

Guía sobre tratamiento de aguas para la adecuación ambiental

**AUTORIDAD DE CUENCA
MATANZA RIACHUELO**

> 0800 345 ACUMAR (228627)
> Esmeralda 255 PB, CABA
> acumar.gob.ar



Autoridades

PRESIDENTE

Martín Sabbatella

CONSEJO DIRECTIVO

Andrés Carsen

Antonio Martín Demarco

Carlos María Pedrini

Daniel Antonio Gurzi

Ignacio Javier Uresandi

Pablo Damián Kunik

Tamara Basteiro

DIRECTOR EJECUTIVO DE GESTIÓN

Daniel Larrache

DIRECTOR GENERAL AMBIENTAL

Bruno De Alto

DIRECTOR DE FISCALIZACIÓN Y ADECUACIÓN AMBIENTAL

Juan Lestani

COORDINADORA DE ADECUACIÓN AMBIENTAL

Laura Pessoa

COLABORACIÓN

Dirección de Vinculación y Transferencia Tecnológica del 3iA (Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental) de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

Índice

Introducción	7
Objetivos	9
Alcance	11
1. Coherencia y sustentabilidad del tratamiento de aguas	13
2. Sobre el personal de plantas depuradoras	15
3. Marco legal	17
4. Caracterización de aguas residuales	27
4.1. Impacto ambiental de algunas actividades	27
4.2. Daños asociados a vuelcos sin tratar	31
5. Elección del diseño conceptual	37
6. Desarrollo de la ingeniería básica	65
7. Requisitos para la presentación del Plan de Adecuación	71
8. Bibliografía de referencia	75

Introducción

Las actividades productivas y de servicios suelen generar agua, que debe ser tratada antes de retornar al ambiente. Lo mismo ocurre con las viviendas, complejos habitacionales y centros urbanos. Son los denominados “efluentes líquidos” o “aguas residuales”.

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), también llamadas plantas de tratamiento de efluentes líquidos (PTEL o simplemente PTE), son las que se encargan de tratar esas aguas.

El “ambiente” –que cada generador de residuos está obligado a proteger–, incluye a los seres humanos, al resto de especies vivas y a los componentes ambientales abióticos.

¿Qué costos involucra el tratamiento de aguas?

El costo de la depuración, implica tanto una inversión inicial, como gastos de mantenimiento y operación.

¿Se requiere personal capacitado?

La mano de obra operativa necesita capacitación específica; sus tareas son variadas: algunas sencillas –como mover válvulas y limpiar equipos– y otras complejas –como realizar análisis químicos y observar muestras al microscopio para tomar decisiones diarias.

¿Hay más aspectos a considerar?

Sí. El tratamiento de efluentes líquidos suele consumir energía, además de generar emisiones gaseosas y residuos sólidos y líquidos. El diseño estará “incompleto”, si no contempla la gestión e infraestructura necesarias para su tratamiento, uso, retiro y/o disposición final.

¿El agua tratada es potable?

No; aunque por su aspecto pueda parecerlo. Cuán “limpia” debe quedar el agua tratada, depende de su destino final, ya sea éste un arroyo o río, el uso para riego o el vuelco a una colectora cloacal. En cada caso, hay límites fijados por la legislación que deben cumplirse y recomendaciones derivadas de la investigación científica.

Los lineamientos y cuadros resumidos aquí presentados no pueden considerarse definitivos, ni representativos de todas las posibilidades, sino ilustrativos en términos generales. Es un documento introductorio que forma parte de un trabajo en revisión continua.

La información presentada en este documento es de carácter divulgativo. No debe ser tomada como sustitución de asesoramiento profesional especializado.

Objetivos

Esta guía surge de la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas e incrementar el conocimiento específico sobre tratamiento de aguas para la adecuación ambiental de las y los trabajadores y responsables de establecimientos que operan dentro del ámbito territorial de la competencia de **ACUMAR**.

De este modo, se promueve también un diálogo colaborativo y en equipo entre la Autoridad de Cuenca y los establecimientos, alcanzando así la mejora de los procesos de adecuación ambiental en la Cuenca.

Los procesos de adecuación resultan dificultosos para llevar adelante, debido a que involucran procesos de índole administrativos y/o burocráticos y técnicos, sumados a la falta de recursos (humanos, técnicos y financieros), la falta de conocimiento de la normativa vigente en materia ambiental, inexperiencia en prácticas de producción más limpia, desactualización en las tecnologías para tratar los efluentes líquidos y otros aspectos.

El objetivo de la guía es brindar una orientación técnica accesible a las empresas de la Cuenca, ofreciendo una herramienta para fortalecer los criterios de toma de decisiones y así, lograr depurar sus aguas residuales cumpliendo con la normativa vigente.

Alcance

Esta guía es de utilidad para las personas que –sin ser especialistas en ciencias ambientales o ingeniería sanitaria– deben elegir entre las propuestas presentadas por expertos y consultores, a fin de depurar adecuadamente los efluentes líquidos generados por sus establecimientos.

No se trata de un manual técnico, sino de una herramienta para fortalecer los criterios de decisión.

Presenta los esquemas de tratamiento habituales para cada tipo de actividad, explica la normativa vigente y refiere cuáles son los requisitos, incluyendo los de ingeniería, que deben incluirse en un Plan de Adecuación.

Enfoque territorial

El trabajo se limita a las actividades que se desarrollan dentro de la Cuenca Matanza Riachuelo (que abarca parte de la Ciudad y de la Provincia de Buenos Aires), así como a las exigencias legales allí aplicables.

El área geográfica en cuestión, se encuentra delimitada conforme lo establecido en la Resolución Presidencia ACUMAR N° 1113/2013; el sector del Dock Sud comprendido entre la Autopista Buenos Aires-La Plata, el Río de la Plata, el Riachuelo y el Canal Sarandí; e incluye a todos los establecimientos que tengan relación directa o indirecta con el saneamiento de la Cuenca. Concretamente, comprende los partidos de Almirante Brown, Avellaneda, Cañuelas, Esteban Echeverría, Ezeiza, General Las Heras, Lanús, La Matanza, Lomas de Zamora, Morón, Merlo, Marcos Paz, Presidente Perón y San Vicente de la Provincia de Buenos Aires y atraviesa toda la Comuna 8 y parcialmente las Comunas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Etapas del diseño

Al momento de diseñar una PTE, es prioritario conocer cuáles son los contaminantes presentes y los caudales involucrados –además del destino del agua tratada.

De esos aspectos se ocupa la denominada “caracterización” de corrientes.

Luego toca elegir cómo se limpiará el agua, o sea qué tecnologías se emplearán y en qué orden.

Ello hace a lo que llamamos “diseño conceptual”, e incluye esquemas típicos de la ingeniería de procesos, como son el *diagrama de bloques* y el *diagrama de proceso* de la planta de tratamiento, además de la selección de reactivos, catalizadores y demás –en caso de ser necesarios.

Le sigue el dimensionamiento de los equipos, o sea las tareas comprendidas en la etapa que se denomina “ingeniería básica”. Se definen geometrías, dimensiones, potencias, caudales, esquema de implantación o lay out, perfil hidráulico, etc.

Lo restante, sería la “ingeniería de detalle” (instrumentación y control, cañerías, etc.), la etapa constructiva y el start up o puesta en marcha hasta alcanzar el funcionamiento en régimen.

Esta guía incluye explicaciones sobre la caracterización, el diseño conceptual y la ingeniería básica, además de algunas consideraciones puntuales sobre la ingeniería de detalle, la etapa de construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de las plantas depuradoras.

Exigencias legales

La guía también contiene un resumen de la normativa vigente en la Cuenca, haciendo foco sobre la Resolución 283/19 de ACUMAR.

Bibliografía

El último capítulo, lista las fuentes bibliográficas de interés.

1. Coherencia y sustentabilidad del tratamiento de aguas

Balance de agua

Entre los primeros ítems a revisar, está el “balance de agua”, o sea un balance de masa para el componente H_2O .

Toda el agua que ingresa al establecimiento (más la que se genera), debe ser igual a la que sale del mismo (más la que se destruye).

La acumulación en tanques u otros espacios, siempre se considera igual a “cero” para situaciones de funcionamiento en régimen.

A fin de verificar la coherencia del balance de agua, la autoridad de control solicita facturas de agua de red y exige que cada pozo de extracción cuente con un caudalímetro totalizador adecuado.

Es valorado el procedimiento de llevar un *libro de registro de pozos* con la medición periódica de cada caudalímetro, que sea constatable *in situ*.

En algunos casos se requiere efectuar un balance de energía para completar el balance de agua. Se revisan consumos de combustibles, electricidad, etc.

El balance de agua tiene una parte física –en toneladas o metros cúbicos– y otra económica.

El costo involucrado en retiros por camión, consumo de gas y otros relacionados al tratamiento y disposición de residuos (líquidos y sólidos), debe ser razonable (coherente con la facturación, por ejemplo).

Trazabilidad operativa

Cada planta depuradora debe contar con “planillas de operación” o algún tipo de registro documentado, que aporte –entre otras cosas– trazabilidad.

Es valorado que se cuente con algún tipo de *manual de operación* y certificados de capacitación del personal.

También debe contar con un “plan de mantenimiento predictivo y preventivo” que abarque la planta de tratamiento y cuya aplicación sea verificable *in situ*.

Depuración sustentable

Por último, los procedimientos de trabajo involucrados en la operación diaria de la PTE, deben ser sostenibles en el tiempo.

Por ejemplo, si un canasto filtrante no cuenta con aparejo de izaje, difícilmente se respeten las tareas de limpieza; o si un sensor de oxígeno disuelto en línea no se limpia y calibra regularmente, terminará siendo incluso contraproducente para el proceso depurativo. Y está lleno de estos ejemplos en cada rincón de los tratamientos.

Entonces, asegurar una “operación sostenible” es fundamental para que la EDAR o PTE funcione.

2. Sobre el personal de plantas depuradoras

No todo es automático

El factor humano resulta esencial en la depuración de aguas residuales.

Lograr la actitud adecuada

Si las personas que trabajan allí, especialmente los operadores, toman su trabajo como un castigo o se sienten el último orejón del tarro, las perspectivas no son buenas.

Por tanto, debe hacerse todo lo posible por asegurar que los trabajadores de efluentes sean conscientes de la importancia y relevancia de sus tareas, especialmente para con el cuidado del ambiente en general y de las personas en particular.

Los puestos de trabajo en las plantas depuradoras, es frecuente que se hallen subvaluados en nuestro país, convirtiéndose en un aspecto crítico para sanear la cuenca. La guía busca –entre otras cosas– contribuir a que las personas ocupadas del tratamiento de aguas, valoren su trabajo, sientan amor y responsabilidad por lo que hacen. Por eso, se empleó adrede la herramienta paratextual de capitalizar los términos *operador* y *supervisor*.

Puestos de trabajo

Los roles relacionados a las PTE, suelen resumirse en: operadores, supervisores, personal de mantenimiento electromecánico y en un primer momento, diseñadores y constructores. Puede haber también analistas de laboratorio, en caso de que los *operadores y/o supervisores* no se ocupen de esas tareas.

Respecto al personal operativo, es imprescindible que esté capacitado y entrenado. La autoridad de aplicación puede incluso controlar de manera directa la aplicación correcta de procedimientos, además de solicitar registros de la formación impartida.

Respecto a los diseñadores, es muy deseable que cuenten con formación en procesos e ingeniería sanitaria y/o ambiental.

Higiene y seguridad

Otro factor fundamental que hace tanto a la sustentabilidad del proceso depurativo como a la higiene y seguridad, es que el personal de planta cuente en todo momento con los elementos de protección personal (EPP) necesarios para su tarea.

3. Marco legal

En la Cuenca Matanza Riachuelo coexisten varias legislaciones correspondientes a las jurisdicciones involucradas, estableciendo límites de concentración para distintos parámetros y sus diferentes destinos (cuerpo de agua superficial, colectora cloacal y absorción por el suelo).

Antecedentes

Es importante recordar que el nacimiento de ACUMAR, reconoce como antecedente la *Ley de Presupuestos Mínimos de Gestión Ambiental de Aguas 25.688*, que si bien no fija parámetros de vuelco, ofrece herramientas de gestión que deben estar siempre presentes en la normativa de todas las jurisdicciones del país.

Organismos de control

En cuanto a los entes involucrados en la gestión del agua dentro de la Cuenca, normalmente se consideran tres que aportan regulaciones a cumplir, según su zona de incumbencia:

- La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), de carácter interjurisdiccional.
- La Autoridad del Agua (ADA) de la Provincia de Buenos Aires.
- La empresa pública Agua y Saneamientos Argentinos (AySA).

Esta variedad de autoridades y normativas, obliga a que los establecimientos generadores de efluentes líquidos, deban ajustarse a cumplir con las exigencias más estrictas, que provengan de combinar todas las regulaciones aplicables a su localización.

Por tal motivo, es conveniente relevar y comparar toda la legislación ambiental aplicable en el ámbito de la Cuenca Matanza Riachuelo, a fin de identificar las diferencias de parámetros regulados y límites establecidos.

Lógicamente, cuando se diseña una planta de tratamiento, debe garantizarse cumplir con el criterio más estricto de todas las normas vigentes en la jurisdicción, para cada uno de los parámetros regulados.

Sobre la Resolución ACUMAR 283/2019

Las exigencias actuales de ACUMAR cubren 51 analitos (pH, DQO, DBO₅, etc.), que *deben* revisarse desde dos puntos de vista:

- Límite de concentración
- Límite de carga másica

El límite de concentración es sencillo; se trata de un número o rango de valores, que figura en el ANEXO A de la normativa.

El límite de carga másica, requiere hacer algunas cuentas –explicadas en el ANEXO B.

Para que el vuelco “cumpla” con la normativa, debe verificar (positivamente) ambos requisitos. O sea que debe cumplir el límite de concentración y el de carga másica.

TABLA 0 – Resultados posibles para cada analito verificado según la Resolución ACUMAR 283/2019

Límite de CONCENTRACIÓN	Límite de CARGA MÁSCA	Conclusión
X	X	NO CUMPLE
✓	X	NO CUMPLE
X	✓	NO CUMPLE
✓	✓	CUMPLE

Ejemplo 1

Una fábrica vuelca sus efluentes al arroyo Ortega y en inspección de ACUMAR, se mide caudal 100 m³/h y sulfuros 0,9 mg/L. ¿Cumple?

Verificar con el ANEXO A es inmediato; la tabla indica:

$$S = \leq 1,0 \text{ mg/L} \quad \text{por tanto, verifica ANEXO A}$$

Para hacer los cálculos de carga másica, son necesarios dos datos más:

- El **caudal declarado** por el establecimiento en su permiso de vuelco, al que denominaremos “caudal teórico” (Q_t).
- Las horas de vuelco declaradas o **tiempo teórico** (T_t) –que en caso de descarga continua, es 24 h/d.

Entonces, supongamos que la fábrica del ejemplo ha declarado vuelco permanente y caudal de 2.500 m³/d.

$$Q_t = 2.500 \text{ m}^3/\text{d} \dots\dots\dots \text{caudal teórico}$$

La concentración teórica (C_t), en el caso del sulfuro y de cualquier otro analito –salvo DBO_5 –, es la indicada en el ANEXO A:

$$C_t = 1,0 \text{ mg/L} \dots\dots\dots \text{concentración teórica}$$

Pasando en limpio los datos medidos en la inspección y multiplicando el caudal horario por las horas – declaradas– de vuelco (T_t):

$$Q_m = 100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot T_t$$

$$Q_m = 100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d}$$

$$Q_m = 2.400 \text{ m}^3/\text{d} \dots\dots\dots \text{caudal medido}$$

$$C_m = 0,9 \text{ mg/L} \dots\dots\dots \text{concentración medida}$$

Calculando ahora la carga másica vertida (CMV) y la carga másica límite de vertido (CMLV), para poder compararlas y viendo que, a fin de ajustar las unidades, sólo hay que multiplicar y dividir por la misma cifra (mil, o sea 10^3), de manera que el valor numérico no cambia y las unidades de ambas cargas másicas, quedan expresadas directamente en g/d ...

$$\text{CMV} = C_m \cdot Q_m$$

$$\text{CMV} = 0,9 \text{ mg/L} \cdot 2.400 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 10^{-3} \text{ g/mg} \cdot 10^3 \text{ L/m}^3$$

$$\text{CMV} = 2.160 \text{ g/d} \dots\dots\dots \text{carga másica vertida}$$

$$\text{CMLV} = C_t \cdot Q_t$$

$$\text{CMLV} = 1,0 \text{ mg/L} \cdot 2.500 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 10^{-3} \text{ g/mg} \cdot 10^3 \text{ L/m}^3$$

$$\text{CMLV} = 2.500 \text{ g/d} \dots\dots\dots \text{carga másica límite de vertido}$$

$$\text{CMV} < \text{CMLV} \dots\dots\dots \text{por tanto, verifica ANEXO B}$$

O sea que el vuelco de la fábrica, “cumple” para sulfuros, ya que verifica ambos requisitos, el de concentración y el de carga másica.

Ejemplo 2

Resolvamos el mismo caso del Ejemplo 1, pero suponiendo ahora que el caudal medido fue mayor, digamos 130 m³/h y el resto de datos son los mismos.

Al calcular la CMV, hallaremos que “no verifica”. Veamos:

$$\text{CMV} = Q_m \cdot C_m$$

$$\text{CMV} = (130 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d}) \cdot 0,9 \text{ mg/L} \cdot 1 \frac{\text{g} \cdot \text{L}}{\text{mg} \cdot \text{m}^3}$$

$$\text{CMV} = 2.808 \text{ g/d} \dots\dots\dots \text{carga másica vertida}$$

Cabe aclarar que el factor $1 \frac{\text{g} \cdot \text{L}}{\text{mg} \cdot \text{m}^3}$ viene de dividir $1000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}$ sobre $1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}}$; podríamos incluso no haber puesto

nada y estaría bien, dado que multiplicar por “1”, en realidad no cambia el resultado.

Dado que era:

$CMLV = 2.500 \text{ g/d}$ carga másica límite de vertido

$CMV > CMLV$ por tanto, **NO verifica ANEXO B**

O sea que el vuelco de la fábrica, “no cumple” para sulfuros, ya que no verifica uno de los dos requisitos (el de carga másica).

Ejemplo 3

Usemos el mismo caso del Ejemplo 1 –una fábrica que vuelca sus aguas residuales tratadas al arroyo Ortega– y analicemos si cumple con la Resolución 283/19 para DBO_5 , con el dato de que la concentración medida en laboratorio, dio $DBO_5 = 20 \text{ mg/L}$.

En primer término, como el límite de concentración indicado en el ANEXO A es $DBO_5 \leq 30 \text{ mg/L}$, se concluye que verifica ANEXO A.

Dado que se trata de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), para conocer cuál es la concentración teórica (C_t) y hacer las cuentas del ANEXO B, no alcanza con el dato de concentración referido en el ANEXO A, sino que habrá que revisar una de las tablas del ANEXO B.

Al tratarse de una fábrica, se usa la TABLA 1 del ANEXO B. Allí indica que para el arroyo Ortega, la concentración teórica C_t es:

$$C_t \leq 15 \text{ mg/L}$$

Con esa concentración teórica y el caudal declarado o teórico (Q_t), calculamos la carga másica límite de vertido (obviaremos a partir de ahora, el factor de conversión $1 \text{ g.L} / \text{mg.m}^3$):

$$CMLV = Q_t \cdot C_t$$

$$CMLV = 2.500 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 15 \text{ mg/L}$$

$$CMLV = 37.500 \text{ g/d}$$
 carga másica límite de vertido

El cálculo de la carga másica vertida, dado que el caudal medido (Q_m) era de $2.400 \text{ m}^3/\text{d}$ y la concentración de DBO_5 informada por el laboratorio es de 20 mg/L , ajustando unidades sería:

$$CMV = Q_m \cdot C_m$$

$$CMV = 2.400 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 20 \text{ mg/L}$$

$$CMV = 48.000 \text{ g/d}$$
carga másica vertida

Comparando los resultados, vemos que **NO verifica**:

$$CMV > CMLV$$

O sea que el vuelco de la fábrica, “no cumple” para DBO_5 , ya que no verifica uno de los dos requisitos (el de carga másica).

Para el caso de empresas prestatarias y establecimientos habitacionales desvinculados de la red cloacal, que la normativa identifica como “régimen especial”, los cálculos para DBO_5 son idénticos, pero tomando los límites de carga teórica C_t , de la TABLA 2 del ANEXO B (en vez de tomar los de la TABLA 1).

Respecto al resto de analitos referidos a establecimientos de régimen especial, los cálculos no tienen ninguna diferencia a los del régimen general, ya ejemplificados.

