en los siguientes supuestos:

Los tres escenarios en los que se usaría el bombeo del agua del río Nervión, según se recoge en el Acta nº 1 de fecha 20/10/2014, serían:

- Sequía. Se debería hacer con previsión, no con cota mínima, ya que en caso de sequía el río llevaría poco agua.
- Mantenimiento de tubería de abastecimiento de Venta Alta.
- Imprevistos y averías

Como otros objetivos, se contemplan:

- Comparar el rendimiento de la planta piloto con los nuevos límites de calidad de agua para consumo humano que propone la "Propuesta de DIRECTIVA 2018-04-17, de Calidad de las aguas destinadas al consumo humano" (ref. LEG 08 y LEG 09).
- Evaluar el uso de reactivos alternativos, en la etapa de coagulación-floculación: (i) coagulantes: polisulfato de aluminio (PAS) actual o policloruro de aluminio (PAX) alternativo; (ii) coadyuvantes a la floculación: permanganato o carbono activo en polvo (CAP).
- Evaluar el comportamiento del clarificador frente a la mezcla de aguas del Zadorra y el río Nervión.





- Presentar proyectos de I+D en relación a:

- Las prestaciones que puedan aportar las membranas de ultrafiltración al tratamiento global del proceso.
- El estudio de contaminantes emergentes, en cuanto a su presencia en río y sus posibles tratamientos de eliminación. Al ser el grupo de sustancias contaminantes emergentes amplio, se plantea iniciar el estudio con alguna de las sustancias incluidas en la segunda lista de observación (ref. LEG 07), candidatas a formar parte de la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas (Anexo I, Directiva 2013/39/UE) así como el 17-beta-estradiol (E2) (CAS 50-28-2) que provenía de la primera lista de observación y actualmente está propuesta para formar parte de esa lista de sustancias prioritarias (ref. LEG 07). Recabar datos de seguimiento en el río y en las diferentes etapas de tratamiento, con el fin de facilitar la adopción de medidas adecuadas para afrontar el riesgo que suponen dichas sustancias (recogido de la Directiva 2013/39/UE).
- Bacterias resistentes a antibióticos (ARB y ARG). La emisión de antibióticos al medio representa uno de los problemas más graves y preocupantes ligados a los contaminantes emergentes, dado que en la segunda lista de sustancias candidatas (ref. LEG 07) hay tres sustancias antibióticas de nueve propuestas (38%). Su presencia puede dar lugar al desarrollo y proliferación de bacterias resistentes a antibióticos (ARB y ARG), representando un creciente problema de salud pública. A modo de ejemplo, la identificación de este parámetro permitiría, no solo determinar si éste problema se puede dar en las aguas de captación del río Nervión, sino sobre todo evaluar la eficacia de los tratamientos de desinfección, a estudiar en la planta piloto.

3. PLANTA PILOTO.

Durante el período de explotación de la Planta Piloto se llevarán a cabo ensayos con diferentes configuraciones de tratamiento que permitan optimizar el proceso de potabilización del agua, atendiendo a los requerimientos de calidad marcados por el RD 140/2003 y a los valores que se recogen en la nueva propuesta de Directiva (ref. LEG 8 y 9), y que a su vez resulten aplicables, desde el punto de vista económico a la explotación de la planta existente de Venta Alta.

Las diferentes configuraciones a estudiar, estarán diseñadas en función de las diversas sustancias contaminantes presentes en el agua de río así como en situaciones de estacionalidad, episodios de sequía e inundaciones, que puedan provocar incrementos en la concentración de sustancias contaminantes presentes en el agua del río.

Así, para acometer este proyecto de planta piloto se cuenta con una infraestructura, equipamiento y apoyo externo suficiente para garantizar la consecución de los objetivos planteados.

3.1. Laboratorio y analítica

Los equipos e instrumentos de medida, a utilizar en este proyecto están divididos en tres grupos, relacionados con su ubicación y un cuarto, externo al proyecto para analíticas especiales.

a. Equipamiento en línea

Desde el inicio del proyecto, se plantearon una serie de equipos de medida que estarían en línea con el proceso de tratamiento, en la planta piloto. Así el CABB, en un inicio, diseñó un esquema de proceso (ref. G3) donde se recogían las distintas ubicaciones en las que se encontrarían los diferentes equipos de medida. Este esquema de planta piloto ha sido sustituido por uno más actualizado elaborado por Cadagua (ref. G44):



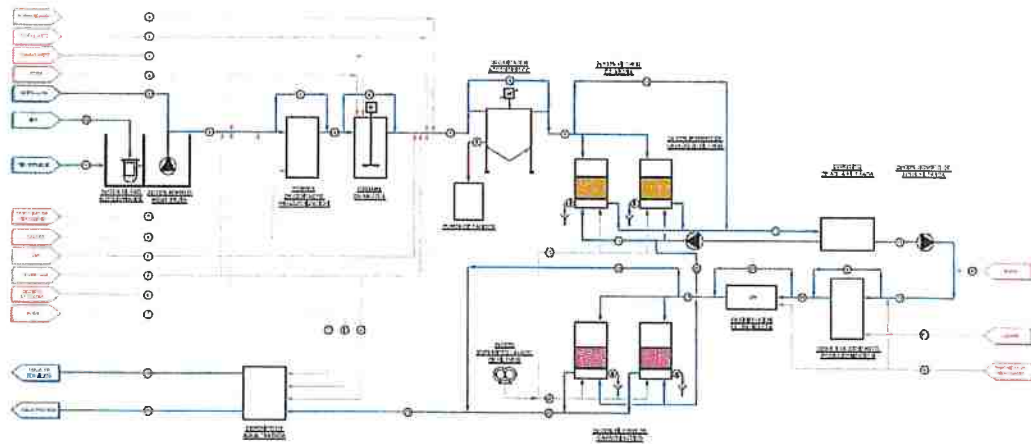


Fig. 1. Esquema de planta piloto (ref. G44)

Este planteamiento ha sido reformulado en el proceso de ejecución, y se hace un inventario de los equipos que van a estar en línea y que vienen recogidos en la siguiente tabla:



Tabla 1. Equipamiento de monitorización, en línea de la planta piloto de Etxebarri.

Tipo medida	nº unidades	Localización	Instalación
<i>Conductividad</i>	2	Previo a la cámara de pre-ozonización	by-pass en skid
		Tubería agua tratada	by-pass en skid
<i>pH</i>	4	Previo a la cámara de pre-ozonización	by-pass en skid
		Previo a decantación	by-pass en skid
		Salida cámara post-ozonización	by-pass en skid
		Depósito agua tratada	by-pass en skid
<i>Turbidez</i>	4	Previo a la cámara de pre-ozonización	s/ medidor en skid
		Posterior a decantación	
		Salida filtración arena	
		Depósito agua tratada	
<i>Temperatura</i>	1	Previo a la cámara de pre-ozonización	by-pass en skid
<i>Detector fugas Cl₂(g)</i>	1	Caseta reactivos	Fijo
<i>Oxígeno disuelto</i>	2	Previo a la cámara de pre-ozonización	a determinar
		Tubería agua tratada	s/fabricante en skid
<i>Dióxido de cloro</i>	4	Previo a la cámara de pre-ozonización	bypass en skid
		Posterior a decantación	bypass en skid
		Salida filtración arena	bypass en skid
		Tubería agua tratada	bypass en skid
<i>Cloro residual</i>	4	Previo a la cámara de pre-ozonización	bypass en skid
		Posterior a decantación	bypass en skid
		Salida filtración arena	bypass en skid
		Tubería agua tratada	bypass en skid
<i>TOC</i>	2	Previo a la cámara de pre-ozonización	interior de caseta de laboratorio
		Tubería agua tratada	
<i>Ozono</i>	2	Posterior a la cámara de pre-ozonización	
		Salida cámara post-ozonización	
<i>Trihalometanos(THM)</i>	1	Tubería agua tratada	interior de caseta de laboratorio

⁽¹⁾ Se proyecta un TOC de 4 canales que analice muestras de: Entrada, tras decantación, tras filtración y salida

(Tabla elaborada a partir del documento de referencia G44, Anexo 21: Plan de Experimentación).

b. Laboratorio planta piloto

La propuesta de analítica y equipos para ensayos, a disponer en el laboratorio, a pie de planta piloto y que se recoge en el proyecto constructivo de la planta piloto, se encuentran ubicados según plano de Planta piloto, Caseta -3, Laboratorio y Oficinas (ver Fig. 2).

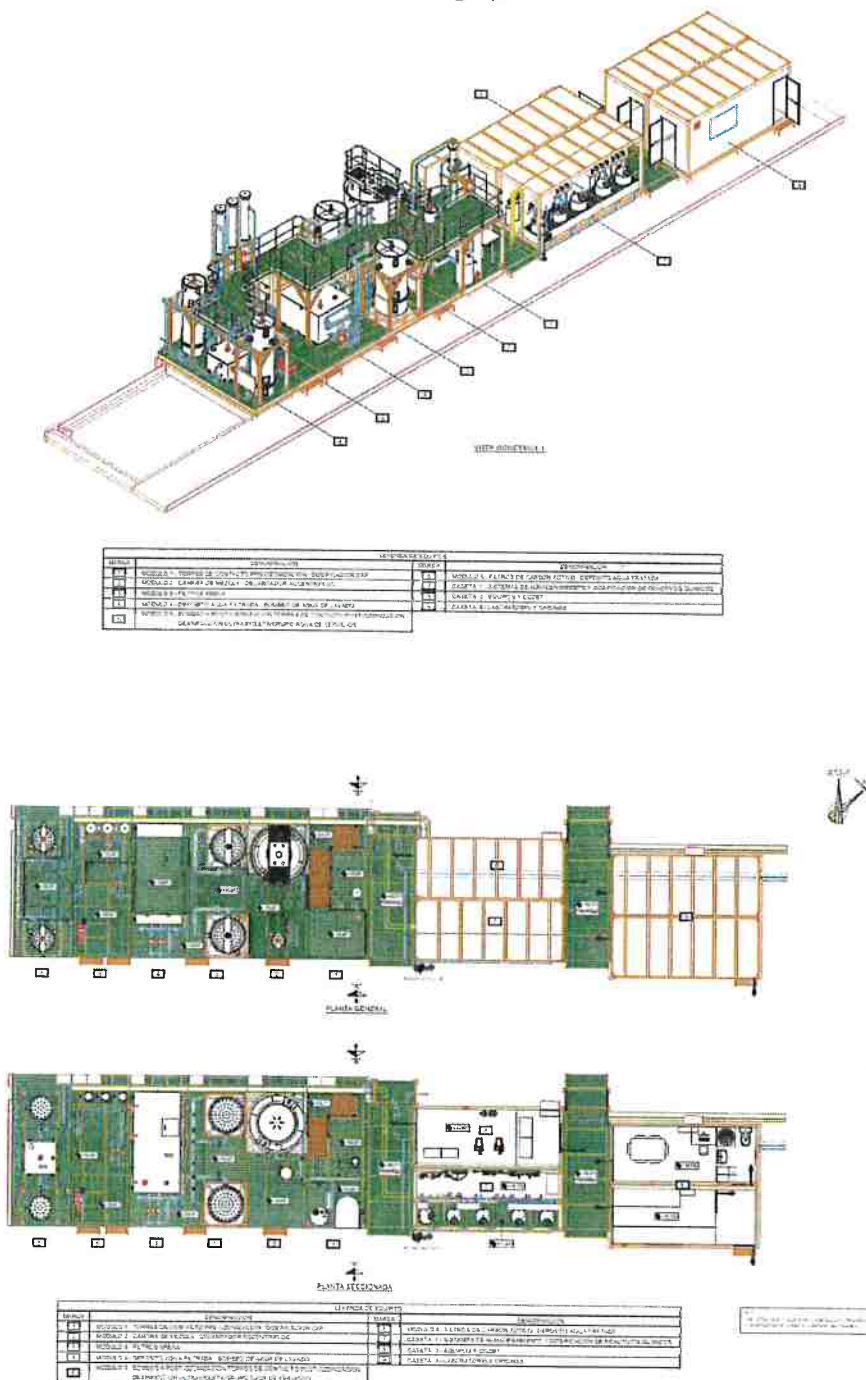


Fig. 2. Plano de Planta piloto (ref. Proyecto Constructivo. Planos de Implantación –Infografías. 200.0917.PP.203.03.00.01.-V02)





Las analíticas a realizar en planta y los equipos de que dispone, se describen en las siguientes tablas:

Tabla 2. Equipamiento de laboratorio de planta piloto de Etxebarri.

Equipo de laboratorio	Unidades	Características
<i>Balanza granatario</i>	1	- Capacidad: 500 g. - Precisión : 0,01 g.
<i>Agitador-calefactor magnético</i>	1	Incluir regulación electrónica de velocidad
<i>Jar-test</i>	1	- Marca: SELECTA o similar. - Modelo: 3000914 - Nº de plazas: 3
<i>Espectrofotómetro preprogramado</i>	1	- Marca: MERCK, HACH o similar. - Digestor de viales
<i>Termoreactor</i> ⁽¹⁾	1	- Marca WTW
<i>Frigorífico</i>	1	- Bajo encimera - Capacidad: 40 litros. - Tensión: 220 V/ 50 Hz.
<i>Equipo producción agua destilada</i>	1	- Capacidad destilación: 3 l/h - Materiales: Vidrio borosilicato con mueble protector.
<i>Sistema filtración</i>	1	Bomba de vacío de las siguientes características: - Capacidad aspiración: 2 m3/h Rampa de filtración de las siguientes características: - Nº puestos: 3 - Material: Acero inoxidable.
<i>pHmetro sobremesa</i>	1	- Rango: 0 a 14 Incluye maletín de transporte y soluciones de calibración.
<i>Turbidímetro</i>	1	- Rango: 0,01 a 1.500 NTU - Precisión: ± 2% - Calibración automática.
<i>Conductivímetro</i>	1	- Rango de medida: 0-20, 0-200, 0-2000 microsiemens/cm - Resolución: 0,1; 1,0 microsiemens/cm Compensación automática de temperatura, incluyendo célula de medida.
<i>Tomamuestras portátil y automático</i>	1	- Muestreo por caudal, tiempo o cantidad. - Extracción mediante bomba peristáltica - Alimentación: 12 VDC - Materiales: caja en plástico - Distribución: 24 botellas de 1 litro en polietileno.

⁽¹⁾ Equipo recogido en un email del 20/07/2017

(Tabla elaborada a partir de los documentos de referencia G16, G36 y negociaciones posteriores).





Tabla 3. Parámetros analíticos a determinar en laboratorio de planta.

Localización	Parámetro analítico
Agua bruta	Turbidez, pH, conductividad, DQO, Fe (disuelto y total), Mn, Al (disuelto y total), Cl ₂ libre, Dióxido de cloro (ClO ₂), fósforo total, nitratos, amonio, y O ₃ residual
Posterior a Preoxidación	Al (disuelto y total), conductividad, nitratos (si O ₃), y amonio (si O ₃), pH, ClO ₂ residual (si ClO ₂)
Salida de Coagulación-floculación-decantación	Turbidez, pH, Conductividad, DQO, Cl libre residual (si Cl ₂), ClO ₂ residual (si ClO ₂), amonio, nitratos, fósforo total, Fe (disuelto y total), Mn (si KMnO ₄) y Al (disuelto y total)
Purga de fango	V ₃₀ (cono Imhoff) y concentración de sólidos
Después de filtración con arena	Turbidez, DQO, Cl libre residual (si Cl ₂), ClO ₂ residual (si ClO ₂), Fe (disuelto y total), pH, Mn (si KMnO ₄), Al (disuelto y total)
Tras oxidación avanzada	pH, Cl libre residual (si Cl ₂), ClO ₂ residual (si ClO ₂), Turbidez, Al (disuelto y total) y Ozono residual
Tras filtros de carbón activo	Conductividad, pH, Turbidez, DQO
Posterior a la etapa de post-desinfección	pH, Tª, Turbidez, DQO, Cl libre residual (si Cl ₂), ClO ₂ residual (si ClO ₂), conductividad, Fe (disuelto y total), Mn, Al (disuelto y total), fósforo total, nitratos, amonio

(Tabla elaborada a partir del documento de referencia G44: Anexo 21: Plan de Experimentación)

c. Laboratorio Venta Alta

El resto de analíticas que compone el conjunto de parámetros a monitorizar en el proyecto piloto, serán realizadas en los laboratorios de Venta Alta y algunas de ellas, enviadas a laboratorios externos. En la siguiente tabla se recogen el inventario de analíticas a realizar en Venta Alta:





Tabla 4. Parámetros analíticos a determinar en laboratorio de Venta Alta (CABB)

Carbono organico total (TOC)	Mercurio	Bromoformo
pH (Control)	Plomo	Bromodichlorometano
Turbidez (control)	Arsénico	Aldrin (SP)
Conductividad (control)	Antimonio	Dieldrin (SP)
Color (control)	Boro	Endosulfan I
Alcalinidad total	Sodio	Endosulfan II
Carbonatos	Potasio	Endosulfan Sulfato
Bicarbonatos	Hierro disuelto y total	Heptacloro (SP)
Oxidabilidad a MnO4K	Aluminio disuelto y total (control)	Heptacloro Epóxido (SP)
Fluoruros (control)	Manganeso (control)	a-HCH
Cloruros (Cl ⁻)	Niquel	b-HCH
Cloro libre residual (control)	Selenio	d-HCH
Cloro combinado residual	Calcio	g-HCH
Cloritos (ClO ₂ ⁻) (control)	Magnesio	p,p'-DDD
Cloratos (ClO ₃ ⁻) (control)	Dureza	p,p'-DDE
Bromatos (control)	Benzo (b) Fluoranteno	p,p'-DDT
Bromuros (control)	Benzo (k) Fluoranteno	Plaguicidas totales
Cianuro	Benzo (a) pireno	Recuento de colonias a 22°C (control)
Amonio (NH ₄ ⁺) (control)	Benzo (ghi) Perileno	Recuento de coliformes totales (control)
Nitratos (NO ₃ ⁻) (control)	Indeno (1,2,3-c.d.) pireno	Recuento de Escherichia coli (control)
Nitritos (NO ₂ ⁻) (control)	1,2-Dicloroetano	Recuento de enterococos (control)
Fosfatos (PO ₄ ³⁻) (control)	Tetracloroetano	Clostridium perfringens (incluidas esporas) (Control)
Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (control)	Tricloroetano (1,1,2)	Invest. Salmonella spp.
Cromo total ¹	Tricloroetano+Tetracloroetano	Clorofila A
Cadmio	Trihalometanos ²	Microcistina
Zinc	Cloroformo	Geosmina
Cobre	Clorodibromometano	2-metil-isoborneol

¹ También se analizará el Cromo VI, aunque no están contemplados valores límite en legislación (Ref. Acta 5/10/2018)

² Los trihalometanos se medirán en el momento de salida del agua tratada y tras 48h de tratamiento para dar tiempo a la formación de trihalometanos a tiempo 0 y 48h. (Ref. Acta 19/10/2018)

³ Puntualmente se medirá la concentración de fangos purgados en el decantador para cuantificar su generación y estimar la cantidad de fango a gestionar.

⁴ Referir el cumplimiento de los Cloritos y Cloratos al borrador de la nueva Directiva, no al RD 140 (Acta 19/10/2019).

Hay una Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, en la que se propone el cambio de la Directiva 98/83/CE, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (ref.: LEG 8 y 9). En el Anexo I, Parte A. Parámetros microbiológicos, propone:

Tabla 5. Propuesta de parámetros microbiológicos como parte del cambio de la Directiva 98/83/CE

A. Parámetros microbiológicos.

Parámetro	Valor paramétrico	Unidades
Esporas de Clostridium perfringens	0	Número/100 ml
Bacterias coliformes	0	Número/100 ml
Enterococos	0	Número/100 ml
Escherichia coli (E. coli)	0	Número/100 ml
Recuento heterotrófico en placas (HPC) 22°C	Sin cambios anómalos	
Colifagos somáticos	0	Número/100 ml
Turbidez	< 1	UNF





Hay una serie de parámetros analíticos de monitorización, que por no ser habituales en el control de la calidad de aguas, el CABB lo analizará a través de laboratorio externo.

Tabla 6. Parámetros analíticos a determinar en laboratorio externo

Olor ⁽¹⁾	Clorobenceno	Bifenox
Sabor ⁽¹⁾	Diclorobencenos (suma)	Isoproturon
Sólidos en Suspensión	Hexacloro-1,3-Butadieno	Pentaclorobenceno
Detergentes	Tetracloruro de Carbono	Quinoxifen
Cromo hexavalente	Triclorobencenos (suma)	Aclonifen
Sílice	Clorfenvinfós	Cibutrina
Cloroalcanos (C10-C13)	Clorpirifos	Hexabromociclododecano
Tributilestaño-TBT	Diclorvos-Triclorfon	PFOS
Antraceno	Alacloro	PBDE 28
Naftaleno	Dicofol	Di(2-etilhexil) ftalato (DEHP)
Fluoranteno	Endrín cetona	4-nonilfenoles etoxilados
Pentaclorofenol	Hexaclorobenceno	4-octilfenoles etoxilados
Benceno	Isodrín	PCDD (Dioxinas)
Tolueno	Metolacoloro	Leptospira interrogans ⁽³⁾
etilbenceno	o,p-DDT	17-alfa-etinilestradiol ⁽²⁾
o-xileno	p,p-DDT	17-beta-estradiol ⁽²⁾
m,p-xileno	Atrazina	Antibióticos macrólidos ⁽²⁾
Suma xilenos	Simazina	Metlocarb ⁽²⁾
1,1,1-Tricloroetano	Terbutilazina	Neonicotinoides ⁽²⁾
1,2,3-Triclorobenceno	Terbutrin	Metaflumizona ⁽²⁾
1,2,4-Triclorobenceno	Trifluralina	Amoxicilina ⁽²⁾
1,2-Dicloroetano	Cipermetrina	Ciprofloxacina ⁽²⁾
1,3,5-Triclorobenceno	Diuron	

⁽¹⁾ El olor y sabor se analizarán en el tercer período (tercera estación), correspondiente a los 4 últimos meses del primer año de proyecto. Se analizarán con las configuraciones que hayan presentado los mejores comportamientos y rendimientos de depuración durante la experimentación de los dos primeros períodos del año (estaciones 1 y 2).

⁽²⁾ Lista de observación de sustancias a efectos de seguimiento a nivel de la Unión Europea, de conformidad con el artículo 8 ter de la Directiva 2008/105/CE, recogida en el documento Decisión de Ejecución (UE) 2018/840 de la Comisión, de 5 de junio de 2018 (nuestra ref.: G47)

⁽³⁾ Incluido a raíz de la aparición de varios casos de Leptospirosis en la ría de Bilbao (Mayo, 2017)

3.2. Equipos de tratamiento en Planta

La Planta Piloto se instala en el tanque de tormentas de Etxebarri, en un área de aparcamiento cercana a la entrada al edificio de bombeo. La superficie disponible para la misma es de 38 metros de largo y 6,90 metros de ancho.

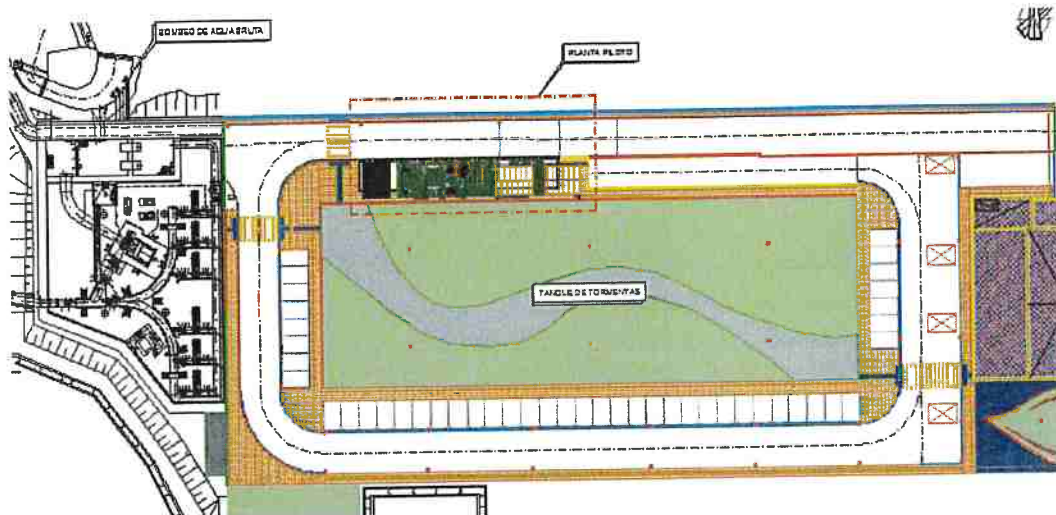


Fig. 3. Localización de planta piloto en tanque de tormentas en Etxebarri.



Fig. 4. Vista planta piloto 3D.

La planta está diseñada para tener una capacidad de tratamiento máxima de 240 m³/día de agua potable operando de forma continua (24 horas/día), aunque hasta la fecha no se ha conseguido este caudal máximo.



La línea de tratamiento cuenta con los siguientes procesos:

- Captación mediante filtro autolimpiante y bombeo de agua bruta
- Pre-oxidación:
 - Permanganato potásico
 - Cl_2
 - ClO_2
 - Pre-Ozonización
- Coagulación con ajuste de pH
- Floculación y dosificación de reactivos en línea: floculante y posibilidad de oxidación en esta etapa (Permanganato potásico, Cl_2 , ClO_2 , CAP)
- Decantación (decantador tipo Accentrifloc)
- Filtración en Arena
- Depósito de agua filtrada y lavado de filtros y bombeo a etapa de oxidación/oxidación avanzada.
- Ajuste de pH (mediante hidróxido sódico) y Oxidación/oxidación avanzada:
 - O_3
 - O_3
 - $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$
 - UV (a aplicar, de forma experimental en el segundo año de explotación), aunque inicialmente no se contempla su aplicación en planta real, por su coste elevado.
- Filtración con Carbón Activo
- Depósito de Agua Tratada
- Desinfección final con ClO_2 (la desinfección con Cl_2 ha quedado, por el momento descartado) y posterior ajuste de pH para cumplir con el RD 140/2003.

4. PLAN DE EXPERIMENTACION

4.1. Planta Piloto Etxebarri

La planta piloto se ubica en el tanque de Etxebarri, junto al futuro Bombeo y Turbinado de Etxebarri.

Tomando como alimentación de agua bruta la captación de aguas del río Nervión, a su paso por Etxebarri, se ensayara el comportamiento de la configuración de la ETAP de Venta Alta (2ª fase) y la incorporación de nuevos procesos para obtener una producción de agua de calidad óptima y sostenible en el tiempo: Así se establece unos límites, en cuanto a la calidad mínima requerida, acorde con los parámetros de calidad establecidos en RD 140/2003, y unos máximos de calidad en línea con el nuevo borrador de Directiva, recogido en la "Propuesta de DIRECTIVA 2018-04-17, de Calidad de las aguas destinadas al consumo humano" (Ref.: Bibliografía, LEG 08 y LEG 09).

Actualmente la planta se opera a un caudal medio de $6,25 \text{ m}^3/\text{h}$, equivalente a $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en Venta Alta, no lográndose el caudal punta de diseño de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, inicialmente previsto en el proyecto (Acta nº 3 de 27/08/2018).

La experimentación se llevará a cabo durante un periodo de 24 meses, dividido en dos periodos de 12 meses.

En un primer período de un año, dividido en tres estaciones de 4 meses cada una, se contrastarán las diferentes configuraciones (8 configuraciones) de proceso diseñadas. Tras este período, se entrará en una segunda etapa de proyecto, de otro año de duración en la que se estudiarán más a fondo y optimizarán las configuraciones que mejores resultados hayan presentado en el primer año de proyecto, así como otras pruebas complementarias relacionadas con el uso de reactivos en la etapa de coagulación – floculación y la mezcla de aguas Zadorra/Nervión para evaluar el comportamiento del clarificador en estas circunstancias.

Los cambios de configuración se realizan los lunes, después de 15 días de operación de una configuración dada y tras la última toma de muestra. Realizar los cambios necesarios para poner en





marcha la nueva configuración y asegurarse de que no existan arrastres de contaminación de la configuración anterior.

Semanalmente, preferentemente los viernes, se realizarán reuniones de seguimiento del grupo de proyecto, a definir, para analizar los resultados y tomar decisiones. En estas reuniones se abordarán y analizarán tanto aspectos y resultados de la planta piloto de Etxebarri como de la planta de ultrafiltración, considerados trabajos de experimentación del mismo proyecto.

Se diseñará una hoja Excel y se habilitará un espacio dentro del "Owncloud" del CABB a la que poder subir los datos que se vayan obteniendo, tanto de analítica como de operación e incidencias de la planta y a la que poder acceder para realizar los análisis de resultados oportunos. Las tablas de valores indicarán en rojo aquellos que se desvíen de la norma (Acta 19/10/2019).

