

8. Controles específicos de la calidad del agua en plantas en producción

Para controlar el funcionamiento de la planta desaladora se miden una serie de parámetros físico-químicos de acuerdo con unos programas pre-establecidos que abarcan todas las etapas del proceso de desalación. Aunque el control de calidad del agua final es también una parte del proceso, facilita mucho la comprensión dividir los parámetros a medir en dos grandes grupos:

- **Parámetros de control del proceso.** La medición de estos parámetros tiene por finalidad conocer el funcionamiento de las distintas etapas de la instalación. Las frecuencias que se indican son orientativas y dependerán de las instrucciones de cada fabricante o instalador y de la calidad del agua bruta o de captación.
- **Parámetros de control de la calidad del agua producida.** La medición de estos parámetros tiene por objeto conocer la calidad del agua final que se obtiene en la instalación. En este grupo se deberá tener en cuenta la vigente legislación sobre aguas de consumo humano, tanto en lo relativo a parámetros analíticos como a frecuencias.

Al objeto de que este capítulo resulte lo más práctico posible, los parámetros de control se agrupan en tablas en las que también se indica la frecuencia de las determinaciones. Los controles analíticos se han dividido en tres grupos:

- Controles automáticos medidos en continuo.
- Controles llevados a cabo «in situ» o sobre el terreno, por el propio personal de la planta.
- Controles llevados a cabo en un laboratorio.

8.1. Control del proceso

8.1.1. Agua bruta de captación

Se presentan los análisis que, en principio, forman parte de la rutina. Antes del diseño y construcción de la planta debe estudiarse a fondo las características del agua bruta que se captará y aportará a la instalación, de forma que el pretratamiento y el seguimiento analítico definitivo se diseñe con arreglo a esa información previa.

El punto de muestreo y de conexión de la instrumentación de control en continuo será la captación de agua y/o la impulsión de las bombas de agua bruta antes de la entrada a planta.

Tabla 11							
Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Conductividad	Conductímetro	Lectura continua	Conductímetro portátil	1 vez/ día	Conductímetro certificado de laboratorio	En continuo + comprobación 1 vez/ mes	La frecuencia de control se ajustará en función del tipo de agua bruta.
pH	pH-metro	Lectura continua	pH-metro portátil	1 vez/ día	pH-metro certificado de laboratorio	En continuo + comprobación 1 vez/ mes	

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Temperatura	Sonda de temperatura	Lectura continua	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/ día	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	En continuo + comprobación 1 vez/ mes	
Turbidez	Turbidímetro	En continuo	Turbidímetro portátil	1 vez/ día	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/ día	Con una sensibilidad inferior a 1 UNF
Amonio	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ mes	
Boro	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ mes	
Fosfatos/ Ortofosfatos	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ mes	
Oxidabilidad	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	En función del tipo de pretratamiento	
Bacterias Coliformes	NP	NP	NP	NP	Muestreo	1 vez/mes o cuando se cambie el origen del agua	Indicador de calidad biológica del agua bruta. Se recomienda emplear un volumen de muestra entre 100 mL – 1000 mL

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Recuento de colonias aerobias a 22°C	NP	NP	NP	NP	Muestreo	1 vez/mes o cuando se cambie el origen del agua.	Indicador de calidad biológica del agua bruta. Se recomienda emplear un volumen de muestra entre 100 mL – 1000 mL
Aniones y cationes mayoritarios, minoritarios y traza en función del análisis inicial.	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	Cambios significativos de conductividad, cambios operacionales, cambios de pretratamiento y 1 vez/año	
Sílice	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	En función de la problemática local.	
SDI ₁₅	NP	NP	Equipo de SDI	1 vez/día mínimo	NP	NP	Existen otras medidas análogas como equipos de recuento de partículas, u otros índices de atascamiento.
Notas: (1) NP: No procede.							

8.1.2. Agua pretratada. Acondicionamiento químico previo entrada a membranas

El punto de muestreo y de conexión de la instrumentación de control en continuo será a lo largo del circuito y tras la dosificación de reactivos, siendo el punto más adecuado tras la microfiltración.

Tabla 12

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Cloro libre	Sonda de cloro	Lectura continua	Determinación analítica por colorimetría	1 vez/ turno de operador	Determinación analítica	1 vez/ día	En caso de membranas sensibles a la presencia de cloro.
Turbidez	Turbidímetro	En continuo	Turbidímetro portátil	1 vez/ día	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/ día	La frecuencia de control se ajustará en función del tipo de agua y el tipo de pretratamiento existente.
Aluminio	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ semana	Sólo en casos específicos en los que haya presencia de aluminio en el agua bruta o se empleen sus sales como agente coagulante.