Ejemplo 4

Usemos el mismo caso del Ejemplo 3, pero suponiendo que las mediciones dieron un caudal de $25 \text{ m}^3/\text{h}$ y $\text{DBO}_5 = 40 \text{ mg/L}$ (con el resto de datos idénticos).

Del ANEXO A, $\text{DBO}_5 \leq 30 \text{ mg/L}$, por lo que NO verifica el límite de concentración. Con ello, ya sabemos que “no cumple”. Revisaremos igual, si este caso verifica o no por carga másica.

De la TABLA 1 del ANEXO B para el arroyo Ortega, la concentración teórica C_t indicada es:

$$C_t \leq 15 \text{ mg/L}$$

Con esa concentración teórica y el caudal declarado o teórico (Q_t), calculamos la carga másica límite de vertido (obviando el factor de conversión $1 \text{ g/L} / \text{mg.m}^3$):

$$\begin{aligned} \text{CMLV} &= Q_t \cdot C_t \\ \text{CMLV} &= 2.500 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 15 \text{ mg/L} \\ \text{CMLV} &= 37.500 \text{ g/d} \dots\dots\dots \text{carga másica límite de vertido} \end{aligned}$$

Y el caudal medido (Q_m) es en esta ocasión:

$$\begin{aligned} Q_m &= 25 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d} \\ Q_m &= 600 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Con lo que, ya que la DBO_5 (C_m) había dado 40 mg/L , la carga vertida valdrá:

$$\begin{aligned} \text{CMV} &= Q_m \cdot C_m \\ \text{CMV} &= 600 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 40 \text{ mg/L} \\ \text{CMV} &= 24.000 \text{ g/d} \dots\dots\dots \text{carga másica vertida} \end{aligned}$$

Comparando los resultados, vemos que verifica ANEXO B:

$$\text{CMV} < \text{CMLV}$$

Pero como ya dijimos, el vuelco de la fábrica “no cumple” para DBO_5 , ya que no verifica uno de ambos requisitos (el de concentración, en este caso).

Metas previstas por Resolución ACUMAR 283/19

La norma establece metas a alcanzar, en cuanto a calidad del agua superficial en el corto plazo (5 años), mediano plazo (de 5 a 13 años) y largo plazo (de 13 a 18 años), para las diferentes regiones/sectores de la Cuenca (Alta, Media y Baja).

Se apunta a lograr en el corto plazo, los valores de referencia que corresponden al “Uso IV” (apto para actividades recreativas pasivas), en toda la Cuenca y en el sector Dock Sud.

Asimismo, ACUMAR puede establecer parámetros prioritarios a fiscalizar, según la actividad y condiciones particulares de cada establecimiento.

Respecto a la dilución del vuelco

Un aspecto a tener presente, es la prohibición de usar agua que diluya el vuelco, incluida la empleada para refrigeración, a efectos de disminuir la concentración de los parámetros de calidad del vertido de efluentes líquidos.

Protocolos analíticos

Las técnicas analíticas incluidas en la Resolución ACUMAR 283/19, son las extraídas del *Standard Methods edición 23°* o sus versiones posteriores actualizadas, salvo en los casos que sea especificado otro método en sus referencias.

Sobre la Resolución ADA 336/2003

La Resolución ADA 336/03 establece las actividades que deben controlar sus vertidos y los límites de vuelco para ciertos parámetros.

Las técnicas utilizadas son las extraídas del *Standard Methods edición 18°* para análisis de aguas de bebida y agua de desecho, salvo en el caso que sea especificado en sus notas.

Para los parámetros indicados como “ausente” los valores deben ser menores que el límite de detección de la técnica analítica aplicable.

En su ANEXO I, identifica ramas de actividades, a las que otorga un nivel de riesgo y cuyos efluentes no deben disponerse en pozos absorbentes.

Establece 38 parámetros con sus valores regulados en su Anexo II.

Debe considerarse que esta Resolución de ADA se complementa con otras resoluciones del organismo que no fueron consideradas en este trabajo, como la Resolución 335/08, que corresponde a la Guía de Requerimientos para la Presentación de Estudio Hidrogeológico y Proyecto de Remediación.

Las resoluciones 336/03 de ADA y la 283/19 de ACUMAR, regulan el vuelco en cloacas, cuerpo de agua superficial/pluvial y absorción por suelo, refiriéndose en este caso solamente al riego por aspersión, quedando prohibida la inyección a presión en el suelo o en la napa.

ADA, además, regula el vuelco en el mar, pero fue excluido del análisis ya que no es relevante en el caso de la Cuenca Matanza Riachuelo.

Ambas resoluciones utilizan como base las técnicas analíticas del *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, aunque en distintas ediciones. Salvo para *Coliformes fecales*, que emplean distintas unidades, en los parámetros en que coinciden ambas normas usan las mismas unidades.

En el caso de la Resolución ACUMAR 283/19 se pone un * para señalar que el parámetro debe estar por debajo del límite de cuantificación del método utilizado, mientras que en el caso de la Resolución ADA 336/03 se establece como Ausente.

Matriz legal

A fin de facilitar la tarea, se adjuntan en las Tablas 1, 2 y 3, las matrices comparativas con los límites de vuelco regulados por cada legislación.

Se incluyen también en las Tablas, otras normas sobre parámetros de vuelco vigentes en la Cuenca.

TABLA 1 – Límites de vuelco a cuerpo de agua superficial y colectora pluvial

Actualizada al 01-mar-22		ACUMAR	Provincia de BsAs		Capital y Provincia	
Nº	PARÁMETRO	Res. 283/19	Res. 336/03	Ley 11.820	Dec. 999/92	Res. 79.179/90
1	DQO (demanda química de oxígeno) [mg/L]	125 (a)	250 (b)	250 (c)		
2	OC KMnO ₄ (oxígeno consumido con permanganato) [mg/L]				20 (d)	20 (e)
3	DBO ₅ (demanda bioquímica de oxígeno) [mg/L]	30 (a)	50 (b)	50 (c)	30 (d)	50 (e)
4	NTK (nitrógeno total Kjeldahl) [mg/L]	35 (a)	35 (b')	10,0 (c')		
5	N-org (nitrógeno orgánico) [mg/L]		10 (b')			
6	N-NH ₃ (nitrógeno amoniacal) [mg/L]	25 (a)	25 (b')	3,0 (c')		
7	P total (fósforo total) [mg/L]	5,0 (a)	1,0 (b')	1,0 (c)		
8	SST (sólidos suspendidos totales) [mg/L]	35 (a)				
9	SS10' (sólidos sedimentables en 10 minutos) [ml/L]	0,1 (a)	ND (b)	ND (c)	0,5 (d)	0,5 (e)
10	SS2h (sólidos sedimentables en 2 horas) [ml/L]	1,0 (a)	1,0 (b)	1,0 (c)		1,0 (e)
11	pH [upH]	6,5-9,0 (a)	6,5-10 (b)	6,5-10 (c)	6,5-8 (d)	5,5-10 (e)
12	Cl lib (cloro libre residual) [mg/L]	1,0 (a)	0,5 (b)		0,2 (d)	
13	Demanda de cloro [mg/L]				0,1 (d')	(e')
14	Coliformes fecales [UFC/100 ml]	500 (a')	2000 (b'')			
15	Coliformes totales [NMP/100 ml]			5000 (c)		
16	SAAM (sustancias activas al azul de metileno) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	2,0 (c)		
17	SRAO (sustancias activas al azul de o-toluidina) [mg/L]				5 (d')	5 (e')
18	SSEE (sustancias solubles en éter etílico) [mg/L]	50 (a)	50 (b)	50 (c)	100 (d)	100 (e)
19	Temperatura [°C]	45 (a)	45 (b)	45 (c)	45 (d)	45 (e)
20	HCT (hidrocarburos totales) [mg/L]	30 (a)	30 (b)	30 (c)	50 (d)	50 (e)
21	HCV (hidrocarburos volátiles) [mg/L]	1 (a)				
22	Sust. fenólicas [mg/L]	0,5 (a'')	0,5 (b)	0,5 (c)	0,5 (d'')	0,5 (e'')
23	CN ⁻ tot. (cianuros totales) [mg/L]	1,0 (a)	0,1 (b)	0,1 (c)	0,1 (d)	0,1 (e)
24	CN ⁻ destruibles x cloración [mg/L]	0,1 (a)				
25	Al (aluminio) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
26	As total (arsénico total) [mg/L]	0,5 (a)	0,5 (b)		0,5 (d)	0,5 (e)
27	Ba (bario) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
28	B (boro) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
29	Cd total (cadmio total) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)	0,1 (c)	0,1 (d)	0,1 (e)
30	Co (cobalto) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
31	Cu total (cobre) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)	0,1 (c)		
32	Cr total (cromo total) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	0,5 (c)	0,2 (d)	
33	Cr ³⁺ (cromo trivalente) [mg/L]					2 (e)
34	Cr ⁶⁺ (cromo hexavalente) [mg/L]	0,2 (a)	0,2 (b)			0,2 (e)
35	Fe sb. (hierro soluble) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	2,0 (c)		
36	Mn sb. (manganeso soluble) [mg/L]	0,5 (a)	0,5 (b)	0,5 (c)		
37	Hg total (mercurio total) [mg/L]	0,005 (a)	0,005 (b)	0,001 (c)	0,005 (d)	0,005 (e)
38	Ni total (níquel total) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	2,0 (c)		
39	Pb total (plomo total) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)	0,1 (c)	0,5 (d)	0,5 (e)
40	Se (selenio) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)			
41	S ²⁻ (sulfuros) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)	1,0 (c)	1 (d)	1,0 (e)
42	SO ₄ ⁼ (sulfatos) [mg/L]					
43	Zn total (zinc total) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	2,0 (c)		
44	Plaguicidas órganoclorados [mg/L]		0,05 (b)	0,05 (c)	(d')	
45	2,4-D [µg/L]	4 (a)				
46	Aldrín [µg/L]	0,01 (a)				
47	Clordano [µg/L]	0,1 (a)				
48	Dieldrín [µg/L]	0,01 (a)				
49	DDT (total isómeros) [µg/L]	1 (a)				
50	Endosulfán [µg/L]	0,02 (a)				
51	Endrín [µg/L]	0,04 (a)				
52	Heptacloro [µg/L]	0,04 (a)				
53	Heptacloro epóxido [µg/L]	0,04 (a)				
54	Hexaclorobenceno [µg/L]	0,01 (a)				
55	Lindano [µg/L]	3 (a)				
56	Metoxicloro [µg/L]	30 (a)				
57	Plaguicidas órganofosforados [mg/L]		0,1 (b)	0,1 (c)	(d')	
58	Malatión [µg/L]	0,65 (a)				
59	Paratión [µg/L]	0,65 (a)				

TABLA 2 – Límites de vuelco para riego (absorción por el suelo)

Actualizada al 01-mar-22		ACUMAR	Provincia de BsAs		Capital y Provincia	
Nº	PARÁMETRO	Res. 283/19	Res. 336/03	Ley 11.820	Dec. 999/92	Res. 79.179/90
1	DQO (demanda química de oxígeno) [mg/L]	500 (a)	500 (b)	500 (c)		
2	OC KMnO ₄ (oxígeno consumido con permanganato) [mg/L]					80 (e)
3	DBO ₅ (demanda bioquímica de oxígeno) [mg/L]	200 (a)	200 (b)	200 (c)		200 (e)
4	NTK (nitrógeno total Kjeldahl) [mg/L]	105 (a)	105 (b')			
5	N-org (nitrógeno orgánico) [mg/L]		30 (b')			
6	N-NH ₃ (nitrógeno amoniacal) [mg/L]	75 (a)	75 (b')			
7	P total (fósforo total) [mg/L]	10 (a)	10 (b')			
8	SST (sólidos suspendidos totales) [mg/L]					
9	SS10' (sólidos sedimentables en 10 minutos) [ml/L]	0,1 (a)	ND (b)	ND (c)		
10	SS2h (sólidos sedimentables en 2 horas) [ml/L]	5,0 (a)	5,0 (b)	5,0 (c)		
11	pH [upH]	6,5-9,0 (a)	6,5-10 (b)	6,5-10 (c)		5,5-10,0 (e)
12	Cl lib (cloro libre residual) [mg/L]	ND (a)	ND (b)			
13	Demanda de cloro [mg/L]					
14	Coliformes fecales [UFC/100 ml]	500 (a)	2000 (b'')			
15	Coliformes totales [NMP/100 ml]					
16	SAAM (sustancias activas al azul de metileno) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)	2,0 (c)		
17	SRAO (sustancias activas al azul de o-toluidina) [mg/L]					0,5 (e')
18	SSEE (sustancias solubles en éter etílico) [mg/L]	50 (a)	50 (b)	50 (c)		100 (e)
19	Temperatura [°C]	45 (a)	45 (b)	45 (c)		
20	HCT (hidrocarburos totales) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		10 (e)
21	HCV (hidrocarburos volátiles) [mg/L]	1 (a)				
22	Sust. fenólicas [mg/L]	0,1 (a'')	0,1 (b)	0,1 (c)		0,020 (e)
23	CN ⁻ tot. (cianuros totales) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		0,1 (e)
24	CN ⁻ destruibles x cloración [mg/L]	ND (a)				
25	Al (aluminio) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)			
26	As total (arsénico total) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)			0,01 (e)
27	Ba (bario) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)			
28	B (boro) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)			
29	Cd total (cadmio total) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		0,05 (e)
30	Co (cobalto) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)			
31	Cu total (cobre) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		
32	Cr total (cromo total) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		0,05 (g)
33	Cr ³⁺ (cromo trivalente) [mg/L]					
34	Cr ⁶⁺ (cromo hexavalente) [mg/L]	ND (a)	ND (b)			
35	Fe sb. (hierro soluble) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)	0,1 (c)		
36	Mn sb. (manganeso soluble) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)	0,1 (c)		
37	Hg total (mercurio total) [mg/L]	ND (a)	ND (b)	ND (c)		0,005 (e)
38	Ni total (níquel total) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)	1 (c)		
39	Pb total (plomo total) [mg/L]	0,1 (a)	ND (b)	ND (c)		0,005 (e)
40	Se (selenio) [mg/L]	ND (a)	ND (b)			
41	S ²⁻ (sulfuros) [mg/L]	5,0 (a)	5,0 (b)	5,0 (c)		5 (e)
42	SO ₄ ²⁻ (sulfatos) [mg/L]	1000 (a)	1000 (b)	1000 (c)		
43	Zn total (zinc total) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)	1 (c)		
44	Plaguicidas órganoclorados [mg/L]		ND (b)	ND (c)		
45	2,4-D [µg/L]	4 (a)				
46	Aldrin [µg/L]	0,01 (a)				
47	Clordano [µg/L]	0,1 (a)				
48	Dieldrin [µg/L]	0,01 (a)				
49	DDT (total isómeros) [µg/L]	1 (a)				
50	Endosulfán [µg/L]	0,02 (a)				
51	Endrin [µg/L]	0,04 (a)				
52	Heptacloro [µg/L]	0,04 (a)				
53	Heptacloro epóxido [µg/L]	0,04 (a)				
54	Hexaclorobenceno [µg/L]	0,01 (a)				
55	Lindano [µg/L]	3 (a)				
56	Metoxicloro [µg/L]	30 (a)				
57	Plaguicidas órganofosforados [mg/L]		ND (b)	ND (c)		
58	Malatión [µg/L]	0,65 (a)				
59	Paratión [µg/L]	0,65 (a)				

TABLA 3 – Límites de vuelco a colectora cloacal

Actualizada al 01-mar-22		ACUMAR Provincia de BsAs Capital y Provincia				
Nº	PARÁMETRO	Res. 283/19	Res. 336/03	Ley 11.820	Dec. 999/92	Res. 79.179/90
1	DQO (demanda química de oxígeno) [mg/L]	700 (a)	700 (b)			
2	OC KMnO ₄ (oxígeno consumido con permanganato) [mg/L]				80 (d ⁺)	50 (e ⁻)
3	DBO ₅ (demanda bioquímica de oxígeno) [mg/L]	200 (a)	200 (b)		200 (d ⁺)	200 (e ⁻)
4	NTK (nitrógeno total Kjeldahl) [mg/L]	105 (a)	105 (b')			
5	N-org (nitrógeno orgánico) [mg/L]		30 (b')			
6	N-NH ₃ (nitrógeno amoniacal) [mg/L]	75 (a)	75 (b')			
7	P total (fósforo total) [mg/L]	10 (a)	10 (b')			
8	SST (sólidos suspendidos totales) [mg/L]					
9	SS10' (sólidos sedimentables en 10 minutos) [ml/L]	0,1 (a)	ND (b)		0,5 (d ⁺)	0,5 (e ⁻)
10	SS2h (sólidos sedimentables en 2 horas) [ml/L]	5,0 (a)	5,0 (b)			
11	pH [upH]	5,5-10,0 (a)	7,0-10 (b)		5,5-10 (d ⁺)	5,5-10 (e ⁻)
12	Cl lib (cloro libre residual) [mg/L]					
13	Demanda de cloro [mg/L]					
14	Coliformes fecales [UFC/100 ml]		20000 (b'')			(e*)
15	Coliformes totales [NMP/100 ml]					
16	SAAM (sustancias activas al azul de metileno) [mg/L]	10 (a)	10 (b)			
17	SRAO (sustancias activas al azul de o-toluidina) [mg/L]				5 (d ⁺)	5 (e')
18	SSEE (sustancias solubles en éter etílico) [mg/L]	100 (a)	100 (b)		100 (d ⁺)	100 (e ⁻)
19	Temperatura [°C]	45 (a)	45 (b)		45 (d ⁺)	45 (e ⁻)
20	HCT (hidrocarburos totales) [mg/L]	30 (a)	30 (b)		50 (d ⁺)	50 (e ⁻)
21	HCV (hidrocarburos volátiles) [mg/L]	1 (a)				
22	Sust. fenólicas [mg/L]	0,5 (a'')	2,0 (b)		0,5 (d ⁺)	5 (e [®])
23	CN ⁻ tot. (cianuros totales) [mg/L]	1,0 (a)	0,1 (b)		0,1 (d ⁺)	0,1 (e ⁻)
24	CN ⁻ destruibles x cloración [mg/L]	0,1 (a)				
25	Al (aluminio) [mg/L]	5,0 (a)	5,0 (b)			
26	As total (arsénico total) [mg/L]	0,5 (a)	0,5 (b)		0,5 (d ⁺)	0,5 (e ⁻)
27	Ba (bario) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
28	B (boro) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
29	Cd total (cadmio total) [mg/L]	0,1 (a)	0,5 (b)		0,1 (d ⁺)	0,1 (e ⁻)
30	Co (cobalto) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
31	Cu total (cobre total) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)			
32	Cr total (cromo total) [mg/L]	2,0 (a)	2,0 (b)		0,2 (d ⁺)	
33	Cr ³⁺ (cromo trivalente) [mg/L]					2 (e ⁻)
34	Cr ⁶⁺ (cromo hexavalente) [mg/L]	0,2 (a)	0,2 (b)			0,2 (e ⁻)
35	Fe sb. (hierro soluble) [mg/L]	10 (a)	10 (b)			
36	Mn sb. (manganeso soluble) [mg/L]	1,0 (a)	1,0 (b)			
37	Hg total (mercurio total) [mg/L]	0,005 (a)	0,02 (b)		0,005 (d ⁺)	0,005 (e ⁻)
38	Ni total (níquel total) [mg/L]	2,0 (a)	3,0 (b)			
39	Pb total (plomo total) [mg/L]	0,1 (a)	1,0 (b)		0,5 (d ⁺)	0,5 (e ⁻)
40	Se (selenio) [mg/L]	0,1 (a)	0,1 (b)			
41	S ⁻ (sulfuros) [mg/L]	1,0 (a)	2,0 (b)		1 (d ⁺)	1,0 (e ⁻)
42	SO ₄ ⁻ (sulfatos) [mg/L]	1000 (a)	1000 (b)			
43	Zn total (zinc total) [mg/L]	5,0 (a)	5,0 (b)			
44	Plaguicidas organoclorados [mg/L]		0,5 (b)			
45	2,4-D [µg/L]	4 (a)				
46	Aldrín [µg/L]	0,01 (a)				
47	Clordano [µg/L]	0,1 (a)				
48	Dieldrín [µg/L]	0,01 (a)				
49	DDT (total isómeros) [µg/L]	1 (a)				
50	Endosulfán [µg/L]	0,02 (a)				
51	Endrín [µg/L]	0,04 (a)				
52	Heptacloro [µg/L]	0,04 (a)				
53	Heptacloro epóxido [µg/L]	0,04 (a)				
54	Hexaclorobenceno [µg/L]	0,01 (a)				
55	Lindano [µg/L]	3 (a)				
56	Metoxicloro [µg/L]	30 (a)				
57	Plaguicidas organofosforados [mg/L]		1 (b)			
58	Malatión [µg/L]	0,65 (a)				
59	Paratión [µg/L]	0,65 (a)				