En esta hoja Excel se incorporarán todos los parámetros que está analizando Anbiotek y así trabajar con una única hoja de datos (Acta 5/10/2019).

El adjudicatario enviará los jueves de cada semana los resultados y gráficas obtenidos en la planta durante dicho período, a fin de discutirlos en las reuniones de los viernes. Las gráficas corresponden a los datos de Aluminio, Hierro, pH, DQO y Turbidez, y en ellas se indicará la configuración a la que corresponde. En ellas también se indicará mediante rayas el límite analítico inferior de cada parámetro y los límites marcados por el RD 140/2003 para cada uno de ellos.

Los archivos de datos se nombrarán con la fecha y nombre (ejemplo: 2018_08_27 Graficas seguimiento.xls) y se subirán al Cloud del CABB, avisando por email a todos los implicados al grupo de seguimiento del proyecto (Acta del 27/08/2018).

También elaborará un informe mensual que hará llegar a las personas integrantes del grupo de seguimiento del proyecto. En él se incluirá un capítulo donde se registren datos de proceso como el número de lavados, volumen estimado de purga, dosis de químicos etc. (Acta del 14/09/2018). También incluir en el informe una comparativa de las precipitaciones del mes correspondiente con el histórico de ese mes e indicar el caudal del río en Abusu. Finalmente, incorporar un gráfico de apertura de válvulas de "filtros vs turbidez" en filtros (Acta 19/10/2019).

4.1.1. Muestreos

Los periodos de muestreo estarán predeterminados desde el inicio del proyecto. Así, el CABB llevará a cabo la toma de muestras para analítica completa los lunes, que se corresponde con la determinación semanal.

El número de determinaciones analíticas de cada uno de los parámetros vendrá dado por la importancia de su seguimiento en el proceso, según la siguiente clasificación:

- Seguimiento del parámetro "on line"
- 3 determinaciones por día
- 2 determinaciones por día
- 1 determinación diaria
- 2 determinaciones por semana
- 1 determinación semanal
- 1 determinación quincenal

Aunque inicialmente estaba acordado realizar cuatro determinaciones por día, en una serie de parámetros, una vez iniciada la fase de explotación, hemos constatado que sólo da tiempo a hacer 2 determinaciones de análisis por la mañana y una por la tarde, en total 3 determinaciones analíticas al





día. Por ello, se acuerda modificar el planteamiento inicial, en lo que respecta a esta cuestión y contemplar la realización de 3 determinaciones analíticas al día en vez de 4 (Acta 5/10/2019).

A parte de la analítica de seguimiento que se realice con cada configuración de tratamiento, se recogerá otra información sobre la posible variabilidad de la fuente de captación de agua (Río Nervión, a su paso por Etxebarri), teniendo en cuenta:

- Datos históricos de calidad de agua de río
- Estación del año en la que se realizan las pruebas y sus características
- Régimen luvias
- Tª
- Posibles vertidos incontrolados
- Caudales del río Nervión
- Posible período de inundaciones, sequías, etc.

Los sedimentos son el principal reservorio de contaminación fecal con incrementos en concentraciones de *E. coli* de aproximadamente 100 a 1.000 veces los niveles en régimen de caudal base (Muirhead et al 2004). Estos reservorios de sedimentos se movilizan por flujos en períodos de tormenta (Nagels et al 2002). Los ensayos a realizar y los datos de seguimiento de la planta deberán de tener en cuenta estas situaciones de calidad del agua bruta y caudal del río al cual el tratamiento tiene que enfrentarse, dado que la planta de tratamiento de agua debe de ser concebida y ensayada en circunstancias ambientales diversas.

4.1.2. Analíticas

La inclusión de los diferentes parámetros analíticos a monitorizar en el proyecto, se ha realizado en función de:

- Parámetros de interés para el seguimiento y optimización de procesos de tratamiento.
- Parámetros recogidos en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Sustancias incluidas en el Grupo de sustancias prioritarias recogidas en la DIRECTIVA 2013-39-UE¹
- Sustancias incluidas en la Normas de Calidad Ambiental (RD 60/2011)
- Grupo de contaminantes emergentes² incluidos dentro de la lista de observación de sustancias (Decisión de Ejecución (UE) 2015/495 de la Comisión Europea).

Las determinaciones analíticas del agua bruta y tratada, así como en los diferentes tramos del proceso, acordes con el objetivo de tratamiento de cada uno de los sistemas, se realizarán según el siguiente patrón:

Tabla 7. Parámetros analíticos a determinar en el agua bruta por cada configuración y estación.

Analítica Agua Bruta		
Temperatura	Mercurio	1,2,3-Triclorobenceno

¹ **Sustancias prioritarias:** La Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto, modifica las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE, en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas. En su ANEXO I, lista las sustancias prioritarias que suponen un riesgo significativo en la Unión para el medio acuático o a través de este. Así, la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, establece 45 sustancias o grupos de sustancias que son prioritarios a escala de la Unión.

² **Contaminantes emergentes:** Son contaminantes cuya presencia en el ambiente no es necesariamente nueva, correspondiendo, en muchos casos a contaminantes no controlados, que podrían ser incluidos en futuras reglamentaciones, según sus posibles efectos sobre la salud y su mayor o menor presencia en las aguas de consumo. Debido a su creciente producción y consumo, se van acumulando cada vez más en el ambiente. En general, se hallan en el medio acuático en concentración muy baja (del orden de microgramos por litro). La lista incluye productos como fármacos, productos del cuidado personal, disruptores endocrinos, plaguicidas, drogas de abuso, aditivos de combustibles, retardantes de llama, dioxinas, hormonas y muchas otras sustancias, fundamentalmente de carácter orgánico. Se trata de contaminantes, en su mayoría, tóxicos, persistentes y bioacumulables.



Conductividad	Plomo	1,2,4-Triclorobenceno
pH	Arsénico	1,2-Dicloroetano
Turbidez	Antimonio	1,3,5-Triclorobenceno
Oxígeno disuelto (OD)	Boro	Clorobenceno
Carbono organico total (TOC)	Sodio	Diclorobencenos (suma)
pH	Potasio	Hexacloro-1,3-Butadieno
Turbidez	Hierro disuelto y total	Tetracloroetano
Conductividad	Aluminio disuelto y total	Tetracloruro de Carbono
Color	Manganeso	Triclorobencenos (suma)
Sólidos en Suspensión	Níquel	Tricloroetano (1,1,2)
Alcalinidad total	Selenio	Tricloroetano+Tetracloroetano
Carbonatos	Calcio	Trihalometanos
Bicarbonatos	Magnesio	Cloroformo
DQO (baja concentración) (si AB > 50 NTU)	Dureza	Clorodibromometano
Oxidabilidad a MnO4K	Sílice	Bromoformo
Detergentes	Cloroalcanos (C10-C13)	Bromodiclorometano
Fluoruros (control)	Tributilestaño-TBT	Clorfenvinfos
Cloruros (Cl-)	Antraceno	Clorpirifos
Cloritos (ClO2-)	Naftaleno	Diclorvos-Triclorfon
Cloratos (ClO3-)	Fluoranteno	Alacloro
Bromatos	Benzo (b) Fluoranteno	Aldrín (SP)
Bromuros	Benzo (k) Fluoranteno	Dicofol
Cianuro	Benzo (a) pireno	Dieldrín (SP)
Amonio (NH4+)	Benzo (ghi) Perileno	Endosulfan I
Nitratos (NO3-)	Indeno (1,2,3-c.d.) pireno	Endosulfan II
Nitritos (NO2-)	Pentaclorofenol	Endosulfan Sulfato
Fósforo total	Benceno	Endrín cetona
Fosfatos (PO4 ³⁻)	Tolueno	Heptacloro (SP)
Sulfatos (SO4=)	etilbenceno	Heptacloro Epóxido (SP)
Cromo total	o-xileno	Hexaclorobenceno
Cromo hexavalente	m,p-xileno	Isodrín
Cadmio	Suma xilenos	Metolacloro
Zinc	1,2-Dicloroetano	
Cobre	1,1,1-Tricloroetano	



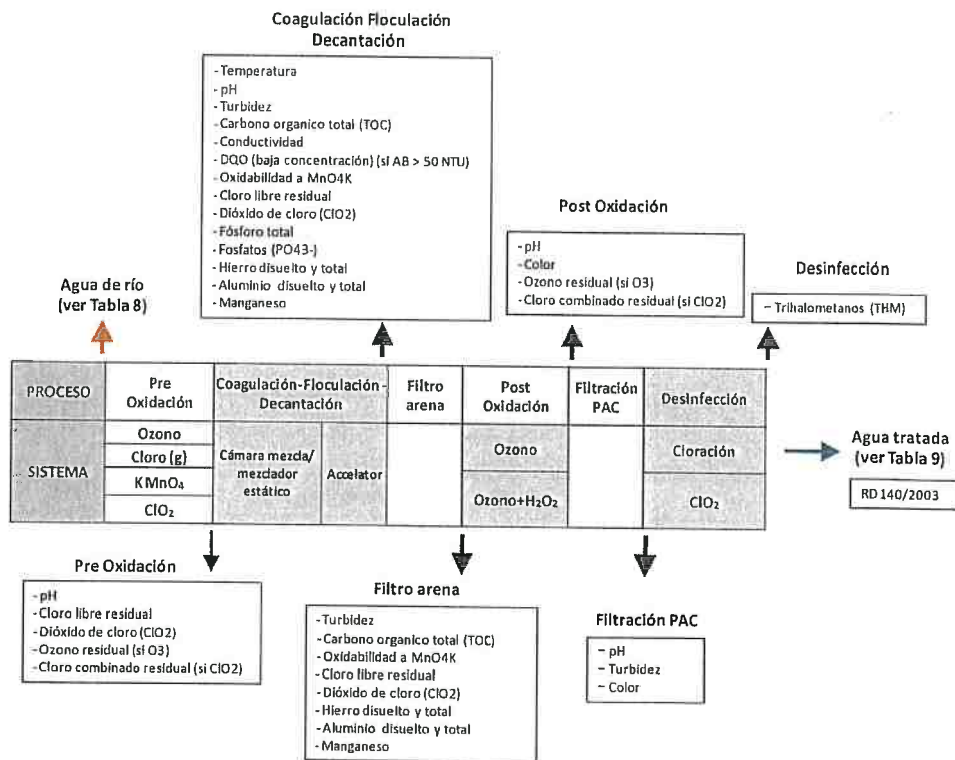


Fig. 5. Parámetros analíticos a determinar en los diversos sistemas y procesos de tratamiento.

Tabla 8. Parámetros analíticos a determinar en el agua tratada por cada configuración y estación.

Análítica Agua Tratada		
Temperatura	Cromo total	Cloroformo
Conductividad	Cadmio	Clorodibromometano
pH	Zinc	Bromoformo
Turbidez	Cobre	Bromodiclorometano
Oxígeno disuelto (OD)	Mercurio	Aldrín (SP)
Carbono orgánico total (TOC)	Plomo	Dieldrín (SP)
Color	Arsénico	Endosulfan I
Olor	Antimonio	Endosulfan II
Sabor	Boro	Endosulfan Sulfato
Alcalinidad total	Sodio	Heptacloro (SP)
Carbonatos	Potasio	Heptacloro Epóxido (SP)
Bicarbonatos	Hierro disuelto y total	a-HCH
DQO (baja concentración) (si AB > 50 NTU)	Aluminio disuelto y total (control)	b-HCH
Oxidabilidad a MnO4K	Manganeseo	d-HCH
Fluoruros (control)	Niquel	g-HCH
Cloruros (Cl ⁻)	Selenio	p,p'-DDD
Cloro libre residual	Calcio	p,p'-DDE
Cloro combinado residual	Magnesio	p,p'-DDT
Dióxido de cloro (ClO2)	Dureza	Plaguicidas totales
Cloritos (ClO2 ⁻)	Benzo (b) Fluoranteno	Recuento de colonias a





Analítica Agua Tratada		
		22°C
Cloratos (ClO_3^-)	Benzo (k) Fluoranteno	Recuento de coliformes totales
Bromatos	Benzo (a) pireno	Recuento de Escherichia coli
Bromuros	Benzo (ghi) Perileno	Recuento de enterococos
Cianuro	Indeno (1,2,3-c.d.) pireno	Clostridium perfringens (incluidas esporas)
Amonio (NH_4^+)	Benceno	Invest. Salmonella spp.
Nitratos (NO_3^-)	1,2-Dicloroetano	Clorofila A
Nitritos (NO_2^-)	Tetracloroetano	Microcistina
Fósforo total	Tricloroetano (1,1,2)	Geosmina
Fosfatos (PO_4^{3-})	Tricloroetano+Tetracloroetano	2-metil-isoborneol
Sulfatos (SO_4^{2-})	Trihalometanos	

Se acuerda incluir la analítica de los sólidos en suspensión totales (SST) de la purga de fangos de la cámara de floculación, analítica que realizará el laboratorio del CABB.

También se acuerda realizar una serie de acciones a fin de clarificar algunos aspectos que están surgiendo durante el seguimiento de las diferentes configuraciones en este primer cuatrimestre:

Tabla 9. Tabla con diferentes acciones a realizar para clarificar diversos aspectos surgidos durante los primeros meses de explotación de la planta

Asunto	Comentarios	Acta
Bromuros y Bromatos	Detectado altos niveles de bromuros en el agua del río. Aumentan con el avance del verano, posiblemente debido a la bajada de caudal.	Acta 5/10/2018
	La concentración de Bromo en el río ha bajado sustancialmente con el incremento de caudal por las lluvias. Se desconoce el origen del Bromo	Acta 19/10/2018
	Investigar el posible origen de los Bromuros, que en nuestro caso han llegado a valores por encima de 500 µg/L. Se comenta la recomendación de utilizar UV en vez de O3 para valores de Bromuros superiores a 100 µg/L.	Acta 26/10/2018
	Preguntar a Anbiotek a si tienen datos de Bromuro en el río, aguas arriba. Incorporar los bromuros a las mediciones de control que realiza el CABB en 4-5 puntos del Nervión-Ibaizabal	Acta 13/11/2018
THM	Extraer conclusiones de la eficacia de los procesos de planta para eliminar precursores de THMs. En la planta piloto ensayo de 24-48 horas de duración, analizando THM del agua tratada en las horas 0, 4, 8, 12, 24 y 48h.	Acta 19/10/2018
Ensayos de Jar-test	Realizar Jar-tests a diferentes valores de turbidez (10, 30, 50, 200...). Incluir los resultados en los informes mensuales. Cuando se tengan más datos, plantear incorporar en el Scada una fórmula de ajuste automático de la dosis en función de la turbidez de entrada.	Acta 13/11/2018
Ozono	Ya se ha instalado el tubing y válvulas para conectar el off-gas de la post a la preoxidación. Se coloca otro tubo para conectar la salida de agua de la pre con el medidor de O_3 en agua de la postoxidación. Se realizar una demanda de O_3 en pre y otra en post por semana, empezando en la semana 46 (12-16/Nov). Lo ideal es detectar la demanda de O_3 en pre a varios valores de turbidez del agua bruta, (10, 30, 50, 200...).	Acta 13/11/2018
Cloritos y Cloratos	Habiendo dosificado 0,7 mg/l de dióxido de cloro, hemos superado los niveles de Cloratos en el agua tratada. Cuando volvamos a dosificar dióxido habrá que reducir la dosis. Se espera que estos parámetros se incorporen en la nueva legislación de Directiva EU	Acta 13/11/2019

4.1.3. Operación en planta

Anejo 3. Documento director. Rev. 12

2_2_030 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

2014-TA01-2 Explotación planta piloto Etxebarri



Inicialmente la arquitectura del proceso de tratamiento será la correspondiente a la configuración de la Fase 2ª de la ETAP de Venta Alta.

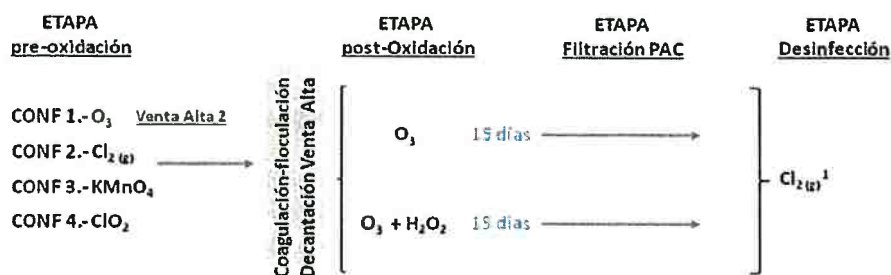
En relación a los filtros de arena, se reproducirán las condiciones de funcionamiento de Venta Alta 2. Así, de los dos filtros que tiene la planta piloto, se trabajará con un solo filtro, con un caudal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$, que nos da una velocidad de funcionamiento de $4,52 \text{ m/h}$, similar a la de funcionamiento de Venta Alta 2 ($4,69 \text{ m/h}$). Cuando haya que lavarlo (habrá que ajustar la frecuencia, pero se podría tomar como valor inicial de referencia cada 4 días, como en Venta Alta), se pondrá en funcionamiento el otro filtro de arena.

En cuanto a los filtros de Carbón Activo Granulado (FCAG), en Venta Alta 2 tienen una velocidad del doble de la de los filtros de arena ($9,37 \text{ m/h}$). En la planta piloto tenemos 1+1 FCAG de $0,9 \text{ m}$ de diámetro, con lo que con uno en servicio nos da una velocidad de $9,43 \text{ m/h}$, similar a la de Venta Alta 2. Así, la forma de funcionamiento será similar a la de los filtros de arena (uno en funcionamiento y el otro en espera), de forma que los FCAG tendrán en todo momento los mismos BV (bed volumen), es decir, los mismos m^3 tratados cada uno. Estos filtros se lavarán con una periodicidad mucho mayor (podría ser una vez por semana). Aunque no se estén comparando los 2 FCAG en continuo, se espera que no haya diferencias significativas entre ellos, si tomamos como referencia los resultados obtenidos en los estudios de tratabilidad (ref.: G48 y 49).

La analítica de calidad del agua tratada, según RD 140/2003 se realizará tras la estabilización del tratamiento, por cada configuración estudiada y período de pruebas. No hay posibilidad de utilizar el fin de semana para estabilizar cada nueva configuración, habida cuenta de que el CABB hace la toma de muestras para analítica completa los lunes justo antes de cambiar la configuración.

En el global del primer año salen un total de 8 configuraciones diferentes a analizar durante tres períodos consecutivos de 4 meses, para completar el año. En total hablamos de 24 ensayos, recogidos en el siguiente esquema:

PROPUESTA DE EJECUCIÓN Y TIEMPOS 1º AÑO DE EXPLOTACIÓN



4 CONFIGURACIONES X 2 ensayos / CONFIGURACION X 3 estaciones = **TOTAL: 24 ensayos**

Tras cada CONFIGURACION, proceder a acondicionamiento de planta para ensayar la nueva CONFIGURACIÓN

¹ Acuerdo recogido en el Acta del 30/05/2017

Fig. 6. Esquema de ensayos a realizar durante el primer año de explotación de la planta.



Este planteamiento de ensayos, en el primer año de explotación se corresponde con el siguiente cronograma:

4.1.4. Cronograma 1^{er} año

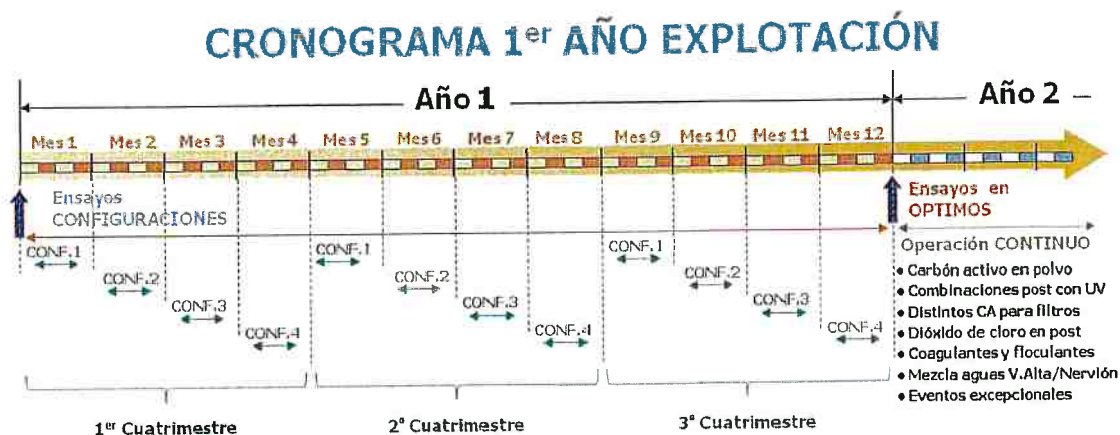


Fig. 7. Cronograma del primer año de explotación y planteamiento de actividades para el segundo año.

Se ha consensuado que las diferentes configuraciones que se van a ensayar a lo largo de la experimentación pasen a denominarse de la siguiente manera (Acta nº 5 del 31/08/2018):

Configuración 1A: O_3 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + Cl_2

Configuración 1B: O_3 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + H_2O_2 + Cl_2

Configuración 2A: Cl_2 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + Cl_2

Configuración 2B: Cl_2 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + H_2O_2 + Cl_2

Configuración 3A: ClO_2 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + Cl_2

Configuración 3B: ClO_2 + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + H_2O_2 + Cl_2

Configuración 4A: $KMnO_4$ + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + Cl_2

Configuración 4B: $KMnO_4$ + Coag/Floc + Decantación /Filtración + O_3 + H_2O_2 + Cl_2

La configuración correspondiente a la preoxidación con Permanganato se pasa al último lugar de experimentación del ciclo de configuraciones para prevenir un posible ensuciamiento de los diferentes componentes de la planta y un arrastre en la siguiente configuración (Acta nº 5 del 31/08/2018 y Acta 21/09/2018).

La fase de explotación de la planta piloto de Etxebarri, en su primer año ha dado comienzo el 7/08/2018.





Durante el segundo año, se han contemplado una serie de actividades, como son:

- Ensayos con Carbón activo en polvo
- Combinaciones post-oxidación con UV
- Distintos CA para filtros
- Dióxido de cloro en post-oxidación
- Diferentes Coagulantes y floculantes
- Determinación de la distribución y tamaño de partículas de las aguas del río Nervión a su paso por Etxebarri
- Ensayos con mezclas de agua de Venta Alta y río Nervión para evaluar la influencia de la mezcla de dos aguas distintas en el proceso de decantación y su posible estratificación.
- Eventos excepcionales

Estas actividades están planificadas, en el momento actual, con un mayor grado de imprecisión. Este se irá concretando a lo largo de este primer año de explotación, cuando se disponga de mayor información del funcionamiento de la Planta y de los datos obtenidos.

ANEXOS

ANEXO I

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano

ANEXO I. Parámetros y valores paramétricos

A. Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml	
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml	
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 ml	1 y 2

Notas:

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, «Cryptosporidium» u otros microorganismos o parásitos.

(2) Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar «Clostridium» sulfito reductor en vez de «Clostridium perfringens». Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.

B.1 Parámetros químicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio	5,0 µg/l	
5. Arsénico	10 µg/l	
6. Benceno	1,0 µg/l	
7. Benzo(α)pireno	0,010 µg/l	
8. Boro	1,0 mg/l	
9. Bromato	10 µg/l	
10. Cadmio	5,0 µg/l	
11. Cianuro	50 µg/l	
12. Cobre	2,0 mg/l	
13. Cromo	50 µg/l	
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 µg/l	





15. Fluoruro	1,5 mg/l	
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	0,10 µg/l	
17. Mercurio	1,0 µg/l	
18. Microcistina	1 µg/l 2	2
19. Níquel	20 µg/l	
20. Nitrato	50 mg/l	3
21. Nitritos:		3 y 4
Red de distribución	0,5 mg/l	
En la salida de la ETAP; depósito I	0,1 mg/l ; 0,1 mg/l	
22. Total de plaguicidas	0,50 µg/l	5 y 6
23. Plaguicida individual	0,10 µg/l	6
Excepto para los casos de:		
Aldrín	0,03 µg/l	
Dieldrín	0,03 µg/l	
Heptacloro	0,03 µg/l	
Heptacloro epóxido	0,03 µg/l	
24. Plomo	10 µg/l	
25. Selenio	10 µg/l	
26. Trihalometanos (THMs):	100 µg/l	7 y 8
27. Tricloroeteno + Tetracloroeteno	10 µg/l	

Notas:

(1) Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinará al menos a la salida de la ETAP.

(2) Sólo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la captación, se realizará determinación de microcistina a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(3) Se cumplirá la condición de que $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO₃) y para el nitrito (NO₂).

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche puedan estar presentes en el agua.

(6) Las comunidades autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo y que puedan estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.

(7) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro, se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(8) En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
28. Acrilamida	0,10 µg/l	1
29. Epiclorhidrina	0,10 µg/l	1
30. Cloruro de vinilo	0,50 µg/l	1

Nota:

(1) Estos valores paramétricos corresponden a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con





arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.
La empresa que comercialice estos productos presentará a los gestores del abastecimiento y a los instaladores de las instalaciones interiores la documentación que acredite la migración máxima del producto comercial en contacto con el agua de consumo utilizado según las especificaciones de uso del fabricante.

C. Parámetros indicadores

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
31. Bacterias coliformes	0 UFC en 100 ml	
32. Recuento de colonias a 22 °C		
A la salida de ETAP	100 UFC en 1 ml	
En red de distribución	Sin cambios anómalos	
33. Aluminio	200 µg/l	
34. Amonio	0,50 mg/l	
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos mg/l	1
36. Cloro combinado residual	2,0 mg/l	2, 3 y 4
37. Cloro libre residual	1,0 mg/l	2 y 3
38. Cloruro	250 mg/l	
39. Color	15 mg/l Pt/Co	
40. Conductividad	2.500 µS/cm ⁻¹ a 20 °C	5
41. Hierro	200 µg/l	
42. Manganeseo	50 µg/l	
43. Olor	3 a 25 °C Índice de dilución	
44. Oxidabilidad	5,0 mg O ₂ /l	1
45. pH:		5 y 6
Valor paramétrico mínimo	6,5 unidades de pH	
Valor paramétrico máximo	9,5 unidades de pH	
46. Sabor	3 a 25 °C Índice de dilución	
47. Sodio	200 mg/l	
48. Sulfato	250 mg/l	
49. Turbidez:		
A la salida de ETAP y/o depósito	1 UNF	
En red de distribución	5 UNF	

Notas:

(1) En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinará carbono orgánico total, en el resto de los casos, oxidabilidad.

(2) Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución.

La determinación de estos parámetros se podrá realizar también «in situ».

En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua de proceso

(3) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP.

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) El agua en ningún momento podrá ser ni agresiva ni incrustante.

El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre +/- 0,5.

(6) Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades de pH.



ANEXO II

DIRECTIVA 2013/39/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 12 de agosto de 2013 por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas

ANEXO I: LISTA DE SUSTANCIAS PRIORITARIAS EN EL ÁMBITO DE LA POLÍTICA DE AGUAS

Número	No CAS ⁽¹⁾	No UE ⁽²⁾	Nombre de la sustancia prioritaria ⁽³⁾	Identificada como sustancia peligrosa prioritaria
1	15972-60-8	240-110-8	Alacloro	
2	120-12-7	204-371-1	Antraceno	X
3	1912-24-9	217-617-8	Atrazina	
4	71-43-2	200-753-7	Benceno	
5	No aplicable	No aplicable	Difeniléteres bromados	X ⁽⁴⁾
6	7440-43-9	231-152-8	Cadmio y sus compuestos	X
7	85535-84-8	287-476-5	Cloroalcanos, C1013	X
8	470-90-6	207-432-0	Clorfenvinfós	
9	2921-88-2	220-864-4	Clorpirifós (Clorpirifósetilo)	
10	107-06-2	203-458-1	1,2Dicloroetano	
11	75-09-2	200-838-9	Diclorometano	
12	117-81-7	204-211-0	Ftalato de di(2etilhexilo) (DEHP)	X
13	330-54-1	206-354-4	Diurón	
14	115-29-7	204-079-4	Endosulfán	X
15	206-44-0	205-912-4	Fluoranteno	
16	118-74-1	204-273-9	Hexaclorobenceno	X
17	87-68-3	201-765-5	Hexaclorobutadieno	X
18	608-73-1	210-168-9	Hexaclorociclohexano	X
19	34123-59-6	251-835-4	Isoproturón	
20	7439-92-1	231-100-4	Plomo y sus compuestos	
21	7439-97-6	231-106-7	Mercurio y sus compuestos	X
22	91-20-3	202-049-5	Naftaleno	
23	7440-02-0	231-111-4	Níquel y sus compuestos	X ⁽⁵⁾
24	No aplicable	No aplicable	Nonilfenoles	
25	No aplicable	No aplicable	Octilfenoles ⁽⁶⁾	
26	608-93-5	210-172-0	Pentaclorobenceno	X
27	87-86-5	201-778-6	Pentaclorofenol	
28	No aplicable	No aplicable	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) ⁽⁷⁾	X
29	122-34-9	204-535-2	Simazina	
30	No aplicable	No aplicable	Compuestos de tributilestaño	X ⁽⁸⁾
31	12002-48-1	234-413-4	Triclorobencenos	
32	67-66-3	200-663-8	Triclorometano	(cloroformo) X
33	1582-09-8	216-428-8	Trifluralina	X
34	115-32-2	204-082-0	Dicofol	X
35	1763-23-1	217-179-8	Ácido perfluorooctanosulfónico y sus derivados (PFOS)	X





36	124495-18-7	No aplicable	Quinoxifeno	X
37	No aplicable	No aplicable	Dioxinas y compuestos similares	X ⁽⁹⁾
38	74070-46-5	277-704-1	Aclonifeno	
39	42576-02-3	255-894-7	Bifenox	
40	28159-98-0	248-872-3	Cibutrina	
41	52315-07-8	257-842-9	Cipermetrina ⁽¹⁰⁾	
42	62-73-7	20-0547-7	Diclorvós	
43	No aplicable	No aplicable	Hexabromociclododecanos (HBCDD)	X ⁽¹¹⁾
44	76-44-8/ 1024-57-3	200-962-3/ 213-831-0	Heptacloro y epóxido de heptacloro	X
45	886-50-0	212-950-5	Terbutrina	

Nota:

(1) CAS: Servicio de resúmenes químicos (Chemical Abstracts Service).

