

UF1668: Análisis de agua potable y residual

Elaborado por: Sergio Jesús López del Pino
Sonia Martín Calderón
Manuel López de las Huertas Martínez

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16360-15-4 • Depósito legal: MA 25-2015

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la Unidad Formativa

Bienvenido/a a la Unidad Formativa **UF1668: Análisis de agua potable y residual**. Esta Unidad Formativa pertenece al **Módulo Formativo MF0073_2: Funcionamiento y operación de los procesos de depuración y tratamiento del agua**, que forma parte del Certificado de Profesionalidad **SEAG0210: Operación de estaciones de tratamiento de aguas**, de la familia profesional de Seguridad y Medio Ambiente.

Presentación de los contenidos

La finalidad de esta unidad formativa es tomar datos y registros de los distintos instrumentos y medidores instalados y tomar muestras representativas del afluente, efluente y procesos intermedios, de acuerdo a las especificidades de las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables y Estaciones Depuradoras de aguas Residuales.

Para ello, se estudiará la toma de muestras para el análisis del agua residual, el análisis del agua potable y la toma y registro de datos de instrumentos y medidores en Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables y Estaciones Depuradoras de aguas Residuales.

Objetivos del Módulo Formativo

Los objetivos generales del Módulo Formativo son:

- Poner en marcha, parar y verificar el funcionamiento de los procesos unitarios de una estación depuradora de aguas residuales.
- Actuar sobre los procesos de tratamiento del agua potable, efectuando las actuaciones oportunas, para asegurar su correcto funcionamiento y adecuado control.
- Tomar datos y registros de los distintos instrumentos y medidores instalados de acuerdo a las especificidades de las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) y Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).
- Tomar muestras representativas del afluente, efluente y procesos intermedios, de acuerdo a las especificidades de ETAP y EDAR.

Índice

UD1. Toma de muestras para el análisis del agua residual

1.1. Muestreo de aguas y lodos en plantas de tratamiento de aguas....	11
1.2. Tipos de muestras.....	18
1.2.1. Efluente entrada y salida	19
1.2.2. Residuos.....	23
1.2.3. Licormezcla.....	29
1.2.4. Lodos	32
1.3. Aplicación de las muestras en el control del proceso	36
1.4. Criterios de selección del punto de muestreo	38
1.5. Tipos de recipiente de muestreo	42
1.5.1. Función.....	44
1.5.2. Condiciones de llenado	48
1.5.3. Limpieza.....	50
1.6. Programación de toma de muestras automáticas	55
1.7. Preparación de muestras compuestas	59
1.8. Etiquetado y referenciación de las muestras	63

UF1668: Análisis de agua potable y residual

1.9. Rellenado de hojas de muestreo	69
1.10. Técnicas de preservación de las muestras.....	71
1.10.1. Conservación	72
1.10.2. Transporte	81

UD2. Toma de muestras para el análisis del agua potable

2.1. Muestreo de agua cruda de captación.....	91
2.2. Tipos de análisis 100	
2.2.1. Control	102
2.2.2. Completo	111
2.2.3. Organoléptico.....	113
2.2.4. Cloro libre.....	120
2.3. Criterios de selección del punto de muestreo	122
2.4. Tipos de recipiente de muestreo	124
2.4.1. Función (fisicoquímico-microbiológico).....	126
2.4.2. Condiciones de llenado	130
2.4.3. Limpieza.....	133
2.5. Etiquetado y referenciación de las muestras	138
2.6. Rellenado de hojas de muestreo	144
2.7. Técnicas de preservación de las muestras	146
2.7.1. Conservación	147
2.7.2. Transporte	155

UD3. Toma y registro de datos de instrumentos y medidores instalados en EDAR

3.1. Registro de las mediciones de caudal	165
3.2. Unidades de medida	193
3.2.1. Masa	196
3.2.2. Volumen.....	197
3.3. Formas de expresar la concentración.....	199