Referencias (TABLAS 1, 2 y 3):

- (a) El límite corresponde a la Resolución ACUMAR 283/19 en su ANEXO A. Además, debe verificarse que se cumplan las exigencias de carga másica, según indica el ANEXO B de la misma Resolución.
- (a') El límite corresponde a la Resolución ACUMAR 283/19 en su ANEXO A. Además, debe verificarse que se cumplan las exigencias de carga másica, según indica el ANEXO B de la misma Resolución. Sólo exigible en Cuenca Alta.
- (a'') El límite corresponde a la Resolución ACUMAR 283/19 en su ANEXO A. Además, debe verificarse que se cumplan las exigencias de carga másica, según indica el ANEXO B de la misma Resolución. El valor límite de Sustancias Fenólicas deberá ser de 0,05 mg/l, para los vertidos a pluvial/cuerpo superficial, en un radio no menor a 5 km respecto a una toma de agua superficial para bebida.
- (b) El límite corresponde a la Resolución ADA 336/03 en su ANEXO II.
- (b') El límite corresponde a la Resolución ADA 336/03 en su ANEXO II. Se aplica a cuerpos de agua pasibles de sufrir eutroficación. Deberá verificarse además, que cumpla el límite de carga másica -cuando éste se haya fijado.
- (b'') El límite corresponde a la Resolución ADA 336/03 en su ANEXO II. Medido en unidades [NMP/100 ml]. Este parámetro será controlado en descargas próximas a una zona de balneario. El valor indicado constituye el nivel máximo admisible a una distancia de por lo menos de 500 metros de una playa o área destinada a deportes acuáticos.
- (c) El límite corresponde a la Ley Provincial 11.820 en su ANEXO B.
- (c') El límite corresponde a la Ley Provincial 11.820 en su ANEXO B. Se aplica a cuerpos de agua pasibles de sufrir eutroficación. Deberá verificarse además, que cumpla el límite de carga másica -cuando éste se haya fijado.
- (d) El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B. Se consideraron los valores más exigentes (con tratamiento secundario).
- (d') El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B. Se consideraron los valores más exigentes (con tratamiento secundario). La demanda de cloro es la necesaria para alcanzar 0,1 mg/L de Cl lib luego de 10 minutos.
- (d'') El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B. Se consideraron los valores más exigentes (con tratamiento secundario). Vertidos en un radio menor de 5 km de una toma de agua para bebida.
- (d^) El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B. Se consideraron los valores más exigentes (con tratamiento secundario). Se exigen 3 mg/l para vertidos en un radio menor de 5 km de una toma de agua para bebida.
- (d†) El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B. Se consideraron los valores más exigentes (con tratamiento secundario). El valor límite para cada plaguicida organoclorado u organofosforado, es el valor de captación en cada caso.
- (d‡) El límite corresponde al Decreto PEN 999/92 (OSN) en su ANEXO B.
- (e) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua).
- (e') El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). Para conductos Medrano, Vega, White y Maldonado y cuando se vuelca a menos de 5 km de una toma de agua para bebida, el límite es 3 mg/L.
- (e'') El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). Para conductos Medrano, Vega, White y Maldonado y cuando se vuelca a menos de 5 km de una toma de agua para bebida, el límite es 0,050 mg/L.
- (e*) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). La empresa prestataria puede exigir en algún caso, límite de Coliformes fecales 5000 NMP/100 ml.
- (e^) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). Cuando la cloaca no conduce a planta de tratamiento, el límite de Sustancias fenólicas es 0,5 mg/L.

(e⁺) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). Se exige satisfacer demanda de cloro para los establecimientos de: Mataderos, Lavaderos de lana, Curtiembres, Productos lácteos y en vertidos en que el líquido residual industrial se mezcle con el cloacal. A pedido del responsable de la descarga y justificando disponer de un tratamiento específico para reducir el contenido microbiológico que no es sobre la base de cloración, puede no ser exigible satisfacer la demanda de cloro. En caso que la empresa prestataria considere procedente el pedido, la descarga deberá tener menos de 5.000 coliformes totales por 100 ml.

(e⁻) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua).

(e[@]) El límite corresponde a la Resolución OSN 79.179/90 en su ANEXO A (a conducto pluvial y a curso de agua). Cuando la cloaca no conduce a planta de tratamiento, el límite de Sustancias fenólicas es 0,5 mg/L.

ND No detectable. Valor menor al de detección de la técnica analítica empleada.

En **negrita** se resaltan los valores más restrictivos.

La Ley 11.820 y el Decreto 999/92 aplican a concesionarios prestadores del servicio de desagües cloacales.

Cuando se refiere vuelco por "riego (absorción por el suelo)", tener en cuenta que la Resolución 336/03 habla de "absorción por el suelo y lagunas facultativas" y la Resolución 79.179/90 refiere "pozos absorbentes".

4. Caracterización de aguas residuales

¿Qué es una caracterización?

Para poder depurar las aguas residuales generadas por la actividad de cualquier tipo de establecimiento, es imprescindible conocer cuáles son los contaminantes que la ensucian, en qué rango de concentraciones pueden estar presentes, qué caudal lleva cada línea o corriente de efluentes líquidos y con qué frecuencia se generan.

A esa información se la denomina “caracterización” de aguas residuales y puede obtenerse de distintas formas.

¿Cómo se hace?

La manera más económica de llegar a una caracterización, es estimarla a partir del análisis concienzudo de cómo se genera cada efluente puntual y la comparación con valores relevados de bibliografía –si existen.

Se llega así a una caracterización “estimada” que, de estar bien confeccionada y fundamentada con solidez, es aceptable por parte de la autoridad de aplicación.

Pero ¡mucho cuidado! Una caracterización estimada –que a priori es económica–, termina resultando mucho más costosa si contiene errores. Cuando la PTE construida no funciona, se requieren inversiones de mayor orden de magnitud.

¿Qué hay que caracterizar?

Si existen varias corrientes de efluente líquido que se van tratando por separado y luego se reúnen a medida que avanza el esquema depurativo, es necesario contar con los datos característicos de cada una de ellas.

En el caso de las líneas de aguas residuales que se juntan antes de ser tratadas, ya sea en cámaras de mezcla o tanques pulmón equalizadores (compensadores), por lo general sólo hará falta caracterizar la corriente mezcla.

Teniendo en mente que las muestras de efluente crudo (sin tratar) que se extraen para medir en laboratorio, deben ser “representativas”, es fundamental diseñar un plan de muestreo adecuado.

Sólo en los casos de aguas residuales que no presentan variaciones sensibles y se encuentran ya compensadas, alcanza con tomar una muestra puntual.

En cualquier otro caso, el plan de muestreo debe diseñarse de manera que sea estadísticamente representativo.

4.1 Impacto Ambiental de Algunas Actividades

Actualmente, de los 5343 establecimientos empadronados, 730 son Agentes Contaminantes (AC) en el ámbito de la Cuenca Matanza-Riachuelo; este número es dinámico, ya que fluctúa entre los establecimientos que se adecúan y los que presentan desvíos ambientales que ameritan su declaración de AC. La mayoría de ellos, desempeñan alguna de las siguientes actividades:

TABLA 4 – Actividades principales en la Cuenca Matanza Riachuelo

I. Agroganadero

II. Cárnico y derivados

- i) Mataderos y frigoríficos
- ii) Graseras y harineras de carne/hueso
- iii) Curtiembres

III. Alimentos varios y bebidas

- i) Panificables y pastas*
- ii) Lácteos*
- iii) Helados y postres*
- iv) Bebidas alcohólicas, jugos y gaseosas*
- v) Alimento para mascotas*

IV. Textil

V. Papel y cartón

VI. Petrolero y petroquímico

- i) Destilerías, refinerías e industrialización de derivados*
- ii) Distribución de combustible y terminales de transporte*

VII. Químico

- i) Farmacéuticas y elaboración de cosméticos*
- ii) Pinturas, barnices, pigmentos y otros*
- iii) Polímeros*

VIII. Metalmecánico

- i) Fundiciones*
- ii) Perfiles y piezas metálicas*
- iii) Galvanoplastías y anodizados*

IX. Vidrio y cerámica

X. Conjuntos habitacionales y efluentes cloacales de cada actividad

XI. Servicios

- i) Lavaderos de vehículos*
- ii) Lavaderos de ropa y tintorerías*
- iii) Otros servicios*

Estudiando los procesos productivos y tareas propias de cada actividad, es posible valorar cualitativamente los impactos ambientales generados por sus residuos sólidos, semisólidos y/o líquidos, efluentes líquidos y emisiones gaseosas.

En la Tabla 5 se describen esos impactos, siguiendo la lógica empleada en el Dec. OPDS 973/20, para el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA). Cabe aclarar que, en esta guía, OPDS hace referencia a la autoridad ambiental de la provincia de Buenos Aires (a partir del 2022 se estableció como tal al Ministerio de Ambiente de esta provincia, según la Ley 15.164, con las modificaciones de la Ley 15.309).

TABLA 5 – Impacto ambiental por generación de residuos de cada actividad

Actividades	Residuos sólidos, semisólidos, líquidos	Emisiones líquidas	Emisiones gaseosas
I. Agroganadero	sól y ot.	líq.	gas
II. Cárnico y derivados			
i) Mataderos y frigoríficos	sól y ot.	líq.	gas
ii) Graseras y harineras	sól y ot.	líq.	gas
iii) Curtiembres	sól y ot.	líq.	gas
III. Alimentos varios y bebidas			
i) Panificables y pastas	sól y ot.	líq.	gas
ii) Lácteos	sól y ot.	líq.	gas
iii) Helados y postres	sól y ot.	líq.	gas
iv) Bebidas	sól y ot.	líq.	gas
v) Alimento para mascotas	sól y ot.	líq.	gas
IV. Textil	sól y ot.	líq.	gas
V. Papel y cartón	sól y ot.	líq.	gas
VI. Petrolero y petroquímico			
i) Destilerías, refinerías y derivados	sól y ot.	líq.	gas
ii) Distribu. combustible y tpte.	sól y ot.	líq.	gas
VII. Químico			
i) Farmacéuticas y cosméticos	sól y ot.	líq.	gas
ii) Pinturas, barnices, pigm. y otros	sól y ot.	líq.	gas
iii) Polímeros	sól y ot.	líq.	gas
VIII. Metalmecánico			
i) Fundiciones	sól y ot.	líq.	gas
ii) Perfiles y piezas metálicas	sól y ot.	líq.	gas
iii) Galvanoplastías y anodizados	sól y ot.	líq.	gas
IX. Vidrio y cerámica	sól y ot.	líq.	gas
X. Conjuntos habitacionales	sól y ot.	líq.	gas
XI. Servicios			
i) Lavaderos de vehículos	sól y ot.	líq.	gas
ii) Lavaderos de ropa y tintor.	sól y ot.	líq.	gas
iii) Otros servicios	sól y ot.	líq.	gas

Ref.: adaptado de investigación *ad hoc* de la UNSAM (con modificaciones)

Los casilleros con **fondo rosa** indican para **residuos sólidos y otros**, que genera residuos peligrosos (o especiales); para **efluentes líquidos**, significa que éstos deben tratarse; y para **emisiones gaseosas**, significa que genera emisiones distintas a las de combustión de gas natural y vapor de agua.

Los casilleros con **fondo amarillo** indican para **residuos sólidos y otros**, que genera residuos no peligrosos (o especiales); para **efluentes líquidos**, significa que éstos pueden volcarse sin tratamiento; y para **emisiones gaseosas**, significa que genera emisiones asimilables a las de combustión de gas natural y/o vapor de agua.

Los casilleros con **fondo verde** indican que “no genera”, ya sea residuos sólidos y otros, efluentes líquidos o emisiones gaseosas.

Aunque la Tabla 5 es sólo ilustrativa, un aspecto que resulta interesante es que todas las actividades estudiadas, generan efluentes líquidos que deben tratarse antes de poder ser volcados.

En la Tabla 6 se listan –también de manera orientativa–, los contaminantes que suelen estar presentes en los efluentes líquidos de cada tipo de actividad, que deben abatirse en el proceso depurativo.

TABLA 6 – Contaminantes que suelen aparecer en los efluentes líquidos

Actividades	Contaminantes Presentes en Aguas Residuales
I. Agroganadero	COrg, N, P, μ , S, Líp, CO-Per, SST, Cl, Det, SDT
II. Cárnico y derivados	
i) Mataderos y frigoríficos	COrg, N, P, μ , Líp, SST, SDT, S, Det
ii) Graseras y harineras	COrg, Líp, N, P, S, μ , SST, Det
iii) Curtiembres	Cr, SDT, S, N, P, pH, COrg, SST, temp, μ , Det
III. Alimentos varios y bebidas	
i) Panificables y pastas	COrg, P, SST, Líp, Det
ii) Lácteos	COrg, N, P, μ , Líp, Det
iii) Helados y postres	COrg, P, N, Líp, Det
iv) Bebidas	COrg, pH, P, SST, Det, temp
v) Alimento para mascotas	COrg, N, P, Líp, SST, Det, temp
IV. Textil	COrg, SST, temp, SDT, pH, P, Se, COPer, Det
V. Papel y cartón	SST, COrg, SFen, SDT, Cl, temp, S, pH, Det
VI. Petrolero y petroquímico	
i) Destilerías, refinerías y derivados	HCar, SFen, N, S, COrg, SDT, pH, temp, COrg, Det
ii) Distribu. combustible y tpte.	HCar, Det, COrg, SST, P
VII. Químico	
i) Farmacéuticas y cosméticos	COrg, N, P, Líp, Cl, pH, SST, SDT, SFen, B, Zn, CN, Det
ii) Pinturas, barnices, pigm. y otros	HCar, COrg, Zn, Ni, Cd, CN, Cu, Pb, S, P, N, SDT, SST, pH, Líp, Det
iii) Polímeros	SST, HCar, COrg, pH, Pb, temp, Det.
VIII. Metalmecánico	
i) Fundiciones	Metales, temp, P, N, pH, SST, SDT, HCar, Det, COrg
ii) Perfiles y piezas metálicas	SST, P, pH, temp, Se, Al, Cu, Fe, Ni, Zn, SFen, CN, COrg, Det
iii) Galvanoplastías y anodizados	Cr, pH, Cu, Ni, Zn, Pb, CN, Al, S, temp, SST, Det
IX. Vidrio y cerámica	SST, COrg, N, P, HCar, SFen, Al, B, Mn, Pb, SDT, Det
X. Conjuntos habitacionales	COrg, μ , N, P, SST, Det, Líp
XI. Servicios	
i) Lavaderos de vehículos	HCar, COrg, Det, SST, P
ii) Lavaderos de ropa y tinter.	COrg, pH, Det, SST, N, P, SFen, COPer
iii) Otros servicios	COrg, N, P, Det, SST, Líp, ...

Referencias: COrg = Carga orgánica (DQO, DBO₅) - **N** = nitrógeno, incluyendo nitrógeno orgánico, amoniacal, nitratos y nitritos - **P** = fósforo, incluyendo fósforo orgánico e inorgánico - **S** = azufre, incluyendo azufre inorgánico en sus diversos estados de oxidación y azufre orgánico - **SST** = sólidos suspendidos totales, incluyendo sólidos suspendidos volátiles y fijos (cenizas) - **SDT** = sólidos disueltos totales, incluyendo sales inorgánicas y otras sustancias disueltas - **μ** = microorganismos varios patógenos y otros; incluyendo virus, bacterias, arqueas, protozoos y metazoos, algas y hongos - **Líp** = lípidos, incluyendo aceites y grasas, aceites esenciales, ceras y otras especies insolubles en agua y solubles en solventes no polares - **Det** = detergentes y todo tipo de tensoactivos - **HCar** = hidrocarburos livianos y pesados, líquidos a temperatura ambiente - **CN** = cianuros - **pH** = líquidos ácidos o alcalinos - **SFen** = sustancias fenólicas - **temp** = líquidos calientes - **Al** = aluminio - **As** = arsénico - **B** = boro - **Ba** = bario - **Cd** = cadmio - **Co** = cobalto - **Cr** = cromo - **Cu** = cobre - **Fe** = hierro - **Hg** = mercurio - **Mn** = manganeso - **Ni** = níquel - **Pb** = plomo - **Se** = selenio - **Zn** = zinc - **Cl** = Cloro libre y especies que aportan cloro elemental - **COPer** = compuestos orgánicos persistentes, organoclorados y organofosforados entre otros.

Es importante resaltar el hecho de que esta tabla es “orientativa” y en ningún caso reemplaza a la caracterización de efluentes líquidos.

4.2 Daños Asociados a Vuelcos sin Tratar

La falta de tratamiento de las aguas residuales ocasiona daños al ambiente en general y a la salud de las personas, en particular.

El vuelco de efluentes líquidos contaminados, implica enormes costos económicos para la Cuenca, el país y la región.

La exposición de las **personas** a los contaminantes presentes en el agua, ocurre por ejemplo cuando se tiene algún contacto con ella, al usarla en los baños, emplearla en el riego de alimentos, transitar o permanecer en zonas cercanas a cuerpos de agua contaminados. El consumo de fauna que habita en cuerpos de agua contaminados, es otro mecanismo por el que sustancias tóxicas y cancerígenas llegan a las personas (por ejemplo, el mercurio bioacumulado en peces).

Para el **resto del ambiente**, las aguas residuales no tratadas degradan los ecosistemas acuáticos, incluso hasta su desaparición (como el caso del Riachuelo), generan olores desagradables por descomposición orgánica o descarga directa de efluentes industriales, producen gases tóxicos como el sulfhídrico, causan eutroficación de cuerpos de agua, etc.

Desde el punto de vista **económico**, los cuerpos de agua contaminados perjudican el desarrollo de la región, el aprovechamiento de las zonas para actividades recreativas o turísticas como el uso del agua para otros fines, incluso industriales o agropecuarios, aumentan el gasto público implicado en el tratamiento de las enfermedades derivadas, reducen el precio de las propiedades cercanas a los cuerpos de agua contaminados, etc.

Revisaremos a continuación, algunos daños asociados a contaminantes típicos que están presentes en los efluentes líquidos de actividades productivas y de servicios, incluso de las propias viviendas y complejos habitacionales. El análisis no es exhaustivo, pero apunta a entender un poco más los porqués de los límites de vuelco exigidos por la legislación.

4.2.1 Sólidos en Suspensión y Sedimentables

Abarcan los analitos SST (sólidos suspendidos totales), SS10' (sólidos sedimentables en 10 minutos) y SS2h (sólidos sedimentables en 2 horas).

La falta de tratamiento o la poca eficacia para su eliminación, conlleva riesgos como:

- Generación de depósitos de barros contaminados, favoreciendo la anaerobiosis bentónica (del fondo) en cuerpos de agua
- Obturación de cañerías y sistemas de riego:
 - Por sedimentación en grandes conductos
 - Por ensuciamiento de la cara interna de las cañerías, donde las partículas coloidales y de origen mineral se pueden depositar y formar agregados de mayor tamaño, del orden de los 100 micrones o más
 - Por formación de tapetes bacterianos (biofilms de gran espesor) que llegan a ocluir tuberías
- Abrasión de impulsores de bombas
- Formación de organoclorados nocivos como cloroformo (cancerígeno) y cloraminas (tóxicas), durante los procesos de desinfección del agua tratada, cuando los sólidos contienen materia orgánica, como la presente en las colonias de microorganismos que suelen constituir esos sólidos sedimentables o en suspensión.
- Adsorción de contaminantes y protección de patógenos, generando una barrera física que reduce el contacto con los desinfectantes empleados en la depuración y una barrera química, al reaccionar con los desinfectantes disminuyendo su concentración efectiva.
- Colmatación de cursos de agua superficial, provocando desbordes y anegamiento de zonas aledañas.

4.2.2 Materia Orgánica

Se mide principalmente como DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), OC KMnO₄ o DQO_{Mn} (oxígeno consumido con permanganato de potasio).

Los efectos relacionados a su presencia excesiva, incluyen:

- Reducción del oxígeno disuelto del cuerpo receptor. Al llegar la materia orgánica (MO) a un río, lago, etc., las bacterias aerobias y facultativas presentes, aprovechan esa MO como alimento y utilizan a gran velocidad el oxígeno disponible, agotándolo y haciéndolo no apto para la vida de otros seres vivos que lo necesitan (como los peces).
- Daños diversos relacionados a la naturaleza de la materia orgánica presente, como ser efectos tóxicos y cancerígenos.

4.2.3 Patógenos y otros Microorganismos

Hay unas 200 enfermedades infecciosas que se transmiten por el agua y en general –aunque no siempre–, están relacionadas a la contaminación por excretas humanas y de otros animales. Por ello, con el objeto de medir la eficacia de la desinfección de las aguas residuales tratadas, se analiza la concentración de *Coliformes fecales*, usando una de dos técnicas, que son prácticamente equivalentes: la de número más probable (NMP/100 ml) y la de unidades formadoras de colonia (UFC/100 ml).