(2) Número UE: Número de registro del Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas (EINECS) o de la Lista Europea de

Sustancias Químicas Notificadas (ELINCS).

(3) Cuando se hayan seleccionado grupos de sustancias, a menos que estén explícitamente señalados, determinados representantes típicos

se definen en el contexto de la fijación de normas de calidad ambiental.

(4) Solo los compuestos tetra, penta, hexa y heptabromodifeniléter (números CAS 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3,

respectivamente).

(5) Nonilfenol (CAS 25154-52-3, UE 246-672-0), con inclusión de los isómeros 4-nonilfenol (CAS 104-40-5, UE 203-199-4) y 4-nonilfenol (ramificado) (CAS 84852-15-3, UE 284-325-5).

(6) Octilfenol (CAS 1806-26-4, UE 217-302-5), con inclusión del isómero 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)fenol (CAS 140-66-9, UE 205-426-2).

(7) Con inclusión de benzo(a)pireno (CAS 50-32-8, UE 200-028-5), benzo(b)fluoranteno (CAS 205-99-2, UE 205-911-9), benzo(g,h,i)pe-
rilenos (CAS 191-24-2, UE 205-883-8), benzo(k)fluoranteno (CAS 207-08-9, UE 205-916-6), indeno(1,2,3-cd)pireno (CAS 193-39-5,

UE 205-893-2) y con exclusión del antraceno, fluoranteno y naftaleno, que figuran por separado.

(8) Con inclusión del catión de tributilestaño (CAS 36643-28-4).

(9) Se refiere a los siguientes compuestos:

siete dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-

H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD

(CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9),

diez dibenzofuranos policlorados (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF

(CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918-

21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7),

1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0),

doce policlorobifenilos similares a las dioxinas (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5'-T4CB (PCB 81, CAS

70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5'-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 118,

CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5'-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8),

2,3,3',4,4',5'-H6CB

(PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5',5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-6),

3,3',4,4',5',5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5',5'-H7CB (PCB 189,

CAS 39635-31-9).





(10) CAS 52315-07-8 se refiere a una mezcla isómera de cipermetrina, α -cipermetrina (CAS 67375-30-8), β -cipermetrina (CAS 65731-84-2),

θ -cipermetrina (CAS 71697-59-1) y ζ -cipermetrina (52315-07-8).

(11) Se refiere a las sustancias 1,3,5,7,9,11-hexabromociclododecano (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-hexabromociclododecano (CAS

3194-55-6), α -hexabromociclododecano (CAS 134237-50-6), β -hexabromociclododecano (CAS 134237-51-7) y γ -hexabromociclo

dodecano (CAS 134237-52-8).».





ANEXO III

REAL DECRETO 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental

ANEXO IV Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes
APARTADO A. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

MA: media anual

CMA: concentración máxima admisible

Unidad µg/L para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y µg/kg de peso húmedo para NCA en biota.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)	(8)
N.º	Nombre de la sustancia	Nº CAS ⁽¹⁾	Clase de sustancia	NCA-MA ⁽²⁾ Aguas superficiales continentales ⁽³⁾	NCA-MA ⁽²⁾ Otras aguas superficiales	NCA-CMA ⁽⁴⁾ Aguas superficiales continentales ⁽³⁾	NCA-CMA ⁽⁴⁾ Otras aguas superficiales	NCA Biota ⁽¹²⁾
1	Alacloro.	15972-60-8	prioritaria	0,3	0,3	0,7	0,7	
2	Antraceno.	120-12-7	peligrosa prioritaria	0,1	0,1	[0,1]	[0,1]	
3	Atrazina.	1912-24-9	prioritaria	0,6	0,6	2	2	
4	Benceno.	71-43-2	prioritaria	10	8	50	50	
5	Difeniléteres bromados ⁽⁵⁾	32534-81-9	peligrosa prioritaria			0,14	0,014	0,0085
6	Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua) ⁽⁶⁾	7440-43-9	peligrosa prioritaria	≤ 0,08 (Clase 1) 0,08 (Clase 2) 0,09 (Clase 3) 0,15 (Clase 4) 0,25 (Clase 5)	0,2	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	
(6 bis)	Tetracloruro de carbono ⁽⁷⁾	56-23-5	otro contaminante	12	12	No aplicable	No aplicable	
7	Cloroalcanos C10-13 ⁽⁸⁾	85535-84-8	peligrosa prioritaria	0,4	0,4	1,4	1,4	
8	Clorfenvinfos.	470-90-6	prioritaria	0,1	0,1	0,3	0,3	
9	Clorpirifós (Clorpirifós-etilo).	2921-88-2	prioritaria	0,03	0,03	0,1	0,1	
(9 bis)	Plaguicidas de tipo ciclodieno: Aldrina ⁽⁷⁾ Dieldrina ⁽⁷⁾ Endrina ⁽⁷⁾ Isodrina ⁽⁷⁾	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	otro contaminante	Σ = 0,01	Σ = 0,005	No aplicable	No aplicable	
(9 ter)	DDT total ^{(7) (9)}	No aplicable	otro contaminante	0,025	0,025	No aplicable	No aplicable	
	p.p'-DDT ⁽⁷⁾	50-29-3		0,01	0,01	No aplicable	No aplicable	
10	1, 2-Dicloroetano.	107-06-2	prioritaria	10	10	No aplicable	No aplicable	
11	Diclorometano.	75-09-2	prioritaria	20	20	No aplicable	No aplicable	
12	Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP).	117-81-7	peligrosa prioritaria	1,3	1,3	No aplicable	No aplicable	
13	Diurón.	330-54-1	prioritaria	0,2	0,2	1,8	1,8	
14	Endosulfán.	115-29-7	peligrosa prioritaria	0,005	0,0005	0,01	0,004	
15	Fluoranteno.	206-44-0	prioritaria	0,1	0,1	1		
				0,0063	0,0063	0,12	0,12	30
16	Hexaclorobenceno.	118-74-1	peligrosa prioritaria			0,05	0,05	10

Anejo 3. Documento director. Rev. 12

2_2_030 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

2014-TA01-2 Explotación planta piloto Etxebarri



(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)	(8)
17	Hexaclorobutadieno.	87-68-3	peligrosa prioritaria			0,6	0,6	55
18	Hexaclorociclohexano.	608-73-1	peligrosa prioritaria	0,02	0,002	0,04	0,02	
19	Isoproturón.	34123-59-6	prioritaria	0,3	0,3	1	1	
20	Plomo y sus compuestos.	7439-92-1	prioritaria	1,2 ⁽¹³⁾	1,3	14	14	
21	Mercurio y sus compuestos.	7439-97-6	peligrosa prioritaria			0,07	0,07	20
22	Naftaleno.	91-20-3	prioritaria	2	2	130	130	
23	Níquel y sus compuestos.	7440-02-0	prioritaria	4 ⁽¹³⁾	8,6	34	34	
24	Nonilfenoles (4-Nonilfenol).	84852-15-3	peligrosa prioritaria	0,3	0,3	2	2	
25	Octilfenoles ((4-(1,1',3,3' - tetrametilbutil)-fenol)).	140-66-9	prioritaria	0,1	0,01	No aplicable	No aplicable	
26	Pentaclorobenceno.	608-93-5	peligrosa prioritaria	0,007	0,0007	No aplicable	No aplicable	
27	Pentaclorofenol.	87-86-5	prioritaria	0,4	0,4	1	1	
28	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) ⁽¹¹⁾ .	No aplicable	peligrosa prioritaria	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	
	Benzo(a)pireno.	50-32-8		0,05 [1,7 × 10-4]	0,05 [1,7 × 10-4]	0,1 [0,27]	0,1 [0,027]	[5]
	Benzo(b) Fluoranteno.	205-99-2		Σ = 0,03	Σ = 0,03	No aplicable	No aplicable	
						[0,017]	[0,017]	[Ver nota 11]
	Benzo(k) Fluoranteno.	207-08-9		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable	No aplicable	
						[0,017]	[0,017]	[Ver nota 11]
	Benzo(g,h,i)perileno.	191-24-2		Σ = 0,002	Σ = 0,002	No aplicable	No aplicable	
						[8,2 × 10-3]	[8,2 × 10-4]	[Ver nota 11]
	Indeno(1,2,3-cd)pireno.	193-39-5		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable	No aplicable	
								[Ver nota 11]
29	Simazina.	122-34-9	prioritaria	1	1	4	4	
(29 bis)	Tetracloroetileno ⁽⁷⁾	127-18-4	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
(29 ter)	Tricloroetileno ⁽⁷⁾	79-01-6	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
30	Compuestos de tributilestano (Catión de tributilestano).	36643-28-4	peligrosa prioritaria (18)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	
31	Triclorobencenos.	12002-48-1	prioritaria	0,4	0,4	No aplicable	No aplicable	
32	Triclorometano.	67-66-3	prioritaria	2,5	2,5	No aplicable	No aplicable	
33	Trifluralina.	1582-09-8	peligrosa prioritaria	0,03	0,03	No aplicable	No aplicable	
34	Dicofol.	115-32-2	peligrosa prioritaria	1,3 × 10-3	3,2 × 10-5	No aplicable ⁽¹⁰⁾	No aplicable ⁽¹⁰⁾	
35	Ácido perfluoro-octanosulfónico y sus derivados (PFOS).	1763-23-1	peligrosa prioritaria	6,5 × 10-4	1,3 × 10-4	36	36	
36	Quinoxifeno.	124495-18-7	peligrosa prioritaria	0,15	0,015	2,7	2,7	

Anejo 3. Documento director. Rev. 12

2_2_030 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
2014-TA01-2 Explotación planta piloto Etxebarri





(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)	(8)
37	Dioxinas y compuestos similares.	Véase Nota 10, en el anexo X de la Directiva 2000/60/CE	peligrosa prioritaria			No aplicable	No aplicable	Suma de PCDD+PCDF +PCB-DL 0,0065 µg.kg-1 TEQ ⁽¹⁴⁾
38	Aclonifeno.	74070-46-5	prioritaria	0,12	0,012	0,12	0,012	
39	Bifenox.	42576-02-3	prioritaria	0,012	0,0012	0,04	0,004	
40	Cibutrina.	28159-98-0	prioritaria	0,0025	0,0025	0,016	0,016	
41	Cipermetrina.	52315-07-8	prioritaria	8×10^{-5}	8×10^{-6}	6×10^{-4}	6×10^{-5}	
42	Diclorvos.	62-73-7	prioritaria	6×10^{-4}	6×10^{-5}	7×10^{-4}	7×10^{-5}	
43	Hexabromociclododecano (HBCDD).	Véase Nota 12, en el anexo X de la Directiva 2000/60/CE	peligrosa prioritaria	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167
44	Heptacloro y epóxido de heptacloro.	76-44-8/1024-57-3	peligrosa prioritaria	2×10^{-7}	1×10^{-8}	3×10^{-4}	3×10^{-5}	$6,7 \times 10^{-3}$
45	Terbutrina.	886-50-0	prioritaria	0,065	0,0065	0,34	0,034	

(1) CAS: Servicio de resúmenes químicos (Chemical Abstracts Service).

(2) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA). Salvo que se especifique otra cosa, se aplica a la concentración total de todos los isómeros.

(3) Las aguas superficiales continentales incluyen los ríos y lagos y las masas de agua artificiales o muy modificadas conexas.

(4) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA). Cuando en la columna NCA-CMA se indica "No aplicable", se considera que los valores NCA-MA protegen contra los picos de contaminación a corto plazo en el caso de los vertidos continuos, ya que son significativamente inferiores a los valores calculados sobre la base de la toxicidad aguda.

(5) Por lo que respecta al grupo de sustancias prioritarias incluidas en los difeniléteres bromados (no 5), las NCA se refieren a la suma de las concentraciones de los congéneres no 28, 47, 99, 100, 153 y 154.

(6) Por lo que respecta al cadmio y sus compuestos (no 6), los valores de las NCA varían en función de la dureza del agua con arreglo a cinco categorías (clase 1: $< 40 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$, clase 2: de $40 \text{ a } < 50 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$, clase 3: de $50 \text{ a } < 100 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$, clase 4: de $100 \text{ a } < 200 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$, y clase 5: $\geq 200 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$).

(7) Esta sustancia no es una sustancia prioritaria sino uno de los otros contaminantes para los cuales las NCA son idénticas a las establecidas en la legislación aplicable antes del 13 de enero de 2009.

(8) No se señala para este grupo de sustancias ningún parámetro indicativo. El parámetro o parámetros indicativos deberán definirse mediante el método analítico.

(9) El DDT total incluye la suma de los isómeros 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etano (no CAS 50-29-3; no UE 200-024-3); 1,1,1-tricloro-2-(o-clorofenil)-2-(p-clorofenil)-etano (no CAS 789-02-6; no UE 212-332-5); 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etileno (no CAS 72-55-9; no UE 200-784-6), y 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etano (no CAS 72-54-8; no UE 200-783-0).

(10) No se dispone de suficiente información para establecer una NCA-CMA para estas sustancias.

(11) Por lo que respecta al grupo de sustancias prioritarias de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (no 28), las NCA de la biota y las correspondientes NCA-MA en el agua se refieren a la concentración de benzo(a)pireno, en cuya toxicidad se basan. El benzo(a)pireno puede considerarse como un marcador de los otros HAP, ya que solo tal sustancia debe ser objeto de seguimiento a efectos de comparación con las NCA de la biota o las correspondientes NCA-MA en el agua.

(12) Salvo que se indique de otro modo, las NCA de la biota se refieren a los peces. Sustitutivamente podrá hacerse el seguimiento de otro taxón de la biota u otra matriz, siempre que las NCA aplicadas ofrezcan un nivel equivalente de protección. Para las sustancias con los números 15 (fluoranteno) y 28 (HAP), la NCA de la biota se refiere a crustáceos y moluscos. A efectos de evaluar el estado químico, no resulta adecuado el seguimiento del fluoranteno y de los HAP en los peces. Para la sustancia con el número 37 (dioxinas y compuestos similares), la NCA de la biota se refiere a los peces, los crustáceos y los moluscos en consonancia con el punto 5.3 del anexo del Reglamento (UE) no 1259/2011 de la Comisión, de 2 de diciembre de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 en lo relativo a los contenidos máximos de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en los productos alimenticios (DO L 320 de 3.12.2011, p. 18).

(13) Estas NCA se refieren a las concentraciones biodisponibles de las sustancias.

(14) PCDD: dibenzo-p-dioxinas policloradas; PCDF: dibenzofuranos policlorados; PCB-DL: policlorobifenilos similares a las dioxinas; TEQ: equivalentes tóxicos con arreglo a los Factores de Equivalencia Tóxica de 2005 de la Organización Mundial de la Salud.





ANEXO IV

DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2015/495 de la Comisión de 20 de marzo de 2015 por la que se establece una lista de observación de sustancias a efectos de seguimiento a nivel de la Unión en el ámbito de la política de aguas, de conformidad con la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

Nombre de la sustancia/ grupo de sustancias	No CAS (1)	No UE (2)	Método analítico indicativo (3) (4) (5)	► C1 Límite máximo aceptable de detección del método (ng/l) ◀
17-alfa-Etinilestradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	SPE-LC-MS-MS en grandes volúmenes	0,035
17-beta-Estradiol (E2), estrón (E1)	50-28-2, 53-16-7	200-023-8	SPE-LC-MS-MS	0,4
Diclofenaco	15307-86-5	239-348-5	SPE-LC-MS-MS	10
2,6-di-terc-Butil-4- metilfenol	128-37-0	204-881-4	SPE-GC-MS	3160
4-Metoxicinamato de 2-etilhexilo	5466-77-3	226-775-7	SPE-LC-MS-MS o GC- MS	6000
Antibióticos macrólidos ⁽⁶⁾			SPE-LC-MS-MS	90
Metiocarb	2032-65-7	217-991-2	SPE-LC-MS-MS o GC- MS	10
Neonicotinoides ⁽⁷⁾			SPE-LC-MS-MS	9
Oxadiazón	19666-30-9	243-215-7	LLE/SPE-GC-MS	88
Triatato	2303-17-5	218-962-7	LLE/SPE-GC-MS o LC- MS-MS	670

(1) Chemical Abstracts Service.

(2) Número de la Unión Europea — No disponible para todas las sustancias.

(3) Para garantizar la comparabilidad de los resultados de los diferentes Estados miembros, todas las sustancias serán objeto de seguimiento en toda la muestra de agua.

(4) Métodos de extracción: LLE — extracción líquido-líquido SPE — extracción en fase sólida Métodos analíticos: GC-MS — cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas LC-MS-MS — cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas en tándem con triple cuadrupolo.

(5) Para el seguimiento del 4-metoxicinamato de 2-etilhexilo en las partículas en suspensión (SPM) o los sedimentos (tamaño < 63 µm), se impone el siguiente método analítico: SLE (extracción sólido-líquido) — GC-MS, con un límite máximo de detección de 0,2 mg/kg.

(6) Eritromicina (no CAS: 114-07-8; no UE 204-040-1), claritromicina (no CAS 81103-11-9), azitromicina (no CAS 83905-01-5; no UE 617-500-5).

(7) Imidacloprid (no CAS 105827-78-9/138261-41-3, no UE 428-040-8), tiacloprid (no CAS 111988-49-9), tiametoxam (no CAS: 153719-23-4; no UE 428-650-4), clotianidina (no CAS: 210880-92-5; no UE 433-460-1), acetamiprid (no CAS 135410-20-7/160430-64-8).



10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.

10. 11. 12.



MEMORIA



ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES.....	4
2.	SOLUCIÓN PROPUESTA.....	5
2.1.	ESTADO PREVIO A LAS OBRAS	5
2.2.	SOLUCIÓN ADOPTADA	5
3.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	6
3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS	6
3.2.	UBICACIÓN.....	7
3.3.	ORIGEN DEL AGUA.....	8
3.4.	CAPTACIÓN DE AGUA BRUTA	9
3.5.	PRE-OXIDACIÓN	11
3.5.1.	Dióxido de cloro (ClO ₂).....	12
3.5.2.	Cloro gas (Cl ₂ gas).....	13
3.5.3.	Permanganato potásico (KMnO ₄)	15
3.5.4.	Ozono (O ₃).....	15
3.6.	CÁMARA DE MEZCLA	19
3.7.	DECANTACIÓN.....	20
3.8.	FILTRACIÓN DE ARENA	21
3.8.1.	Funcionamiento del filtro.....	23
3.9.	EQUIPOS DE LAVADO DE FILTROS.....	24
3.9.1.	Depósito de agua filtrada	25
3.9.2.	Bombeo de agua filtrada	25
3.10.	TRATAMIENTO DE OXIDACIÓN/OXIDACIÓN AVANZADA.....	27
3.10.1.	Oxidación mediante dosificación de ozono.....	27
3.10.2.	Oxidación avanzada.....	29
3.10.2.1.	Ultravioleta.....	30
3.10.2.2.	Peróxido de Hidrógeno	30
3.11.	FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVO GRANULAR.....	31
3.12.	DESINFECCION FINAL	34
3.12.1.	Dióxido de cloro (ClO ₂)	34
3.12.2.	Cloro gas (Cl ₂ gas).....	34
3.13.	DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS.....	35
3.13.1.	Coagulante.....	35
3.13.2.	Floculante	36
3.13.3.	Permanganato potásico.....	36
3.13.4.	Carbón activo en polvo (CAP).....	36
3.13.5.	Hidróxido Sódico	37

3.14.	INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO	38
3.15.	SERVICIOS AUXILIARES	40
3.15.1.	Agua de servicios	40
3.15.2.	Agua potable.....	40
3.15.3.	Aire de servicios	41
3.15.4.	Red de drenajes y saneamiento.....	41
3.15.5.	Laboratorio	41
3.16.	INSTALACIONES ELECTRICIDAD Y CONTROL	42
3.16.1.	Instalaciones eléctricas	42
3.16.1.1.	Introducción	42
3.16.1.2.	Normativa aplicable	44
3.16.1.3.	Acometida eléctrica.....	44
3.16.1.4.	Cuadros de Baja Tensión	45
3.16.1.5.	Cableado de Baja Tensión	46
3.16.1.6.	Canalizaciones eléctricas	47
3.16.1.7.	Iluminación de la planta piloto	48
3.16.1.8.	Cálculo de compensación de energía reactiva	48
3.16.1.9.	Puesta a tierra.....	48
3.16.1.10.	Ventilación y aire acondicionado	49
3.16.2.	Instrumentación y control	49
3.16.2.1.	Descripción del equipamiento de electricidad y control	49
3.16.2.2.	Dimensionamiento del sistema de control	52
3.16.2.3.	Instrumentación	53
3.16.2.4.	Cableado de instrumentación y control.....	54

1. ANTECEDENTES

El Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia (CABB) cuenta con una concesión otorgada por la Confederación Hidrográfica del Norte, para captar un caudal de agua del Río Nervión en periodos de sequía o insuficiencia de suministro del sistema del Zadorra. En ese caso, el agua de alimentación a la segunda fase de la ETAP de Venta Alta será de esta procedencia y ha sido necesario el estudio del comportamiento de las instalaciones existentes ante el cambio de calidad del agua de alimentación.

El objeto de las obras objeto del presente Proyecto ha sido llevar a cabo el diseño, la construcción y la explotación durante un año (ampliable a 6 + 6 meses) de una planta piloto ubicada en el tanque de tormentas de Etxebarri, donde está localizada la captación de agua del bombeo del Río Nervión en Bolueta. Con esta planta se han simulado las condiciones de operación de la citada segunda fase de la ETAP de Venta Alta.

El objetivo final ha sido ensayar a escala piloto el comportamiento que tendría la segunda fase de la ETAP ante un cambio en la calidad del influente, a fin de cumplir con la legislación vigente adecuando sus instalaciones al tratamiento de los nuevos parámetros detectados en el agua bruta y atendiendo al cumplimiento del RD 140/2003 donde se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo y a las Guías de calidad del agua potable establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Así mismo se han tenido en cuenta los estándares de calidad establecidos por parte de la Comisión Europea para las Sustancias Prioritarias, sustancias preferentes y clorofila-fitoplancton-biotoxinas, para aguas que se vayan a utilizar para producción de agua potable en base a lo establecido en la Directiva Marco del Agua (2000/60/EC).

A este respecto, las obras que se han ejecutado han tenido en cuenta tanto el diseño requerido para simular la línea de proceso actual de la segunda fase de Venta Alta, como el diseño de nuevas líneas de proceso y/o de estudio para complementar las existentes en la ETAP, a fin de garantizar el total cumplimiento de los parámetros de calidad del agua tratada según lo expuesto en los párrafos anteriores cuando se ve modificada la calidad del agua de alimentación.

Como un objetivo adicional de estas obras, se han ejecutado de tal forma que la planta piloto sea fácilmente desmontable y transportable a otras posibles localizaciones para continuar su estudio (en la propia ETAP de Venta Alta, por ejemplo). Desde este punto de vista se ha subdivido la planta en diferentes módulos de tamaño contenedor de 20 pies, transportables, contando cada uno de ellos con conexiones rápidas para proceso y para instrumentación y control. Todas las instalaciones se han ejecutado apoyadas sobre la estructura de cada módulo, de tal forma que se puede transportar en conjunto. Además se ha completado con cinco casetas prefabricadas de 20 pies que contienen las instalaciones anexas necesarias para el funcionamiento de la planta en cualquier otro emplazamiento.

Las presentes obras tienen los antecedentes administrativos que se citan a continuación:

- PRESUPUESTO DE LICITACION: 970.317,03 € (IVA excluido)
- PRESUPUESTO DE ADJUDICACION: 844.259,74 € (IVA excluido)
- CONTRATISTA ADJUDICATARIO: CADAGUA S.A
- FECHA DE ADJUDICACION: 16 de noviembre de 2016
- PLAZO: CIENTO SESENTA Y TRES (163) DIAS
- COMIENZO DE PLAZO: 03 de octubre de 2017
- FIN DE LAS OBRAS: 6 de agosto de 2018



2. SOLUCIÓN PROPUESTA

2.1. ESTADO PREVIO A LAS OBRAS

El Tanque de Tormentas de Etxebarri es una instalación de saneamiento, propiedad del CABB, que se encuentra en explotación. Anexa a dicha instalación de saneamiento, se encuentra otra instalación de abastecimiento perteneciente también al Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia, que es la Estación de Bombeo y Turbinado de Bolueta.

La ETAP de Venta Alta, actualmente se encuentra finalizando la remodelación de la 1ª fase y se prevé acometer la remodelación de la 2ª fase.

2.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

La planta piloto ejecutada se localiza en uno de los parkings de la cota superior del Tanque de Tormentas de Etxebarri, a la cota +30. Esta instalación se encontraba finalizada y en explotación, por lo que no ha supuesto interferencias con las obras de la planta piloto.

Respecto a la instalación de abastecimiento anexa, propiedad del CABB, el Bombeo y Turbinado de Bolueta, se encuentra ejecutado, habiendo finalizado las obras en junio de 2018. La Obra de Toma de dicha instalación de Bombeo y Turbinado es donde se localiza el bombeo de agua bruta y resto de equipos requeridos para la captación del agua bruta de la planta piloto.

El objeto de la obra ejecutada, como ya se ha comentado, es estudiar la línea de tratamiento de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y sus posibles o necesarias modificaciones a fin de tratar el agua procedente del Río Nervión.

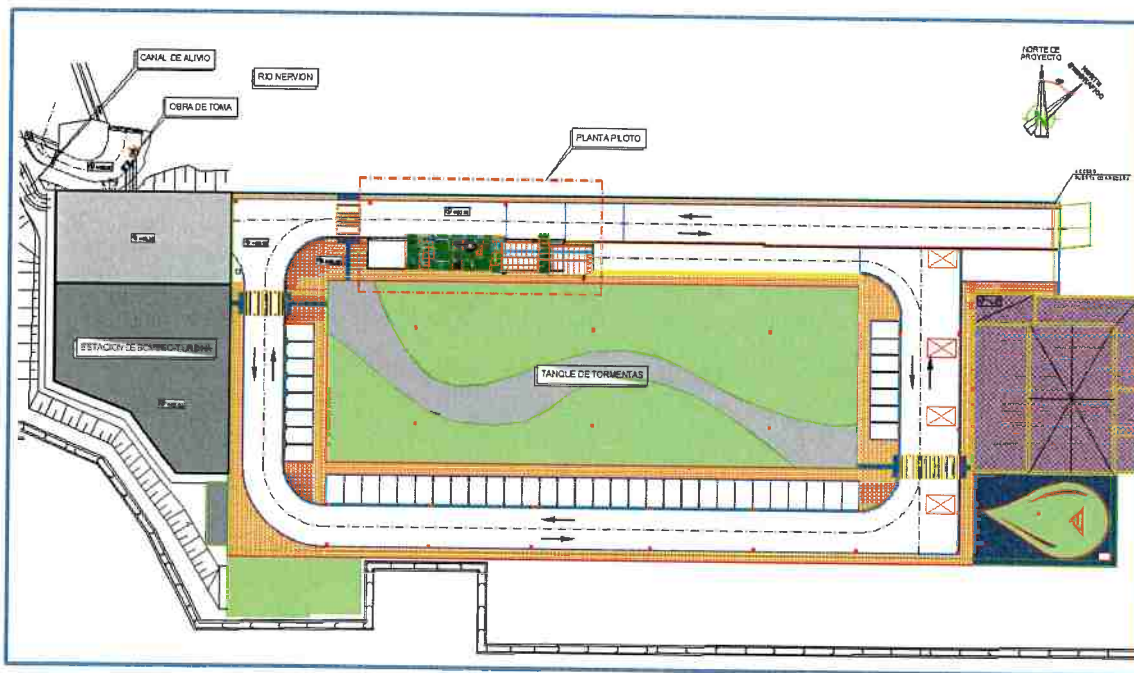


Fig. 1. Localización instalaciones

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS

La planta piloto se ubica en uno de los parkings de la cota +30 del tanque de Tormentas de Etxebarri, junto a la entrada del Edificio de Bombeo y Turbinado.