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Bacterias coliformes	NP	NP	NP	NP	Muestreo	1 vez/ semana	Indicador de calidad biológica del agua pretratada. La frecuencia de control se ajustará en función del tipo de agua y el tipo de pretratamiento existente. Se recomienda emplear un volumen de muestra entre 100 mL – 1000 mL. Es recomendable realizar esta misma medida en el agua de rechazo.
Conductividad	Conductímetro	Lectura continua	Conductímetro portátil	1 vez/ día	Conductímetro certificado de laboratorio	1 vez/ semana	
Hierro	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ semana	Sólo en casos específicos en los que haya presencia de hierro en el agua bruta o se empleen sus sales como agente coagulante.

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Metabisulfito sódico	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ semana	El punto de muestreo será en la corriente de rechazo de la ósmosis.
pH	pH-metro	Lectura continua	pH-metro portátil	1 vez/ día	pH-metro certificado de laboratorio	1 vez/ semana	
Recuento de colonias a 22°C	NP	NP	NP	NP	Muestreo	1 vez/ semana	Indicador de calidad biológica del agua pretratada. La frecuencia de control se ajustará en función del tipo de agua y el tipo de pretratamiento existente. Se recomienda emplear un volumen de muestra entre 100 mL – 1000 mL. Es recomendable realizar esta misma medida en el agua de rechazo.
Temperatura	Sonda de temperatura	Lectura continua	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/ día	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	1 vez/ semana	

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Antiincrustante	NP	NP	Por dosificación	1 vez/día	NP	NP	Existe posibilidad de control analítico.
Potencial RedOX	Sonda de ORP	Lectura continua	NP	NP	Redoxímetro certificado de laboratorio	1 vez/mes	En caso de membranas sensibles a la presencia de cloro.
SDI₁₅	NP	NP	Equipo de SDI	1 vez/día mínimo	NP	NP	Existen otras medidas análogas como equipos de recuento de partículas, u otros índices de atascamiento.
Notas: (1) NP: No procede / No posible							

8.1.3. Control de bastidores de membranas

Tabla 13							
Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Conductividad agua de alimentación a membranas	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor	NP	NP	El control de funcionamiento de las cajas de presión de los bastidores, debe ser realizado por los operadores de planta mediante muestreo individual del agua de entrada a los bastidores, del rechazo de bastidores y de la calidad del agua osmotizada en cada caja de presión del bastidor (se deben medir todas y cada una de ellas), cuando se detectan anomalías debidas a un incremento de la conductividad. En el caso de la ED se actuará de forma semejante.
Conductividad agua osmotizada a la salida de bastidor	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor	NP	NP	
Conductividad agua de salida de rechazo de bastidor	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor	NP	NP	

8.1.4. Control del lavado químico de bastidores

Se indican a continuación los controles que deben realizarse en el agua de lavado, en cada una de las diferentes fases del procedimiento. Resulta fundamental el control sobre la preparación de las soluciones de cada reactivo de lavado, de tal modo que se asegure que las concentraciones finales del reactivo utilizado sean conformes con la especificación correspondiente. Los puntos de muestreo en la línea de limpieza son generalmente tres: tanque de preparación de la solución de limpieza, salida del filtro de limpieza o afino (antes de entrada a las membranas) y retorno al tanque. Véase también el capítulo 6.

Fase de lavado	Parámetro	Control en continuo		Control in situ o en laboratorio		Notas/Observaciones
		Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Preparación de la solución de lavado, tras la dilución de reactivos	Conductividad	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	1 vez /fase de lavado.	Previamente a la entrada de solución de limpieza a los bastidores de ósmosis.
	pH	PH-metro	Lectura continua	PH-metro portátil	1 vez /fase de lavado.	Previamente a la entrada de solución de limpieza a los bastidores de ósmosis. Respetar los valores límite de alto y bajo pH, según especificaciones del fabricante de la membrana.
	Temperatura	Sonda de temperatura	Lectura continua	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez /fase de lavado.	Previamente a la entrada de solución de limpieza a los bastidores de ósmosis Respetar los valores recomendados por el fabricante de la membrana.

.../...

.../...

Fase de lavado	Parámetro	Control en continuo		Control in situ o en laboratorio		Notas/Observaciones
		Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
En fase de lavado y contacto con membranas	Conductividad	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	1 vez/ cada hora	La medida de conductividad en el permeado permite verificar fugas o contaminación del agua osmotizada por paso de la solución de lavado a la red de agua producto.
	pH	PH-metro	Lectura continua	PH-metro portátil	1 vez/ cada hora	Respetar los valores límite de alto y bajo PH, según especificaciones del fabricante.
	Temperatura	Sonda de temperatura	Lectura continua	Sonda de temperatura asociada pH-metro portátil	1 vez/ cada hora	Respetar el valor límite de temperatura establecido por el fabricante de la membrana.
Durante y/o al finalizar el lavado	Turbidez	NP	NP	Determinación analítica de laboratorio	1 ó 2 muestras	Control visual.
	Hierro	NP	NP	Determinación analítica de laboratorio	1 ó 2 muestras	Permite determinar el tipo de ensuciamiento de las membranas.
	Calcio	NP	NP	Determinación analítica de laboratorio	1 ó 2 muestras	Permite determinar el tipo de ensuciamiento de las membranas.
	Materia orgánica (oxidabilidad)	NP	NP	Determinación analítica de laboratorio	1 ó 2 muestras	Permite determinar el tipo de ensuciamiento de las membranas.