Cabe destacar que la concentración de Coliformes fecales es sólo un “indicador”. Ni todos los *Coliformes fecales* son patógenos, ni tampoco son los únicos. Como ya dijimos, hay muchas enfermedades que se transmiten por el agua.

Entre los microorganismos patógenos (o sea que causan enfermedades), encontramos virus, bacterias, protozoos, pequeños metazoos, hongos y otros.

Las vías de exposición abarcan ingestión de vegetales o animales contaminados por esas aguas, inhalación de *sprays* (gotitas de agua dispersas en el aire), ingesta y contacto, entre otras posibles.

Otro efecto relacionado a microorganismos que se vuelquen junto con una corriente de agua mal desinfectada, corresponde a la infección de otras especies vivas y la modificación del ecosistema que los recibe.

4.2.4 Cloro Libre Residual

La legislación impone límites máximos para el Cloro libre residual, que normalmente está presente porque se utilizan especies cloradas durante la etapa final de desinfección. Si falta cloro, no se incumple lo legislado, pero es muy probable que den mal los *Coliformes fecales* (siempre que estén presentes en el agua a desinfectar).

- La presencia de cloro residual libre en el agua que se vuelca, es dañina para la vida acuática, tanto de animales como vegetales.
- El cloro libre reacciona con la materia orgánica generando sustancias cancerígenas (como el cloroformo) y tóxicas (como las cloraminas).

4.2.5 Detergentes

Corresponden a los análisis SAAM (sustancias activas al azul de metileno) y SRAO (sustancias reactivas al azul de ortotoluidina).

Entre sus efectos nocivos, están los siguientes:

- Generan espumas en la superficie de los cuerpos de agua
 - Interfiere con la vida neustónica (que habita en superficie) y con aves que requieren visibilidad para pescar, por ejemplo.
 - Como la espuma se vuela y puede contener los mismos patógenos que están también en el seno del cuerpo de agua, puede transformar enfermedades transmisibles por el agua, en parcialmente transmisibles por el aire.
- Dificultan la transferencia branquial de oxígeno, perjudicando a peces, anfibios y otros.
- Como los detergentes suelen contener en su formulación compuestos fosforados, pueden estar asociados a la presencia de ese otro contaminante y los problemas que ello acarrea.

4.2.6 Lípidos

Están incluidos en el análisis SSEE (sustancias solubles en éter etílico) –el análisis se efectúa hoy día con *normal hexano*, en vez de éter, pero sigue llamándose SSEE.

Son las grasas y aceites. En caso de que no se especifique una separación previa de HCT (hidrocarburos totales), el mismo análisis SSEE podrá incluir esos hidrocarburos junto con los lípidos.

Los efectos relacionados a la presencia de lípidos en el agua volcada son, por ejemplo:

- Obturación de cañerías por ensuciamiento, sobre todo con las grasas y aceites de alto punto de fusión.
- Disminución del oxígeno disuelto especialmente en cuerpos lénticos (lagos, lagunas, ...), dado que al ubicarse en superficie, impiden la oxigenación del agua por intercambio con la atmósfera.
- Descenso de pH asociado a los ácidos grasos libres, sobre todo los de cadena corta y también a las reacciones anaeróbicas que tienen lugar ante la falta de oxígeno disuelto.

4.2.7 Fósforo

Se mide cómo fósforo total, que incluye las especies inorgánicas (fosfatos, fosfuros, etc.) y orgánicas fosforadas (ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoglicéridos, fosfonatos, etc.).

Los efectos asociados al exceso de fósforo en el agua tratada son, entre otros, los siguientes:

- Al ser el nutriente limitante en nuestra región, cuando aparece en el orden de sólo algunas decenas de microgramos en los cuerpos de agua, especialmente en los lénticos (lagos, lagunas, ...) y en las zonas lentas de los lóticos (ríos, arroyos, ...), favorece los *blooms* (floraciones) algales, especialmente de las algas verdeazuladas –o cianobacterias–. Esa situación característica de aguas verdes, corresponde al fenómeno de “eutroficación” o eutrofización.
 - o Las cianobacterias compiten desplazando al resto de la vida acuática.
 - o Algunas de ellas (*Microcystis sp.*, *Gomphosphaeria sp.*, *Snowella sp.*, *Coelosphaerium sp.*, *Woronichinia sp.*, ...) son toxigénicas. Liberan cianotoxinas incluso durante los procesos de potabilización, pudiendo conducir a que el agua supuestamente potable, no lo sea y cause complicaciones de salud a gran escala en la población.
 - o Pueden provocar irritación de la piel, a quienes nadan en cursos de agua con cianobacterias.

4.2.8 Nitrógeno

Las especies nitrogenadas que se miden como NT (nitrógeno total), incluyen al nitrógeno total Kjeldahl (NTK), formado a su vez por el N-org (nitrógeno orgánico) y el N-NH₃ (nitrógeno amoniacal), además del nitrógeno de nitratos y de nitritos (N-NO₃ y N-NO₂). Estos últimos no se han legislado lamentablemente aún en la Cuenca pese a ser muy dañinos, por lo que es recomendable eliminarlos de todas formas -ya sea por conciencia ambiental y/o para prever futuros cambios en la normativa, que seguramente en algún momento los incluirá.

El nitrógeno orgánico forma parte de proteínas, ácidos nucleicos, aminosacáridos, ... y el nitrógeno amoniacal está presente como amoníaco (NH₃), a pH alcalino y como amonio (NH₄⁺), a pH neutro y ácido.

El nitrógeno orgánico volcado a los cuerpos de agua, se va hidrolizando a nitrógeno amoniacal y provoca los efectos asociados a éste:

- El amonio y especialmente el amoníaco en exceso, son tóxicos para la vida acuática, tanto animal como vegetal, además de inhibir el desarrollo de muchos microorganismos.
- El N-NH₃ se oxida, consumiendo gran cantidad de oxígeno disuelto y se transforma en nitritos y nitratos. Respecto a los nitratos y nitritos, podemos mencionar por ejemplo que:
 - Los nitritos NO₂⁻ son mutagénicos y por tanto cancerígenos.
 - Los nitratos NO₃⁻, al ser ingeridos pasan a nitritos en el ambiente reductor del medio digestivo.
 - Los nitritos pasan a sangre y reaccionan con la *hemoglobina*, inactivándola como *metahemoglobina*, lo que

puede resultar fatal para niños menores al año, que no cuentan con suficiente *metahemoglobinreductasa* para revertir el proceso y pueden “morir” por *metahemoglobinemia* (síndrome del bebé azul), al no lograr aprovechar el oxígeno respirado.

Ese efecto es aún más pronunciado, cuando el agua con nitratos y nitritos se hierve -por desconfiar de su origen-, aumentando con ello la concentración de ambas especies nitrogenadas.

- Así como el fósforo, el nitrógeno también contribuye a la eutroficación de cuerpos de agua -aunque no suele ser el recurso limitante para el crecimiento de cianobacterias y otras algas.

4.2.9 Azufre

El azufre, que puede estar presente en diversos estados de oxidación como azufre inorgánico (sulfuros, tiosulfatos, sulfatos, etc.) y también está presente como azufre orgánico, formando parte de proteínas y de otras moléculas carbonadas como mercaptanos, sulfonatos, etc., se mide en laboratorio según exige la legislación, mediante dos analitos: sulfuros (S^{2-}) y sulfatos (SO_4^{2-}).

Los efectos relacionados al azufre son, por lo general:

- Acidificación del agua, provocando corrosión de hormigones.
- Liberación de ácido sulfhídrico, venenoso y maloliente (H_2S).
- Consumo de oxígeno disuelto (al oxidarse las especies reducidas a sulfato terminal).
- Favorece el desarrollo de bacterias del azufre, con riesgo de desplazar a otra vida acuática propia del medio receptor.

4.2.10 Compuestos Orgánicos Persistentes

Los COP (compuestos orgánicos persistentes), aportan DQO refractaria o difícil de biodegradar. Suelen acumularse en los organismos vivos y muchos presentan efectos tóxicos y cancerígenos.

Los pesticidas organoclorados y organofosforados que figuran en la legislación, son un ejemplo de esos COP. Al ser liposolubles, se acumulan en los tejidos grasos, por ejemplo de animales, con lo que una de las vías de exposición es la ingesta de esos animales, así como el contacto directo, la inhalación de *sprays* desprendidos de cuerpos de agua que los contengan y por supuesto, la ingesta de aguas contaminadas, ya sean de napa o cuerpo superficial.

- La exposición crónica a los pesticidas que son COP puede tener consecuencias de largo plazo en la salud, tales como diferentes tipos de cáncer, alteraciones en el sistema endócrino y hormonal, trastornos reproductivos, trastornos neurológicos y en el comportamiento, la enfermedad de Parkinson, defectos de nacimiento, enfermedades respiratorias y funcionamiento anormal del sistema inmunológico.

4.2.11 Metales

Las sales y otros compuestos metálicos que puedan estar presentes en el agua volcada, tienen efectos diversos para la vida acuática (ecotoxicidad macro y microbiana, prevalencia de especies asociadas al metal en detrimento de otras propias del ambiente) y pueden tener también graves consecuencias para la salud humana, a la que perjudican accediendo por vías directas (ingestión de agua contaminada, contacto dérmico, inhalación de *sprays*) e indirectas (consumo de alimentos contaminados por metales, por ejemplo).

Ya que son muchos los metales -como para mencionarlos a todos- y también son diversas las consecuencias conocidas en la salud y el ambiente que cada uno genera, tomando sólo seis metales de la lista (Fe, Mn, Al, Cd, Hg y Pb), algunos pocos efectos relacionados a su vuelco con el agua, son:

- Los seis metales están asociados a diversos daños a la salud humana.
- Cadmio y mercurio son cancerígenos y teratogénicos (daños a los bebés en gestación).
- Aluminio, cadmio, plomo y mercurio son ecotóxicos.
- El hierro y el manganeso favorecen la abundancia de microorganismos asociados (por ejemplo, las *Gallionella* sp).

al Fe y los organismos MOB al Mn). Algunos efectos incluyen la coloración de cuerpos de agua, dificultando que la luz de longitudes de onda adecuadas, alcancen a la biota bentónica (del fondo).

- Las especies reducidas de estos metales (ej. Fe^0 y Fe^{2+}), consumen oxígeno disuelto necesario para la vida acuática.

4.2.12 No Metales

Los no metales legislados –*además de los ya mencionados como azufre, nitrógeno, fósforo, ...*– son el As (arsénico), B (boro) y Se (selenio).

Los tres generan efectos dañinos sobre la salud humana, más allá de que el boro y el selenio, son necesarios en proporciones ínfimas para la vida (ya que se trata de micronutrientes u oligoelementos).

También los tres –As, B y Se– son ecotóxicos, causando daños a la vida acuática microbiana –imprescindible para la salud ecosistémica– y a los organismos superiores, como vegetales y animales.

4.2.13 Cianuros

Se miden según lo legislado como cianuros totales y destruibles por cloración.

Los principales efectos del cianuro se relacionan a la salud humana, incluida su letalidad por exposición aguda.

4.2.14 Sustancias Fenólicas

Los fenoles son normalmente ecotóxicos para la vida acuática y dañinos para las personas. Se trata de sustancias volátiles, corrosivas y que provocan distintas alteraciones funcionales al organismo humano.

4.2.15 Hidrocarburos

Los hidrocarburos que ingresan al organismo humano pueden provocar diversos daños a la salud; algunos incluso son cancerígenos (como el benceno).

En el ambiente, pueden dificultar la transferencia de oxígeno atmosférico a los cuerpos de agua, así como acumularse en organismos vivos y ser ecotóxicos.

5. Elección del diseño conceptual

El diseño conceptual consiste en definir qué tecnologías se usarán para limpiar el agua y en qué orden.

También se ocupa de decidir cómo se manejan los residuos sólidos, semisólidos y gaseosos, generados en la depuración.

Normalmente las aguas residuales “crudas” –o sea sin tratar–, contienen suciedad soluble e insoluble, que debe removerse por completo o casi por completo, para alcanzar la especificación del agua “tratada”.

Esa especificación indica cuán limpia debe quedar el agua y será más o menos exigente, según su destino.

Etapas del tratamiento

Como es lógico, los contaminantes “insolubles” son más fáciles de separar del agua; la complicación aparece cuando esos contaminantes están “disueltos”.

En lo que llamaremos **ETAPA PRIMARIA** del tratamiento, se incluyen todas las operaciones destinadas a remover esa suciedad insoluble; e incluso algunas sustancias que se hallan disueltas, pero son fácilmente insolubilizables.

Los contaminantes insolubles puede que sean sólidos, como pedazos de plástico, fibras, grasas, arenas, etc. o líquidos, como por ejemplo hidrocarburos y aceites vegetales.

Los fácilmente insolubilizables, son por lo general, sales metálicas. También puede haber de gases disueltos, extraíbles por arrastre con aire o vapor (*stripping*).

Es muy común que la suciedad insoluble fina, ya sea sólida o líquida, se halle dispersa o emulsionada, dándole turbidez al agua y formando una suspensión de partículas o una mezcla coloidal. Como también se trata de contaminación “insoluble”, es en la **ETAPA PRIMARIA** donde normalmente se remueven esos contaminantes.

Lógicamente, la suciedad separada del agua no desaparece. Así es que tenemos las líneas –o corrientes– de sólidos gruesos, arenas, hidrocarburos, grasas y otros barros primarios, gases, etc.

Y hay que hacer algo con cada una de ellas. El diseño conceptual no está completo, si queda por definir con exactitud cómo se tratarán y/o dispondrán los barros y las otras corrientes residuales generadas durante la depuración.

El efluente primario –o sea el agua algo más limpia, que sale de esa etapa–, lleva consigo las sustancias disueltas y el material particulado fino, que no se haya logrado retener con éxito mediante el tratamiento primario.

La llamada **ETAPA SECUNDARIA**, es la encargada de avanzar con la depuración de esas aguas parcialmente tratadas.

Normalmente involucra procesos biológicos, en los que se “degradan” los contaminantes remanentes, ya sea oxidándose o reduciéndose por acción de organismos vivos.

El foco de la **ETAPA SECUNDARIA** está puesto en remover las sustancias orgánicas *disueltas* y los denominados *nutrientes*: nitrógeno, fósforo y en ocasiones, azufre.

También se encarga de degradar y/o separar lo que quede presente de material particulado.

En muy contados casos, se requiere recurrir a procesos de degradación “química” en reemplazo de la *biológica*, para deshacerse de la contaminación disuelta, o sea, como tratamiento secundario.

Todos los procesos de esta etapa, generan gases y lodos residuales.

¹ A fines de simplificar, en esta Guía hemos incluido los usualmente denominados “pretratamientos”, dentro de la misma “etapa primaria”.

El manejo de los lodos secundarios debe, por supuesto, incluirse en el diseño conceptual. No hacerlo, invalidaría cualquier propuesta de una planta depuradora.

Lo mismo ocurre con los gases secundarios, en los casos que requieren ser tratados y/o aprovechados como combustible².

El efluente secundario, se dirige luego a la **ETAPA Terciaria**, donde se lleva a cabo el pulido final, para que el agua quede en especificación de vuelco o reúso³.

Como en las etapas anteriores, también aquí se suelen generar lodos y en ocasiones gases residuales, que deberán considerarse en el diseño.

Diagramas a presentar

Hay dos diagramas importantes que, junto a sus correspondientes explicaciones, deben presentarse como resultado del diseño conceptual: el diagrama de bloques (DB) y el de proceso (DP).

Diagrama de bloques

Se trata de un esquema sencillo, que permite visualizar a grandes rasgos, cómo es el tratamiento completo.

No hay una única manera de hacerlo. Aunque los diagramas de bloques empleados generalmente para describir procesos productivos, se enfocan en asegurar que cierre el balance de masa para cada bloque, aquí en efluentes puede ser más sencillo.

Alcanzará con definir cuáles son las entradas y las salidas de la PTE, cuáles son las “etapas” del tratamiento y cómo se conectan entre sí.

Para poner un ejemplo que grafique la explicación brindada sobre un diseño conceptual general, obsérvese el diagrama de bloques de la FIGURA 1.

En cada caso particular, el diagrama de bloques que se presente, debe ser claro y completo, de manera que facilite la comprensión del proceso depurativo diseñado.

Es recomendable emplear línea más gruesa, para diferenciar las corrientes principales (o sea las aguas que se tratan)

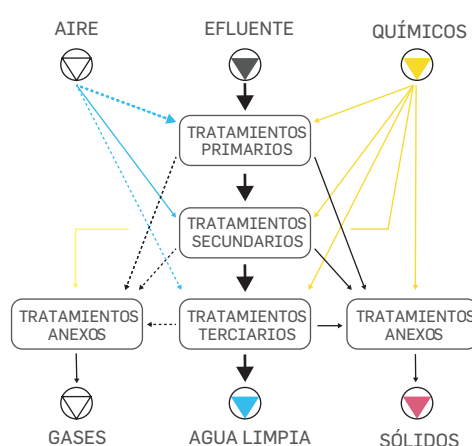


FIG. 1 – Diagrama de bloques general

² Incluso cuando se liberan los GASES directamente a la atmósfera –porque no necesitan tratamiento–, tienen asociada una importante huella de carbono.

³ Hemos incluido también en la ETAPA Terciaria, los tratamientos que en ocasiones llegan incluso a potabilizar el agua y suelen referirse como “cuaternarios”.

Diagrama de proceso

El diagrama de proceso es más detallado que el de bloques.

Además de las corrientes de entrada y salida, debe incluir todos los equipos implicados en el tratamiento y todas las conexiones entre ellos.

Un reactor biológico, un tanque compensador, un sedimentador... son ejemplos de equipos que, por supuesto, deben figurar en el diagrama.

Pero una bomba o una válvula... ¿deben incluirse? El criterio indica que sólo si resultan necesarios para describir adecuadamente el “proceso” depurativo.

Si se incluyesen todas las bombas, compresores, válvulas, etc., el exceso de símbolos iría en detrimento de la claridad buscada.

Pero hay algunos de esos equipos que, según el diseño conceptual, pueden ser suficientemente relevantes como para incluirse en el diagrama de proceso.

Para entender mejor la diferencia entre el DB y el DP, veamos en las FIGURAS 2 y 3, un ejemplo cualquiera de tratamiento biológico (en este caso, barros activados).



FIG. 2 – Sección del diagrama de bloques que corresponde al tratamiento biológico

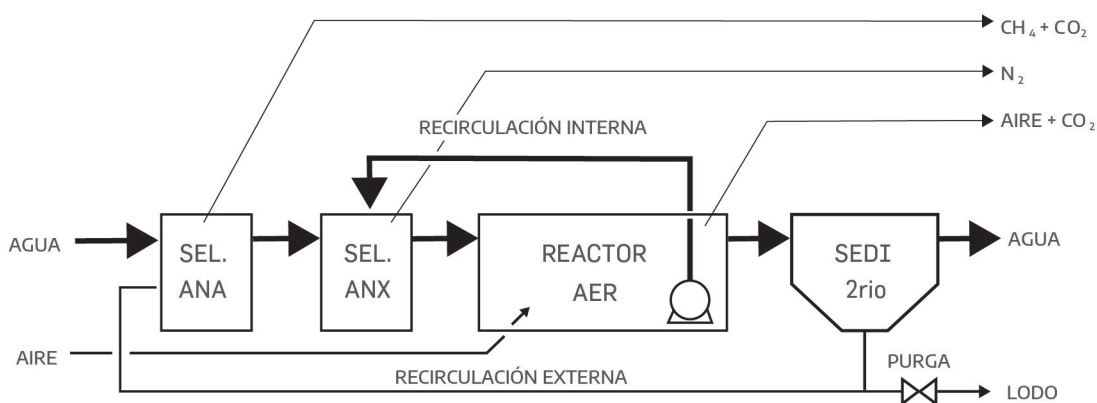


FIG. 3 – Sección del diagrama de proceso, que corresponde al bloque de la figura 2

Pese a que –como ocurre con el de bloques–, no hay una única manera válida para confeccionar estos diagramas, se deja un ejemplo orientativo en la FIGURA 4.