Esta planta se ha diseñado con un concepto modular, de forma que es fácilmente desmontable y transportable para su montaje in situ como para su traslado a otra localización para continuar con estos estudios. Para esto se ha separado en seis Módulos de estructura metálica conteniendo las diferentes etapas del proceso y que se conectan entre sí de forma sencilla, contando cada Módulo con conexiones rápidas para proceso así como para electricidad/control.

Todas las instalaciones/equipamiento se han diseñado apoyadas sobre la estructura de cada Módulo, a su vez están provistos de 4 orejetas de elevación, de tal forma que se puede transportar en su conjunto.

El número total de módulos es 6, los cuales se describen en esta memoria. Los módulos apoyan en vigas de hormigón fabricadas in-situ, las cuales apoyan a su vez sobre la losa del parking. Los módulos son de material acero carbono galvanizado, y el piso de estructura de tramex de PRFV.

Además cuenta con cinco casetas prefabricadas del mismo tamaño que los módulos (5,9 m x 2,35 m) donde se localiza el resto de las instalaciones auxiliares que completan la planta. Estas casetas poseen así mismo en sus cuatro esquinas superiores e inferiores integrados anclajes estándar que permiten su elevación y manipulación.

Las casetas tienen los siguientes usos:

- Caseta Nº1: Reactivos
- Caseta Nº2: Equipos y CGDBT.
- Caseta nº3 Laboratorio
- Caseta nº4 Oficinas
- Caseta nº5 Sala de reuniones

Desde el punto de vista de proceso, esta planta permite hacer pruebas empíricas con diferentes tecnologías para estudiar y optimizar el tratamiento de potabilización del agua del río Nervión y aplicarlo o implementar las medidas necesarias en la 2ª Fase de la ETAP de Venta Alta.

Para este pilotaje se ha contado con un caudal máximo de agua bruta de 240 m³/d procedente de la captación del río Nervión a su paso por el canal de la obra de toma del Bombeo y Turbinado de Bolueta. En este canal se han instalado las bombas sumergibles que alimentan a la Planta Piloto.

El agua captada se bombea hasta las cámaras de pre-ozonización, como primer tratamiento de la planta, y desde éstas va por gravedad hasta aguas abajo de los filtros de arena de forma que se garantiza que no se rompe el flóculo formado aguas arriba. De nuevo se bombea hasta las siguientes cámaras de post-ozonización y de ahí, de nuevo, va por gravedad hasta el depósito de agua tratada.

Para el diseño de esta Planta Piloto se siguió la línea de tratamiento de la 2ª fase de la ETAP Venta Alta, añadiendo también nuevos procesos que permiten optimizar el pilotaje de cara a garantizar la calidad del agua producto en la extrapolación a la ETAP.

La línea de tratamiento cuenta con los siguientes procesos:

- Filtración y captación del agua bruta.
- Dosificación de reactivos para desinfección/pre-oxidación (permanganato potásico, cloro gas, dióxido de cloro, ozono y peróxido de hidrógeno).
- Cámara de mezcla-coagulación y dosificación de Hidróxido Sódico para ajuste de pH. Como coagulantes se podrán emplear sulfato de alúmina o policloruro de aluminio.



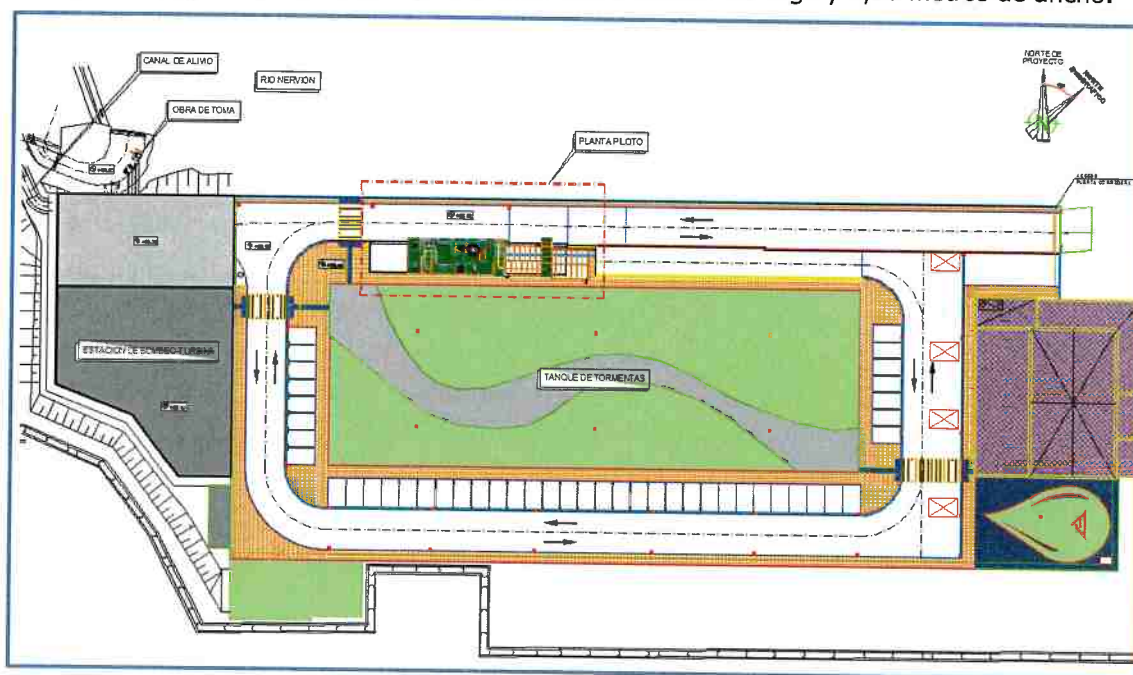
- Dosificación de reactivos (permanganato potásico, floculante (almidón o polidamac), cloro gas, dióxido de cloro, CAP) para oxidación y floculación.
- Decantador Accentrifloc.
- Filtración de Arena.
- Oxidación/Oxidación avanzada mediante Post-Ozonización y/o dosificación de Peróxido de Hidrógeno y/o Ultravioleta.
- Filtración con Carbón Activo.
- Depósito de Agua Tratada y acondicionamiento químico para cumplimiento del RD 140/2003.

3.2. UBICACIÓN

La Planta Piloto se ha instalado en el tanque de tormentas de Etxebarri, propiedad del CABB, en la parte superior del mismo situada a la cota +30.

Dicha ubicación supone que las instalaciones estén en intemperie, en un área de aparcamiento cercana a la entrada al edificio de bombeo. Con esta localización se han reducido los riesgos asociados a almacenamientos químicos, trabajos con gases y zonas ATEX, y se ha eliminado la restricción en altura para los equipos instalados ya que se han facilitado las labores de montaje.

La superficie disponible para la misma ha sido de 38 metros de largo y 6,90 metros de ancho.



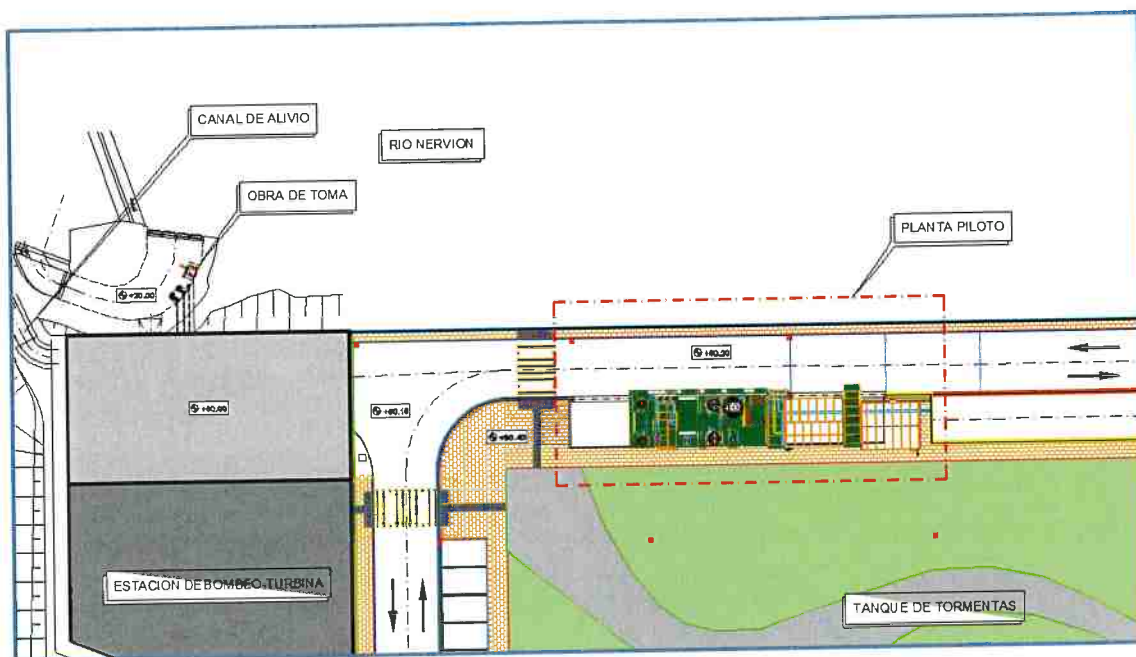


Fig. 2. Localización en tanque de tormentas, cota + 30

3.3. ORIGEN DEL AGUA

El origen del agua es el procedente del Río Nervi3n a su paso por Bolueta.



Fig. 3. Captación del río Nervión

La captación de río Nervión a su paso por Bolueta está situada junto a la presa del mismo nombre, una vez ha confluído con las aguas que le llegan del Río Ibaizabal. Esta captación se realiza mediante la obra de toma del Bombeo de Bolueta, dotada de unas rejillas de 100 mm de paso.

Para captar el agua del río Nervión que va a la Planta Piloto se han instalado dos bombas sumergibles (1+1R) en el canal de la obra de toma del Bombeo y Turbinado.

Además del agua procedente del río Nervión, se dispone de una segunda posibilidad de llegada de agua desde el sistema del Zadorra a través de una conexión con el alivio de Venta Alta, mediante un picaje en la tubería de llegada a turbinado con válvula reductora de presión y válvulas de compuerta de aislamiento. Dicha conexión se localiza en el edificio de Bombeo y Turbinado de Bojuela.

3.4. CAPTACIÓN DE AGUA BRUTA

El agua a tratar procedente del río Nervión se capta desde el propio canal mediante 2 bombas sumergibles (1 + 1R) de caudal variable entre 5-10 m³/h a 25 m.c.a.

Dichas bombas se han instalado dentro de una cámara de protección equipada en el exterior con un filtro autolimpiante de 6 mm de luz e interiormente, con brida y válvula para permitir el vaciado y equilibrado de presiones durante las operaciones de llenado/vaciado. El filtro permite limitar el tamaño de sólido de entrada a la cámara de aspiración de las bombas y el paso es igual al existente en Venta Alta.

Este filtro autolimpiante se limpia mediante aire a contracorriente. A este fin, se ha instalado un compresor en el laboratorio del Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta desde el que se alimenta al filtro instalado en la obra de toma y que tiene funcionamiento temporizado para realizar estos lavados una vez al día.

El canal donde se han instalado las bombas sumergibles cuenta con rejas de protección de 100 mm de paso.

Existen dos trampillas para operaciones de mantenimiento equipos y una boca de acceso en el techo del canal que es zona inundable.



Fig. 4. Accesos al canal de captación

Así mismo, para las operaciones de instalación y/o mantenimiento de equipos, debe vaciarse el canal, para lo que dispone de ataguías en las rejas de acceso a este.



Fig. 5. Rejas existentes en canal de captación

La línea de impulsión común es en PP-H, PN10, DN65 para conectarse con la ya instalada en la sala de tamices del turbinado, anexa a la obra de toma, y desde la que se conduce hasta la cota +25 del tanque de tormentas, junto a los baños.

Las líneas de impulsión individuales de las bombas, en DN50 PN10, discurren por el techo del canal de la obra de toma, hasta su salida al exterior en un punto cercano al muro exterior de la sala de tamices. A partir de ahí, suben por la pared del muro y se ha instalado una válvula de aislamiento y una de retención por cada línea, protegidas por una caja de posibles robos. Tras la caja, se unen en el tramo de impulsión común en DN65 que se ha conectado con la tubería existente.

Así mismo, en la cota + 25 del tanque de tormentas, junto a los baños, se ha realizado la conexión con la tubería procedente del alivio de la ETAP de Venta Alta mediante un picaje de PEAD, DN65, PN16. Este picaje se conecta con la impulsión a la Planta Piloto también en el punto anterior, en la cota + 25 del tanque de tormentas, mediante un picaje de Polipropileno, PN10, DN50. En ese punto de conexión también se ha realizado el picaje con la tubería de agua potable de la red existente, en PEAD DN65.

Desde dicho punto de conexión, la tubería de alimentación a la planta, la línea de agua potable y los cables de alimentación eléctrica siguen el trazado de la pared hasta la puerta de acceso al entresuelo (cota + 25), donde se ha realizado un hueco para paso de cables y tuberías y se sube a la cota + 30 donde está emplazada la planta.

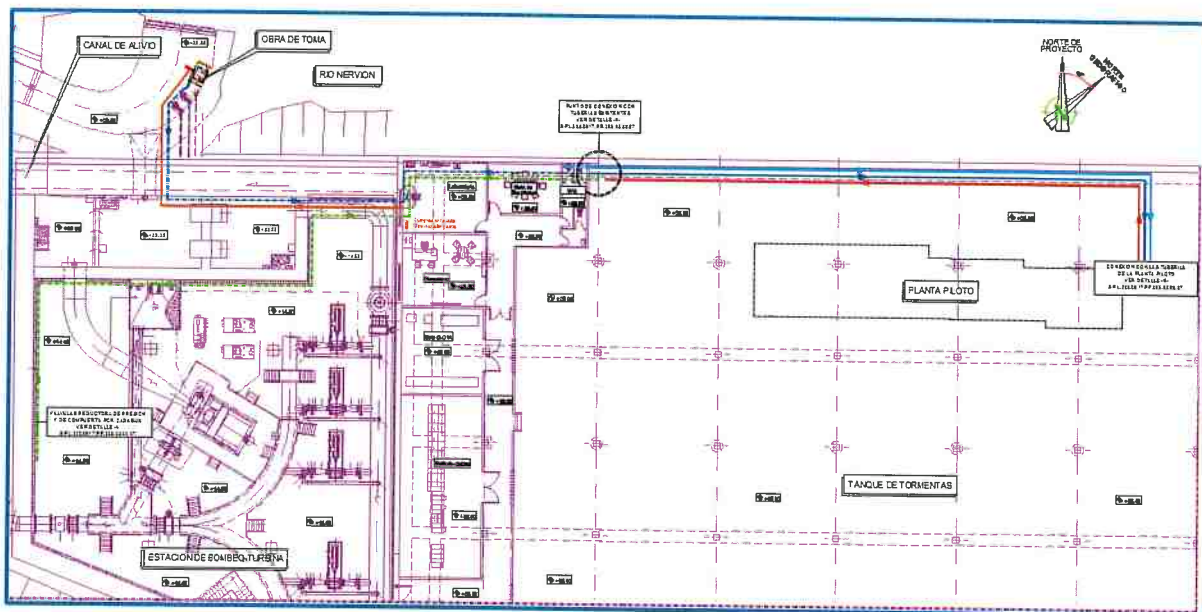


Fig. 6. Puntos de conexión con las instalaciones existentes.

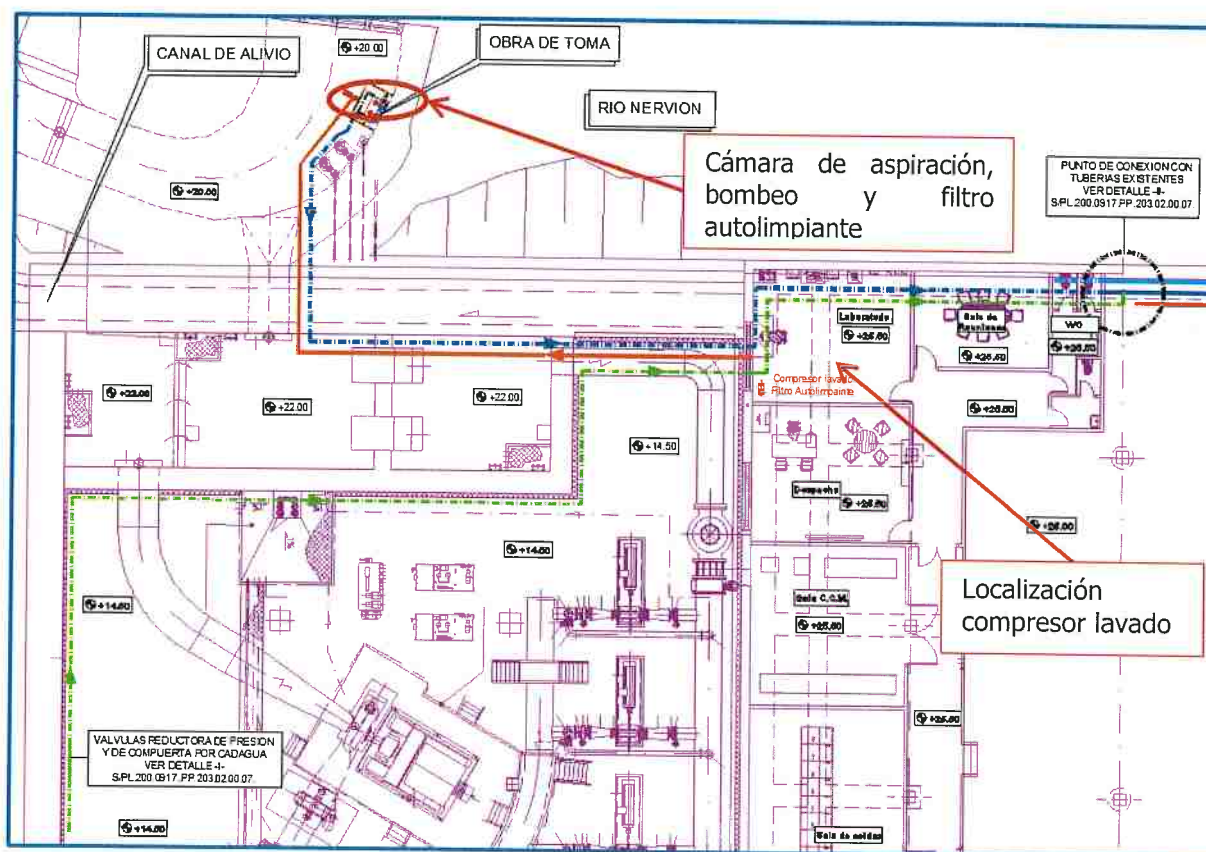


Fig. 7. Puntos de conexión.

3.5. PRE-OXIDACIÓN

Para la oxidación preliminar del agua bruta, se ha ensayado cuatro tipos de reactivos: dióxido de cloro, cloro gas, permanganato potásico y ozono.

La dosificación para los tres reactivos primeros se realiza mediante un mezclador estático en la línea de agua y la forma de dosificación para el ozono se realiza, bien mediante difusor en cámaras atmosféricas, bien, para el caso de la pre ozonización, mediante mezclador estático en la línea de agua previo a la entrada a la cámara atmosférica.

3.5.1. Dióxido de cloro (ClO_2)

Como alternativa al cloro gas, se ha estudiado como oxidante y desinfección final el dióxido de cloro. En la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta existe la instalación de generación y dosificación de dióxido de cloro como alternativa al cloro gas como oxidante en el agua bruta, sin embargo no existe la posibilidad de usarlo en la desinfección final.

En la planta piloto se ha habilitado la posibilidad de poder estudiar su impacto tanto en pretratamiento como en desinfección final.

El dióxido de cloro (ClO_2) es un desinfectante/oxidante que no reacciona con el agua ni se combina con la materia orgánica que esta pueda contener, con lo que se consigue que con su uso no se generen trihalometanos (THM). Además tiene poder desinfectante/oxidante en un amplio rango de pH.

El sistema de dióxido de cloro que se ha instalado dispone de un generador in situ con capacidad máxima de 50 g/h utilizando como precursores clorito sódico al 7,5% y ácido clorhídrico al 8,5% succionando directamente de garrafas de 25 L (con su bandeja de recogida de escurridos para cada uno de ellos). La capacidad de las garrafas viene determinada por el proveedor del equipo.

Así mismo, el equipo dispone de un pequeño almacenamiento de la solución de dióxido de cloro generada, al 1% de concentración, desde el que aspiran las bombas dosificadoras. Este pequeño almacenamiento tiene 1,5 L de capacidad. El equipo de generación trabaja en discontinuo.

El sistema tiene capacidad suficiente para poder dosificar en ambos puntos simultáneamente.

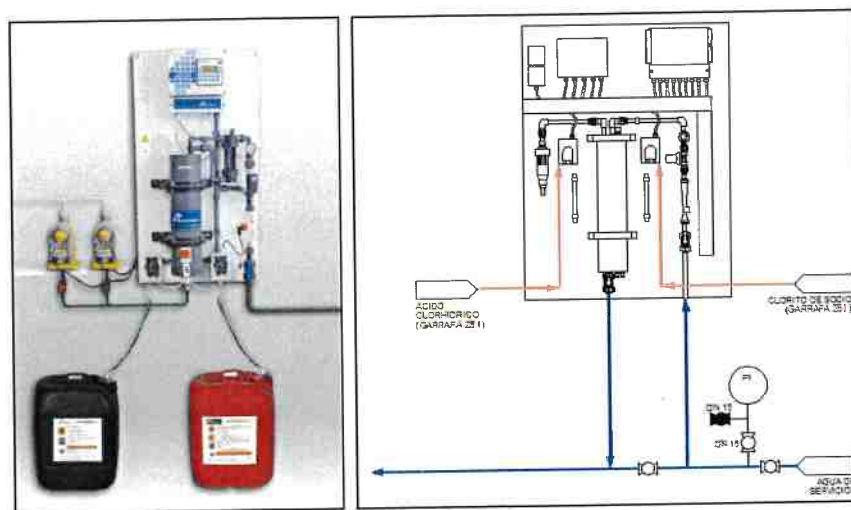


Fig. 8. Generador ClO_2

Para el sistema de dosificación se ha instalado un panel de dosificación con válvulas, instrumentación y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento y 3 bombas dosificadoras que dan servicio tanto a la desinfección/oxidación inicial como a la desinfección final pudiendo trabajar alternativamente o simultáneamente. Dicho panel cuenta con pantalla de protección antialpicaduras.

Las dosis de reactivo que se han considerado como punto de partida para la selección de la capacidad de los equipos han sido las actuales de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y lo establecido en RD140/2003 como dosis habituales de referencia, dotando a los equipos de un margen razonable

para que en una fase posterior de puesta en marcha se definan con mayor precisión dichas dosis adecuadas a la nueva calidad y a los distintos procesos de tratamiento.

Dióxido de cloro

Sistema de generación (común a Pre y Post tratamiento)

Número de equipos de generación	1 Ud.
Dosis media desinfección/oxidación inicial	0,7 ppm
Dosis máxima desinfección/oxidación inicial	2 ppm
Dosis media desinfección final	0,7 ppm
Dosis máxima desinfección final	1,5 ppm
Capacidad generador	50 g/h

Dióxido de cloro

Sistema de dosificación (común a Pre y Post tratamiento)

Número de paneles de dosificación	1 Ud.
Número de bombas dosificadoras en línea	2 Ud.
Número de bombas dosificadoras de reserva	1 Ud.
Capacidad unitaria bomba dosificadora	2-20 l/h

Para la selección de los equipos, se ha considerado la máxima de desinfección de 2 ppm, pero no se han encontrado referencias superiores a 0,4 – 0,5 ppm para desinfección final. Las consideradas de uso son media 0,5 ppm y máxima 1,5 ppm.

La regulación de este reactivo se hace por lazo contra la medida de dióxido de cloro residual de la etapa correspondiente.

3.5.2. Cloro gas (Cl₂ gas)

Como oxidante y desinfección final en la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta se emplea el cloro gas.

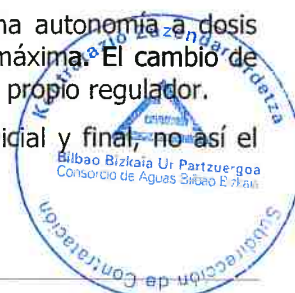
La instalación de cloro ha consistido en el suministro de un panel con pantalla protectora donde se ubican los siguientes componentes:

- Dos Reguladores de vacío NXT3000 de 500 g/h.
- Dos rotámetros de cloro gas de hasta 75 g/h.
- Dos válvulas automáticas para regulación del caudal a los eyectores.
- Dos eyectores de cloro gas de hasta 200 g/h.
- Accesorios de visualización: rotámetro de agua y manómetros por cada línea
- Dos absorbedores de pequeñas fugas en venteo de los reguladores de vacío.

Próximo a este panel se han ubicado las botellas de cloro gas. La conexión entre el panel y las botellas de cloro gas es mediante un latiguillo y válvula auxiliar de botella.

Las botellas de cloro son dos (1+1R) de 100 kg cada una, resultando en una autonomía a dosis media y caudal a tratar máximo superior a 4 meses o 3,5 meses para dosis máxima. El cambio de suministro entre una botella a otra se realiza de manera automática a través del propio regulador.

La instalación de almacenamiento de cloro gas es común a la desinfección inicial y final, no así el sistema de dosificación.



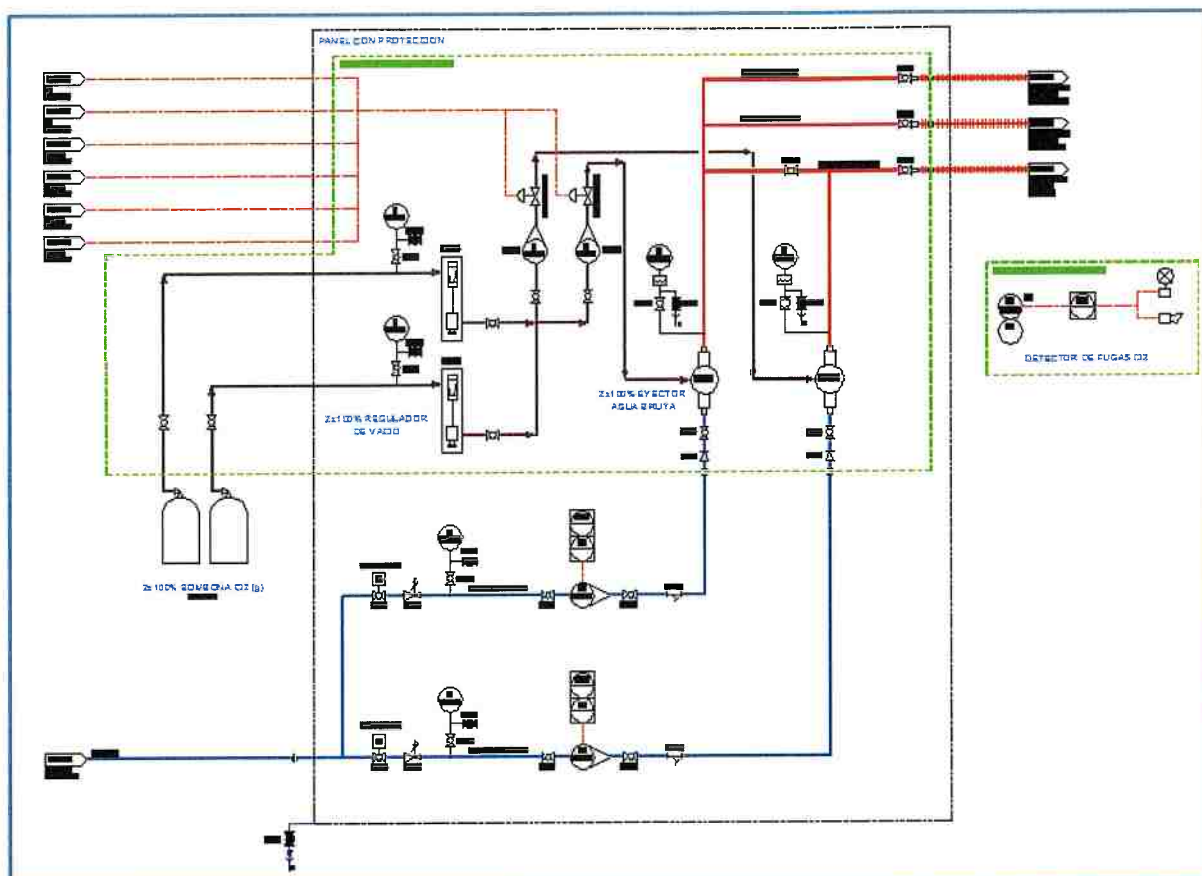


Fig. 9. Esquema instalación Cloro gas

Las dosis de reactivo que se han considerado para la selección de la capacidad de los equipos se han basado en las actuales de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y teniendo en cuenta el efecto no deseado de formación de THM;

Cloro gas (común a Pre y Post tratamiento)

Número de líneas	1 Ud.
Dosis media de producto puro, desinfección/oxidación inicial	2 ppm
Dosis máxima de producto puro, desinfección/oxidación inicial	5 ppm
Dosis media de producto puro, desinfección final	1 ppm
Dosis máxima de producto puro, desinfección final	2 ppm
Almacenamiento (desinfección inicial y final)	
Número de recipientes	2 Ud.
Capacidad unitario de recipiente	100 kg
Dosificación (desinfección inicial)	
Nº de reguladores	1 Ud.
Nº de eyectores / rotámetros / válvulas regulación en línea	1 Ud.