3.4. Registro de parámetros físicos	202
3.4.1. Temperatura	204
3.4.2. Color	209
3.4.3. Olor	213
3.4.4. Conductividad	216
3.4.5. Materias en suspensión	227
3.4.6. Caudal de gas en la digestión anaerobia	230
3.4.7. Presión.....	233
3.5. Registro de parámetros químicos.....	236
3.5.1. pH	240
3.5.2. Oxígeno disuelto.....	247
3.5.3. Materia orgánica.....	249
3.5.4. Materia inorgánica.....	255
3.5.5. Redox	258
3.5.6. Consumos de reactivos	263
3.6. Instrumentos de medida	271
3.6.1. Laboratorio	272
3.6.2. Campo.....	274
3.7. Calibrado y ajuste de medidores de parámetros físicos	281
3.8. Instrumentos de medida de parámetros químicos	289
3.8.1. Calibrado con patrones.....	296
3.9. Regulación y control de equipos de dosificación de reactivos	299
3.10. Registro de funcionamiento de bombas	304
3.10.1. Horas.....	308
3.10.2. Lectura de caudal.....	310
3.11. Registro de funcionamiento de elementos mecánicos	312
3.11.1. Horas.....	315
3.12. Protocolo de registro de datos	317
3.13. Interpretación de esquemas, tablas y gráficos	319

UD4. Toma y registro de datos de instrumentos y medidores instalados en ETAP

4.1. Registro de las mediciones de caudal	331
4.2. Unidades de medida	335
4.2.1. Masa	336
4.2.2. Volumen.....	337
4.3. Formas de expresar la concentración.....	338
4.4. Registro de parámetros físicos	341
4.4.1. Presión en bombas.....	343
4.5. Registro de parámetros químicos.....	348
4.5.1. Consumo de reactivos.....	350
4.5.2. Cloro residual	357
4.5.3. Turbidez entrante/saliente.....	359
4.5.4. Índice de carbono activo	362
4.6. Instrumentos de medida	366
4.6.1. Laboratorio	368
4.6.2. Campo.....	369
4.7. Regulación y control de dosificación de reactivos	373
4.8. Registro de funcionamiento de bombas	385
4.8.1. Horas.....	394
4.8.2. Lectura de caudal.....	396
4.9. Registro de funcionamiento de elementos mecánicos.....	397
4.9.1. Horas.....	398
4.10. Protocolo de registro de datos	402
4.11. Interpretación de esquemas, tablas y gráficos.....	404
 Glosario	 419
 Soluciones	 423
 Anexo.....	 425

UD1

**Toma de muestras para el análisis
del agua residual**

UF1668: Análisis de agua potable y residual

- 1.1. Muestreo de aguas y lodos en plantas de tratamiento de aguas
- 1.2. Tipos de muestras
 - 1.2.1. Efluente entrada y salida
 - 1.2.2. Residuos
 - 1.2.3. Licormezcla
 - 1.2.4. Lodos
- 1.3. Aplicación de las muestras en el control del proceso
- 1.4. Criterios de selección del punto de muestreo
- 1.5. Tipos de recipiente de muestreo
 - 1.5.1. Función
 - 1.5.2. Condiciones de llenado
 - 1.5.3. Limpieza
- 1.6. Programación de toma de muestras automáticas
- 1.7. Preparación de muestras compuestas
- 1.8. Etiquetado y referenciación de las muestras
- 1.9. Rellenado de hojas de muestreo
- 1.10. Técnicas de preservación de las muestras
 - 1.10.1. Conservación
 - 1.10.2. Transporte

1.1. Muestreo de aguas y lodos en plantas de tratamiento de aguas

Las técnicas de muestreo están encaminadas a asegurar la obtención de muestras representativas, siendo este punto uno de los más importantes en la caracterización de una muestra de agua residual.