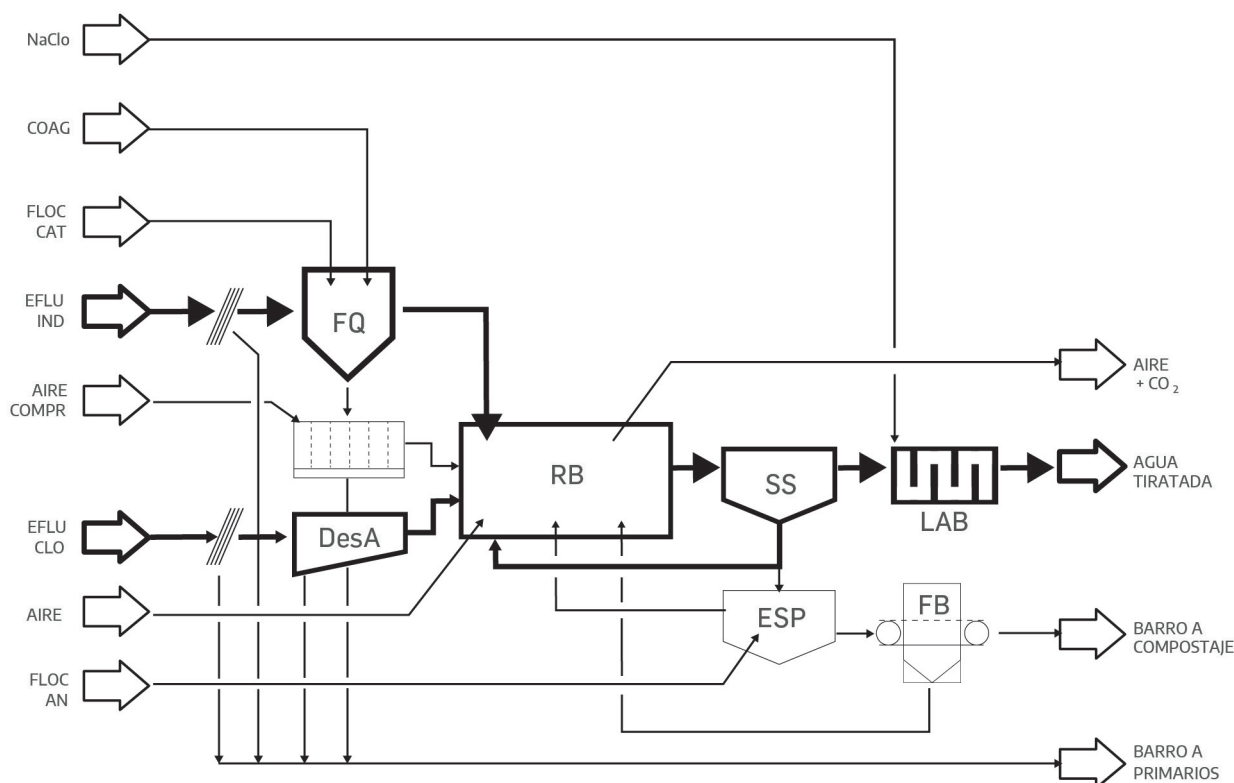


FIGURA 4 – Ejemplo de un diagrama de proceso de planta depuradora

Es importante tener en cuenta que el DIAGRAMA DE PROCESO, no es un diagrama de implantación o *lay out*, por lo que la forma en que se dispongan los equipos, no tiene por qué responder a la ubicación física real en planta. El foco está puesto en que sea una clara y completa descripción de los equipos que participan del proceso depurativo.

Definición del diseño conceptual

Es imprescindible que el diseño se halle a cargo de un especialista, quien sin duda conocerá en profundidad los conceptos brindados en esta Guía y cómo aplicarlos en la práctica.

Se listan a continuación en la TABLA 7, una secuencia de *tips* importantes para ayudar a las personas que no son especialistas en depuración de aguas, a que realicen una adecuada elección entre las propuestas presentadas por consultores y expertos.

Luego se presenta en la TABLA 8, un listado somero con los nombres de varias tecnologías, citando a qué tipos de efluentes suelen aplicarse.

TABLA 7 – Algunos tips sobre el DISEÑO CONCEPTUAL

i. *El mejor efluente, es el que NO se genera.*

¿Es posible reducir la cantidad de agua que se usa y con ello generar un menor caudal de efluentes líquidos?

- SÍ** Hacer los cambios necesarios en instalaciones y procedimientos.
- NO** Tenerlo en mente, porque en general resulta factible.

TABLA 7 – Algunos tips sobre el DISEÑO CONCEPTUAL

ii. *Segregar efluentes muy concentrados.*

¿Forman parte del efluente a tratar, caudales pequeños de líquidos residuales con alta carga contaminante?

¿Pueden almacenarse aparte?

- ☒ SÍ Evaluar si es más económico almacenar esos líquidos, para enviarlos esporádicamente a tratamiento
- ☒ NO externo.

–

iii. *Reducir la carga contaminante.*

¿Es posible reducir la cantidad de contaminantes que arrastran las aguas a tratar?

- ☒ SÍ Modificar los procedimientos implicados, insumos, procesos, etc.
- ☒ NO –

iv. *Diseñar con un horizonte temporal adecuado.*

¿Hay expectativas de crecimiento, con el consecuente aumento de cargas y caudales?

- ☒ SÍ El diseño debe poder depurar el máximo de aguas residuales previsto durante una cantidad razonable de tiempo (por ejemplo, considerando los próximos 10 años). Puede diseñarse con una lógica “modular”, previendo futuras ampliaciones o bien hacer directamente la planta más grande.
- ☒ NO Debe fundamentarse sólidamente el hecho de que NO haya expectativas de crecimiento, a fin de evitar que el Plan de Adecuación sea rechazado u objetado por la falta de previsión.

v. *¿Tratar todo junto o por separado?*

¿Se generan varios tipos diferentes de aguas residuales?

- ☒ SÍ Estudiar si pueden mezclarse directamente y tratar todo junto, o si conviene tratarlas por separado en la etapa primaria y luego juntarlas en la secundaria (o algún arreglo similar).
- ☒ NO –

vi. *Las aguas residuales no suelen ser constantes*

¿El efluente es variable en calidad y/o cantidad?

- ☒ SÍ Incluir tanque pulmón ecualizador (o compensador)
- ☒ NO Debe fundamentarse sólidamente el hecho de que el efluente crudo sea prácticamente constante, a fin de evitar que el Plan de Adecuación sea rechazado u objetado por carecer de una adecuada compensación hidráulica y de concentraciones.

vii. *Rejas, canastos y tamices*

¿El efluente puede llevar consigo sólidos gruesos?

- ☒ SÍ Incluir los filtros adecuados según corresponda (rejas, canastos, tamices, etc.)
- ☒ NO Debe fundamentarse sólidamente el hecho de que no sean requeridos filtros gruesos ni medianos –incluso si se disponen bombas cortadoras–, a fin de evitar que el Plan de Adecuación sea rechazado u objetado.

viii. *Desarenadores*

¿El efluente contiene sólidos suspendidos de tamaño mayor a 1 mm, que puedan dañar las unidades posteriores?

- ☒ SÍ Incluir desarenadores.
- ☒ NO No es imprescindible incluir desarenadores.

ix. *Flotación simple*

¿El efluente contiene fases oleosas que se separan fácilmente del agua?

- ☒ SÍ Incluir equipo de flotación por gravedad, con retiro automatizado de la fase sobrenadante. O en caso de ser más pesada la fase oleosa, retirar por fondo.
- ☒ NO –

x. *Flotación asistida por aire*

¿El efluente presenta partículas suspendidas finas, emulsionadas o coloidales, ya sean sólidas o líquidas?

SÍ Utilizar coagulación y floculación, con posible ajuste previo de pH, seguidos de separación por flotación y/o sedimentación, con o sin burbujeo de aire, o bien por filtrado.

NO –

xi. *Sales metálicas*

¿El efluente contiene especies metálicas en concentraciones inadecuadas para el vuelco o que compliquen posteriores tratamientos biológicos?

SÍ Emplear insolubilización, floculación y posterior separación por filtrado o sedimentación. Revisar alternativas para bioacumular metales.

NO –

xii. *Inhibidores*

¿El efluente contiene sustancias ecotóxicas o inhibidoras del desarrollo microbiano?

SÍ Remover fisicoquímicamente (generalmente insolubilización, floculación y sedimentación, flotación o filtrado). O atacar químicamente para inactivar su efecto inhibitorio.

NO –

xiii. *Detergentes*

¿El efluente posee cantidad importante de tensoactivos, que puedan provocar espumación excesiva en los tratamientos posteriores?

SÍ Prever el empleo de antiespumante.

NO –

xiv. *Azufre*

¿El efluente posee elevada concentración de especies reducidas del azufre (por ejemplo, sulfuros)?

Incluir recuperación fisicoquímica o biológica de azufre, u oxidación por vía catalítica.

SÍ –

NO

xv. *Nitrógeno amoniacal*

¿El efluente posee elevada concentración de nitrógeno amoniacal ($\text{N-NH}_3 >> 150 \text{ mg/L}$)?

SÍ Incluir stripping u otra tecnología para remover y recuperar especies amoniacales. Asegurar luego, tiempos de residencia adecuados y condiciones óptimas para nitrificar, en un tratamiento biológico aeróbico; o recurrir a tecnologías Anammox.

NO Si hay presencia de nitrógeno amoniacal y/u orgánico, que exceda el nivel de aprovechamiento heterótrofo, asegurar tiempos de residencia adecuados y condiciones óptimas para nitrificar, en un tratamiento biológico aeróbico; o bien recurrir a tecnologías Anammox.

xvi. *Nitratos y nitritos*

¿Se desean remover del agua los NO_3^- y NO_2^- ?

SÍ Si llegan con el efluente y exceden los valores de nitrógeno aprovechable por vía heterótrofa, diseñar espacios anóxicos adecuados, combinados con el tratamiento biológico aeróbico –que es donde se hidroliza y oxida el NTK a nitratos y nitritos–; o recurrir a tecnologías Anammox, para evitar generarlos en concentraciones que sean significativas.

NO –

xvii. Biodegradabilidad

¿Son biodegradables los contaminantes remanentes en el efluente, luego de efectuados los tratamientos previos?

- SÍ** Emplear tratamientos biológicos. Para DQO elevadas o bien si desea obtener biogás del proceso, orientarse hacia degradación anaeróbica seguida de aeróbica; en otros casos, puede usarse directamente tratamiento aeróbico.
- NO** Verificar si puede hacerse biodegradable con algún complemento o tratamiento previo y en última instancia, recurrir a la oxidación química y/o trenes de adsorción.

xviii. Fósforo

¿El efluente contiene fósforo en exceso?

- SÍ** Potenciar la remoción biológica secundaria, con diseños adecuados anaeróbicos – anóxicos – aeróbicos, utilizando macrófitas, humedales artificiales u otra estrategia y/o complementar con insolubilización, floculación y sedimentación o filtración terciarios.
- NO** –

xix. Patógenos y otras especies nocivas

¿El efluente contiene patógenos y/o se empleó algún tratamiento microbiológico para la depuración?

- SÍ** Incluir una desinfección adecuada.
- NO** –

xx. Tratamiento de gases

¿Se incluyeron tratamientos anaeróbicos u otros que liberen gases nocivos para las personas y el ambiente en general? ¿Se aprovecharán las emisiones de metano para generar energía?

- SÍ** Implementar colectores adecuados, para captar las emisiones a tratar y diseñar el correspondiente tratamiento fisicoquímico y/o biológico.
- NO** –

xxi. Tratamiento de lodos

¿Se generan corrientes de lodos residuales durante la depuración?

- SÍ** Disponer digestores y/o espesadores, y equipos para la deshidratación de lodos. Diseñar instalaciones para reciclar los lodos o asegurar su disposición final adecuada.
- NO** Todos los procesos depurativos generan lodos y otras corrientes residuales que deben tratarse. Cualquier presentación en contrario, debe fundamentarse perfectamente para evitar que el Plan de Adecuación sea rechazado u objetado.

xxii. Costos operativos

¿Desea minimizar el requerimiento de mano de obra operativa?

- SÍ** La inversión inicial será elevada, ya sea por la instrumentación y control de procesos o bien por el movimiento de tierra y construcción en grandes superficies, para trabajar con la cantidad suficiente de lagunas.
- NO** La inversión inicial será comparativamente menor.

xxiii. Sustentabilidad operativa

¿Son ergonómicas y realizables todas las operaciones manuales y procesos involucrados en el tratamiento?

¿Son afrontables los costos de insumos y transporte?

- SÍ** –
- NO** Optimizar para que sea sustentable y evitar así que el Plan de Adecuación sea rechazado u objetado.

xxiv. *Huella de carbono*

¿El diseño conceptual cuida que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se mantengan reducidas o en un rango razonable?

SÍ –

NO Verificar qué tecnologías modificar o agregar, a fin de evitar emisiones innecesarias.

xxv. *Ruidos*

¿El tratamiento diseñado incluye equipos ruidosos (como grandes sopladores, por ejemplo)?

SÍ –

Asegurar una adecuada aislación sonora.

NO –

Los veinticinco considerandos incluidos en la TABLA 7, no dejan de ser “orientativos”, para facilitar la elección entre propuestas técnicas presentadas por especialistas. Debe quedar muy claro, que en ningún caso resultaría suficiente como para ponerse a “diseñar” un tratamiento, sin ser especialista.

En la TABLA 8 a continuación, se ha incluido un paneo general sobre los grupos de contaminantes (carga orgánica, metales, etc.) y cuáles son las tecnologías que suelen emplearse para removerlos.

Por supuesto, la información presentada no apunta a poder diseñar; su objetivo es –otra vez– ayudar a las personas que no son especialistas, a entender mejor el asunto de la depuración de aguas residuales y poder escoger entre propuestas técnicas, con algún mayor conocimiento de causa.

TABLA 8 - Opciones de tratamiento por grupo contaminante

SUCIEDAD INSOLUBLE

- **Sólidos gruesos y medianos**
 - o Filtros de rejillas estáticos y automáticos, filtros tipo canasto, de tambor rotativo y de discos, tamices estáticos y automáticos.
- **Sólidos sedimentables**
 - o Desarenador, sedimentador primario, IAF, DAF. Lagunas anaeróbicas.
- **Grasas y sólidos suspendidos livianos**
 - o Desgrasador estático y automático, con barredor de superficie, suctor flotante o *skimmer*; desnatador, sedimentador primario con barredor de superficie, desarenador con desgrasador; DAF, IAF, DNF. Posible ajuste de pH, coagulación y floculación previos. Lagunas anaeróbicas.
- **Hidrocarburos y otros líquidos insolubles**
 - o Piletas API, con placas lamelares o seditubos, separador estático con barredor o colector de superficie; DNF, DAF, IAF. Posible ajuste de pH, coagulación y floculación previos.
- **Sólidos suspendidos finos y coloidales**
 - o Reactor fisicoquímico, coagulación, floculación, DAF, IAF, sedimentador primario, espesador. Luego de espesados los sólidos: filtro prensa, filtro de bolsas, centrífuga, filtro de bandas, playas de secado, geodesecadores, filtro de discos y anillas. Humedales artificiales, lombrifiltros, biodigestores.

SUCIEDAD DISUELTA

- **Sales metálicas y algunas otras sustancias inorgánicas**
 - o Reactor fisicoquímico, insolubilización, ajuste de pH, coagulación, floculación. Torres de adsorción. Sedimentador primario, DAF, IAF, espesador. Luego de espesados los sólidos: filtro prensa, filtro de bolsas, playas de secado, filtro de discos y anillas. Humedales artificiales, lagunas con macrófitas.
- **Materia orgánica biodegradable**
 - o Lagunas anaeróbica, aireada parcial o completa, facultativa, con macrófitas; barros activados, continuo o discontinuo (SBR), estándar, de aireación extendida o alta carga, con o sin selectores aeróbicos, anóxicos y/o anaeróbicos, con o sin espacios anóxicos incorporados (zanja de oxidación), con o sin lecho fluidizado (MBBR), con sedimentador secundario o con membranas (MBR, MABR), con biodiscos (RBC), floculento o granular (AGS), con posible agregado de carbón activado (PACT); biofiltros o lechos percoladores; anaeróbicos de alta carga UASB, EGSB, IC, biofiltros anaeróbicos, AMBR; biorreactores con algas (HRAP); lombrifiltros; anaeróbicos de baja carga Imhoff, cámara séptica, pozo ciego. Para corrientes gaseosas de procesos metanogénicos, lavadores de biogás, quemadores, calderas. Para los lodos generados, espesador, digestor aeróbico o anaeróbico, playas de secado, filtros de bolsas, prensa, de bandas, de discos y anillas, centrífuga, geodeseadores; compostaje, vermicompostaje, incineración.
- **Materia orgánica refractaria (no biodegradable)**
 - o Reactores químicos de oxidación, catalíticos por peróxido (Fenton), con o sin ozono, con o sin uv (foto-Fenton), con o sin fuente radiactiva, ozonización propiamente dicha, torres de adsorción, carbón activado en polvo. Luego floculación, espesado, separación por filtrado o sedimentación.
- **Gases y sustancias volátiles**
 - o Arrastre o *stripping*, con aire o vapor, con o sin ajuste de pH. Para las corrientes gaseosas generadas, torres de burbujeo, neutralizado, captación, biofiltros húmedos, torres de carbón activado.
- **Compuestos nitrogenados, orgánicos o inorgánicos**
 - o Reactores Anammox, *stripping* con ajuste de pH, barros activados de aireación extendida, con o sin lecho fluidizado (MBBR), selectores anóxicos (para remover nitratos y nitritos), lagunas aireadas, facultativas y con macrófitas, humedales artificiales, lombrifiltros, biorreactores con algas (HRAP).
- **Compuestos fosforados, orgánicos o inorgánicos**
 - o Barros activados con selectores anóxico y anaeróbico (Bio-P), insolubilización con Fe, Al o Ca, floculación, sedimentador terciario, filtros de lecho, humedales artificiales, lombrifiltros, biorreactores con algas (HRAP), recuperación de estruvita.
- **Compuestos azufrados, orgánicos o inorgánicos**
 - o Oxidación catalítica, biorrecuperación de azufre, insolubilización, sedimentador.

PATÓGENOS

- o Laberintos de clorinación, ozonización, luz uv, lagunas de maduración, filtración por membranas.

Por último, en la TABLA 9 hay un listado de trenes de tratamiento “acostumbrados” para depurar los efluentes líquidos de cada tipo de industria.

La lista no es excluyente. Existen otras variantes válidas que, bien diseñadas, construidas y operadas, permiten alcanzar con holgura los límites de vuelco.

TABLA 9 – Trenes de tratamiento comunes para depurar aguas residuales de cada tipo de actividad

I. Agroganadero

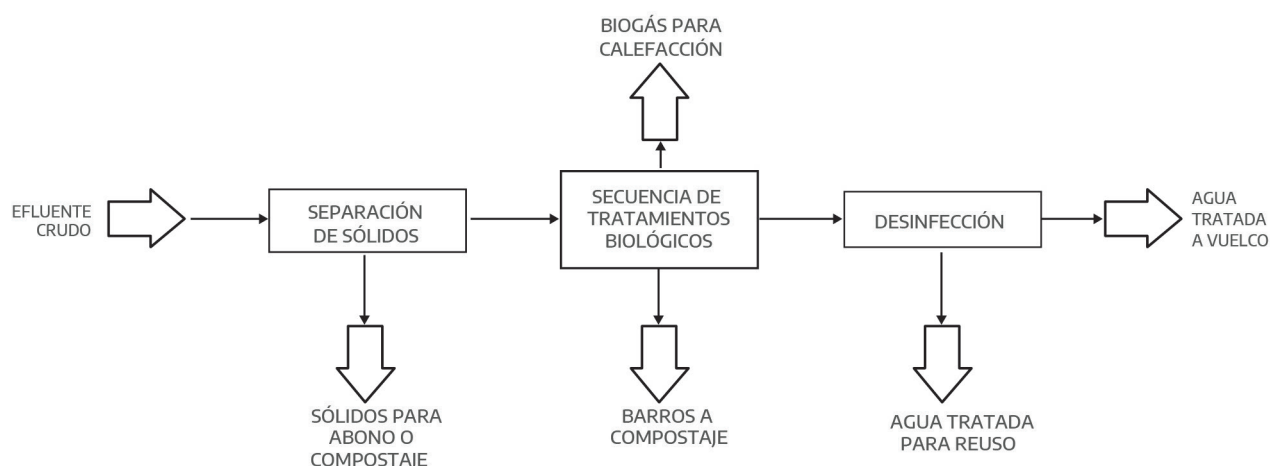


FIG. 5 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de aguas residuales del sector agropecuario

La **separación de sólidos** (etapa primaria), puede comprender filtros de rejillas, desarenadores, separadores por flotación, tamices. Deben ser fácilmente operables

Los desarenadores y separadores por flotación (que incluso pueden consistir en un único equipo), deben ser accesibles para palas mecánicas, sin dificultad.

El estiércol y otros sólidos y semisólidos separados del efluente, tienen utilidad para abono, con o sin compostaje previo, según sean sus características.