La regulación de este reactivo se hace por lazo contra la medida de cloro residual de la etapa correspondiente.

El sistema está provisto así mismo de alarmas por falta de caudal tanto de agua bruta a tratar como por falta de agua de arrastre del bombeo de agua filtrada, que detiene la dosificación de Cl_2 .

3.5.3. Permanganato potásico (KMnO_4)

El permanganato potásico al igual que el CAP no se emplea en la actualidad en la ETAP de Venta Alta.

Dicho reactivo se ha incluido en la planta piloto a fin de poder estudiar las condiciones de oxidación con un reactivo diferente a los existentes en la ETAP así como para usarlo como coadyudante a la floculación. Para esto, se puede inyectar tanto en la llegada de agua bruta a la planta piloto situado en el Módulo Nº1 (para su estudio como oxidante) así como en el mezclador estático situado a la entrada al decantador en el Módulo Nº2 (para su estudio como ayudante a la floculación).

La regulación se realiza de forma proporcional al caudal a tratar, si bien la dosis debe ser introducida de forma manual en el SCADA.

Permanganato Potásico (común a oxidación/floculación)

Dosis media de producto puro	1,2 ppm
Dosis máxima de producto puro	1,6 ppm

Preparación y Almacenamiento

Número de recipientes de preparación y almacenamiento	1 Ud.
Concentración de la preparación	3%
Volumen del equipo de almacenamiento	280L

Dosificación

Número de paneles de dosificación	1 Ud.
Número de bombas dosificadoras en línea	2 Ud.
Número de bombas dosificadoras de reserva	1 Ud.
Capacidad unitaria bomba dosificadora	0,02-2,2 l/h

3.5.4. Ozono (O_3)

El ozono estaba previsto en el proyecto inicial de la segunda fase de la ETAP de Venta Alta pero se encuentra actualmente en desuso en la ETAP y únicamente se mantiene la obra civil correspondiente tanto a la fase de preozonización como a la fase de post ozonización.

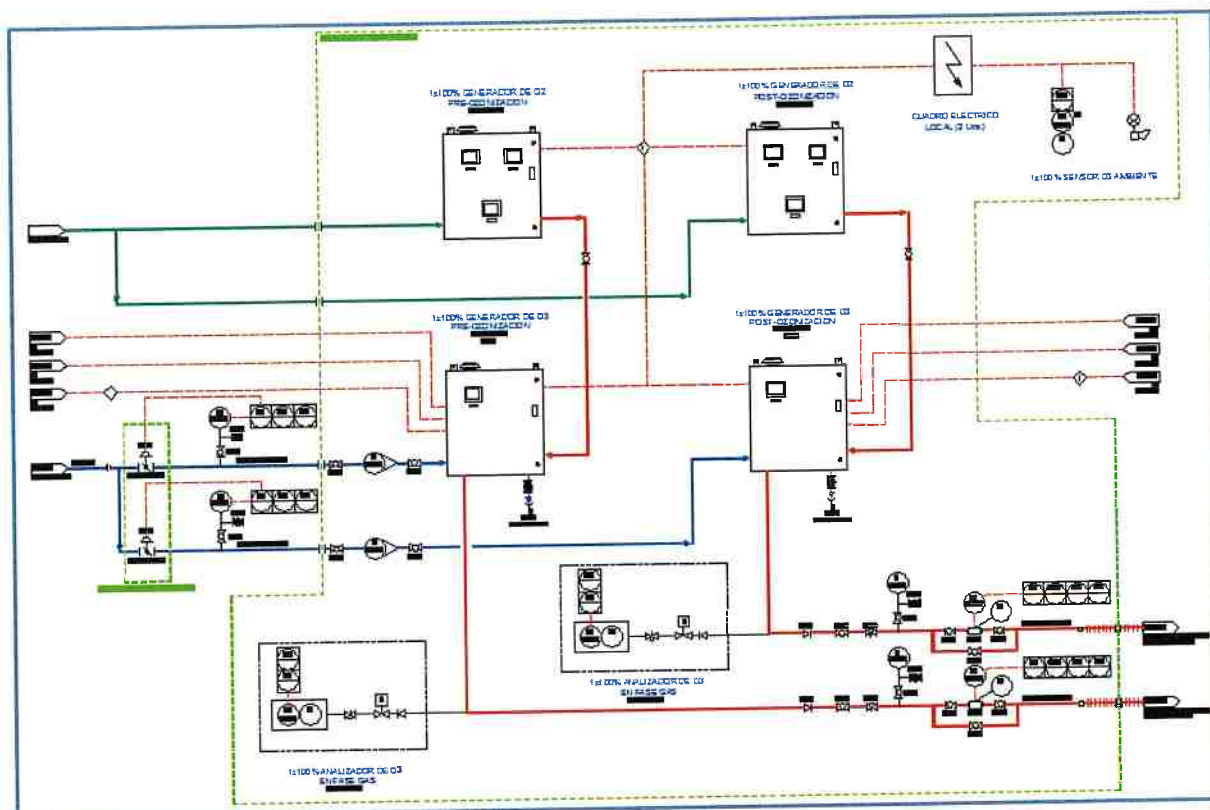


Fig. 10. Esquema Generación de Ozono (pre y post-ozonización)

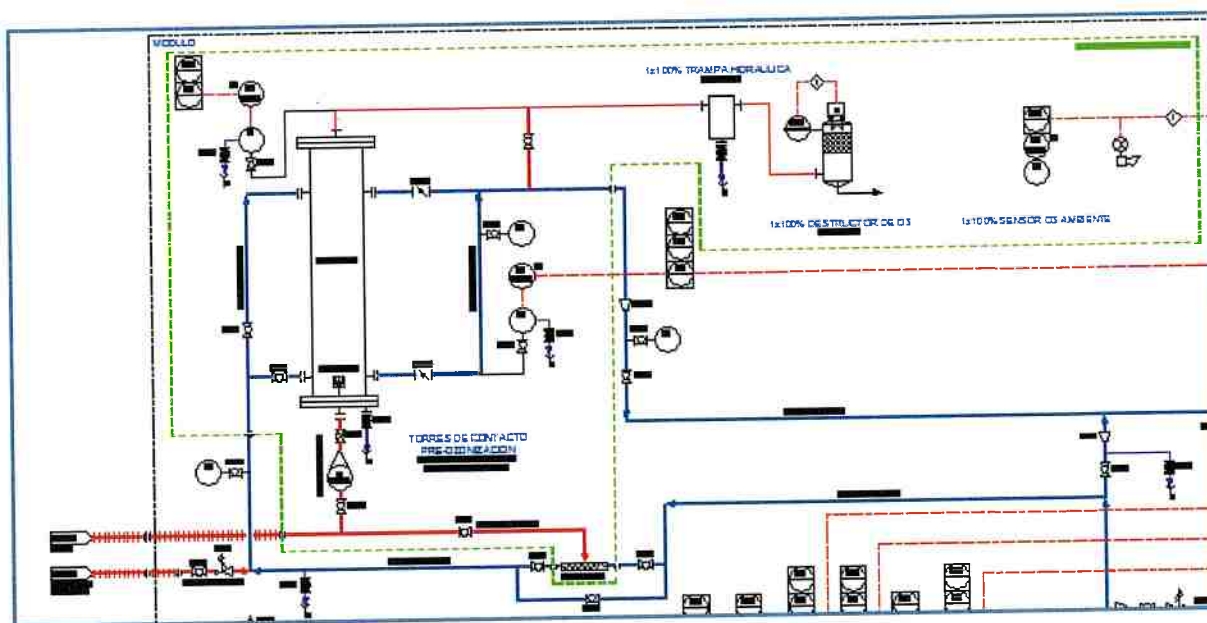
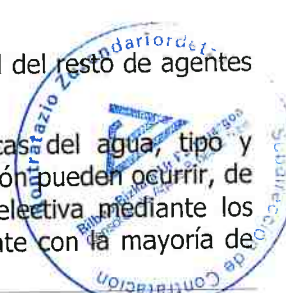


Fig. 11. Esquema Inyección de Ozono en columnas atmosféricas (pre-ozonización)

Una de las principales características del ozono es su poder oxidante, superior al del resto de agentes oxidantes habitualmente empleados.

La estabilidad del ozono en disolución acuosa depende de las características del agua, tipo y contenido de materia orgánica natural, pH y alcalinidad. Los procesos de oxidación pueden ocurrir, de forma selectiva a través de la forma molecular del ozono o de forma no selectiva mediante los radicales libres en los que se descompone (los cuales reaccionan indistintamente con la mayoría de los constituyentes del agua).



Los factores que favorecen la vía radicalaria son: medio básico, presencia de peróxido de hidrógeno y la radiación ultravioleta así como combinaciones de estos; mientras que los que favorecen la vía molecular son el medio ácido y la alcalinidad.

La pre-oxidación con ozono mejora el proceso posterior de coagulación y floculación, elimina color, olor y sabor del agua y evita la formación de THM, ya que degrada las sustancias precursoras de los mismos. Así mismo, oxida la materia orgánica, microcontaminantes orgánicos, fenoles y pesticidas y la materia orgánica natural. Es eficaz, en esta etapa de pre-oxidación, para la eliminación de compuestos inorgánicos como amonio y nitritos que oxida con rapidez.

La temperatura incrementa la velocidad de reacción del ozono aunque también incrementa su inestabilidad.

La etapa de pre-ozonización se ha instalado en el Módulo Nº1 de la planta, y tiene las siguientes características:

- Es un sistema atmosférico que simula las condiciones de operación de la ETAP de Venta Alta.
- El sistema de difusión de la preozonización contempla dos opciones:
 - o Sistema de difusión mediante difusor poroso en cámara atmosférica: una cámara, de 3,8 m de lámina de agua y tiempo de retención por cámara de 1,8 minutos (difusión). En este caso, la tubería de entrada de agua se realiza por la parte superior de la cámara atmosférica y sale por la parte inferior de la misma.
 - Sello hidráulico: mediante tubería de DN100 para dar tiempo de retención total de difusión y contacto de 2,27 minutos (como en Venta Alta).
 - o Sistema de difusión mediante mezclador estático en línea de agua de alimentación a la cámara atmosférica: dado que se prevé que la altura de agua disponible en Venta Alta no sea suficiente para la correcta difusión del ozono mediante difusores porosos, se ha previsto también la opción de difusión mediante mezclador estático antes de la llegada a la cámara de ozonización. En este caso, la tubería de entrada de agua se realiza por la parte inferior de la columna/cámara atmosférica y la salida se realiza por la parte superior de la misma.

Para este sistema de difusión no ha sido necesario equipar con una bomba extra ya que el agua viene bombeada directamente al Módulo Nº1 y el equipo de generación seleccionado tiene presión suficiente para que el gas pueda ser inyectado en la corriente sin necesidad de elementos adicionales.

Para el control de la dosis de ozono en cada momento, se ha instalado el mismo sistema para ambas etapas de Pre y Post ozonización:

- Caudalímetro en la línea de agua a la entrada de las cámaras de contacto (m^3/h agua).
- Rotámetro con contacto y señal 4-20 mA en línea de gas a las cámaras de contacto (gGas/h)
- Sensor de ozono en fase gas a la salida del generador (gO_3/Nm^3 gas)
- Señal 4-20 mA desde el Generador de ozono (corresponde a la potencia del equipo, que equivale a concentraciones teóricas de Ozono en el gas generado).

Desde el SCADA se introduce la dosis de ozono requerida en cada momento, manualmente por el operador (g/m^3), y con el caudal de agua leído del caudalímetro se obtienen los g/h de Ozono a dosificar desde el generador.

Con la lectura del caudalímetro de gas (g/h gas) y del sensor en fase gas (gO_3/Nm^3 gas) se obtienen los g/h reales de Ozono producidos por el generador, y se puede ajustar mediante la señal 4-20 mA del Generador de ozono (que varía la concentración de salida del gas).

El sistema de generación es independiente para cada etapa, con una capacidad máxima total de 30 gO_3/h y está alimentado por oxígeno, generado in situ al 92%. Este y el sistema de generación de la Post-ozonización se encuentran ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Algunas características generales de cada etapa:

Sistema de difusión de Pre-ozonización

Número de líneas	1 Ud.
Dosis media habituales para Pre-ozonización	0,75-1 ppm
Dosis máxima habituales para Pre-ozonización	1,5-2 ppm
Caudal de ozono en difusor	0,2-2 Nm ³ /h
Método principal de difusión	Difusor poroso o mezclador estático
Número de difusores porosos	1 ud
Número de mezcladores estáticos	1 Ud.

Sistema de generación de ozono de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post..
Modelo	NLO-25
Capacidad requerida	3-20 g/O ₃
Capacidad máxima	25 (9%) -30 (7%) g/O ₃
Gas de alimentación	Oxígeno atmosférico, de generación in situ (PSA)
Concentración de ozono	9% para 25 g/h
Presión del gas generado	0,98 bar

Sistema de generación de oxígeno de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post.
Tipo	PSA
Pureza del oxígeno	90-95%
Capacidad de generación de O ₂ de PSA	0,6 Nm ³ /h

Columna
atmosférica Pre-
ozonización



Fig. 12. Columna atmosférica (pre-ozonización)

La instalación se completa con tres detectores de ozono en ambiente, uno junto a cada destructor y otro en la sala de generación y un pequeño cuadro eléctrico para arranque y parada de los equipos y parada de producción en caso de producirse una alarma por alta concentración de ozono en ambiente. Además el sistema cuenta con un destructor de ozono por etapa de ozonización, dotando a la instalación de una seguridad máxima.

Destructor de ozono

Número de destructores	2 Ud.
Modelo	DTCV-2.0X
Tipo	Catalítico
Incluye trampa de agua	
Caudal máximo admisible	2 Nm ³ /h

A la salida de las etapas de ozonización (tanto en pre como en post-ozonización) se ha instalado un analizador de ozono en agua que indica la cantidad de ozono residual existente en este punto.

Analizador de ozono en agua

Número de equipos	2 Ud.
Tipo de medida	Sistema con dos electrodos polarográfico-amperométricos, cubierto de membrana
Caudal de la muestra	30-40 l/h
Caudal máximo admisible	2 Nm ³ /h

Para cerrar el balance de O₃, se ha instalado un analizador de ozono OFF-GAS en la corriente de salida de ozono húmedo al destructor de la etapa de Pre-Ozonización. Con este equipo se consigue saber con exactitud la eficiencia del sistema de difusión del ozono en uso (difusor poroso o mezclador estático) y adoptar la solución más conveniente para su futura implementación en la ETAP de Venta Alta.

3.6. CÁMARA DE MEZCLA

Tras la etapa de oxidación, se ha instalado una cámara de mezcla rápida. En esta cámara se simula la etapa de coagulación existente en la ETAP de Venta Alta.

Las dimensiones de la cámara de mezcla rápida que simula la etapa de coagulación de la 2ª fase de Venta Alta se obtuvieron tras estudiar la obra civil de las cámaras de coagulación de Venta Alta (volumen y lámina de agua) y los tiempos de retención resultantes al caudal de Concesión del Nervión en la ETAP. Se ha instalado la etapa de coagulación en la planta piloto simulando dicho tiempo de retención al caudal medio de la planta piloto.

Esta cámara se ha incluido en el Módulo N°2, junto con el mezclador estático para dosificación de reactivos en línea y el decantador Accentrifloc, localizando así toda la etapa de coagulación-floculación-decantación del proceso en este skid. Dichas etapas cuentan cada una con su correspondiente by-pass.

La cámara cuenta con conexiones para llegada de reactivos y está equipada con agitador. Se dosifican en ella los distintos tipos de coagulantes (sulfato de alúmina o policloruro de aluminio) así como el Hidróxido Sódico para el ajuste de pH.



Dicho equipo está realizado en polipropileno y se ha instalado sobre una estructura elevada que compensa la altura y lámina de dicha cámara.

Las principales características de este equipo son:

Cámara de mezcla

Número de unidades total	1 Ud.
Volumen útil	60 l
Tipo	Atmosférico
Material	PP

Tras la cámara de mezcla se localiza un mezclador estático DN 80 en materiales plásticos (PP, PVDF) para realizar las distintas dosificaciones de reactivos previstas tanto para la floculación como para la decantación. Dichas dosificaciones son:

- Floculante
- Carbón activo en polvo (CAP) como coadyudante a la floculación
- Permanganato potásico como coadyudante a la floculación

Nueva posibilidad de realizar la oxidación antes de la decantación (como en la ETAP de Venta Alta):

- Dióxido de cloro
- Cloro gas

Antes y después del decantador hay una serie de medidas de parámetros analíticos para tener controlados los parámetros de estudio de forma permanente así como los puntos de toma de muestras correspondientes. Toda esta instrumentación online se localiza en un panel en el mismo módulo.

3.7. DECANTACIÓN

Tras la etapa de coagulación, también en el Módulo Nº2 el agua pasa a una etapa de decantación-floculación con recirculación interna de fangos mediante turbina.

El decantador instalado es plástico y tiene un diámetro de Ø 2,2m. El agua entra a la cámara central, donde el fúculo es agitado mediante una turbina central y pasa a la cámara de decantación periférica. Los fangos acumulados en esta cámara son recogidos mediante tubería de dimensión tal que garantiza la retirada homogénea de los fangos en toda la longitud del decantador. La purga de los fangos se realiza mediante un sistema temporizado a base de electroválvulas, que conducen el fango a un depósito de PP de 100 l para toma de muestras de este efluente. Como tal, no ha requerido un mayor volumen, puesto que sólo se ha requerido su instalación para tomar muestras puntuales y analizarlas.

El agua decantada es recogida mediante un canal común perimetral provisto de un vertedero y una chapa deflectora, de donde es enviada a la etapa de filtración. El canal está diseñado de tal forma que sus dimensiones garantizan el perfecto funcionamiento del decantador y una pérdida de carga adecuada.

La decantación en la planta piloto sigue igualmente los criterios de diseño de los decantadores de Venta Alta para el caudal de Concesión del Nervión en la ETAP.

Decantación

Número de equipos	1 ud
Diámetro del decantador	2,2 m
Superficie de decantación	3,1 m ²
Carga hidráulica a caudal máximo	3,36 m ³ /h/m ²
Velocidad ascensional a caudal medio	2,02 m/h
Velocidad ascensional a caudal máximo	3,23 m/h
Material del decantador	PP



Decantador
Accentrifloc

Fig. 13. Decantador Accentrifloc

3.8. FILTRACIÓN DE ARENA

La etapa de filtración en arena instalada simula también las velocidades de operación de los filtros de arena abiertos de la 2ª fase de Venta Alta, tanto en funcionamiento normal como durante el lavado (separado aire y agua). El funcionamiento de dichos filtros es a nivel constante (mediante válvula reguladora y nivel de radar). La carrera de filtración en la ETAP de Venta Alta es de 48 a 72 h a caudal máximo de la planta.

Además, pretende simular las condiciones de los filtros de arena de la 1ª fase de Venta Alta en cuanto a: las características del medio filtrante (altura de lecho, granulometría, etc.), características de las boquillas y tipo de lavado (simultaneo aire + agua).

Por todo esto, se ha instalado una etapa de filtración abierta sobre lecho de arena consistente en una línea de dos filtros en configuración 1+1R. Dichos filtros son abiertos, cilíndricos de configuración vertical y contruistos en Polipropileno. El falso fondo está moldeado en la pared interna del mismo y cuenta con un vertedero perimetral de reparto del agua de alimentación durante el arranque para evitar caída brusca sobre el medio filtrante así como para la recogida del agua de lavado.

La entrada a esta etapa está diseñada de manera que permite que los dos filtros funcionen de manera independiente (si bien, sólo funciona normalmente uno de ellos y el otro sólo se pone en

funcionamiento durante el lavado del otro), de manera que tanto la entrada como la salida se hace mediante colectores comunes a ambos filtros y derivaciones individuales a cada uno.

El medio filtrante está constituido por 950 mm de arena silíceo, con granulometría de 0,9-1,3 mm, talla efectiva 1,1 y coeficiente de uniformidad 1,4-1,6 mm. Cada filtro dispone de un falso fondo circular equipado con boquillas de 0,5 mm de paso (similares a las instaladas en la 1ª fase de la ETAP de Venta Alta) para garantizar la circulación del agua filtrada bajo el falso fondo y por otra parte la distribución homogénea de agua y aire de lavado, durante la fase de lavado a contra-corriente.

Las dimensiones unitarias de cada uno de los filtros son de 2,95 m. x Ø 1,3 m. La superficie de filtración total de cada filtro es de 1,33 m². De esta forma, la velocidad de filtración con 1 filtro en servicio y uno en lavado es adecuada dado el lecho filtrante seleccionado (altura y granulometría de la arena) y la naturaleza del agua a filtrar.

La fase de lavado se puede realizar de dos formas:

- De forma simultánea con aire-agua.
- De forma separada, con aire y agua.

Se ha instalado una tubería de DN 40 equipada con válvula automática que permite vaciar los filtros. Esta tubería, así como la de salida del agua de lavado, conecta con la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que se conduce al tanque de tormentas.

Los filtros de arena están localizados en el Módulo Nº3.

Las principales características de los filtros de arena son:

Filtros de arena

Número de unidades total	2 Ud
Nº de unidades en funcionamiento	1 Ud
Nº de unidades de reserva	1 Ud
Superficie de filtración unitaria	1,33 m ²
Dimensiones unitarias	2,95 m x Ø 1,3 m
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q max. (10 m ³ /h)	7,53 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q medio (6,25 m ³ /h)	4,27 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q mín. (5 m ³ /h)	3,77 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración con un filtro en lavado	7,53-4,27-3,77 m ³ /h/m ²





Fig. 14. Filtro de Arena

3.8.1. Funcionamiento del filtro

Si por construcción todos los filtros tienen la misma pérdida de carga estática y los niveles aguas arriba y aguas abajo son iguales, el equirreparto se debe producir de forma automática a cualquier régimen de funcionamiento.

Al irse incrementando progresivamente la pérdida de carga en el filtro debido al ensuciamiento, el caudal de agua de salida se reduce en proporción inversa, situación ésta que es compensada mediante un sistema de regulación a la salida. Este sistema de regulación está realizado mediante lazo de control entre la válvula de regulación eléctrica situada en la tubería de agua filtrada de cada filtro y en combinación con el nivel de radar de cada uno de los filtros de arena. En función de unos niveles máximos y mínimos preestablecidos por el programador, la válvula regula la pérdida de carga necesaria para mantener dicho nivel entre los límites.

El funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros ha sido desarrollado por un autómata programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta Nº2 (equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Accionamiento

El diseño del automatismo para los filtros de arena (al igual que para el carbón activo que se describe más adelante), permite completar una fase de lavado optimizada. Para ello, entre otras secuencias, se incluyen las siguientes de acciones de optimización:

- Aprovechamiento de la lámina de agua existente en el filtro: en lugar de comenzar el lavado con la lámina de agua en situación de funcionamiento, se procede a filtrar esta lámina sin alimentar el filtro hasta alcanzar una altura de agua estipulada ligeramente superior al lecho

filtrante. Durante esta fase, el actuador de la válvula de salida de agua filtrada recibe una señal, mediante la cual se mantiene abierta hasta que la medida de nivel de radar alcanza el límite anterior mencionado y se corta la citada señal cerrando la válvula de salida. Tras lo cual comienza el contralavado propiamente dicho.

Esto supone un ahorro de agua por filtro y lavado ya que en vez de enviar a vertido tras el lavado la lámina completa de agua del filtro, sólo vierte esta segunda lámina de menor altura.

- Lavado superficial: se realiza al mismo régimen que en la fase de filtración, en la última etapa del programa de lavado. Esto permite el arranque lento del filtro, ya que en esta fase la válvula reguladora está completamente cerrada. Inicialmente el actuador de la misma permite que la válvula permanezca parcialmente abierta, trabajando el filtro a un régimen muy inferior al nominal. Cuando el nivel en el interior está algo por debajo del nivel normal, se corta la señal inicial, alimentándose la válvula directamente con la señal emitida por el regulador de nivel, con lo cual la válvula queda posicionada al valor correspondiente al régimen de funcionamiento en la situación de pérdida de carga mínima que corresponde a la puesta en servicio posterior al lavado.

3.9. EQUIPOS DE LAVADO DE FILTROS

Tras la etapa de filtración en arena se ha dispuesto un tanque de agua filtrada, que hace las veces de depósito de regulación de la carrera de filtración así como almacenamiento del agua requerida para el lavado de los filtros, tanto de arena como de carbón activo.

El correcto diseño y funcionamiento de dicho tanque pasa por mantener una lámina de agua que permite simular la carrera de filtración de la ETAP de Venta Alta (de 48 a 72 h) así como mantener el volumen de lavado más desfavorable.

El lavado tanto de filtros de arena como de carbón activo (que se describen más adelante) se efectúa mediante la acción combinada y simultánea de una corriente ascendente de aire y agua. Todo el programa de lavado se realiza de forma automática, previa iniciación manual del proceso desde el SCADA, una vez detectada la alarma por pérdida de carga admisible (nivel máximo permitido).

Dado el número de filtros, tanto de arena como de carbón activo, y la frecuencia de lavado, se ha instalado un sistema de lavado común a ambos tipos de filtros, de manera que se puede realizar la limpieza de los dos tipos de filtros con el mismo sistema de lavado.

Los equipos de lavado: las bombas y el tanque de agua filtrada, están localizados en el Módulo N^o4.

Para el suministro del aire se han instalado dos soplantes (2+0 R) en el interior de la Caseta N^o2 (Equipos y CGDBT), que en el caso del lavado de los filtros de arena suministran un caudal de:

- Lavado simultáneo: 73 Nm³/h a 600 mbar
- Lavado separado: 43,1 Nm³/h a 600 mbar

El agua para lavado se toma del depósito de agua filtrada tras los propios filtros de arena. Este depósito se encuentra dimensionado para satisfacer la demanda de agua para el lavado de forma separada (agua y aire) de un filtro de arena, que es el más desfavorable en cuanto a volumen de agua de lavado. Se han instalado dos (1+1R) bombas centrífugas monoetapa verticales equipadas con variador de frecuencia para impulsión del agua de lavado tanto a los filtros de arena como a los de carbón activo. Los caudales requeridos para el lavado de filtros de arena se muestran a continuación:

- Filtros de arena, lavado simultáneo: 19,9 m³/h a 3 m
- Filtros de arena, lavado separado: 38 m³/h a 4 m
- Filtros de carbón activo, lavado simultáneo: 22,6 m³/h a 4,5 m

La salida del agua de lavado se realiza mediante válvulas de bola o mariposa (según el tamaño de la línea) automáticas que conducen también a la red de drenajes y vaciados de la Planta Piloto que va al tanque de tormentas.



3.9.1. Depósito de agua filtrada

Con objeto de satisfacer la carrera de los filtros en las mismas condiciones que la ETAP de Venta Alta, se ha realizado un depósito de agua filtrada, con volumen para el lavado más desfavorable de los filtros de arena y carbón activo y con una lámina de agua tal que permite tanto mantener la carrera de 72 h prevista como mantener un diseño de filtros que garantiza que las boquillas del falso fondo se encuentran permanentemente inundadas, garantizado así el correcto funcionamiento de los filtros.

Así bajo estas premisas las características principales de este depósito son:

Depósito de agua filtrada

Número de unidades total	1 Ud.
Dimensiones del depósito	4 m x 1,9 m x 1,5 m
Lámina de agua	1,2 m
Volumen útil del depósito	6 m ³
Volumen total del depósito	10 m ³
Tiempo de retención	30 min
Material	PP

3.9.2. Bombeo de agua filtrada

El agua almacenada en el depósito de agua filtrada se bombea a las etapas de tratamiento siguientes mediante un bombeo de 1+1R bombas centrífugas monoetapa verticales equipadas con variador de frecuencia.