.../...

.../...

Fase de lavado	Parámetro	Control en continuo		Control in situ o en laboratorio		Notas/Observaciones
		Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Desplazamiento y lavado con agua osmotizada o con agua pretratada.	Conductividad	Conductivímetro	Lectura continua	Conductivímetro portátil	Hasta conseguir valor similar al agua osmotizada o pretratada.	
	pH	PH-metro	Lectura continua	PH-metro portátil		Hasta conseguir valor similar al del agua osmotizada o pretratada antes de hacer el lavado químico.
En fase de preservación de membranas tras lavado químico	Depende del reactivo empleado	NP	NP	Depende del reactivo empleado	1 muestra	Véase procedimiento de conservación de las membranas en paradas (6.3.4)
Notas: (1) NP: No procede.						

8.2. Controles específicos de la calidad del agua producto

8.2.1. Controles antes del postratamiento

Tabla 15							
Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Alcalinidad	NP	NP	NP	NP	Valoración analítica	1 vez/ día	
Conductividad	Conductímetro	En continuo	Conductímetro portátil	1 vez/ turno	Conductímetro calibrado o certificado	1 vez/ día	Punto de muestreo: salida agua osmotizada.
pH	pH-metro	En continuo	pH-metro portátil	1 vez/ turno	PH-metro calibrado o certificado	1 vez/ día	Sonda instalada en salida de agua osmotizada.
Temperatura	Sonda de temperatura	En continuo	Sonda de temperatura asociada pH-metro portátil	1 vez/ turno	Sonda de temperatura asociada pHmetro	1 vez/ día	Punto de muestreo: salida agua osmotizada.
Boro	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ mes	La frecuencia de control será según el RD 140/2003 o equivalente.

.../...

...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Bacterias coliformes	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1vez/ mes	Toma de muestra a la salida de depósito de agua producto.
Recuento de colonias aerobias a 22°C	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1vez/ mes	Toma de muestra a la salida de depósito de agua producto.
Notas: (1) NP: No procede / No posible							

8.2.2. Controles después del postratamiento

Se entiende por postratamiento la adición química de reactivos para la remineralización, neutralización y/o corrección de pH y la desinfección final. El agua postratada no podrá ser agresiva ni incrustante. El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre $\pm 0,5$. En ocasiones, puede ser necesaria la realización de otros tratamientos específicos, como la eliminación del boro. En el capítulo 5 se trataron diversas técnicas de postratamiento.

Como se viene señalando, el agua destinada a consumo humano, deberá cumplir todos los niveles, parámetros y frecuencias establecidas en la legislación vigente de aguas de consumo humano.

Tabla 16

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Alcalinidad	NP	NP	NP	NP	Valoración analítica	1 vez/ día	
Bacterias coliformes	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ día	Toma de muestra a la salida de depósito de agua producto.
Calcio	NP	NP	NP	NP	Valoración analítica	1 vez/ día	

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Cloro libre	Analizador de cloro	En continuo	Equipos de medición de cloro por colorimetría	1 vez/ turno	Analizador de cloro, método normalizado	1 vez/ día	
Colonias de bacterias aerobias a 22°C	NP	NP	NP	NP	Determinación analítica	1 vez/ día	Toma de muestra a la salida de depósito de agua producto.
Conductividad	Conductivímetro	En continuo	Conductivímetro portátil	1 vez/ turno	Conductivímetro calibrado o certificado	1 vez/ día	Sonda instalada a la salida de depósito de agua producto.
Determinación del índice de Langelier	NP	NP	NP	NP	Estimación	1 vez/ día	
PH	PH-metro	En continuo	Ph-metro portátil	1 vez/ turno	PH-metro calibrado o certificado	1 vez/ día	Sonda instalada en salida de agua postratada, tras adición de Cal y/o CO ₂ .
Temperatura	Sonda de temperatura	En continuo	Sonda de temperatura asociada pH-metro portátil	1 vez/ turno	Sonda de temperatura asociada pHmetro	1 vez/ día	

.../...

.../...

Parámetro	Control en continuo		Control <i>in situ</i>		Control en laboratorio		Notas/Observaciones
	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	Método	Frecuencia control	
Turbidez	Turbidímetro	En continuo	Turbidímetro portátil	1 vez/ turno	Turbidímetro calibrado o certificado	1 vez/ día	Parámetro sometido a seguimiento si la remineralización se realiza mediante la adición de cal.
Boro	NP	NP	NP	NP	Valoración analítica	1 vez / mes	Cuando exista un postratamiento específico para su reducción.