La **secuencia de tratamientos biológicos** (etapa secundaria), suelen consistir en lagunas anaeróbicas, seguidas de aireadas y/o facultativas en cantidad suficiente para abatir la carga orgánica, con o sin macrófitas cosechables –algunas o todas ellas.

También pueden incluirse humedales artificiales, hacia el final del tratamiento biológico, para favorecer la remoción de nutrientes (nitrógeno, fósforo), de carga orgánica y de sólidos suspendidos volátiles –como las cianobacterias presentes.

En casos de producción intensiva y limitaciones de espacio, puede reemplazarse la secuencia de lagunas por un sistema de barros activados, construido normalmente a partir de alguna laguna, seguida de un sedimentador secundario con recirculación de lodos (la clave del proceso).

Cuando se emplean lagunas anaeróbicas, es factible aprovechar durante las estaciones cálidas, el metano generado para obtener energía.

Cuando se desea incluso vender energía eléctrica y/o gas a la red, es factible utilizar biodigestores anaeróbicos, contando con instalaciones para desulfurar el biogás y generadores eléctricos –si corresponde.

Los lodos generados durante la etapa secundaria, pueden compostarse o vermicompostarse, a fin de su puesta en valor para el propio establecimiento o para la venta.

La **desinfección** (etapa terciaria) es conveniente llevarla a cabo por medios naturales. Por ejemplo, a través de lagunas de maduración o de los mismos humedales artificiales y otros tipos de filtros verdes.

Puede también clorinarse, peroxidarse o empelar alguna otra tecnología, cuando el espacio resulta limitante.

El agua tratada es útil para su reúso parcial, complementado con riego y/o vuelco a cuerpo de agua superficial.

Es fundamental que el diseño de la depuración se ajuste –cuando de efluentes agropecuarios se trata–, a la cultura, usos y costumbres del personal. De otro modo, va camino al fracaso.

II. Cárnico y derivados

i) Mataderos y frigoríficos

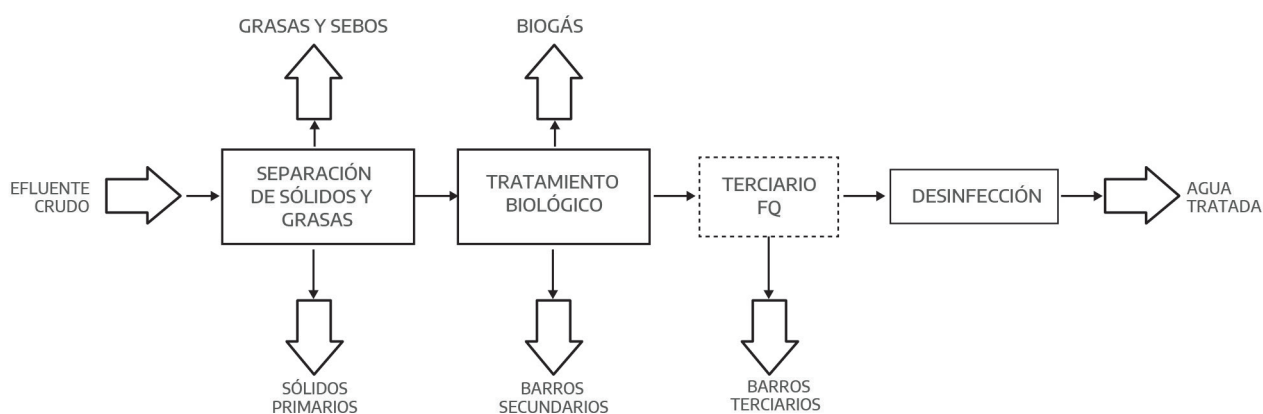


FIG. 6 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de mataderos y frigoríficos

El efluente crudo puede consistir en las líneas roja y verde (bovinos, porcinos y otros mamíferos), puede haber corrientes de eviscerado y pelado (avícola) o similares.

Es importante segregar la sangre, grasa, plumas, etc., para poder ponerlas en valor y evitar, además, altas cargas contaminantes en los efluentes.

Durante la **separación primaria**, luego del filtrado grueso por rejas, canastos o similares, resulta fundamental llevar a cabo un adecuado desgrase, para que no lleguen lípidos a la etapa secundaria.

Un primer desgrase puede llevarse a cabo por gravedad, asegurando que la remoción de flotantes sea cómoda y en lo posible, automática.

Para remover los lípidos finos que están total o parcialmente emulsionados, es recomendable disponer operaciones de coagulación, floculación y separación asistida por aire (DAF, IAF).

Los purines o corrientes crudas como la verde y la de eviscerado, que arrastran consigo alimento semidigerido –pasto, maíz, etc.– y materia fecal, es fundamental que sean tamizados y recuperados los sólidos para su puesta en valor.

El **tratamiento biológico**, puede o no incluir una etapa anaeróbica, con la consecuente generación de biogás.

En caso de usarse lagunas, el tren secundario normalmente iniciará en anaeróbicas, pasando por aireadas y facultativas, con o sin macrófitas –cosechables– y a veces finalizando en humedales artificiales.

De emplear barros activados, es posible que se complementen con selectores anóxicos y anaeróbicos para facilitar la remoción de nutrientes. Pero debe ser claro que el abatimiento del nitrógeno Kjeldahl –exigido actualmente por la legislación–, se consigue durante los procesos aeróbicos y no tiene que ver con los espacios anóxicos, que buscan eliminar del agua tratada a las especies de nitrógeno ya oxidadas (nitratos y nitritos).

Es imprescindible diseñar lo que se hará con los lodos secundarios. Pueden compostarse o vermicompostarse in situ para ponerlos en valor, o enviarse a disposición final.

Como el fósforo remanente en el agua tratada secundaria, suele no alcanzar especificación de vuelco, es común que se requiera disponer un tratamiento **fisicoquímico terciario**. La insolubilización se efectúa mediante compuestos de hierro, aluminio o calcio, tras lo que se flocula y separa por sedimentación, filtración u otra tecnología.

Los barros terciarios pueden ir al destino dispuesto para los secundarios.

La **desinfección** conviene completarla por un método afín a los tratamientos previos. Si se usó lagunaje y hay espacio disponible, las lagunas de maduración son una buena alternativa. En otros casos, habrá que recurrir a desinfección química (hipoclorito, peróxido, ozono, etc.).

ii) Graseras y harineras de carne/hueso

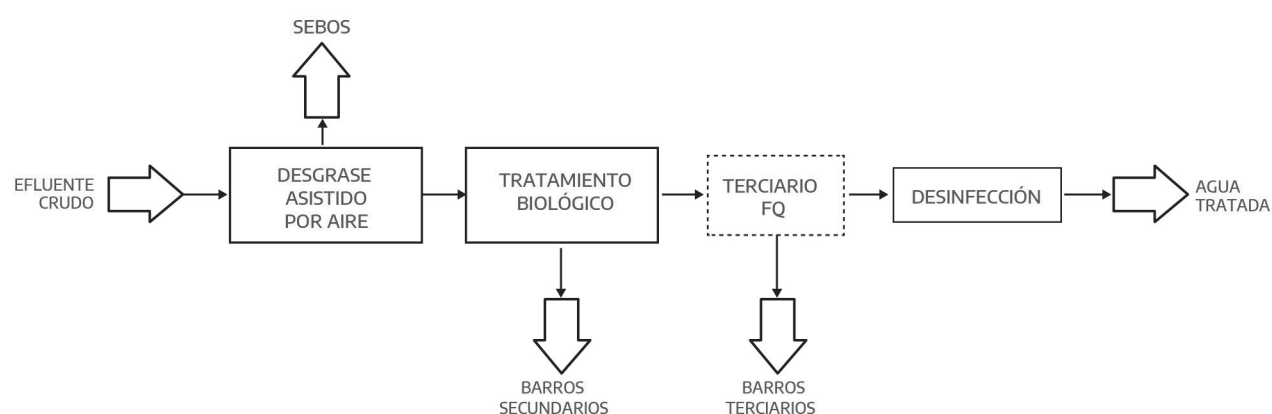


FIG. 7 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de graseras y harineras de carne/hueso

El tratamiento comienza con un filtrado grueso (rejas, canasto, etc.), seguido del **desgrase asistido por aire**, preferentemente del tipo DAF. La operación incluye coagulación y floculación previos, y de ser necesario, también ajuste de pH.

Los barros flotantes así separados pueden valorizarse como sebos o enviarse a tratamiento y disposición final, junto con los barros sedimentados –si los hubiese.

Si el efluente crudo contiene elevada concentración de sólidos sedimentables, puede ubicarse un sedimentador primario o un desarenador, antes de la flotación asistida por aire.

El destino de esos barros primarios, puede ser el mismo de los secundarios y terciarios, según su caracterización.

El **tratamiento biológico** es indispensable para degradar los contaminantes solubles. Casi siempre se recurre a lodos activados, en alguna de sus configuraciones, con o sin selectores anaeróbico y anóxico, para favorecer la remoción de fósforo junto con los barros secundarios.

Esos lodos, pueden valorizarse in situ mediante algún tipo de compostaje, o enviarse a disposición final.

En ocasiones es necesario un terciario fisicoquímico, para abatir el fósforo remanente. Se insolubiliza mediante compuestos de hierro, aluminio o calcio, se flocula y separa por sedimentación, filtrado o similar.

Los barros terciarios tienen destino similar a los secundarios.

La **desinfección** mediante hipoclorito u otro microbicida, es el proceso final en la línea del agua tratada.

iii) Curtiembres

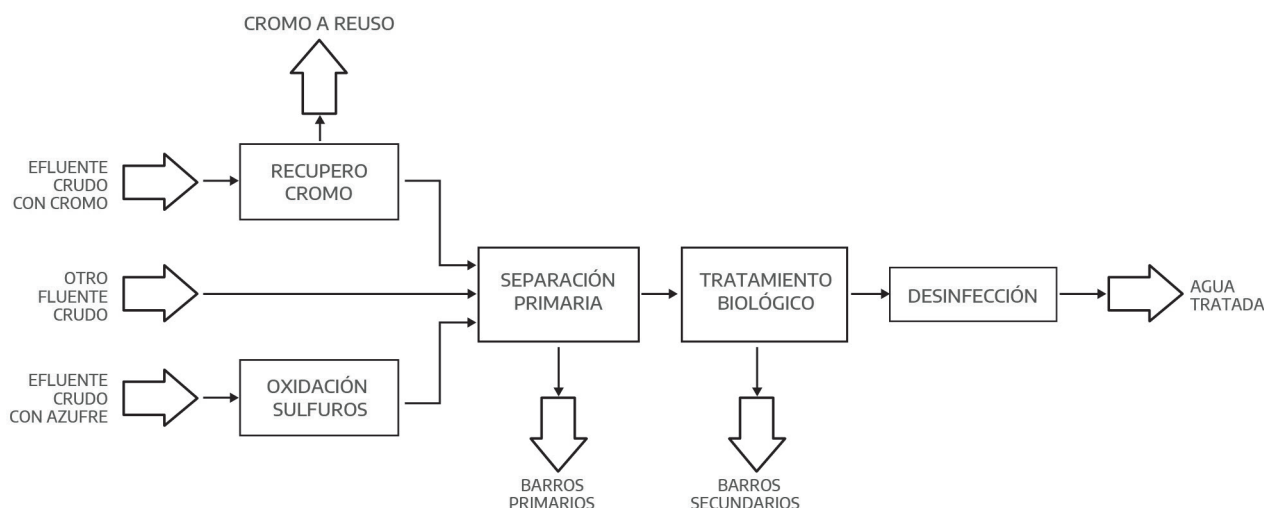


FIG. 8 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de curtiembres

Las aguas residuales de curtido ricas en **cromo**, pasan por un tratamiento fisicoquímico donde se alcalinizan para insolubilizar, floculando, separando y retornándolo a producción.

Los efluentes de pelambre, ricos en **sulfuro**, se oxidan catalíticamente con manganeso o cobalto, o se pasan por otra tecnología fisicoquímica o biológica para recuperar azufre.

Las corrientes que arrastran gruesos, pasan por rejas, canastos, tamices rotativos o similares.

El conjunto de efluentes parcialmente tratados y compensados, se **separan** por flotación y sedimentación, generalmente empleando sistemas DAF o IAF, que incluyen ajuste de pH, coagulación y floculación.

Los barros primarios, se valorizan *in situ* o se envían a disposición final.

Los efluentes primarios deben tratarse **biológicamente**, teniendo en cuenta su alta salinidad, el contenido elevado de nitrógeno y su deficiencia de fósforo.

La tecnología de elección suele ser barros activados, en ocasiones de lecho fluidizado (MBBR).

Se incorpora selector anóxico cuando se desea eliminar los nitratos y nitritos formados al oxidar el NTK y para controlar organismos filamentosos.

Los barros secundarios, previo espesado y deshidratado, pueden compostarse o vermicompostarse para valorizarlos, o enviarse a disposición final.

El último paso sobre el agua tratada, es la **desinfección**.

III. Alimentos varios y bebidas

i) Panificables y pastas

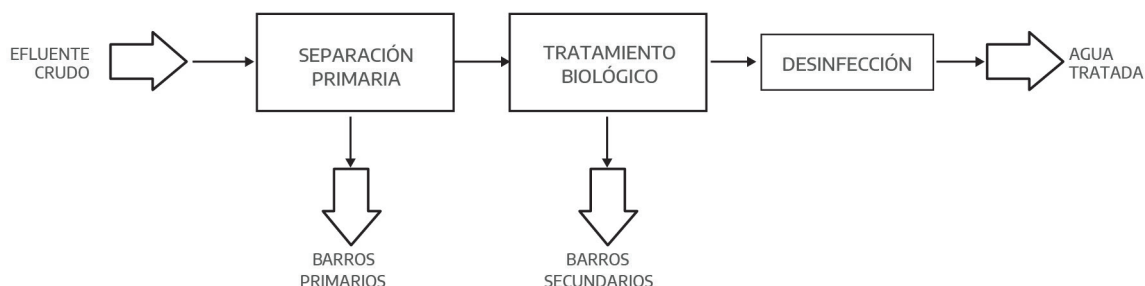


FIG. 9 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de producción de panificables y pastas

El tratamiento comienza con un filtrado grueso (reja, canasto, etc.). La espera en tanque pulmón compensador, suele requerir aporte de aire para evitar procesos anaeróbicos que acidifiquen.

Los efluentes compensados, pasan por la **separación primaria**, preferentemente con asistencia de aire (DAF, IAF). Es fundamental separar allí adecuadamente los lípidos presentes, para lo que se coagula y flocula previamente.

Los contaminantes solubles pasan a **tratamiento biológico**. Puede ser barros activados u otra tecnología.

En los casos donde las cargas orgánicas son altas, por presencia de azúcares y otros carbohidratos, es imprescindible equilibrar nutrientes, agregando compuestos de nitrógeno y fósforo.

Los barros secundarios y primarios, previo espesado y deshidratación, pueden valorizarse *in situ* mediante algún tipo de compostaje o enviarse a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** antes de volcar.

ii) Lácteos

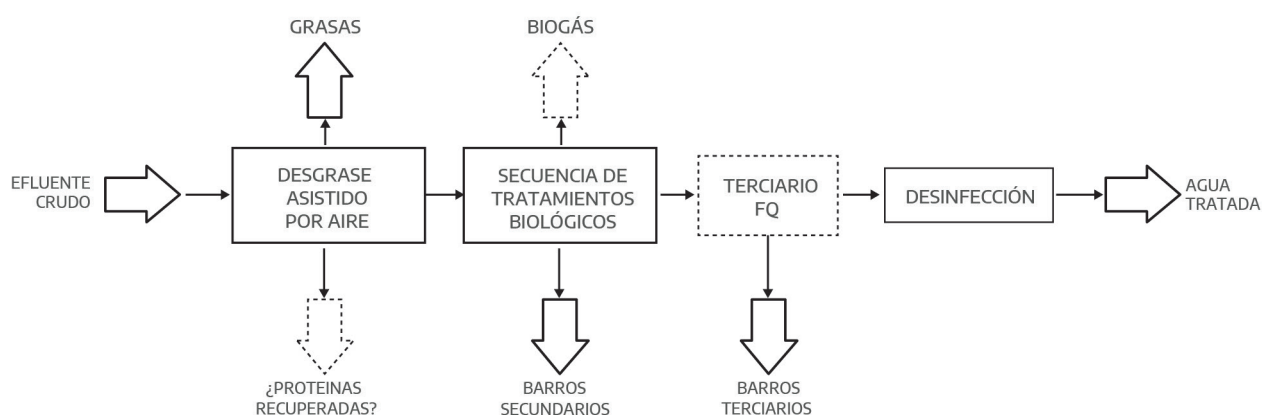


FIG. 10 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes lácteos

Una primera separación de sólidos gruesos por rejillas, canasto, tamiz o similar y la posterior compensación, continúa en **separación primaria asistida por aire**, preferentemente DAF, con requisito de lograr una óptima coagulación previa, asistida o no por ajuste de pH y floculación.

La fase que separa por flotación es lipídica.

Es factible aprovechar a separar una fase proteica más pesada, para ponerla en valor. Y los barros primarios más pesados del fondo, se evalúan para definir su destino, ya en conjunto con los lodos proteicos principales o por separado.

La fase acuosa (de alta carga debido a glúcidos y otras sustancias solubles), debe tratarse en una **secuencia de bioprocesos**.

Es razonable arrancar con etapa anaeróbica de alta carga (UASB, EGSB, IC) o lagunaje anaeróbico –generando biogás y aprovechándolo en todos los casos.

Luego una etapa anaeróbica, del rubro de los lodos activados, incluyendo configuraciones de alto rendimiento como MBR, MBBR, etc.

De requerirse para oxidar completamente el nitrógeno, deben adecuarse los tiempos de residencia a valores suficientes para las estaciones frías.

Y de ser necesario para eliminar fósforo, pueden intercalarse selectores anaeróbicos y anóxicos, además de dotar el tren de tratamiento de una etapa **terciaria fisicoquímica**, donde se insolubiliza a través de compuestos de hierro, aluminio o calcio, se flocule y separe por sedimentación, filtración o similar.

Si el área disponible es suficiente, podrían emplearse lagunas aireadas –luego de las anaeróbicas–, seguidas de lagunas facultativas, con o sin macrófitas cultivables y posiblemente humedales artificiales para completar la depuración biológica. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que como la carga contaminante a remover es elevada, los trenes de lagunas en serie y en paralelo, implican una superficie demasiado grande.

Los barros secundarios, terciarios e incluso los primarios generados, después de ser adecuadamente espesados y deshidratados, pueden ponerse en valor por compostaje o vermicompostaje, o bien enviarse a disposición final.

Al final debe aplicarse la desinfección, ya sea por especies cloradas, ozono, luz uv (incluyendo lagunas de maduración) u otras técnicas microbicidas.

iii) Helados y postres

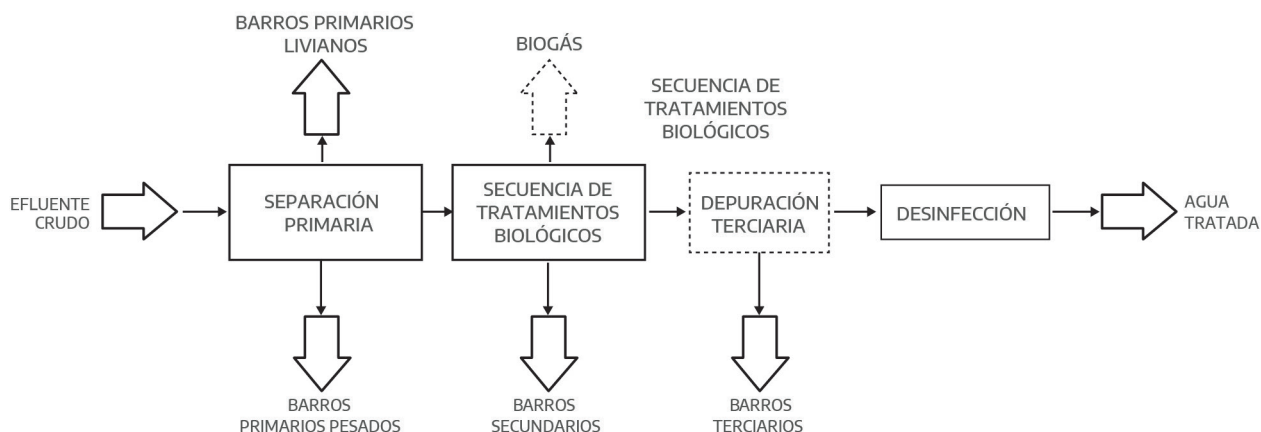


FIG. 11 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de la producción de helados y postres

El efluente crudo, previamente filtrado por rejas, canasto o similar, pasa a ser compensado en tanque pulmón, donde normalmente se requerirá aireación, para contrarrestar acidificación por anaerobiosis.