Esto permite compensar la altura de lámina de agua existente en el depósito de agua filtrada junto con las pérdidas de carga generadas en las diferentes etapas de proceso restantes.

Bombeo de agua filtrada

Número de unidades total	2 Ud.
Número de unidades funcionando	1 Ud.
Rango de caudales por bomba	5-6,25-10 m ³ /h
Altura máx. de impulsión	6,5 m.c.a.
Tipo de bomba	Centrífuga monoetapa



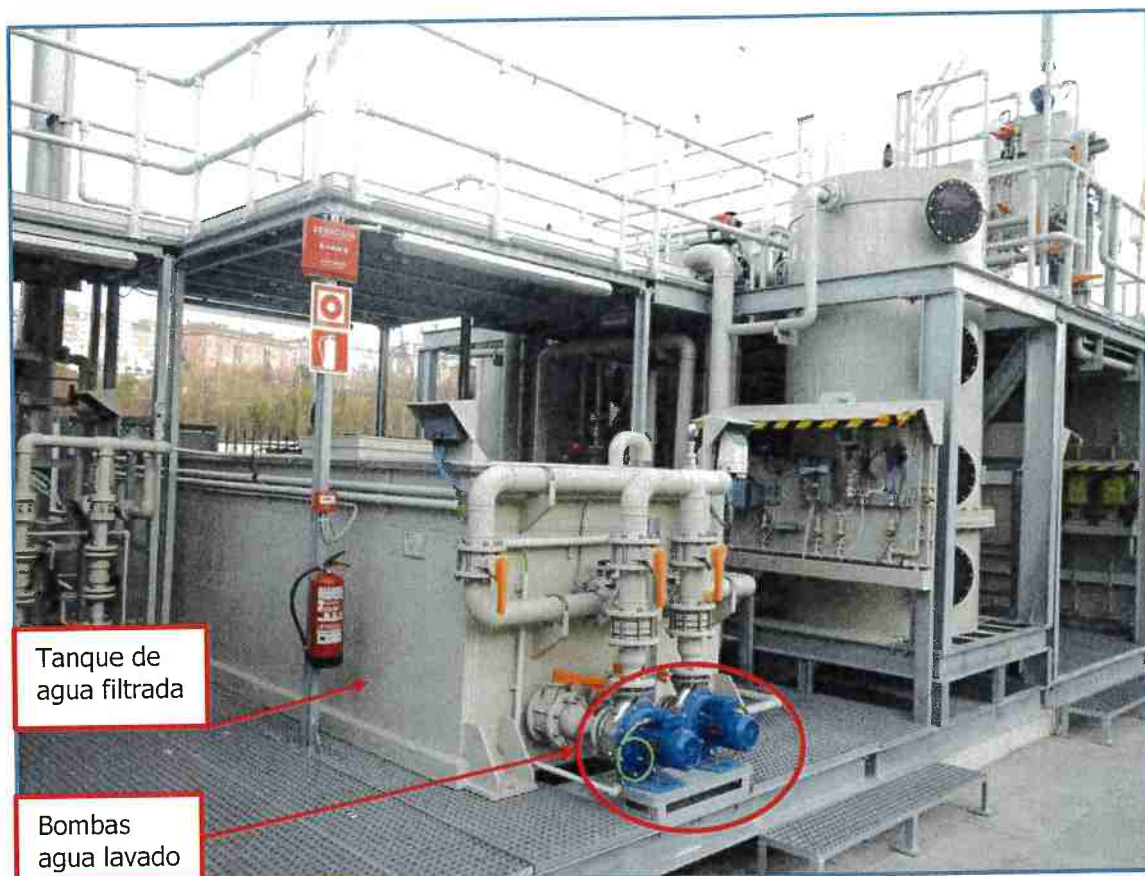


Fig. 15. Sistema de lavado a filtros de arena y carbón activo y tanque

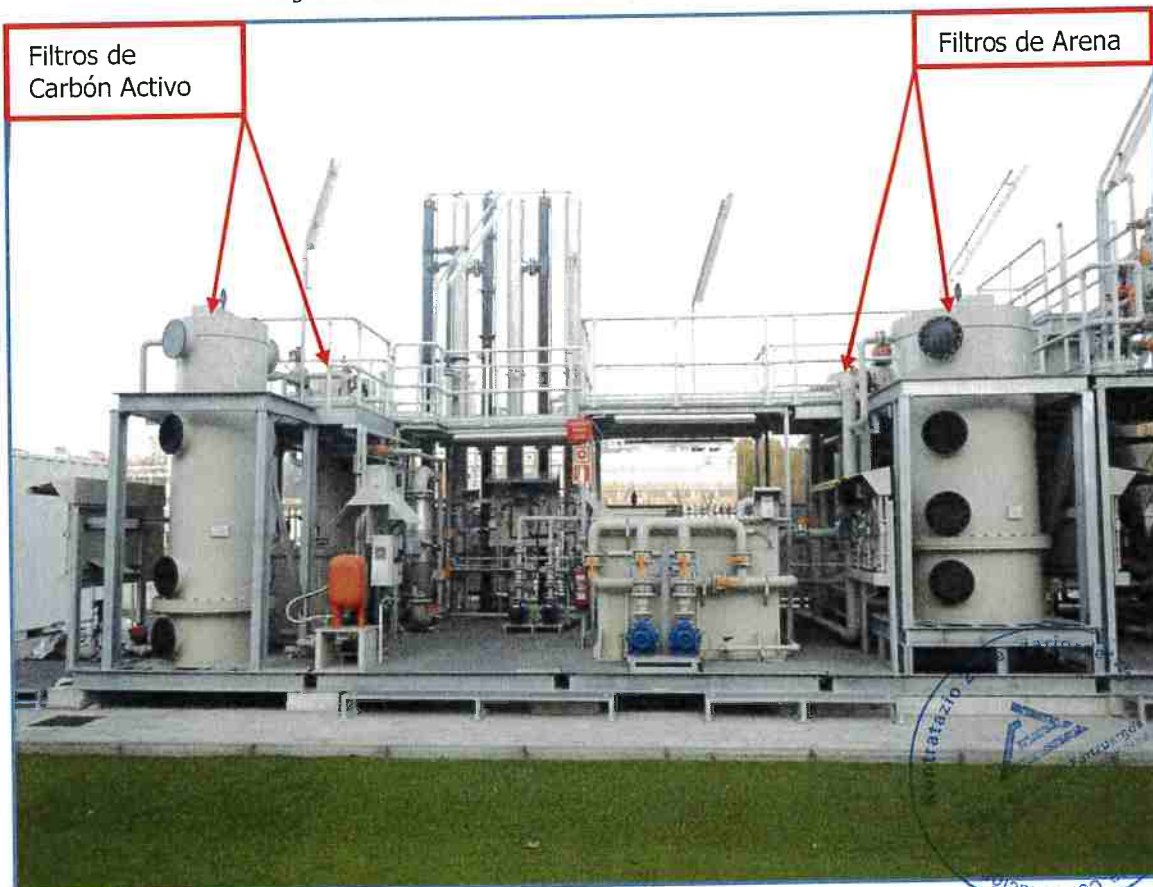


Fig. 16. Sistema de lavado a filtros de arena y carbón activo y tanque

3.10. TRATAMIENTO DE OXIDACIÓN/OXIDACIÓN AVANZADA

Los procesos de oxidación pueden ocurrir, de forma selectiva, a través de la forma molecular del ozono o de los radicales libres en los que se descompone, los cuales reaccionan indistintamente con la mayoría de los constituyentes del agua.

Los factores que favorecen la vía radicalaria son: medio básico, presencia de peróxido de hidrógeno y la radiación ultravioleta así como combinaciones de estos; mientras que los que favorecen la vía molecular son el medio ácido y la alcalinidad.

3.10.1. Oxidación mediante dosificación de ozono

En cuanto a la Post ozonización, puede emplearse tanto como etapa previa a la filtración por carbón activo o bien, como etapa de oxidación avanzada en combinación con UV, H_2O_2 o ambas:

La ozonización, como se ha comentado anteriormente, está especialmente indicada para la oxidación de diversas sustancias orgánicas e inorgánicas. En el caso del hierro, el manganeso, y de varios compuestos arsénicos, la oxidación ocurre de manera muy rápida dejando como residuos unos compuestos insolubles que se pueden eliminar fácilmente por medio de un filtro de carbón activo, por lo que una desinfección mediante ozono se hace especialmente útil como etapa previa a unos filtros CAG como es el caso de Venta Alta. Esta será la realizada por vía molecular.

Además de la oxidación por vía molecular comentada en el apartado anterior, se ha estudiado la oxidación por vía radicalaria, incluyendo puntos de dosificación de Peróxido de Hidrógeno y un equipo de UV antes de la filtración por carbón activo.

Estos procesos no existen en la ETAP de Venta Alta pero se han incluido en la planta piloto para estudiar diferentes opciones de oxidación según se requiera en base a la calidad de entrada a la planta.

Estas nuevas etapas del proceso se han ubicado también en el Módulo Nº5 de la planta piloto.

Las configuraciones a estudiar para la oxidación avanzada son:

- Ozono + Peróxido de hidrógeno
- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

A diferencia de la pre-ozonización, en la post-ozonización el sistema de difusión se realiza únicamente por difusores porosos en cámaras atmosféricas, a semejanza de lo existente en Venta Alta, ya que la lámina de agua y los tiempos de contacto que tendrán lugar en Venta Alta son adecuados para una correcta difusión por esta vía.

Como ya se ha comentado, la etapa de post-ozonización se ha instalado en el Módulo Nº5 de la planta y tiene las siguientes características:

- Es un sistema atmosférico que simula las condiciones de operación de la ETAP de Venta Alta.
 - o Sistema de difusión mediante difusor poroso en cámara atmosférica: tres cámaras. La primera cámara tiene 5,12 m de lámina de agua y tiempo de retención por cámara de unos 3-3,5 minutos. La tubería de entrada de agua se realiza por la parte superior de las columnas/cámaras atmosféricas.
 - Sello hidráulico: mediante tubería de DN150 entre cámaras/columnas para dar tiempo de retención total de difusión y contacto de 11,87 minutos.

Para el control de la dosis de ozono en cada momento, se ha instalado el mismo sistema para ambas etapas de Pre y Post ozonización:

- Caudalímetro en la línea de agua a la entrada de las cámaras de contacto (m^3/h agua)
- Rotámetro con contacto y señal 4-20 mA en línea de gas a las cámaras de contacto (gGas/h)

- Sensor de ozono en fase gas a la salida del generador (gO_3/Nm^3 gas)
- Señal 4-20 mA desde el Generador de ozono (corresponde a la potencia del equipo, que equivale a concentraciones teóricas de Ozono en el gas generado).

Desde el SCADA se introduce la dosis de ozono requerida en cada momento, manualmente por el operador (g/m^3), y con el caudal de agua leído del caudalímetro se obtienen los g/h de Ozono a dosificar desde el generador.

Con la lectura del caudalímetro de gas (g/h gas) y del sensor en fase gas (gO_3/Nm^3 gas) se obtienen los g/h reales de Ozono producidos por el generador, y se puede ajustar mediante la señal 4-20 mA del Generador de ozono (que varía la concentración de salida del gas).

El sistema de generación es independiente para cada etapa, con una capacidad máxima total de 30 gO_3/h y está alimentado por oxígeno, generado in situ al 92%. Este y el sistema de generación de la Post-ozonización se encuentran ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Sistema de difusión de Post-ozonización

Número de líneas	1 Ud.
Dosis media habituales para Post-ozonización	0,5-1 ppm
Dosis máxima habituales para Post-ozonización	1-1,5 ppm (puede llegar a 2 ppm)
Caudal de ozono en difusor	0,2-2 Nm^3/h
Método de difusión	Difusor poroso
Número de difusores porosos	1 ud en cámara Nº1 1 ud en cámara Nº2 1 ud en cámara Nº3

Sistema de generación de ozono de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post..
Modelo	NLO-25
Capacidad requerida	3-20 g/O_3
Capacidad máxima	25 (9%) -30 (7%) g/O_3
Gas de alimentación	Oxígeno atmosférico, de generación in situ (PSA)
Concentración de ozono	9% para 25 g/h
Presión del gas generado	0,98 bar

Sistema de generación de oxígeno de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post.
Tipo	PSA
Pureza del oxígeno	90-95%
Capacidad de generación de O_2 de PSA	0,6 Nm^3/h



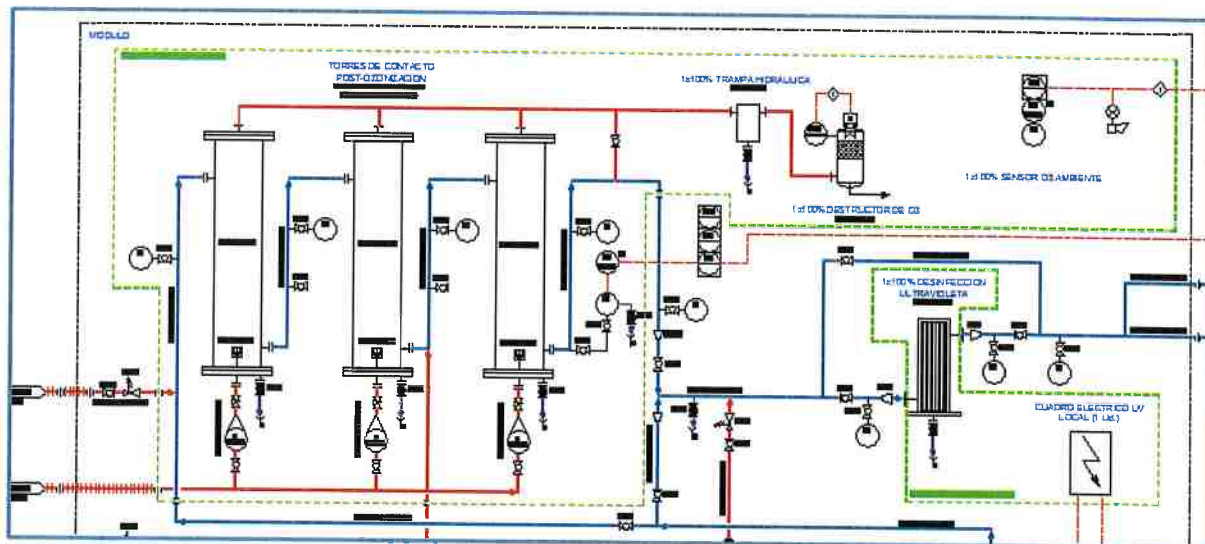


Fig. 17. Esquema Inyección de Ozono en columnas atmosféricas (post-ozonización). Módulo Nº5



Columnas
atmosféricas
Post-ozonización

Fig. 18. Columnas Atmosféricas (Post-ozonización)

3.10.2. Oxidación avanzada

Además de la oxidación por vía molecular comentada en el apartado anterior, se ha estudiado la oxidación por vía radicalaria, incluyendo puntos de dosificación de Peróxido de Hidrógeno y un equipo de UV antes de la filtración por carbón activo.

Estos procesos no existen en la ETAP de Venta Alta pero se han incluido en la planta piloto para estudiar diferentes opciones de oxidación según se requiera en base a la calidad de entrada a la planta.

Estas nuevas etapas del proceso se han ubicado también en el Módulo Nº5 de la planta piloto.

Las configuraciones estudiadas para la oxidación avanzada son:

- Ozono + Peróxido de hidrógeno
- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

3.10.2.1. Ultravioleta

Previo a la etapa filtración mediante CAG y para la realización de la oxidación avanzada se ha instalado un equipo de radiación UV en línea junto con la posibilidad de dosificación de peróxido de hidrógeno antes de la entrada en dicho equipo o/y en la entrada a las cámaras de ozonización.

La ultravioleta puede emplearse o no en las siguientes combinaciones de oxidación avanzada que se han estudiado durante el pilotaje:

- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

En este caso se ha seleccionado un sistema UV con lámparas de media presión que cubren el espectro de radiación de 185 a 300 nm con el que se asegura la oxidación de la mayoría de los contaminantes considerados en las listas de observación, si bien suponen un mayor consumo energético que las lámparas de baja presión.

El equipo se ha instalado en tubería con configuración vertical, lo que minimiza el espacio requerido en planta y permite su instalación con la etapa anterior de post-ozonización en el mismo módulo.

En cualquier caso y al igual que el resto de etapas de la planta, dicho proceso puede ser eludido mediante su correspondiente by-pass.

Las principales características del equipo son:

Desinfección Ultravioleta

Número de reactores	1 Ud.
Caudal máximo	5-10m ³ /h
Tipo de lámpara	Media presión
Rango de regulación de potencia	70-100 %
Espectro de radiación	185-300 nm
Número de lámparas	1
Dosis de UV	900-1000 mJ/cm ²
Transmitancia	98% a 254 nm en 10 mm
Montaje	Vertical
Material	AISI 316 pasivado

3.10.2.2. Peróxido de Hidrógeno

Se han realizado diferentes picajes para la adición de Peróxido de Hidrógeno:

- A la entrada de las cámaras de ozono, mediante picaje en la línea de agua de alimentación a la primera cámara en el caso de la Preozonización, a la entrada de la última cámara en el caso de la Post ozonización.
- A la entrada de la ultravioleta. Dicha dosificación es mediante inyección directa en el mezclador estático en línea a la entrada del equipo de ultravioleta.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Tres (2+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.

La instalación de dosificación compuesta por las bombas dosificadoras con todos los accesorios necesarios (pote de calibración, válvulas de corte, drenaje, válvulas de contrapresión y manómetros) está ubicada en un panel con protección antisalpicaduras.

- Para el almacenamiento del reactivo se ha empleado un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

El depósito incluye accesorios tales como venteo, equipo de detección de nivel, tubuladura para llenado de reactivo y tubería para aspiración del bombeo.

Así mismo, debido a las características agresivas de este reactivo, se ha suministrado una bomba de tipo lápiz, manual, cuyo objeto es permitir la carga del reactivo en el depósito evitando el contacto directo del operario con el reactivo líquido o la nube generada en la carga.

3.11. FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVO GRANULAR

El objeto de la etapa de filtración mediante carbón activo es la eliminación de bacterias y la adsorción de sustancias oxidadas en las etapas previas.

Esta etapa simula las velocidades de operación de los filtros de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta, tanto en funcionamiento normal como durante el lavado (simultaneo aire + agua). El funcionamiento de dichos filtros es a nivel constante (mediante válvula reguladora y nivel de radar).

Además, tiene el cometido de estudiar tanto las condiciones de los filtros de carbón activo de la 2ª fase de Venta Alta como otras posibles configuraciones en cuanto a material adsorbente: cada filtro se ha equipado con un tipo de carbón activo diferente. Uno de ellos contiene el mismo que el instalado en la 2ª fase y el otro, varia el lecho. Se han considerado dos tipos de lechos de adsorción para el 2º filtro:

- Carbón activo granular de activación directa (mismo nivel de activación que aglomerado) y granulometría 12x40.
- Carbón activo granular de activación directa (mismo nivel de activación que aglomerado), y granulometría 8x30 (mayor granulometría que el instalado en Venta Alta).

Además, pretende simular las condiciones de los filtros de carbón activo de la 2ª fase de Venta Alta en cuanto a: las características del medio filtrante (altura de lecho, granulometría, etc.), características de las boquillas y tipo de lavado (simultaneo aire + agua).

Se ha instalado una etapa de filtración con carbón activo granular consistente en una línea con dos filtros en configuración 1 + 1R, con falso fondo de tipo circular y moldeado a la pared interna del filtro y lavado simultaneo aire-agua. La entrada a filtración de CAG está diseñada también de manera que permite que los dos filtros funcionen de manera independiente, y por tanto una vez más tanto la entrada como salida se hace mediante colectores comunes a ambos filtros y derivaciones individuales.

El medio filtrante está constituido por 1600 mm de carbón activo, con granulometría de 12x40. Cada filtro dispone de un falso fondo del mismo material del recipiente y moldeado a la pared interna del mismo, equipado con boquillas de 0,2 mm que garantizan la circulación del agua filtrada bajo el falso fondo y por otra parte la distribución de agua y del aire de lavado, inyectado a contra-corriente.

Las dimensiones unitarias de cada uno de los filtros son de 3,45 m x Ø 0,9 m. La superficie de filtración total de cada filtro es en este caso de 0,67 m². De esta forma, la velocidad de filtración del filtro en servicio es adecuada dado el lecho filtrante seleccionado (altura y granulometría del carbón) y la naturaleza del agua a filtrar.

Existe también la posibilidad de vaciar los filtros al igual que los de arena mediante tubería de DN 40 que se envía de igual forma, junto con la salida del agua de lavado, a la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que desemboca en el tanque de tormentas.



Fig. 19. Filtros de Carbón Activo

Las principales características de los filtros de carbón activo son:

Filtros de CAG	
Número de unidades total	2 Ud.
Número de unidades en funcionamiento	1 Ud
Superficie de filtración unitaria	0,67 m ²
Dimensiones unitarias	3,45 m x Ø 0,9 m
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q máx. (10 m ³ /h)	15,7 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q medio (6,25 m ³ /h)	9,82 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q mín. (5 m ³ /h)	7,86 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración con un filtro en lavado	15,7/9,8/7,8 m ³ /h/m ²

Funcionamiento del filtro

Por construcción, todos los filtros tienen la misma pérdida de carga estática, y los niveles aguas arriba y aguas abajo son iguales, por ello el equirreparto se produce de forma automática a cualquier régimen de funcionamiento.

Al irse incrementando progresivamente la pérdida de carga, el caudal se reduce en proporción inversa, situación ésta que es compensada mediante una válvula reguladora, la cual introduce la pérdida de carga variable necesaria.

Tras el paso por el lecho de carbón el agua es recogida en el falso fondo y conducida al canal de salida, desde donde por gravedad mediante tubería pasa al siguiente elemento de proceso (canal de salida de filtros).

El sistema de regulación es idéntico al de los filtros de arena y por tanto, está realizado mediante lazo de control entre la válvula de regulación eléctrica situada en la tubería de agua filtrada de cada filtro y el nivel de radar de cada uno de los filtros de carbón activo. En función de unos niveles máximos y mínimos preestablecidos por el programador, la válvula regula la pérdida de carga necesaria para mantener dicho nivel entre los límites.

El funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros es desarrollado por un autómatas programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta Nº 2 (Equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Lavado de filtros

El lavado se efectúa mediante aire y agua a contracorriente. Todo el programa de lavado se realiza de forma automática, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la alarma por pérdida de carga admisible (nivel máximo permitido).

El sistema de lavado mediante aire y agua es común al de los filtros de arena, ya que debido al número de filtros y la frecuencia de lavado considerada, dimensionado el sistema para el caso más desfavorable, filtración CAG, es posible el uso del mismo equipo para ambas etapas con el consecuente ahorro.

Para el suministro del aire en el caso de los filtros de carbón activo sólo una de las dos soplantes instaladas está en funcionamiento, a un caudal requerido de 25,5 Nm³/h a 600 mbar.

El agua de lavado es tomada desde el depósito de agua filtrada tras los filtros de arena y en el caso de la lavado de los filtros CAG, las bombas para impulsión del agua de lavado, sólo una de ellas pues están en configuración 1+1R, y trabajan a 22,6 m³/h y 4,2 m.c.a.

La salida del agua de lavado se realiza mediante válvulas de bola o mariposa (según tamaño de la línea) automáticas que conducen también a la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que comunica con el tanque de tormentas.

Accionamiento

Al igual que los filtros de arena, el funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros, ya indicado anteriormente, es desarrollado por un autómatas programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta Nº2 (Equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Como ocurría con filtros de arena, en los filtros de carbón activo se ha completado una fase de lavado optimizada incluyendo para ello, entre otras, las siguientes acciones de optimización:

- Aprovechamiento de la lámina de agua existente en el filtro: en lugar de comenzar el lavado con la lámina de agua en situación de funcionamiento, se procede a filtrar esta lámina sin alimentar el filtro hasta alcanzar una altura de agua estipulada ligeramente superior al lecho filtrante. Durante esta fase, el actuador de la válvula de salida de agua filtrada recibe una señal, mediante la cual se mantiene abierta hasta que la medida de nivel de radar alcanza el límite anterior mencionado y se corta la citada señal cerrando la válvula de salida. Tras lo cual comienza el contralavado propiamente dicho.

Esto supone un ahorro de agua por filtro y lavado ya que en vez de enviar a vertido tras el lavado la lámina completa de agua del filtro, sólo vierte esta segunda lámina de menor altura.

- Lavado superficial: se realiza al mismo régimen que en la fase de filtración, en la última etapa del programa de lavado. Esto permite el arranque lento del filtro, ya que en esta fase la válvula reguladora está completamente cerrada. Inicialmente el actuador de la misma permite que la válvula permanezca parcialmente abierta, trabajando el filtro a un régimen muy inferior al nominal. Cuando el nivel en el interior está algo por debajo del nivel normal, se corta la señal inicial, alimentándose la válvula directamente con la señal emitida por el regulador de nivel, con lo cual la válvula queda posicionada al valor correspondiente al régimen de funcionamiento en la situación de pérdida de carga mínima que corresponde a la puesta en servicio posterior al lavado.

3.12. DESINFECCION FINAL

Al igual que en la etapa de oxidación/desinfección inicial, en la desinfección final se dispone de dos posibles alternativas para llevar a cabo el proceso de desinfección del agua tratada: cloro gas y dióxido de cloro. La dosificación en ambos casos se realiza en el propio depósito de agua tratada.

3.12.1. Dióxido de cloro (ClO_2)

El dióxido de cloro (ClO_2) es un desinfectante/oxidante que no reacciona con el agua ni se combina con la materia orgánica que esta pueda contener con lo que se consigue que con su uso no se generen trihalometanos (THM), lo cual es muy aconsejable en su uso en el agua potable.

A fin de cumplir RD 140/2003, las dosis en la desinfección final del agua tratada son:

Dióxido de cloro – desinfección final	
Número de líneas	1 Ud.
Dosis de media	0,7 ppm
Dosis de máxima	1,5 ppm

Tanto el sistema de generación como las dosificadoras son comunes con el sistema de pre-oxidación previsto y detallado en el apartado 3.5.1 Dióxido de Cloro (ClO_2)

3.12.2. Cloro gas (Cl_2 gas)

La instalación de cloro gas es común tanto para la etapa de oxidación/desinfección inicial como la desinfección final, como ya se ha explicado y se ha descrito en el apartado 3.5.2 Cloro gas.

Las dosis de uso para garantizar el cloro libre residual indicado en el RD 140/2003 son:



Cloro gas – desinfección final

Número de líneas	1 Ud.
Dosis media de producto puro	1,5 ppm
Dosis máxima de producto puro	1,7-2 ppm

3.13. DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS

Los reactivos que se usan en la actualidad en la ETAP de Venta Alta son:

- Cloro gas para oxidación/desinfección dosificado en pretratamiento y como desinfectante en la tubería de agua producto que conduce al depósito regulador.
- Dióxido de cloro para oxidación/desinfección dosificado como el cloro gas, y en sustitución a éste, en pretratamiento.
- Sulfato de aluminio o Policloruro de aluminio como coagulante, dosificado en la cámara de reparto a las cámaras de coagulación.
- Almidón o Polydadmec como floculantes dosificados en las cámaras de floculación (sustituyen al polielectrolito aniónico que se empleaba inicialmente).
- Hidróxido sódico para ajuste de pH en coagulación (inyectado en las cámaras de coagulación-floculación) así como en el agua producto (dosificado en la tubería que conduce al depósito regulador).
- Ácido hexafluosilícico (flúor).

Únicamente no se ha simulará el ácido hexafluosilícico, y en cambio, se dosifica alguno no existente en la ETAP tal y como:

- Peróxido de hidrógeno
- Permanganato potásico
- Carbón activo en polvo
- Dióxido de cloro en agua tratada

La instalación de generación, preparación, almacenamiento y dosificación de los diferentes reactivos está localizada en la Caseta Nº1 de Reactivos. En ella se agrupan la mayoría de los reactivos, salvo:

- El sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de carbón activo que se localiza en el Módulo Nº1 con separación ATEX respecto del resto de equipos de dicho Módulo.
- Los sistemas de generación de Ozono y oxígeno, ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Para la agrupación de las instalaciones de almacenamiento y dosificación de los diferentes reactivos en las casetas, se ha tenido en cuenta la normativa de aplicación vigente en cada caso (RD 379/2001 por el que se aprueban el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6, MIE-APQ-7).

3.13.1. Coagulante

La fase de coagulación tiene lugar mediante mezcla rápida de un coagulante (Sulfato de alumina o Policloruro de aluminio) en la cámara de mezcla previa al decantador.

En dicho Módulo Nº2, también está la floculación mediante inyección directa en mezclador estático de un floculante de naturaleza orgánica como el Polydadmec o almidón y ayudante a la floculación como el Carbón Activo en Polvo (CAP) o permanganato potásico.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-3,8 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para el almacenamiento de coagulante se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

3.13.2. Floculante

La fase de floculación se ha simulado mediante adición de un floculante en un mezclador estático tras la cámara de mezcla donde tiene lugar la coagulación.