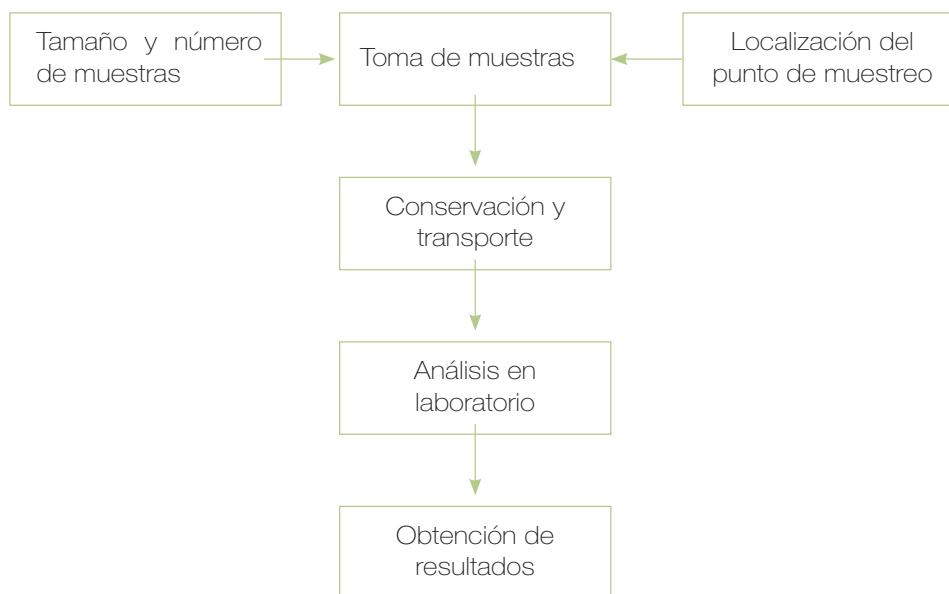
Los datos obtenidos serán la base del proyecto de diseño para la planta de tratamiento o bien estarán destinados a asesorarnos del proceso de depuración así como del cumplimiento con la normativa. Una toma de muestra incorrecta puede falsear la verdadera realidad, pudiendo ser esto causa de errores de gran magnitud.

El **objetivo** del muestreo de aguas y lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales es:

Obtener un volumen de agua o lodo que sea lo suficientemente reducido para que su transporte a laboratorio se realice fácil y cómodamente, pero que sea representativo de las características del material de origen

En otras palabras, las muestras son volúmenes pequeños que garantizan que las concentraciones y propiedades de los distintos compuestos son las mismas que las del material de donde provienen. Un error en la toma de muestras puede dar datos erróneos sobre las características reales de la planta, pudiendo esto causar errores graves en el total del sistema.

El muestreo es la primera etapa del proceso analítico. El proceso completo de análisis se resume en el siguiente esquema:



El muestreo se caracteriza por:

- **Ser un proceso complejo pues determinadas muestras son heterogéneas**

Existen muestras cuya composición varía en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo, un agua residual de una población costera no presentará la misma carga contaminante en verano con la llegada de turistas que en invierno.

- **Ser representativas del material de donde procede**

Para ello se requiere:

- Seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo (véase epígrafe 1.4);
- Emplear una metodología estadística de toma de muestras;
- Usar equipos adecuados.



Importante

El plan de muestreo se debe diseñar según las características del agua residual y el tipo de lodo así como de los parámetros que se quieren analizar.

Hemos visto que el plan de muestreo debe adecuarse a las características de agua y lodo a analizar. Ello requiere del diseño de un adecuado **plan de muestreo**. En dicho plan se deben tener en cuenta dos aspectos:

ASPECTOS DE UN PLAN DE MUESTREO	
GENERALES	ESTADÍSTICOS

Aspectos generales

En el diseño del plan de muestreo se deberá tener en cuenta una serie de factores:

- **La posible contaminación de la muestra**

La muestra puede sufrir procesos de contaminación principalmente por el envase donde se almacena. Existen tres tipos de envases: de polímero, de vidrio y de metal. Cada uno de ellos presentan unas características específicas que lo harán idóneo para el análisis de determinados compuestos presentes en el agua residual y los lodos. Todo lo relativo a los recipientes de muestreo se encuentra en el epígrafe 1.5.

- **El momento del día en que se debe tomar**

Las aguas residuales y los lodos son sustancias muy heterogéneas cuya composición varía a lo largo del tiempo. Por ello, en función de la hora del día en que la muestra se tome, arrojará unos resultados u otros. Se debe tener en cuenta también las condiciones meteorológicas. Algunas de las instalaciones de las depuradoras se localizan a cielo abierto (decantadores) por lo que la muestra varía su composición tras la caída de precipitaciones.

– **Lugar de la toma**

El agua residual puede ser analizada en distintos puntos de las estaciones depuradoras: colector de llegada, tras las distintas etapas del pretratamiento (desbaste, desarenado, desengrasado), durante el tratamiento primario, secundario o terciario, decantadores o colector de salida. La elección de una localización u otra dependerá del tipo de compuesto que queramos analizar así como del objetivo que se persigue con el análisis.