Se efectúa una **separación primaria**, posiblemente asistida por aire, con ajuste de pH, coagulación y floculación. De esa forma se separan por superficie los lípidos y por fondo los barros más densos.

La fase acuosa remanente posee alta carga orgánica. Es adecuado plantear una **secuencia de tratamientos biológicos**, comenzando por anaeróbico de alta carga (UASB o similar), seguido de aeróbico tipo barros activados (cualquiera de sus variantes, preferentemente de alto rendimiento).

Por supuesto, los procesos anaeróbicos generan biogás, que debe depurarse y aprovecharse.

Para oxidar nitrógeno deben asegurarse tiempos de residencia adecuados en etapas aeróbicas.

Para remover fósforo, pueden emplearse secuencias de espacios anaeróbicos, anóxicos y aeróbicos, que ayudarán a enriquecer los barros secundarios en el contaminante y de esa forma, eliminarlo durante las purgas de lodos.

El agua tratada secundaria, puede requerir **tratamiento terciario**, tanto para eliminar restos de fósforo, como para abatir alguna coloración persistente (con carbón activado u otra tecnología). Los barros generados, deben flocularse y separarse por sedimentación, filtración o similar.

Tanto los lodos primarios, como los secundarios y terciarios, deben espesarse y deshidratarse, para luego poder ponerlos en valor mediante compostaje o vermicompostaje, o bien enviarse a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** previo a su vuelco.

iv) Bebidas alcohólicas, jugos y gaseosas

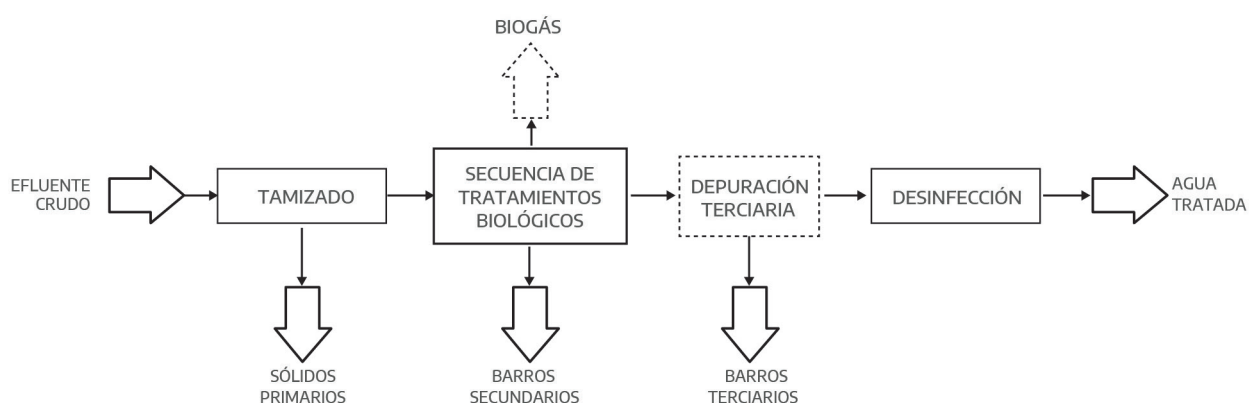


FIG. 12 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes de bebidas alcohólicas, jugos y gaseosas

Se comienza con filtro grueso (rejas, canasto, tamiz rotativo o similar) y luego se compensa.

Es fundamental realizar un **tamizado** fino, para separar los sólidos de pequeño tamaño arrastrados con la corriente cruda. Generalmente, resulta infructuoso incluir tecnologías de insolubilización, coagulación y floculación previas, dado que los contaminantes que atraviesan un tamiz fino, suelen ser muy solubles (por ejemplo, alcohol y azúcar).

El efluente primario posee normalmente alta carga. Como corresponde entonces, es recomendable incluir una **secuencia de tratamientos biológicos**, comenzando por un anaeróbico de alta carga (UASB, EGSB,

IC), seguido de bioprocesos aeróbicos tipo lodos activados, combinados en ocasiones con biofiltros (lechos percoladores). Los barros activados pueden ser de alta eficiencia, como MBR.

El biogás generado durante la etapa anaeróbica, debe limpiarse y aprovecharse *in situ* e incluso, *ex situ*.

Para oxidar nitrógeno, si lo hubiese en exceso, deben disponerse tiempos de residencia adecuados en las fases aeróbicas.

Para remover fósforo que pueda sobrar, es factible disponer espacios anaeróbicos y anóxicos, intercalados con los aeróbicos, de manera de enriquecer los lodos secundarios en fósforo y poder removerlo entonces con las purgas de barro.

El fósforo puede también eliminarse insolubilizándolo con hierro, aluminio o calcio en un **tratamiento terciario**, floculando y separando por sedimentación, filtrado o similar.

También en la etapa terciaria es factible abatir alguna coloración persistente, generalmente con carbón activado.

Los barros secundarios y terciarios, deben espesarse y deshidratarse. Junto con los primarios, pueden valorizarse *in situ* mediante compostaje o vermicompostaje, o bien enviarlos a disposición final.

El agua tratada pasa por una **desinfección** antes del vuelco.

v) Alimento para mascotas

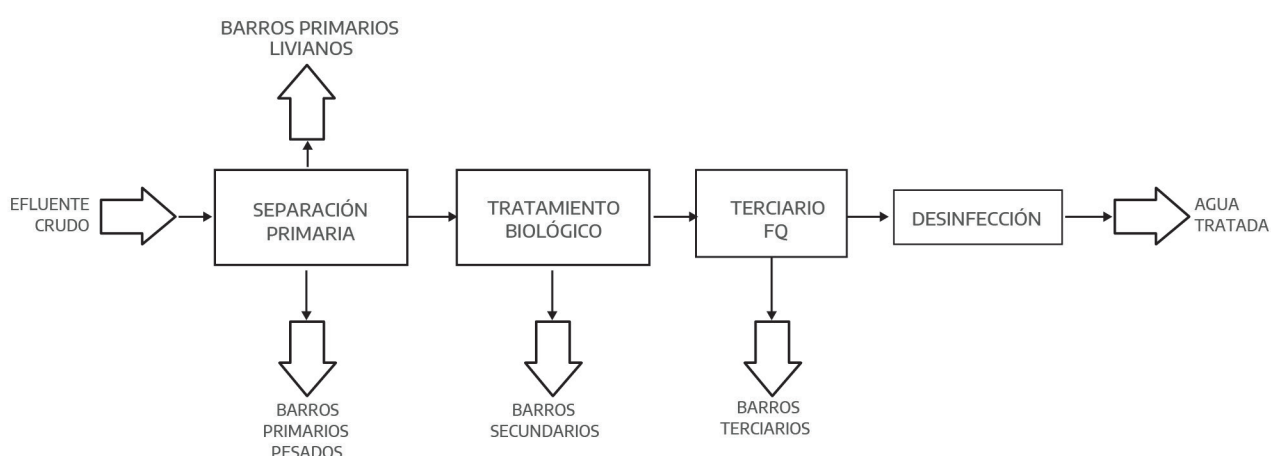


FIG. 13 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de fábricas de alimento para mascotas

Se comienza con filtrado grueso por rejillas, canasto, tamiz rotativo, etc.

Luego se compensa y la **separación primaria**, puede consistir en desarenado junto con desgrase por gravedad, seguido de sistemas DAF o IAF, que incluyen ajuste de pH, coagulación y floculación.

Se separan entonces barros primarios livianos (grasas) y pesados. Estos lodos, pueden espesarse y deshidratarse por mecanismos aptos para lodos con alto contenido de lípidos.

El agua residual primaria, pasa a **tratamiento biológico**, que puede ser directamente aeróbico, como ser lodos activados.

Para oxidar el nitrógeno en exceso, debe contarse con suficiente tiempo de residencia en espacio aeróbico.

Para remover fósforo excedente, por un lado, es factible disponer espacios anaeróbicos y anóxicos, en secuencia con los aeróbicos. Por otro, se requerirá instalar un tratamiento **fisicoquímico terciario**, con insolubilización, floculación y sedimentación, filtrado o similar.

Los barros secundarios y terciarios pueden espesarse juntos y deshidratarse.

Todos los lodos deshidratados, pueden valorizarse *in situ* por compostaje o vermicompostaje, o bien enviarlos a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** antes de ser volcada.

IV. Textil

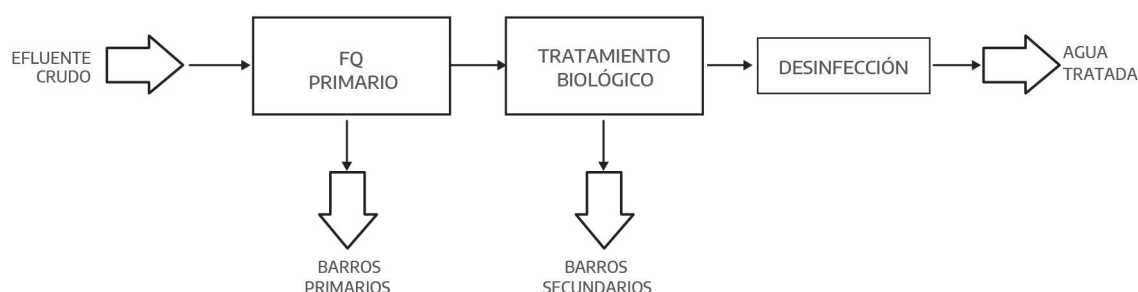


FIG. 14 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes textiles

La depuración comienza con el filtrado grueso (rejas, canastos) y de ser necesario, mediano (tamices rotativos, etc.)

Luego se compensa en tanque pulmón, generalmente con aireación.

La parte fundamental del tratamiento es el **fisicoquímico primario**. Allí se ajusta pH, se coagula y flocula, y se separa por sedimentación o filtrado.

Los barros primarios se espesan, deshidratan y envían a disposición final, salvo que se consiga valorizarlos de alguna forma.

El efluente primario pasa entonces a **tratamiento biológico**, normalmente barros activados (aeróbico), teniendo en cuenta las deficiencias nutricionales del fluido.

Si se hizo bien el tratamiento primario, no debería ser necesaria una decoloración terciaria, por lo que no se ha incluido en el diagrama.

Los barros secundarios purgados, se espesan y deshidratan, pudiendo valorizarse por compostado o vermicompostado, o bien enviarse a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** antes de ser volcada.

En caso de existir corrientes especiales, como las presentes en metalurgia –por accesorios metálicos para las prendas–, deberán tratarse previamente por insolubilización, floculación y sedimentación o filtrado, antes de enviarse al tratamiento biológico.

Los lodos primarios de esa etapa, adecuadamente concentrados, pueden requerir disposición final como residuo peligroso/especial, según sea su caracterización.

V. Papel y cartón

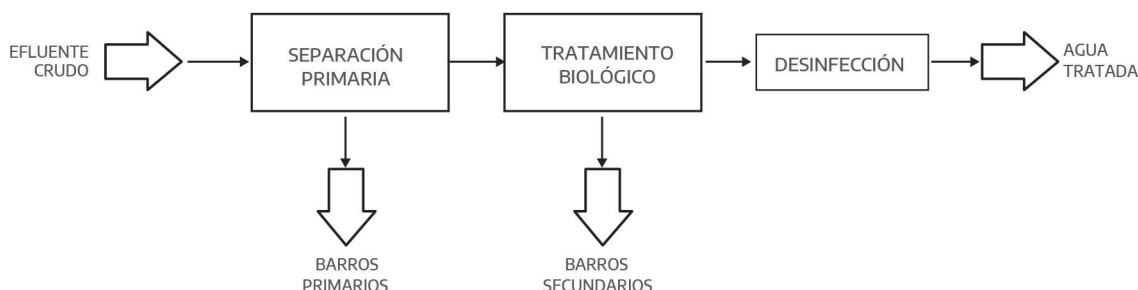


FIG. 15 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de la industria del papel y cartón (no incluye pasteras)

Después de pasar por un filtro grueso como ser de canasto, el efluente lleva consigo gran cantidad de sólidos suspendidos, por lo que la **separación primaria** resulta fundamental.

Normalmente se coagula, flocula y se flota con asistencia de aire (IAF, DAF) o sin ella. Los lodos primarios, en muchos casos pueden reutilizarse como materia prima, o bien valorizarse de alguna forma.

El efluente primario debe quedar prácticamente libre de sólidos suspendidos. Se envía a **tratamiento biológico**, comúnmente lodos activados (aeróbico), teniendo en cuenta sus deficiencias nutricionales.

Hay ocasiones en que, pese a no ser de muy alta carga orgánica, se depura primero en un UASB, EGSB, IC o similar (anaeróbicos) y luego se termina de depurar biológicamente, en un espacio aeróbico, como ser lodos activados (u otra tecnología).

Los barros secundarios purgados, se espesan, deshidratan y pueden valorizarse ya sea por compostaje, lombricompostaje o incluso reaprovechándolos como materia prima –en ocasiones–, evitando así, todo costo de disposición final.

Por último, el efluente tratado se **desinfecta** para su vuelco en especificación o reúso parcial.

VI. Petrolero y petroquímico

i) Destilerías, refinerías e industrialización de derivados

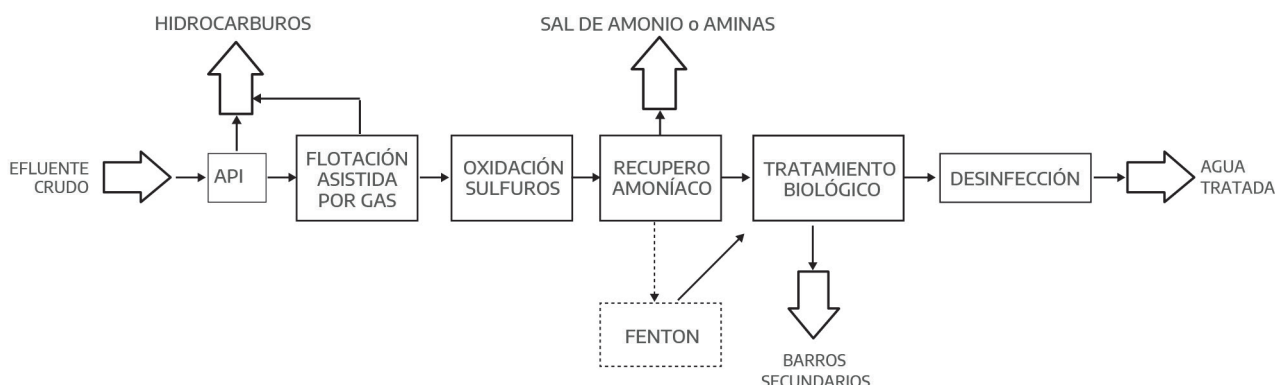


FIG. 16 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes petroleros

Las aguas crudas pasan, previa coagulación con sales de hierro, por **piletas API**, donde separa hidrocarburo por gravedad, con asistencia del material de relleno (generalmente placas inclinadas).

De allí el líquido va a **flotación asistida por gas**, que puede ser aire (DAF) o preferentemente nitrógeno (DNF), para evitar atmósfera explosiva. La operación cuenta también, con una coagulación y floculación previas.

Los hidrocarburos separados en las piletas API y en el DNF, se recuperan.

La fase acuosa puede contener bastantes sulfuros, amonio y fenoles.

Los sulfuros, o bien se oxidan por vía catalítica (Mn o Co), o se hidrogenan y arrastran, recuperando sulfhídrico y luego llevándolo a azufre en producción, o se recupera posteriormente azufre por vía biológica.

El **nitrógeno amoniacal**, se *strippea* (arrastra) previo ajuste de pH y se neutraliza con ácido, formando una sal de amonio como subproducto o se recupera en corriente de aminas.

En caso de ser demasiado elevada la concentración de sustancias fenólicas, el efluente se pasa por oxidación de **Fenton**, catalizada por sales de hierro.

Las aguas con contenido aceptable de fenoles y amonio, pasan a **tratamiento biológico** aeróbico (generalmente barros activados).

En algunos casos se combina con selectores anóxicos, para eliminar los nitratos y nitritos formados, y para prevenir la formación de organismos filamentosos en el reactor aeróbico.

Los lodos secundarios se espesan, deshidratan y valorizan o envían a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** antes de volcarla.

ii) Distribución de combustible y terminales de transporte

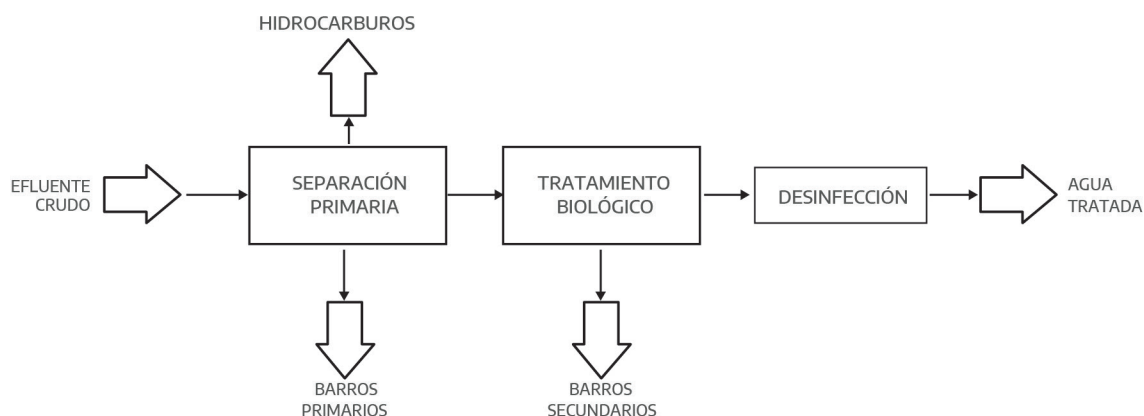


FIG. 17 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes de transportistas y estaciones de servicio

Los efluentes crudos pasan por filtro grueso (rejás o canasto).

Luego se **separan por gravedad**, con posibilidad de coagulación previa, en sólidos sedimentables (arenas y otros) y flotables (hidrocarburos).

Ambos residuos primarios, normalmente se segregan para su disposición final, pudiendo reaprovecharse los hidrocarburos.

La fase acuosa pasa a **tratamiento biológico**, por lo general de lodos activados. Ha de preverse la necesidad de dosificar antiespumante, por presencia importante de detergentes.

Los barros secundarios se espesan y envían periódicamente a disposición final.

El agua tratada, se **desinfecta** antes de volcarse (salvo que vaya a cloaca).

VII. Químico

i) Farmacéuticas y elaboración de cosméticos

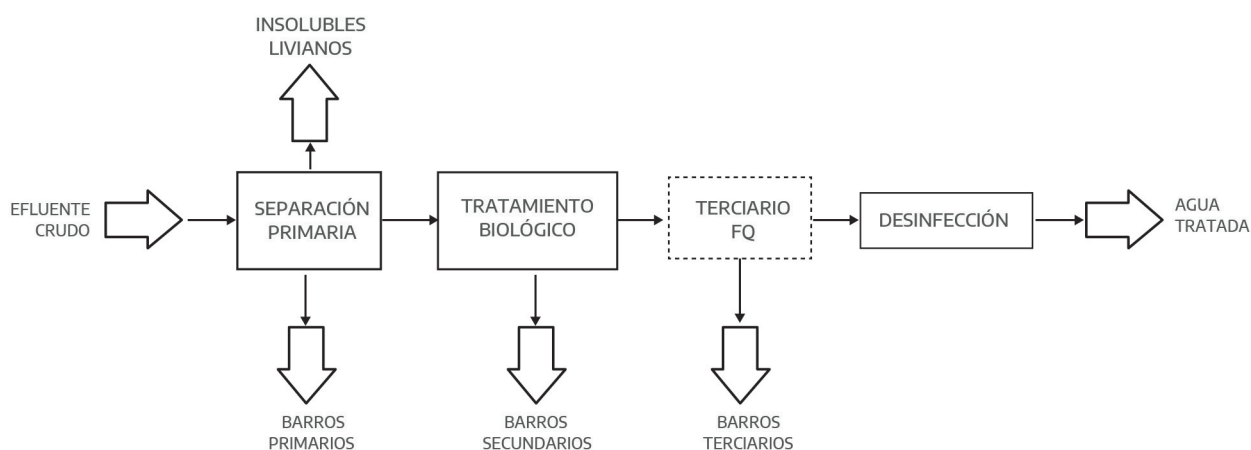


FIG. 18 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes farmacéuticos y de elaboración de cosméticos

Las aguas crudas pasan por filtro grueso o mediano (rejas, canasto). Se compensa y somete a **separación primaria**. Ésta puede ser asistida por aire (IAF, DAF), contando con ajuste de pH, coagulación y floculación previos.

De allí separan principalmente aceites, cremas y ceras –normalmente livianos– y por fondo salen algunos pesados.