El floculante utilizado es Polydamac o almidón, como en Venta Alta, en estado líquido. Dicho polielectrolito es de origen orgánico y apto para el consumo humano con lo que resulta especialmente adecuado para este uso.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para la preparación y almacenamiento del floculante a una concentración de 6 g/l se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l provisto de agitador, resultando en una autonomía de almacenamiento superior a 15 días a dosis media.

3.13.3. Permanganato potásico

El permanganato potásico no se emplea en la actualidad en la ETAP de Venta Alta.

Dicho reactivo se ha incluido en la planta piloto a fin de poder estudiar las condiciones de oxidación de materia orgánica, Fe^{2+} y Mn^{2+} de un modo distinto al utilizado en la ETAP. Para esto, se puede inyectar tanto en la llegada de agua bruta a la planta piloto así como en la entrada al decantador.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para la preparación y almacenamiento del reactivo a una concentración de 30 g/l, se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l provisto de agitador, resultando en una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

3.13.4. Carbón activo en polvo (CAP)

Un reactivo no utilizado actualmente en la ETAP de Venta Alta es el carbón activo en polvo (CAP), sin embargo, dada la calidad de las aguas procedentes del canal de captación del Río Nervión, se ha instalado una dosificación de carbón activo en el mezclador estático de entrada a decantación, tras la cámara de mezcla rápida.

La preparación y dosificación del CAP se realiza mediante un sistema automático de preparación con clasificación ATEX en todos sus elementos (tolva, cuba) y por tanto está separado físicamente del resto de los equipos de la instalación y del Módulo Nº1 mediante tabiques/paneles y dispone de cubeto de recogida bajo el tramex.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Depósito de PPH con capacidad para 500 l de capacidad formado por 2 compartimientos cerrados (preparación y maduración), válvulas de vaciado y rebosadero.
- Conjunto de agua de llegada formado por válvula reductora de presión, válvula de regulación manual, electroválvula, filtro en Y, caudalímetro y dispensador abierto antiobturable.
- Toma de aspiración bombas dosificadoras.
- Sensor de nivel ultrasónico.
- Dos Agitadores mecánicos.
- Panel de control y potencia.
- Grupo de postdilución formado por: válvula de regulación manual, electroválvula, caudalímetro y válvula antiretorno.
- Tolva de 75 l de capacidad provista con interruptor de nivel mínimo.
- Dos (1+R) bombas dosificadoras de membrana de caudal 2,5-25 l/h y 12 bar de presión de operación.

La instalación de dosificación prevista compuesta de las dos bombas cuenta con todos los accesorios necesarios (válvulas de corte, retención y drenaje) y está ubicada en una bandeja soportada en la pared de separación ATEX respecto del resto del Módulo Nº1 y del Módulo 2.



Fig. 20 Instalación de Almacenamiento y Preparación de Carbón Activo

3.13.5. Hidróxido Sódico

En la planta se requiere ajuste de pH tanto para favorecer la coagulación, la oxidación avanzada así como para conseguir el pH de equilibrio en el agua tratada.

Por esto se ha instalado una dosificación de hidróxido sódico al 25% como se utiliza en la ETAP de Venta Alta.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Cuatro (3+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para el almacenamiento del hidróxido sódico se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 10 días a dosis media.

3.14. INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO

Se ha instalado instrumentación de proceso para medición en continuo de los parámetros a controlar en la planta piloto, tanto de campo como analítica.

Dicha instrumentación tiene las siguientes características generales:

Criterios de diseño generales	
Protocolo de comunicación, instrumentación de campo	Profibus PA
Protocolo de comunicación, instrumentación Analítica con controlador	Profibus DP
Protección ambiental, Equipos montados en los Módulos	IP 65
Protección ambiental, Equipos dentro de Casetas	IP 54
Tensión/Frecuencia de suministro	230 VAC/50Hz
Temperatura ambiente máx. diseño	40°C
Humedad relativa máx. diseño	80%
Materiales de las partes en contacto con el fluido, metálicos	Adecuados al fluido (316L para partes en contacto con Agua)
Materiales de las partes en contacto con el fluido, no metálicos	Adecuados al fluido en contacto (agua o reactivos)

Para el correcto funcionamiento de la planta piloto y la operación de la misma, la instrumentación instalada para el control en continuo de la planta es la siguiente:

Línea de Agua y dosificaciones de reactivos	Instrumentación de campo
	Llegada agua bruta
	Bombeo agua lavado
Caudalímetro electromagnético	Bombeo a post ozonización
	Salida agua tratada
Caudalímetro másico térmico	Aire de lavado
	Ozono gas de salida de Generadores de Ozono
Rotámetros	Agua de dilución/arrastre reactivos
	Agua de arrastre Cl gas (preoxidación)
Rotámetros con contacto 4-20 mA	Agua de arrastre Cl gas (desinfección final)
	Llegada agua bruta
Transmisor Indicador de Presión	Impulsión soplantes de lavado
	Bombeo agua lavado
	Bombeo a post ozonización
Indicador de Presión	Aire comprimido a instrumentación



Línea de Agua y dosificaciones de reactivos

Nivel indicador transmisor de radar

Nivel de flotador

Instrumentación de campo

Impulsión de reactivos
Línea de dilución de reactivos
Filtros de arena
Filtros de carbón activo
Cámara de mezcla rápida
Tanque de agua tratada
Tanques de preparación de reactivos
Tanques de almacenamiento de reactivos
Tanque de agua filtrada
Canal de agua bruta (2 uds)
Tanque de agua filtrada

Línea de Agua

Medidor de turbidez

Medidor de Oxígeno disuelto

Medidor de pH

Medidor de Conductividad

Medidor de Cloro residual

Medidor de Cloro en aire

Medidor de Dióxido de Cloro

Analizador de ozono off-pass AOFG

Medidor de ozono residual en agua

Medidor de ozono residual en aire

Medidor de THM

Medidor de TOC

Instrumentación analítica

Llegada agua bruta
Salida decantador
Salida filtros arena
Salida agua tratada
Llegada agua bruta
Salida de agua tratada
Llegada agua bruta
Entrada decantador
Salida Post ozonización
Salida de agua tratada
Llegada agua bruta
Salida de agua tratada
Salida decantador
Tanque agua filtrada
Salida de agua tratada
Detector de fugas
Llegada agua bruta
Salida decantador
Tanque agua filtrada
Salida de agua tratada
Cámara de Pre ozonización.
Cámaras de Pre y Post ozonización (2 uds)
Destructor de Pre y Post ozonización (2 uds)
Caseta Nº2 de Equipos/CGDBT (1 ud)
Salida de agua tratada (Caseta Nº3 Laboratorio)
Llegada agua bruta/ Entrada decantación /
Salida decantación / Salida de agua tratada
(Caseta Nº3 Laboratorio)

En cada Módulo se han instalado los paneles para ubicación de la instrumentación de campo/analítica correspondiente, de forma que la operación/lectura/accesibilidad resulta fácil y adecuada.



3.15. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares instalados en la planta piloto se describen en los siguientes apartados.

3.15.1. Agua de servicios

Se ha instalado en el Módulo Nº5 un grupo de presión para agua de servicios de la planta.

Dicho grupo de presión suministra agua con calidad potable (aspirando del tanque de agua tratada localizado en el Módulo Nº6) a los siguientes consumidores:

- Agua de arrastre para reactivos químicos (instalados en la Caseta Nº1 de Reactivos).
- Agua para preparación de reactivos químicos (instalados en la Caseta Nº1 de Reactivos).
- Medida de TOC del agua tratada (equipo instalado en el laboratorio, en la Caseta Nº3 de laboratorio/oficinas).

Así mismo, cuenta con una conexión de la red de agua potable existente en el Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta. Dicha conexión provee a la planta piloto de agua de servicios en caso de no disponer de agua tratada para su uso, de forma que se puede disponer de forma independiente de agua potable de una u otra forma.

El grupo de agua de servicios cuenta con:

- Dos (1+1R) bombas equipadas con variador de frecuencia y de las siguientes características:
caudal 5 m³/h y presión 3,5 bar.
- 1 Calderín de 8 l
- Válvulas de corte, retención y drenaje
- Instrumentación
- Cuadro eléctrico/control

3.15.2. Agua potable

Los equipos con necesidad de suministro de agua potable que no pueden estar sujetos a posibles averías del grupo de presión indicado en el apartado anterior, reciben el caudal necesario de forma independiente a través de la conexión con la red existente de agua potable del Edificio de Bombeo y Turbinado donde se ubica la planta piloto.

Los consumidores indicados serán:

- Caseta Nº3 de Laboratorio/oficinas:
 - Laboratorio
 - Baño
- Módulo Nº1: Preparación de CAP.
- Caseta Nº1 de reactivos: Floculante y ducha lavaojos.
- Caseta Nº2 de Equipos/ CGDBT:
 - Generadores de ozono/oxígeno: refrigeración de los Sistema de Generación



3.15.3. Aire de servicios

Se ha instalado una red de aire comprimido para dar servicio a los consumidores que lo requieren:

- Instrumentación analítica que lo requiere, tal y como los medidores de TOC.

La calidad de aire requerida por los anteriores consumidores se obtiene mediante el paso del aire a alta presión a través de dos etapas de separación de aceites, para posteriormente pasarlo por una etapa de enfriado permite eliminar por condensación la mayor parte de la humedad.

El compresor de aire de servicios instalado tiene en cuenta el nivel sonoro requerido dada las características de la ubicación de la planta. Está ubicado dentro de una de las Casetas (Casetas Nº2 de Equipos/CGDBT), junto con las soplantes de lavado de filtros y los sistemas de generación de ozono y oxígeno, a fin de unificar los equipos con alto nivel sonoro y adecuar la caseta para cumplir los requisitos ambientales.

Se ha seleccionado un equipo de bajo nivel sonoro (69 dB(A)) por lo que no requiere de cabina de insonorización adicional y se cumple el límite de nivel sonoro establecido fuera de la Caseta donde va ubicado.

El equipo está compuesto por:

- Un (1) compresor rotativo de paletas, hydrovane o similar, montado sobre calderín con manómetro incorporado, de las siguientes características: caudal 120 lpm y presión máxima de 10 bar.
- 1 sistema de refrigeración posterior incorporado, filtración y secador de adsorción.
- Válvulas de corte, retención y drenaje.
- Cuadro eléctrico/control.

3.15.4. Red de drenajes y saneamiento

Se ha ejecutado una red de drenajes de la planta que une los drenajes, vaciados y reboses de los Módulos y los drenajes de las Casetas.

Las fecales de los baños (que disponen de triturador con bomba con caudal suficiente para los 2 aparatos (lavabo e inodoro) y presión necesaria para llegar hasta el punto de conexión, a unos 18 m aproximadamente) también se unen a esta red de vaciados/reboses y saneamiento.

La línea de saneamiento procedente de las casetas y la de vaciados y drenajes de módulos y de las casetas, se unen en un único colector de DN125 PN10 que se conduce al semisótano en la cota +25, donde se localizan los baños del Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta. El trazado de este colector es paralelo al de las tuberías de alimentación de agua bruta a la planta y de agua potable.

Al llegar a la cota + 25 se conduce al punto de conexión previsto junto a los baños del edificio de Bombeo y Turbinado, y se ha realizado un picaje con la conexión existente en DN110 de fecales que conecta actualmente con el tanque de tormentas.

3.15.5. Laboratorio

Se ha dotado a la planta piloto de un laboratorio que ha sido ubicado dentro de una de las Casetas, la Caseta Nº3. Esta es una caseta doble, estando compartimentada en varios habitáculos: el laboratorio, el almacén, sala de reuniones y sala de control, y baño.

El laboratorio cuenta con una alimentación eléctrica y de control y agua potable y servicios y se ha diseñado e instalado teniendo en cuenta la normativa de aplicación vigente en materia de seguridad y salud.

Este laboratorio está totalmente equipado con el material necesario para realizar labores básicas de análisis y control de la planta piloto.

Los equipos incluidos en el laboratorio se indican en la siguiente tabla:

Equipamiento de Laboratorio	
Equipos de sobremesa	Turbidímetro Espectro fotómetro pH-metro
Equipos portátiles	Conductivímetro Tomamuestras portátil automático Balanza granatario Equipos para Jar Test: Floculador 6 puestos Agitador calefactor magnético
Resto de equipos:	Frigorífico Sistema de filtración (rampa de 3 puestos y bomba de vacío) Materiales y reactivos requeridos para el correcto funcionamiento
Mobiliario	

3.16. INSTALACIONES ELECTRICIDAD Y CONTROL

3.16.1. Instalaciones eléctricas

3.16.1.1. Introducción

Las instalaciones y equipos eléctricos descritos en este documento tienen por objeto atender las nuevas necesidades eléctricas surgidas de la obra de la nueva planta piloto. Se describen y justifican dichos equipos siempre de acuerdo a la normativa vigente.

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de electricidad y control se muestra en el anejo de cálculos eléctricos.

La planta piloto se divide en los siguientes sectores:

- Caseta nº2 - Cuadro general de distribución baja tensión.
- Módulo 1 - Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- Módulo 2 - Cámara de mezcla / decantador accentrifloc.
- Módulo 3 - Filtros de arena.
- Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.
- Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- Módulo 6 - Filtración por carbón activo / depósitos de agua tratada.
- Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.

- Caseta nº3 - Laboratorio y oficinas.
- Caseta nº4 - Sala de reuniones.

Los criterios para el diseño de las instalaciones eléctricas han sido que cada módulo sea totalmente autónomo, habilitando para tal fin un cuadro de baja tensión al que le llega alimentación eléctrica y comunicaciones empezando por el cuadro general de distribución de baja tensión (CGDBT) situado en la caseta número 2.

Desde este CGDBT se alimentan los diferentes centros de control de motores (CCM) secundarios que componen las instalaciones eléctricas de la planta piloto de Etxebarri. No se consideran CCMs secundarios aquellos cuadros locales suministrados por fabricantes de equipos paquete. Cuando nos encontramos ante un caso así (Cuadro UV, grupo de presión etc...), este cuadro local es alimentado desde el cuadro de baja tensión que gobierna el módulo donde se encuentre, bien un CCM secundario o el propio CGDBT.

Como se explica más en detalle en el anejo de instrumentación y control, el PLC que gobierna la planta se ubica en un armario con envolvente metálica junto al CGDBT, y cada CCM secundario dispone de una estación de remota (RTU) que recoge toda la información que se estime necesaria.

El fabricante de los equipos eléctricos es de la misma marca que el fabricante de los equipos de control, siendo este Siemens. Una marca adicional admitida por el Consorcio de Aguas de Bilbao es Power Electronics para los variadores de frecuencia.

En cuanto al espacio de reserva, los CCMs disponen de un 20% de espacio de reserva en su interior para ampliaciones futuras, y tanto el PLC como las remotas disponen de un 25% de tarjetas de reserva equipadas para las señales físicas (entradas digitales, salidas digitales, entradas analógicas, salidas analógicas).

De manera esquemática se procede a resumir las partes principales de las instalaciones eléctricas de la planta piloto:

- Acometida eléctrica: El Consorcio de Aguas de Bilbao ha habilitado dentro de la sala de baja tensión del parking del tanque de tormentas, un interruptor de 100A desde donde parte la acometida a la planta piloto.
- CGDBT: El cuadro general de baja tensión es el cuadro principal de planta piloto y se encarga de la distribución de fuerza. Además, alberga el controlador lógico programable (PLC) en un armario aparte situado en la misma sala del propio CGDBT.
- CCM secundario: Se trata de los centros de control de motores instalados en cada módulo con excepción de los cuadros auxiliares en las casetas 3 y 4. Dentro de cada CCM secundario se encuentra instalada una estación remota (RTU) de recogida de señales.
- Cuadro local: Nos referimos con cuadro local, al cuadro suministrado por un fabricante de un equipo concreto y que tiene un funcionamiento autónomo (equipo paquete). Se facilita una alimentación y se recogen las señales que se estimen necesarias.
- Rack de distribución: Desde este rack se ha realizado la distribución tanto eléctrica como de comunicaciones de la planta. Estas instalaciones van por canalizaciones independientes, con bandeja de 200mm para las acometidas de fuerza y otra bandeja de 100mm para las acometidas de comunicaciones.
- Campo: Todos los elementos instalados en cada módulo y caseta que componen las instalaciones eléctricas de la planta piloto. Se incluye dentro de este punto toda la bandeja y conduit necesarios.

Las acometidas de fuerza a cada cuadro son de dos tipos. Por un lado, tenemos las acometidas de fuerza mediante interruptor tetrapolar a cada CCM secundario y por el otro, las alimentaciones provenientes del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que acometen directamente a las fuentes de alimentación de cada PLC y RTU de la planta.

Para ver en mayor detalle la solución, por favor, ver los planos de electricidad y control presentados en este proyecto de construcción.

Por necesidades de diseño, la planta se debe poder desmontar, transportar y montar en otro lugar. Para facilitar esto, todo el cableado y todas las conexiones interiores a cada módulo y caseta no se tocarán durante este proceso. Lo único que se hace es la desconexión y conexión de las acometidas de fuerza, SAI y comunicaciones entre en CGDBT y los CCM secundarios.

Los cuadros eléctricos en exteriores son de envolvente poliéster garantizando siempre un IP65. Por otro lado, los cuadros eléctricos en interior son metálicos con al menos IP55.

Los armarios que albergan el cuadro general de distribución de baja tensión y el PLC se componen de 1+1 módulos de 2000 de alto, 1000mm de ancho y 500mm de fondo + 2000 de alto, 800mm de ancho y 500mm de fondo para el lado de fuerza y 1 módulo de 2000 de alto, 800mm de ancho y 400mm de fondo para el PLC. Los cuadros de los skids son de dimensiones más pequeñas, cuyas medidas definitivas se pueden ver en el apartado de planos y esquemas eléctricos desarrollados.

3.16.1.2. Normativa aplicable

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de electricidad y control se muestra en el anejo A8_Cálculos Eléctricos.

A continuación se proceden a describir las partes de las que constan las instalaciones eléctricas.

3.16.1.3. Acometida eléctrica

La acometida eléctrica se ha realizado desde el CCM de baja tensión del edificio de bombeo y turbinado, situado cerca de la planta piloto, en el mismo entresuelo del tanque de tormentas.

El Consorcio a Aguas de Bilbao ha habilitado una acometida de 100A a la cual se conecta la planta piloto, mediante un cable de 3,5x50mm² de sección. Este y los demás cables instalados en estas instalaciones son de material conductor cobre, no se contempla la utilización del aluminio como conductor.

En el interior de la caseta nº2 soplantes de aire de lavado / sala eléctrica, se instala el CGDBT que alimenta a los CCM's secundarios situados a lo largo de los módulos prefabricados. Además, en un armario aparte situado en la misma sala del propio CGDBT, se ubica el controlador lógico programable (PLC).

Se ha realizado una distribución TT, de manera que al CGDBT le llegan las fases R S T, el neutro. Los cables de acometida eléctrica se han instalado en bandeja de PVC con tapa en todo su recorrido hasta el rack de la planta piloto. En los tramos donde no se puede utilizar bandeja, se ha empleado tubo flexible de PVC de sección adecuada, por consiguiente, estos cables no serán armados.

Debido a que existen diferentes salas en el entresuelo del tanque de tormentas, con el objetivo de no pasar el cable de acometida a lo largo de las mismas se ha utilizado el suelo técnico habilitado por el CABB hasta la parte exterior.

A partir de este punto, la bandeja que transporta la acometida eléctrica va instalada sobre pared, hasta colocarse paralela a las tuberías que se dirigen a la planta piloto. Esto se ha tenido en cuenta a la hora de abrir pasos en muros y paredes existentes asegurando el paso correcto de las canalizaciones eléctricas.

Por otro lado, existen elementos que deben ser alimentados desde la planta piloto, como son el compresor de aire instalado en el laboratorio subterráneo, dos válvulas eléctricas, dos boyas de nivel y las bombas de captación de agua del río.

Por tanto, se han instalado dos tiradas de bandeja de PVC de 100mm de anchura, una para fuerza y otra para control. Además, para llevar el cable desde estos elementos hasta los receptores se ha utilizado tubo de PVC por lo que no hace falta que este cable sea armado. El cable de fuerza es el

que va a una tensión de 400Vac o 230Vac, y el cable de control es el que va a 24Vdc, 24Vac o el cable de comunicaciones (Ethernet).

La parte de comunicaciones con Venta Alta queda definida en el anejo sobre instrumentación y control.

El programa de necesidades y potencia instalada, listado de cargas (unidades en funcionamiento, en reserva, potencias totales (instalada, consumida) se muestra en el anejo de cálculos eléctricos.

3.16.1.4. Cuadros de Baja Tensión

Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT)

Se trata del cuadro principal desde donde se alimenta el resto de elementos de la planta. El cuadro de aparamenta fija y de 10kA de poder de corte, cumple con el REBT tras realizar los cálculos eléctricos justificativos.

Como cuadro principal de la planta, el CGDBT está concebido para realizar las siguientes funciones:

- Alimentación de las cargas que componen la captación de agua bruta.
- Alimentación de las propias cargas de la caseta a la que pertenece.
- Alimentación de los diferentes CCM's secundarios de la planta.
- Distribución de alimentación de SAI al PLC y a las diferentes remotas.
- Albergar el PLC de la planta.

Según los datos disponibles hasta la fecha, el transformador desde el que se alimenta la planta piloto es de 250kVA, con tensión de cortocircuito del 6%, siendo la distancia entre el transformador y la acometida del CGDBT superior a 100 metros. Se ha realizado una simulación poniéndonos en un caso pesimista que sería acercar al máximo el transformador al cuadro general de distribución. Se ha realizado una simulación utilizando el software ETAP, donde queda demostrado que un embarrado de 10kA sería más que suficiente.

Los cálculos justificativos del embarrado del CGDBT se exponen en el anejo cálculos eléctricos de este mismo proyecto.

Ha día de hoy se puede afirmar que el CGDBT tiene una potencia demandada por el proceso de 43,89 kW con una intensidad que asciende a 79,20A con lo que los 100A del interruptor que se ha dejado de reserva son suficientes para dar servicio a la planta piloto.

Desde el CGDBT se alimentan las bombas de agua bruta 1 y 2, y el compresor de aire de la captación a agua bruta. Además, se da servicio a las soplantes de lavado de filtros y demás cargas de la caseta nº2.

El sistema de tierras elegido es TT por tanto, todos los accionamientos del CGDBT disponen de protección magnetotérmica y diferencial.

Por último, la acometida del CGDBT dispone de analizador de redes y de interruptor de rearme motorizado. Es la acometida principal de la planta piloto por tanto, es donde se pueden ver los parámetros eléctricos online y tenemos la posibilidad de rearme automático. Así mismo, las salidas a los CCM's y los equipos con controlador electrónico disponen de la opción de rearme automático.

El cableado entra por la parte inferior de la caseta y sale por la parte superior para cruzar el primero de los pasillos existentes, habilitando el paso de personal. Después, las bandejas entran en el rack general desde donde se distribuye al resto de módulos.



Centro de Control de Motores (CCM)

Se ha instalado un CCM secundario por módulo, desde donde se alimentan todos los consumidores de la caseta o módulo donde esté instalado. Se cumple con las especificaciones técnicas del Consorcio de Aguas de Bilbao.

A continuación se listan los centros de control de motores que componen la instalación:

- CCM-1: Módulo 1 – Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- CCM-2: Módulo 2 – Cámara de mezcla / decantador accentrifloc.
- CCM-3: Módulo 3 - Filtros de arena.
- CCM-4: Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.
- CCM-5: Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- CCM-6: Módulo 6 – Filtración por carbón activo, depósitos de agua tratada.
- CCM-7: Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.

En la caseta nº3 hay dos cuadros auxiliares de aparamenta fija, alimentando las cargas propias de la sala de control y de reuniones, las del laboratorio, etcétera. No disponen de estaciones remotas en su interior. En caso de que sea necesario recoger alguna señal de instrumentación del laboratorio, esta se lleva al CCM-7 de la caseta nº1.

Cada CCM del 1 al 7, llegan 3 tipos de acometida. En primer lugar, la acometida de fuerza, en segundo lugar, la acometida de SAI y en tercer lugar las conexiones de comunicaciones. El esquema de comunicaciones se explica con detalle en el anejo de instrumentación y control.

La acometida de fuerza está compuesta por una manguera tetrapolar, con las 3 fases y el neutro. De esta manera se hace una distribución de neutro por toda la instalación.

La acometida de SAI es monofásica, y desde ella se hace una distribución también a 230Vac a los diferentes CCMs de la planta piloto. El embarrado de distribución de SAI está dentro del CGDBT.

Para homogeneizar la planta se ha previsto también que los embarrados de los CCMs sean también de 10kA.

La aparamenta principal y los equipos suministrados son de Siemens. Una marca adicional admitida por el CABB para equipos importantes como son los variadores de frecuencia es Power Electronics.

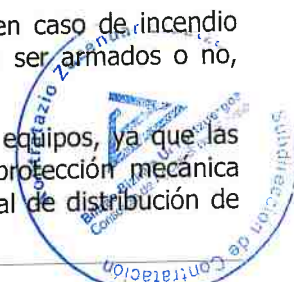
En cuanto al modelo de variadores de frecuencia elegido, se suministra la gama SD500 de Power Electronics que empieza a partir de los 0,75kW con capacidad de regulación. Para un correcto funcionamiento de los variadores de frecuencia, es importante ajustar su rango a la potencia del motor cuya velocidad pretendemos variar.

3.16.1.5. Cableado de Baja Tensión

En este apartado se incluye todo el cableado de fuerza de la planta, tanto de las acometidas, como también de las alimentaciones a motores, instrumentos, circuitos de alumbrado, etcétera.

Se han elegido cables RZ1-k (AS) 0,6/1kV y RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV ya que en caso de incendio aseguran una baja emisión de humos y gases corrosivos. Estos cables pueden ser armados o no, dependiendo de donde vayan instalados.

Como norma general, no se han utilizado cables armados para alimentación a equipos, ya que las características de la instalación permiten poder proporcionar una adecuada protección mecánica mediante tubos y/o bandejas. Por ejemplo, tanto la acometida al cuadro general de distribución de



baja tensión, como también a los cuadros secundarios se ha realizado con cable sin armar, ya que van instalados en bandeja de PVC perforada con tapa y/o tubo de PVC flexible.

Los cables RZ1-K (AS) 0,6/1kV se fabrican con cubierta de color verde según la UNE 21123, aunque pueden fabricarse en otros colores según la IEC 60502.



Fig.3. Cable RZ1MZ1-k

- Conductor de cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228.
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1.
- Cubierta de poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE 21123 y UNE-HD 603-1.
- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo 3.500 V.C.A.
- Temperatura máxima de 90°C.

En caso de alimentaciones a variadores de frecuencia el cableado a utilizar ha sido del tipo ROZ1-K, cables indicados para usar en instalaciones en las que se presentan grandes variaciones de frecuencia. UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502.

En el anejo cálculos eléctricos se explica detalladamente los pasos dados para la determinación de las secciones de los cables.

3.16.1.6. Canalizaciones eléctricas

Para las canalizaciones de las instalaciones de fuerza y control de la Planta Piloto de Bolueta se ha elegido bandeja de PVC perforada tipo UNEX U23X color gris o similar, con tapa.



Fig. 4. Bandeja tipo UNEX U23X

Como norma general, siempre se ha dotado al cableado de protección mecánica, bien porque se está instalando cable armado o bien porque la bandeja instalada dispone de tapa.

En cuanto a la acometida eléctrica, la bandeja que viene desde el interruptor de 100A facilitado por el Consorcio de Aguas de Bilbao dispone de tapa como también, la bandeja instalada en el rack de la planta piloto. Este rack es el que lleva las alimentaciones de fuerza, SAI y comunicaciones a los diferentes cuadros de la planta. Aquí, los cableados de fuerza y control van separados, dejando para las acometidas de fuerza y SAI una bandeja de 200 mm y para las comunicaciones una bandeja de 100 mm.

En cuanto a las instalaciones dentro de cada Módulo o Caseta, la distribución hasta el equipo final también se ha realizado a través de bandeja con tapa o Conduit para dotar de protección mecánica, de lo contrario el cable debe ser del tipo armado.

3.16.1.7. Iluminación de la planta piloto

Se ha verificado el cumplimiento de los criterios indicados en el anteproyecto en lo relativo al alumbrado interior.

En cada zona de las áreas ampliadas, los niveles de iluminación cumplen lo siguiente, teniendo en cuenta las directrices que marca la normativa:

- Laboratorio, sala de control y despacho: 500 lux
- Taller y zonas de trabajo manual: 300 lux
- Almacén, pasillos: 150 lux
- Alumbrado de emergencia: 5 lux

En los locales de trabajo se han instalado puntos para alumbrado de emergencia mediante equipos autónomos de emergencia.

En caso de riesgo de explosión, las luminarias suministradas son del tipo antideflagrante.