– **Métodos de conservación y transporte**

Resulta muy complicado conseguir la estabilidad completa de todos los componentes de una muestra. En el mejor de los casos, las técnicas de preservación sólo consiguen retrasar los cambios biológicos y químicos que experimentan las aguas residuales tras su toma.

La conservación de la muestra antes de su análisis en el laboratorio contempla:

Estudio de la naturaleza de los cambios de la muestra

Estimación del tiempo entre la toma de la muestra y su análisis en el laboratorio.

Los métodos de transporte implican la condiciones de temperatura y almacenamiento de las muestras hasta su llegada al laboratorio. Estos dos punto se desarrollan en el epígrafe 1.10.

– **Número de muestras a tomar**

Como hemos comentado la composición de las aguas residuales varía a lo largo del tiempo, por ello el análisis de una única muestra resultará insuficiente para determinar la composición media de un agua residual.

El error aleatorio derivado del muestreo depende de:

- Número de muestras
- Su distribución espacial y temporal.

Si suponemos que estos errores tienen una distribución gaussiana o normal, el número de muestras a tomar se obtiene de aplicar la siguiente expresión:

$$N = (\sigma_m t/E)^2$$

Donde:

N = número de muestras

σ_m = varianza de la muestra

t = parámetro de la distribución de Student para un nivel de confianza determinado (normalmente del 95%)

E = error máximo aceptado



Una distribución gaussiana o normal es aquella cuya representación gráfica tiene forma de campana simétrica al rededor de su media y presenta un único pico. La media aritmética, la mediana y la moda tienen el mismo valor.

– Tamaño/Volumen mínimo de la muestra

El volumen de muestra a tomar dependerá de:

- Número de compuestos que se quiera analizar
El número de compuestos que se quiere analizar es conocido antes de tomar la muestra. No obstante, se suele coger en torno a un 10% más de volumen por si surgen imprevistos a última hora.

- Concentración de los compuestos en el agua residual o lodo

Las concentraciones suelen ser conocidas con cierta exactitud al cabo del tiempo. Así tras numerosos análisis diarios al lo largo de los años en la estación depuradora, el técnico sabe entre qué rangos de valores va a estar un determinado parámetro.

- Volumen necesario para realizar el análisis

El volumen necesario para cada análisis está directamente relacionado con:

- › La concentración del compuesto.
- › La sensibilidad del método que se vaya a emplear.

Aspectos estadísticos

La toma de muestra puede llevarse a cabo por dos método distintos:

– **No probabilístico**

Se basa en los conocimientos y experiencia de quien realiza el análisis.

Sus principales ventajas e inconvenientes son los siguientes:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Cómoda Bajo coste Minimiza el efecto de factores secundarios	Precisa disponer de mucha información previa El analista debe tener gran experiencia



En algunas ocasiones se emplea la toma de muestra no probabilística como etapa previa para la realización de un plan de muestreo probabilístico.

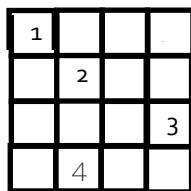
– **Probabilístico**

Es aquella en la que se tienen en cuenta criterios estadísticos. Se emplean cuando no se dispone de información suficiente (por ejemplo cuando empieza el funcionamiento de una planta depuradora).

Existen dos tipos de muestra:

- Aleatoria

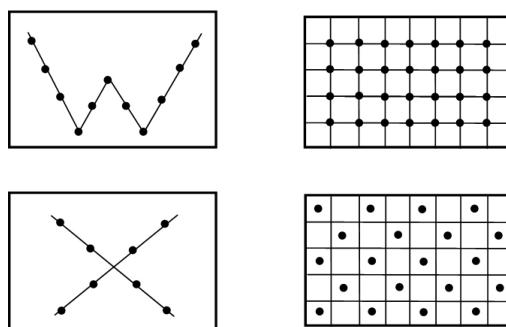
Se emplean programas informáticos matemáticos para la generación de números aleatorios. Cada fracción tiene la misma probabilidad de ser elegida. Si el volumen de agua es muy elevado se divide geométricamente.



- Sistémica

Las muestras se toman en puntos y momentos fijados. Para ello se emplean plantillas geométricas que engloban toda la zona de muestreo. Existen distintos tipos de plantillas: en forma de W, X, cuadriculada o de zig-zag.

Su principal inconveniente radica que si existe una tendencia de variación de la composición en el tiempo y en el espacio, hay riesgo de que la muestra sea sesgada.



Diferentes plantillas de muestra sistemática.

1.2. Tipos de muestras

Existen distintos tipos de muestras en una estación depuradora de aguas residuales si atendemos a la naturaleza del compuesto.

En este epígrafe vamos a centrarnos en el estudio de cuatro de ellas:

EFUENTES DE ENTRADA Y DE SALIDA	RESIDUOS
LICORMEZCLA	LODOS

Cada una de ellas nos servirán para el análisis de determinados parámetros que nos ayudarán a:

- Caracterizar el material.
- Evaluar la eficacia de los distintos tratamientos realizados en la EDAR.

Estos cuatro son los materiales principales que posee una estación depuradora de aguas residuales. Cada uno de ellos tendrá:

- Una distinta frecuencia de muestreo.
- Unos parámetros analizables diferentes.

Además, el instrumental empleado será específico para cada uno de ellos.

En la mayoría de los casos existe un protocolo de actuación, donde se fijan estas cosas. Muchos de ellos son definidos por normas internacionales.

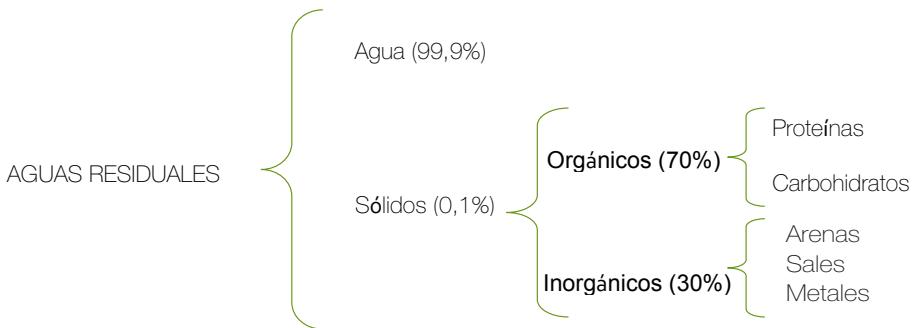


El personal encargado de la toma posee formación específica y es el responsable último de la validez de la muestra.

1.2.1. Efluente entrada y salida

Efluente de entrada

El efluente de entrada a una EDAR presentará una composición química u otra dependiendo de su origen. Una composición media es la siguiente:



Vamos a presentar a continuación, la características generales de las aguas residuales urbanas:

Parámetros (mg/l)	Contaminación alta	Contaminación media	Contaminación ligera
Sólidos totales	1000	500	200
Sólidos Volátiles	700	350	120
Sólidos Fijos	300	150	80
Sólidos en suspensión totales	500	300	100
Sólidos en suspensión Volátiles	400	250	70
Sólidos en suspensión Fijos	100	50	30
Sólidos disueltos totales	500	200	100
Sólidos disueltos Volátiles	300	100	50
Sólidos disueltos Fijos	200	100	50
DBO5 a 20°C	300	200	100
Oxígeno consumido	150	75	30
Oxígeno disuelto	0	50	0
Nitrógeno total	86	50	25
Nitrógeno orgánico	35	20	10
Amoniaco libre	50	30	15
Nitritos	0,10	0,05	0
Nitratos	0,40	0,2	0,1
Cloruros	175	100	15
Alcalinidad	200	100	50
Grasas	40	20	0
pH	6-9	6-9	6-9

Fuente: Harold E. Babbit y E. Robert Baumann

El **muestreo** del efluente de entrada nos permitirá caracterizar el agua residual atendiendo a su nivel de contaminación. Esto es, podremos clasificarlo como contaminación alta, media o baja. En función de ello se realizarán unos tratamientos u otros.

Efluente de salida

Por su parte, el efluente de salida constituye un vertido al medio. El **Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril**, establece en su art. 245 lo siguiente:

“Se consideran **vertidos** los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada”.

Los requisitos que deben cumplir estos efluentes de salida o vertidos se encuentran recogidos en el **Anexo I** del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas modificado por el Real Decreto 2116/1998. Estos requisitos son los siguientes:

“A. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.”

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (1)	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación (2).	25 mg/l O ₂	70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.L. (3).	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.