Los cálculos luminotécnicos se realizaron con el software Dialux. En el anejo de cálculos eléctricos se muestran los resultados obtenidos, donde se puede observar que cumplen con el requerimiento de los 300 lux para zonas de trabajo manual y de los 5 lux para el alumbrado de emergencia.

3.16.1.8. Cálculo de compensación de energía reactiva

Este proyecto no tiene contemplada la corrección del factor de potencia en la planta piloto, sino que se corrige desde el cuadro general que alimenta la planta.

3.16.1.9. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar, en un momento dado, las masas metálicas. Además de asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Las conexiones de los cables con las partes metálicas se han realizado asegurando las superficies de contacto mediante tornillos, elementos de compresión, remates o soldadura de alto punto de fusión.

Los cables del circuito de tierra han sido lo más cortos posibles, (en el caso de las derivaciones) para no estar sometidos a esfuerzos mecánicos. Estos cables están protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Las consideraciones realizadas para su cálculo se muestran en el anejo cálculos eléctricos.

Se ha generado una red equipotencial para unir todas las tierras. Por un lado, las tierras de cada módulo y caseta van conectadas a las pletinas de tierras del cuadro de baja tensión dedicado a esa zona. Por otro lado, todas las tierras de los cuadros secundarios van conectadas a las tierras del cuadro general de distribución. Por último, desde el CGDBT se lanza un cable RZ1-k verde y amarillo de 50mm² para conectar la tierra de la planta piloto con la red de tierras de las instalaciones del CABB.

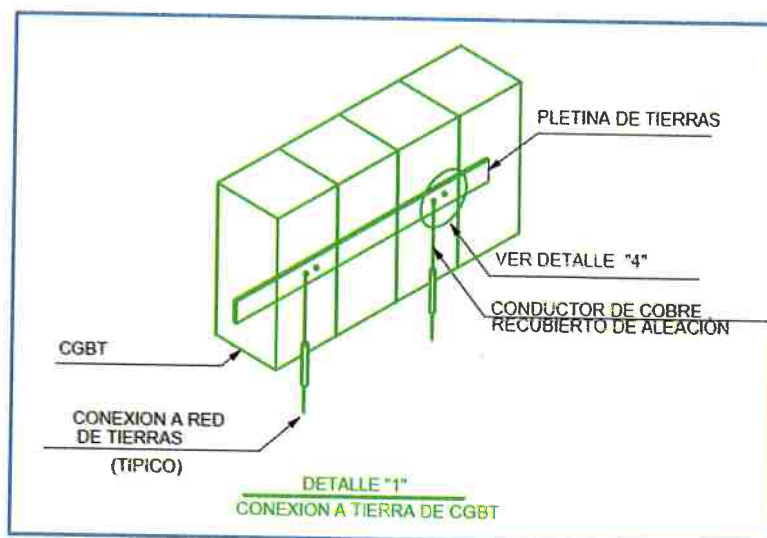


Fig. 5. Conexión a tierra

3.16.1.10. Ventilación y aire acondicionado

La planta piloto de Etxebarri está formada por 10 módulos diferentes, 7 de ellos están abiertos pero los 3 restantes los forman casetas cerradas que hay que ventilar y climatizar adecuadamente.

Las casetas objeto de estas instalaciones son las siguientes:

- Caseta Nº2 – Cuadro general de distribución baja tensión
- Caseta Nº4 - oficinas.
- Caseta Nº5 – Sala de reuniones.

En cuanto a la ventilación, por un lado tenemos ventilación natural formada por las propias ventanas de las casetas y las rejillas de ventilación que facilitan la circulación de aire por el interior de las mismas.

La climatización instalada está compuesta por dos splits, cada uno de ellos compuesto por una máquina exterior y otra interior. La primera unidad está ubicada en la sala eléctrica donde se encuentra el cuadro general de distribución de baja tensión. La segunda unidad se encuentra en la sala de control y supervisión de la planta piloto.

Los equipos están alimentados desde el cuadro de la caseta al que pertenecen.

3.16.2. Instrumentación y control

3.16.2.1. Descripción del equipamiento de electricidad y control

Las instalaciones de automatización y control descritas en este documento tienen por objeto atender las nuevas necesidades surgidas de la obra de la nueva planta piloto. Se describen y justifican dichos equipos siempre de acuerdo a la normativa vigente.

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de control están descritas en el anejo de cálculos eléctricos.

Por otro lado, las especificaciones técnicas de todos los equipos de electricidad y control que forman parte del proyecto están en el anejo A10_Equipos electromecánicos. En él se describen con detalle los cuadros de mayor tamaño, sin embargo, los cuadros que van en los skids, resultan ser más pequeños y de material poliéster.

La planta piloto se divide en los siguientes sectores:

- Caseta nº2 - Cuadro general de distribución baja tensión.
- Módulo 1 - Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- Módulo 2 - Cámara de mezcla / decantador accentrifloc.
- Módulo 3 - Filtros de arena.
- Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.
- Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- Módulo 6 - Filtración por carbón activo / depósitos de agua tratada.
- Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.
- Caseta nº3 - Laboratorio
- Caseta nº4 - Oficinas
- Caseta nº5 - Sala de reuniones

Los criterios para el diseño de las instalaciones de automatización y control han sido que cada módulo sea totalmente autónomo, habilitando para tal fin un controlador lógico programable (PLC) y estaciones remotas (RTUs) (a los que les llegarán comunicaciones vía Ethernet) y alimentaciones desde el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

La SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida) tiene su propio embarrado dentro del cuadro general de distribución de baja tensión y alimenta a las fuentes de alimentación tanto del PLC de la planta piloto, como también al resto de remotas que forman parte de las instalaciones.

Desde este PLC, se recoge la información proveniente de las estaciones remotas (RTU) instaladas dentro de las envolventes de los diferentes centros de control de motores (CCM) secundarios de la planta. No se consideran CCMs secundarios aquellos cuadros locales suministrados por fabricantes concretos (equipos paquete). En este caso, los cuadros locales se han comunicado desde el propio módulo o caseta, y para ello se han habilitado tantos tipos y número de tarjetas como han sido necesarias en el PLC o RTU correspondiente.

Normalmente, los cuadros locales de los equipos paquete funcionan de una manera autónoma a través de sus propios autómatas y mediante sus propias lógicas de funcionamiento.

En el PLC de cabecera situado dentro de la envolvente del cuadro general de distribución de baja tensión se generan tres tipos de redes:

- Ethernet
- Profibus DP
- Profibus PA

El fabricante del sistema de automatización y control es de la misma marca que el fabricante de los equipos de control, siendo este Siemens. Una marca adicional admitida por el Consorcio de Aguas de Bilbao es Power Electronics para los variadores de frecuencia

Partes Principales de las Instalaciones de Instrumentación y Control

De manera esquemática se procede a resumir las partes principales de las instalaciones de automatización y control de la planta piloto:

- Sala de control: La sala de control está ubicada dentro de la caseta número 4, nombrada caseta de oficinas. Está formada por un ordenador de mesa y una impresora.

- Switch1: Se trata del switch ubicado en la misma envolvente que el PLC, para facilitar la comunicación entre la zona de supervisión y la zona de control. Conecta los elementos de la sala de control con el PLC.
- PLC: Se ha instalado en un armario metálico aparte situado en la misma sala del propio CGDBT.
- SAI: El sistema de alimentación ininterrumpida se ha ubicado dentro de la sala eléctrica donde está instalado el CGDBT junto con él PLC. Se ha habilitado un embarrado propio de 230V para realizar las correspondientes alimentaciones tanto a la fuente de alimentación del PLC, como también de las RTUs.
- Switch2: Se trata del switch que conecta todas las RTUs con el PLC, encontrándose también dentro de la sala eléctrica donde está instalado el CGDBT junto con él PLC.
- RTU: Se ha instalado una estación remota dentro de cada CCM secundario que comunica vía Ethernet o profinet con el PLC de cabecera. No se entienden como cuadros secundarios los cuadros auxiliares para el laboratorio y para las oficinas.
- Cuadro local: Nos referimos con cuadro local, al cuadro suministrado por un fabricante de un equipo concreto y que tiene un funcionamiento autónomo, pudiendo albergar un pequeño autómatas en su interior. Se facilita una alimentación y se recogen las señales que se estimen necesarias.
- Relés inteligentes: todos los arranques directos y con variador de frecuencia disponen de un dispositivo inteligente como Simocode PROV en la maniobra. La información proveniente de estos equipos se recoge mediante bus de campo.
- Instrumentación: Siempre que ha sido posible se han instalado instrumentos que comuniquen vía profibus PA o profibus DP. Esto no siempre es factible debido a que no todos los fabricantes de instrumentos ofrecen profibus PA en sus sistemas, cuando esto ocurre se han utilizado señales cableadas 4-20mA.
- Se ha incluido dentro de este punto toda la bandeja y conduit necesario, de características definidas en el punto sobre instalaciones eléctricas de esta memoria.

Se ha equipado la planta con un sistema de control y supervisión de altas prestaciones de acuerdo al estado actual de la tecnología. El sistema se basa en una arquitectura de control abierta y modular que permite una posible ampliación futura de la planta sin necesidad de grandes modificaciones.

El control está totalmente automatizado mediante un PLC de alta gama encargado de adquirir las señales de proceso y de ejecutar las lógicas de control programadas.

El PLC y las RTUs se han comunicado con el sistema SCADA de supervisión y control local mediante una red de comunicaciones de altas prestaciones. Se puede operar tanto el proceso como la totalidad de los sistemas, instalaciones y equipos que conforman la planta, asegurando la máxima disponibilidad.

La programación se ha realizado de forma abierta, estructurada, debidamente comentada y de fácil acceso para su modificación. Se entrega la propiedad intelectual del desarrollo realizado tanto en la programación del sistema suministrado como en el resto de programación dedicada al proyecto.

La planta piloto se ha conectado a las instalaciones de Consorcio de Aguas de Bilbao vía Ethernet a través de la boca de un switch que el CABB ha facilitado para tal fin. Este switch se encuentra también muy cerca de donde parte la acometida eléctrica hacia la planta piloto.

Redes de Comunicaciones

Existen tres maneras de comunicaciones en la planta piloto.

Para comunicar el PLC con las estaciones remotas se ha optado por generar un anillo Ethernet en cobre por toda la planta.

En cuanto a las comunicaciones mediante profibus PA, la solución con Siemens permite hacerlo mediante el DP/PA link en anillo.

Las comunicaciones con profibus DP se han realizado mediante dos segmentos de cobre. El motivo es que no se pueden generar anillos con profibus DP en cobre, tendrían que ser en fibra óptica y no tiene ningún sentido utilizar fibra óptica en una planta tan pequeña.

3.16.2.2. Dimensionamiento del sistema de control

El dimensionamiento del sistema de control depende del número de señales recogidas en las diferentes partes de la planta. Las señales del sistema se captan vía módulos de entradas y salidas convencionales y/o tarjetas de comunicaciones. Todos los módulos tienen funciones de diagnóstico y permiten su inserción y extracción en tensión.

Tanto la sala de control, como el autómatas y las remotas van alimentados por medio de un sistema de alimentación ininterrumpida "UPS" de 10 minutos de autonomía.

A continuación, se muestra una tabla con el total de señales recogidas aproximadamente por el sistema de automatización y control de la planta piloto, divididas en entradas digitales (ED), salidas digitales (SD), entradas analógicas (EA), salidas analógicas (SA) y elementos que van con comunicación (buses de campo):

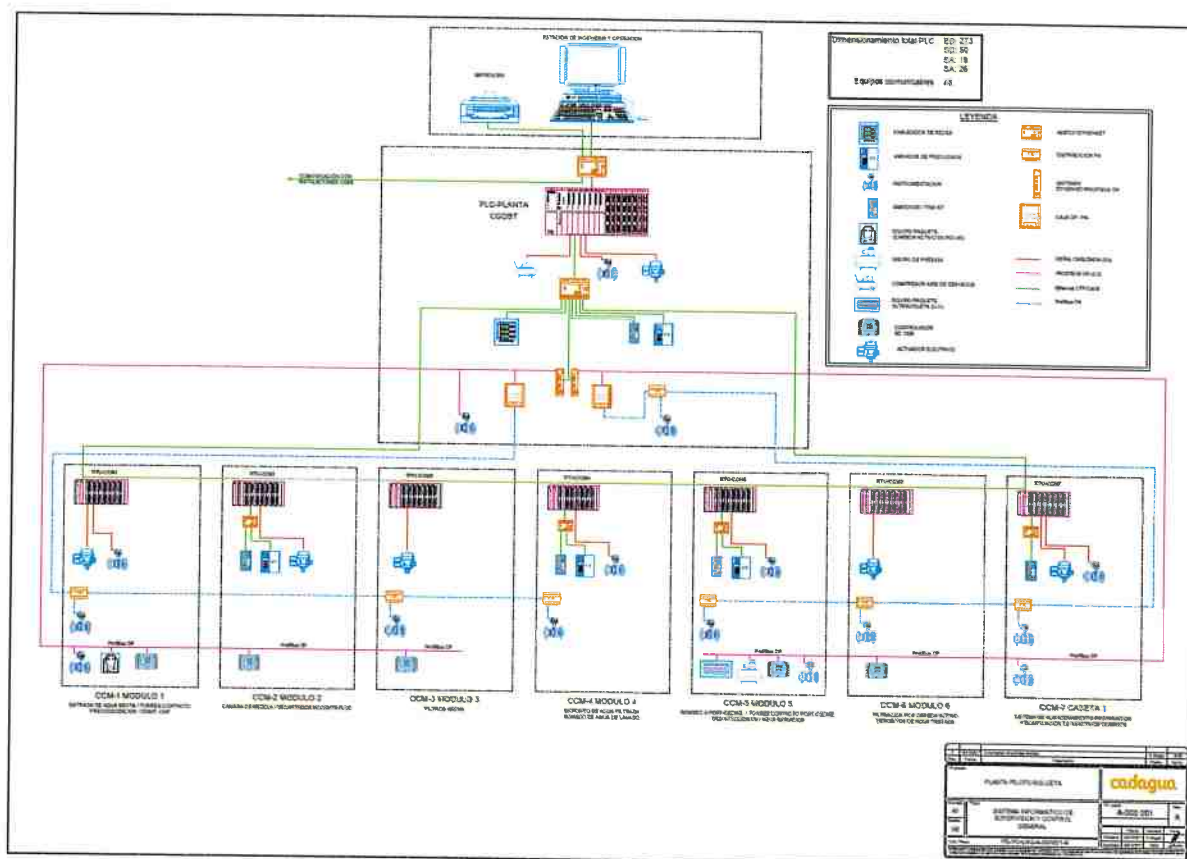
PLC + RTUs	Número total de señales
Entradas Digitales	275
Salidas Digitales	36
Entradas Analógicas	19
Salidas Analógicas	26
Elemento con comunicación	45

En caso de haber incremento de señales, se instalarán todas las tarjetas y cableado necesarios.

Además, el hardware de control de la planta piloto dispone de un 20% de reserva equipado.

A continuación, se muestra la arquitectura de control genérica para este proyecto seguida de la misma solución con Siemens.





3.16.2.3. Instrumentación

Con carácter general, la instrumentación se comunica con el PLC mediante profibus DP y/o profibus PA. Como se ha explicado anteriormente, desde la ubicación del PLC de cabecera se generan las redes profibus DP y profibus PA.

Mediante las Solución con Siemens se ha generado un anillo profibus PA y dos segmentos profibus DP, y mediante la solución con Schneider generaremos dos segmentos profibus PA y dos segmentos profibus DP.

Los dicho con anterioridad queda perfectamente definido en las arquitecturas de control que se han mostrado en el punto anterior.

Quando vamos con profibus DP a un elemento la conexión y comunicación es directa, no se necesita ningún elemento intermedio. No ocurre lo mismo cuando la comunicación es mediante profibus PA. En primer lugar, se hace una conversión de profibus DP a profibus PA es decir, el profibus PA sólo se genera partiendo primero de profibus DP.

Una vez obtenido profibus PA, ya sea en anillo o mediante segmentos, este se distribuye a los instrumentos en estrella a través de cajas específicas como la que se muestra en la siguiente figura:



Fig. 6. Cajas de distribución

De todas formas, hay fabricantes de instrumentos que no disponen de equipos capaces de comunicar en estos protocolos de comunicación. En tal caso, se han considerado 4-20mA como se ha venido haciendo en el pasado antes de la llegada de los buses de campo.

La señal 4-20mA es una señal que se cablea con cable RC4Z1-k a una tarjeta de señales analógicas de nuestro PLC o remota. Es una solución adoptada habitualmente en plantas pequeñas y facilita la puesta en marcha, ya que es más sencillo determinar el origen de fallos al estar cada elemento cableado a una tarjeta.

La instrumentación prevista y recogida en los diagramas de flujo correspondientes permite el control completo del proceso propuesto.

3.16.2.4. Cableado de instrumentación y control

En este apartado se incluye todo el cableado de control e instrumentación de la planta, tanto de los instrumentos, como también el cableado de señales del cuadro general de distribución de baja tensión, centros de control de motores, cuadros locales suministrados por fabricantes de equipos concretos, etcétera.

Quando la recogida de señales no va con bus de campo, se han elegido cables RC4Z1-k (AS) 0,6/1kV y RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV ya que en caso de incendio aseguran una baja emisión de humos y gases corrosivos.

Los cables RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV se fabrican con cubierta de color verde según la UNE 21123, aunque pueden fabricarse en otros colores según la IEC 60502.



Fig. 8. Cable RZ1MZ1-k de 3x1,5 mm²

- Conductor de cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228.

- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1.
- Cubierta de poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE 21123 y UNE-HD 603-1.
- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo 3.500 V.C.A.
- Temperatura máxima de 90°C.

Cuando la instrumentación va con bus de campo se han utilizado dos tipos de cable según los requerimientos de cable del fabricante. Se pueden tener instrumentos comunicados mediante profibus DP o podemos tener instrumentos comunicados mediante profibus PA.

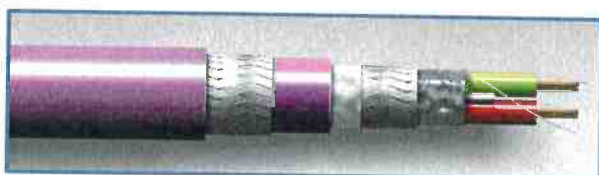


Fig. 9. Cable profibus DP

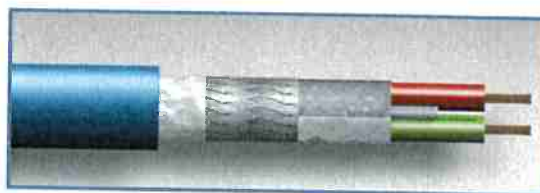


Fig. 10. Cable profibus PA

Para la comunicación entre los relés configurables y el PLC y/o las remotas, se han utilizado los protocolos de comunicación profinet o Ethernet.



DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS

Anejo n° 3: MANUAL DE EXPLOTACIÓN

3.2. Equipamiento electromecánico

LISTADO Y FICHAS DE EQUIPOS MECÁNICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN

Código	Equipo	Servicio	Marca	Modelo
AAVER-001	Agitador vertical (1)	Mezcla rápida en cámara de mezcla y coagulación	Milton Roy / SDM	HR4A-020/100/EO.37/A.Z
AAVER-002	Agitador vertical (1)	Agitación cuba preparación permanganato potásico	Milton Roy / SDM	HR1A-013/150/EO.25/B
AAVER-003	Agitador vertical (1)	Agitación cuba preparación de floculante	Milton Roy / SDM	HR4A-020/100/EO.37/A
AAVER-004	Agitador vertical (1)	Agitación turbina cámara floculación decantador	Bonfiglioli	W 86 UFC1 30
FASIL-001	Arena sílicea	Arena filtración	Sibelco	CR1S-10A-FGJ-A-E_HQQE (1-6)
BBCVE-001	Bomba centrífuga vertical (4)	Toma de agua de muestra y a eyector CI2	Grundfos	RFXA 40-16/0,75
BBCVE-002	Bomba centrífuga vertical (1+1R)	Bombeo agua filtrada a post-ozonización	BOMBAS IDEAL, S.A.	RFXA 65-13/1
BBCVE-003	Bomba centrífuga vertical (1+1R)	Bombeo de agua de lavado	BOMBAS IDEAL, S.A.	Roytronic P+853-828NX
BBDOS-001	Bomba dosificadora (1+1R)	Coagulante (Sulfato alumina / policloruro de aluminio)	Milton Roy / SDM	Roytronic P+843-818NX
BBDOS-002	Bomba dosificadora (3+1R)	Hidróxido sódico	Milton Roy	Roytronic P+813-818 NX
BBDOS-003	Bomba dosificadora (2+1R)	Peróxido de hidrógeno	Milton Roy	Roytronic P+813-818NX
BBDOS-004	Bomba dosificadora (2+1R)	Permanganato potásico	Milton Roy / SDM	Excel AD 843-624V
BBDOS-005	Bomba dosificadora (1+1R)	Floculante	Albin / SDM	ALP09-VE-VF
BBDOS-006	Bomba dosificadora (2)	Carbón activo Polvo (C.A.P)	EMEC	POMPA AMSMF 0340 FP
BBDOS-007	Bomba dosificadora (2+1R)	Dióxido de Cloro	XYLEM	MP3069.170HT(S3-250)
BBSUM-001	Bomba sumergible (1+1R)	Bombas de agua bruta	FLUYTEC	Ref. 2140
FBOQU-001	Boquillas	boquillas filtros arena (F.A)	FLUYTEC	Ref. 1140
FBOQU-002	Boquillas	boquillas filtros carbón activo (F.C.A)		
FCACA-001	Carbón Activo	Carbón Activo		
GCASE-001	Compresor de aire de servicio (1)	Aire lavado filtro auto-limpiante	COMPAIR / GARDNER DENVER	Hydrovane HV01RM
GCASE-002	Compresor de aire de servicio (1)	Aire de instrumentación	COMPAIR / GARDNER DENVER	Hydrovane HV01 RM
ADGAS-001	Dosificador de gas (2)	Almacenamiento y dosificación de cloro gas para desinfección	Capital Controls / Aplicor	VR481C30103
RDUVT-001	Equipo de desinfección UV en tubería (1)	Oxidación avanzada - desinfección	Oxicom Water Solutions	BIO UV / MPI40TS
APPSC-001	Equipo Preparación CAP en continuo (1)	Preparación de emulsión de carbón activo en polvo	Politech	Polibasic ARP 5 Carbón Activo
REGDC-001	Equipo generación dióxido de cloro in situ (1)	Oxidación/desinfección	Aplicor	ADM-PD-2131
FFAUT-001	Filtro autolimpiante (1)	Filtración de agua bruta	Quilton	S-8
RGZOZ-001	Generador de ozono (2)	Pre-ozonización y ozonización intermedia	Oxicom	NL050
BGPPE-001	Grupo de presión (1)	Agua de servicios	BOMBAS IDEAL, S.A.	HYDROVAR 2VIPV 15T
AMEST-001	Mezclador estático (3)	Reactivos agua bruta y previos a decantación y O ₃	Statflo / Setec	Serie 400
GSCLA-001	K Splantes a canal lateral (2+1R)	Lavado de filtros de Arena y Carbón Activo	ELMO RIETTSCHLE/GARDNER DENVER	2BH7420 OAP61 7 Z



Código	Equipo	Servicio	Marca	Modelo
VBOLA-001	Válvula de bola motorizada (10)	Válvulas On-off entrada y salida de agua/aire lavado F.A y vaciado (5 por filtro)	STÜBBE	Cl110
VBOLA-002	Válvula de bola motorizada (10)	Válvulas On-off entrada y salida de agua/aire lavado F.C.A y vaciado (5 por filtro)	STÜBBE	Cl110
VVGUT-001	Válvula de guillotina (2)	Vaciado/ llenado cámara de aspiración bombeo de agua bruta	SFERACO	Ref. 172
VRBOLA-003	Válvula de bola motorizada (2)	Regulación nivel en filtros arena (1 por filtro)	STÜBBE	C200P
VRBOLA-004	Válvula de bola motorizada (2)	Regulación de nivel en FCA (1 por filtro)	STÜBBE	C200P
VRBOLA-005	Válvula de bola motorizada (1)	Regulación bombeo agua bruta	STÜBBE	C200P
VRPR-001	Válvula reductora de presión (8)	Agua de servicios y agua potable	STÜBBE	DMV 765
VRPR-002	Válvula reductora de presión (1)	Tubería Venta Alta	STÜBBE	DMV 765
VRPR-003	Válvula reductora de presión (49)	Mantenedora de Presión - Dosificación de reactivos	STÜBBE	DHV 712-R
IACRE-001	Analizador cloro residual (4)	Cloro residual	Hach Lange	CLF10 sc
IADCR-001	Analizador de dióxido de cloro residual (4)	Dioxido de cloro residual	Hach Lange	9187sc
IATHM-002	Analizador de trihalometanos (1)	Medida de THM	Aqua Metrology Systems (AMS) / Instrumentación analítica	THM-100
IATOC-001	Analizador de TOC (1)	Medida de TOC de 4 canales	Shimadzu / Izasa	TOC-4200
ICMAS-001	Caudalímetros máscos (1)	Medida de caudal aire lavado	ABB	Sensyflow IG500 M1
IINBO-001	Interruptor de nivel de boya (1)	Interruptor de nivel depósito agua filtrada	Kari/Indeka	3700 sc
IMCON-001	Medidor de conductividad (2)	Medida de conductividad	Hach Lange	MAG5100W
IMECT-001	Medidor electromagnético de caudal en tubería (1)	Medida de caudal agua bruta	SIEMENS	MAG5100W
IMECT-002	Medidor electromagnético de caudal en tubería (1)	Medida de caudal de agua de lavado de filtros	SIEMENS	MAG5100W
IMECT-003	Medidor electromagnético de caudal en tubería (1)	Medida de caudal a Ozonización intermedia y filtros CA	SIEMENS	MAG5100W
IMECT-004	Medidor electromagnético de caudal en tubería (1)	Medida agua tratada	SIEMENS	MAG5100W
IMECT-005	Transmisor de Caudal (4)	Transmisor de caudal para medidor electromagnético	SIEMENS	SITRANS F M MAG 6000
IMEPH-001	Medidor de pH (5)	medida de pH	Hach Lange	pHD sc
IMIND-001	Manómetro indicador (14)	Medida de presión en dosificaciones de reactivos	Safi	Z800
IMIND-002	Manómetro indicador (7)	Medida de presión agua arrastre	Safi	Z800
IMNRA-001	Medidor de nivel de radar (11)	Medida de nivel filtros Arena (2) y CA (2), depósitos reactivos (5) y agua filtrada (1) y tratada (1)	Vega	VEGAPULS WL 61
IMODI-001	Medidor de oxígeno disuelto (2)	Oxígeno disuelto	Hach Lange	LDO sc
IMITUR-001	Medidor de turbidez (2)	Medida de turbidez laser	Hach Lange	TU5300 sc
IMITUR-002	Medidor de turbidez (1)	Medida de turbidez por Pulso Ifr	Hach Lange	Solitax sc
IMITUR-003	Medidor de turbidez (1)	Medida de turbidez laser con Autolimpieza	Hach Lange	TU5300 sc.ACM
IROTA-001	Medidor de turbidez (14)	Medida de caudal agua arrastre reactivos	Stubbe	DFM 165-350
ITAUT-001	Tomamuestras automático (1)	Toma de muestras para laboratorio	Hach	AS950
ITPRE-001	Transmisor de presión (1)	Medida de presión	Vega	VEGABAR 82
ILBBAL-001	Balanza de precisión (1) (500g ± 0,01)	Pesada de muestra	OHAUS	Traveler TA 502
ILBPH-001	Medidor pH laboratorio (1)	Medida de pH	Thermo Scientific	ORION STAR A11



Código	Equipo	Servicio	Marca	Modelo
ILBCOND-001	Medidor Conductividad laboratorio (1)	Medida Conductividad	Thermo Scientific	ORION A1125
ILBTUR-001	Medidor Turbidez Laboratorio (1)	Medida Turbidez	MERCK	TURBIQUANT 1500 IR
ILBFOT-001	Fotómetro (1)	Análisis muestras	MERCK	NOVA 60A
ILBTRE-001	Termoreactor (1)	Preparación de muestras para análisis en fotómetro	WTW	CR2200
ILBFLOC-001	Floculador laboratorio 6 estaciones (1)	Realización ensayos Jar-Test	VELP	JLT6
ILBFRI-001	Frigorífico 46L (1)	Refrigeración muestras	JOCEL	JF 50
ILBDES-001	Desecador (1)	Desecador muestras	LABBOX	Diam.210mm
ILBBOM-001	Bomba de vacío (1)	Bomba de vacío rampa filtración	LABBOX	VACU-V10-001
ILBRF-001	Rampa Filtración (1)	Rampa Filtración 3 puestos en Acero inoxidable	LABBOX	