El efluente primario pasa a **tratamiento biológico**, que por lo general es de barros activados (aeróbico).

Previamente –aunque no se indicó en el diagrama–, es factible y recomendable, estudiar la incorporación de algún tratamiento químico (Fenton o similar), sobre las corrientes que contengan microbicidas como los antibióticos y sulfamidas, a fin de que esas moléculas, no lleguen intactas al encuentro con las bacterias del tratamiento biológico.

Para remover excesos de fósforo, puede ser necesario disponer un **fisicoquímico terciario**, donde se insolubilice (Fe, Al, Ca), flocule y separe por sedimentación o filtrado.

Los barros primarios, secundarios y terciarios, se espesan y deshidratan, para su puesta en valor in situ o disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** para su vuelco (salvo que vaya a cloaca).

ii) Pinturas, barnices, pigmentos y otros

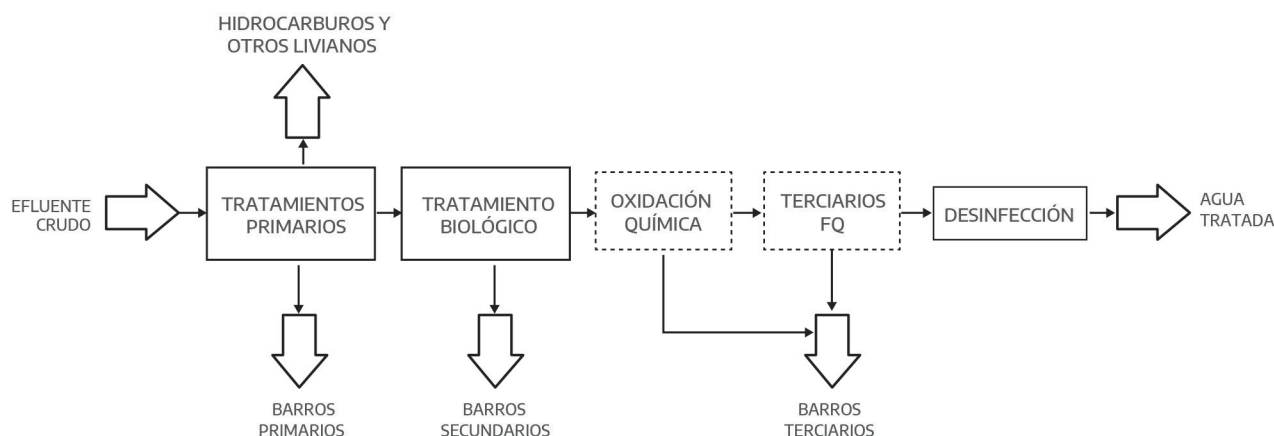


FIG. 19 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos provenientes de la fabricación de pinturas, barnices, pigmentos y otros

El efluente pasa por un filtrado grueso y mediano (rejas, canasto), para luego compensarse.

Se somete a **tratamientos primarios** que incluyen una primera separación de hidrocarburos, con aporte previo de coagulante o combinada con la insolubilización de metales (por ajuste de pH), con o sin asistencia por aire (DAF, IAF).

La floculación puede ser posterior o previa al retiro de hidrocarburos (luego de formados los coágulos).

La fase acuosa de efluente pasa por **tratamiento biológico**, como ser barros activados (aeróbico).

De allí se separan barros secundarios, que por separado de los primarios se espesan y deshidratan, para su puesta en valor *in situ* o disposición final.

Si el efluente secundario presenta DQO remanente, puede efectuarse una **oxidación química** avanzada (Fenton o similar).

Si queda fósforo en exceso, se emplea un **terciario fisicoquímico**, insolubilizándolo (Fe, Al, Ca), floculando y separando por sedimentación o filtrado.

Los barros terciarios, según sea su caracterización, pueden juntarse con los secundarios.

Los hidrocarburos y los barros primarios, se disponen como residuo peligroso/especial.

El agua tratada, se **desinfecta** para su vuelco.

iii) Polímeros

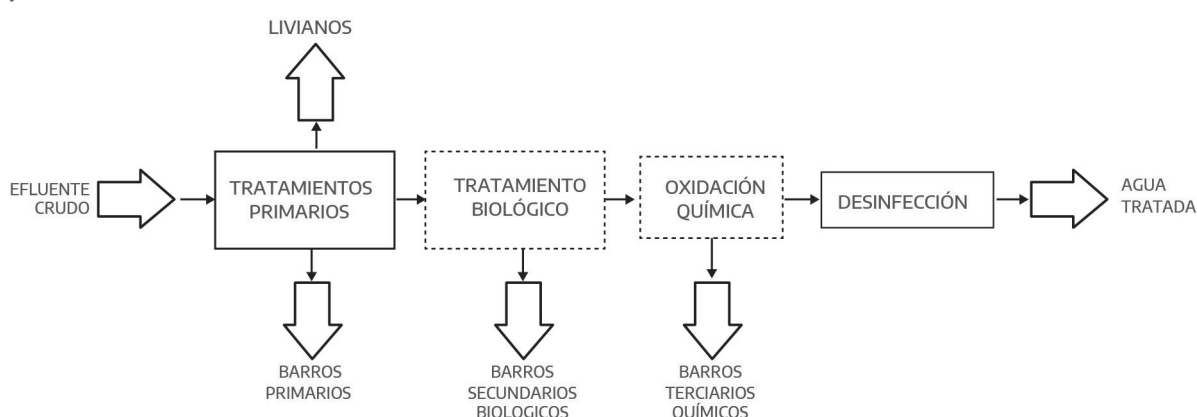


FIG. 20 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de la fabricación de polímeros

Las aguas residuales pasan por filtro de rejillas y/o canasto. Se ecualiza y somete a **separación primaria**, generalmente asistida por aire (DAF, IAF), incluyendo ajuste de pH, coagulación y floculación previa.

De allí separan livianos insolubles, que se disponen como residuos peligrosos/especiales y barros primarios que, según su caracterización, pueden entrar en aquella categoría; esos barros se espesan, deshidratan y envían a disposición final.

Si la fase acuosa contiene orgánicos biodegradables, se trata en proceso **biológico**, como el de barros activados.

Si contiene DQO refractaria, puede **oxidarse químicamente** vía Fenton o similar.

Los lodos secundarios se espesan y deshidratan para su retiro, así como los lodos químicos. Pueden estudiarse para su puesta en valor *in situ*.

El agua se **desinfecta** antes de volcarla.

VIII. Metalmecánico

i) Fundiciones

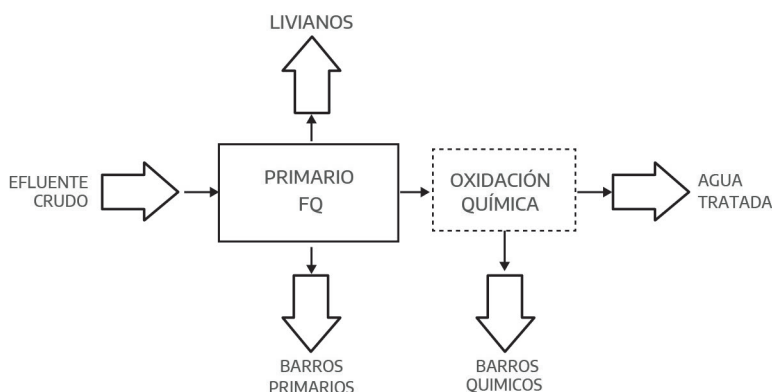


FIG. 21 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes de fundición

El agua residual se pasa por filtro grueso y mediano (rejillas, canasto) y se ecualiza.

El tratamiento **fisicoquímico primario**, puede efectuarse en una única etapa o en etapas sucesivas.

El objeto es separar los hidrocarburos presentes, insolubilizar los metales por ajuste de pH, coagular si fuese necesario y no alcanzase con la autocoagulación del propio sistema, flocular y separar, por un lado los livianos insolubles (trampa de grasas, aceites e hidrocarburos) y por otro los barros primarios más pesados, que se espesan y deshidratan (normalmente por filtrado).

Ambas corrientes residuales, deben tratarse como peligrosas/especiales.

En caso de requerirse por presencia de carga orgánica, puede disponerse una **oxidación química** avanzada, ya sea por ozono u otro mecanismo.

Se separan de allí barros secundarios químicos, que siguen igual destino que los primarios.

ii) Perfiles y piezas metálicas

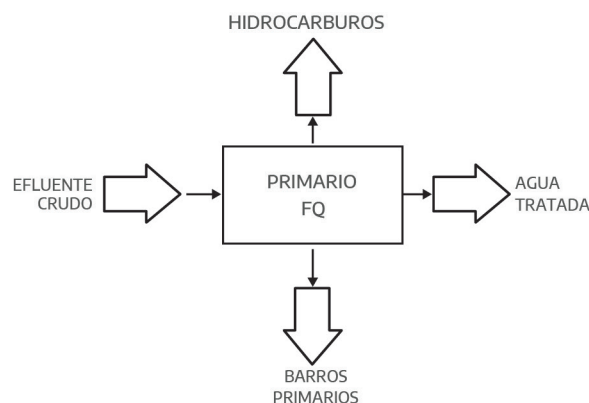


FIG. 22 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes de fabricación de perfiles y piezas metálicas

El agua residual pasa por filtro grueso (rejas, canasto) y se compensa, existiendo normalmente corrientes ácidas (pH muy bajo).

Se insolubilizan metales ajustando pH y se coagula (o autocoagula) y flocula, en tratamiento **primario fisicoquímico**.

Los barros primarios se espesan y deshidratan, para su disposición final, normalmente como residuo especial/peligroso; así como los hidrocarburos separados.

iii) Galvanoplastías y anodizados

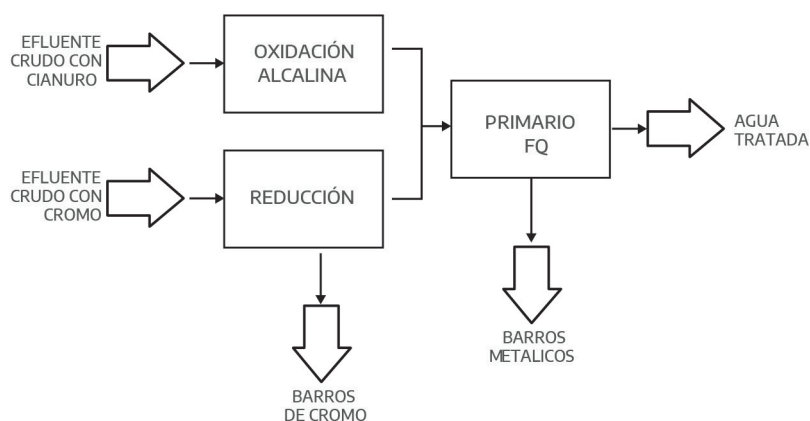


FIG. 23 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de galvanoplastías y anodizados

Las corrientes de agua residual rica en cromo y en cianuro, se manejan por separado. Ambas atraviesan filtros gruesos y medianos (rejas, canastos).

Las aguas cianuradas se someten a **oxidación alcalina** con hipoclorito.

Las aguas crómicas se **reducen** de Cr^{6+} a Cr^{3+} (vía Fe^{2+} , SO_2 o SO_3^{2-}) y se floculan para separar lodos ricos en cromo, que pueden recuperarse o disponerse como residuo peligroso/especial.

Luego se reúnen ambas corrientes líquidas y se tratan en **primario fisicoquímico**, donde se insolubilizan los metales remanentes, por ajuste de pH, se coagula (o autocoagula), se flocula, se espesa por sedimentación y se deshidrata por filtrado. En este caso, son también residuos peligrosos/especiales.

IX. Vidrio y cerámica

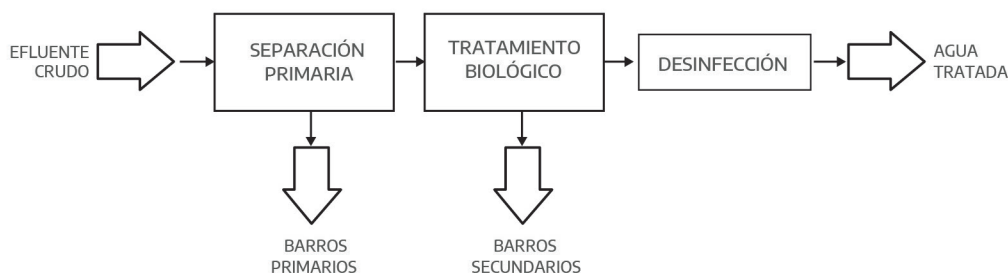


FIG. 24 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes líquidos de la industria del vidrio y la cerámica

Las aguas residuales pasan por filtros gruesos y medianos (rejas, canasto) y se ecualiza.

Luego pasa por una **separación primaria** principal, donde se ajusta pH –de ser necesario–, coagula y flocula.

La separación pueden trabajar con o sin asistencia de aire (IAF).

Los lodos primarios se espesan y deshidratan, para su puesta en valor o disposición final.

Como el agua primaria suele tener carga orgánica, se pasa por un **tratamiento biológico** como el de lodos activados (aeróbico).

De allí se purgan barros secundarios, que se espesan y deshidratan para su puesta en valor o disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** para su vuelco.

X. Conjuntos habitacionales y efluentes cloacales de cada actividad

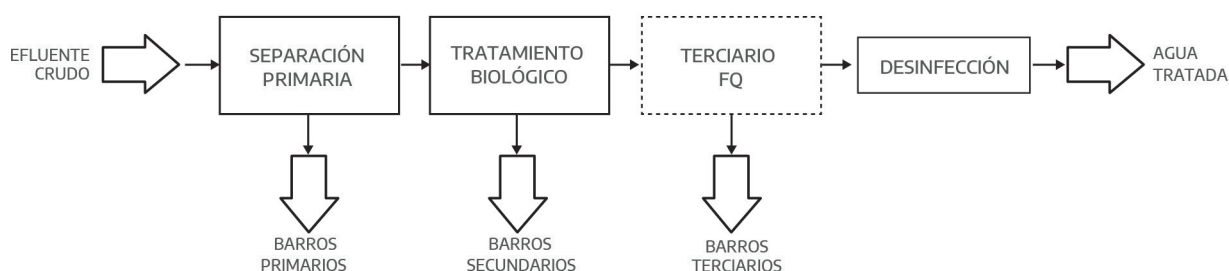


FIG. 25 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes domésticos

Las aguas residuales cloacales, domésticas o urbanas, pueden tratarse por separado de las industriales o conjuntamente, conformando “efluentes mixtos”.

Cuando se tratan por separado, atraviesan primero filtros de rejas, canastos y/o tamices rotativos. Pueden también pasar por un tamiz fino, si se emplearán luego biofiltros (lechos percoladores).

La **separación primaria** puede contar con desarenadores y sedimentadores primarios. De allí se separan barros primarios, entre arenas, sólidos sedimentables menos pesados y livianos.

El **tratamiento biológico** puede incluir diversas tecnologías. Es común utilizar biofiltros y/o barros activados, lagunas, humedales artificiales.

Para oxidar adecuadamente el nitrógeno Kjeldahl, debe brindarse un tiempo de residencia suficiente en las etapas aeróbicas.

Para remover el fósforo, puede complementarse el proceso con espacios anóxicos y anaeróbicos.

Si no se emplean humedales artificiales, suele requerirse disponer de un **terciario fisicoquímico** para insolubilizar el fósforo remanente, flocularlo y separarlo espesándolo.

Los barros secundarios y terciarios, incluso los primarios, luego de deshidratarlos pueden ponerse en valor *in situ* por compostaje o lombricompostaje, o enviarlos a disposición final.

El agua tratada se **desinfecta** antes de su vuelco.

XI. Servicios

i) Lavaderos de vehículos

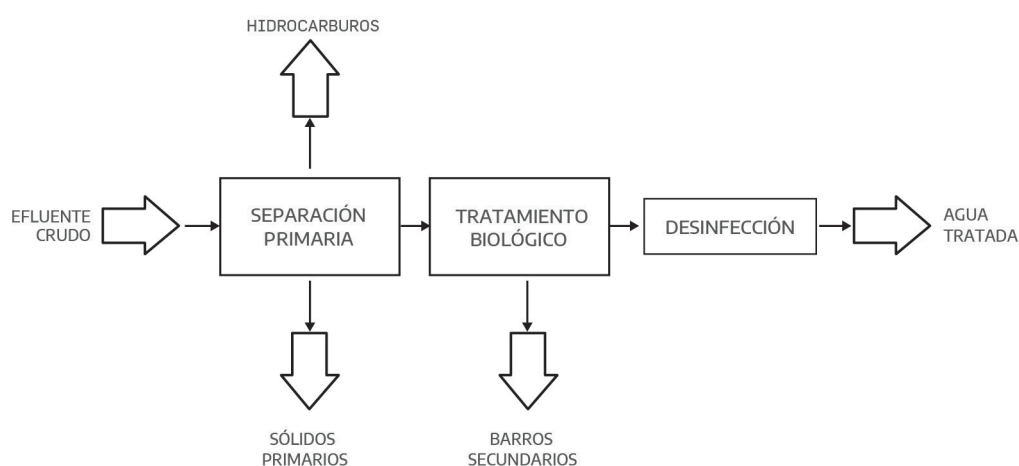


FIG. 26 – Diagrama de bloques genérico, para la depuración de efluentes de lavaderos vehiculares

Los efluentes crudos pasan por filtro grueso (rejas o canasto).

Luego se **separan por gravedad**, con posibilidad de coagulación previa, en sólidos sedimentables (arenas y otros) y flotables (hidrocarburos).

Ambos residuos primarios, normalmente se segrega para su disposición final, teniendo en cuenta que los hidrocarburos son residuos peligrosos/especiales.

La fase acuosa pasa a **tratamiento biológico**, por lo general de lodos activados, cuidando la dosificación de antiespumante, por la presencia importante de detergentes.

Los barros secundarios se espesan y envían periódicamente a disposición final.

El agua tratada, se **desinfecta** antes de volcarse (salvo que vaya a cloaca).

ii) Lavaderos de ropa y tintorerías

El esquema de tratamiento es asimilable al de efluentes cloacales/urbanos.

iii) Otros servicios

El resto de efluentes líquidos de actividades comerciales y otras propias del ejido urbano, se depuran con alguno de los esquemas tradicionales para efluentes cloacales, atendiendo a particularidades específicas que pueda presentar cada caso.

6. Desarrollo de la Ingeniería básica

La ingeniería básica consiste en dimensionar los equipos, definir geometrías, potencias, materiales.

También, se ocupa de disponer en qué ubicación física dentro del predio se implantará cada equipo (*lay out*) y de ajustar el *perfil hidráulico*, para asegurar que los fluidos avancen en el sentido previsto.

A fin de poder revisar la validez técnica de un Plan de Adecuación, ACUMAR requiere los “datos” de ingeniería básica. Esto es, las especificaciones técnicas de cada equipo y su rendimiento para la remoción de cada contaminante o grupo de contaminantes. Es muy recomendable, además, presentar la memoria de cálculo.

Pongamos un ejemplo, para clarificar la terminología...

En el diseño conceptual se decide emplear un sedimentador primario, porque la caracterización del efluente crudo, muestra elevada concentración de sólidos sedimentables.

En la ingeniería básica, se define la geometría del sedimentador, se calcula el volumen necesario y se adopta uno, se define si contendrá algún tipo de relleno, si poseerá barredores de fondo y superficie, qué tipo y longitud de vertederos empleará, si contará o no con baffles de detención al ingreso y cerca de la descarga, qué mecanismo se instalará para retirar los sólidos del fondo...

Para efectuar los *cálculos de ingeniería básica*, se emplean variables como rangos de densidad, tamaño y forma de partículas, caudales medio y pico, etc.

El volumen del sedimentador, es un *dato de ingeniería básica*, o sea que es parte de la *especificación del equipo* y aparece en lo que suele denominarse **memoria técnica** –también se la puede llamar *memoria técnica descriptiva*, conjunto de *especificaciones técnicas*, *hojas de datos* o *fichas técnicas de los equipos*.

Las cuentas que se realizan para definir ese volumen, las constantes empleadas, coeficientes, etc., constituyen lo que se identifica como **memoria de cálculo**.

Ambas memorias (técnica y de cálculo) hacen a la ingeniería básica.

La primera, que contiene las especificaciones de los equipos, es **imprescindible** incluirla en el Plan de Adecuación.

La segunda, o sea los cálculos, es **recomendable** que se incluya en el Plan de Adecuación, aunque no resulta *–a priori–* indispensable.

6.1 Especificación técnica de los equipos

Desde el punto de vista del Ingeniero que diseña una planta depuradora, es sencillo entender qué datos son imprescindibles para poder verificar un equipo. La indicación es, pues, no obviarlos.

La información correspondiente a los fluidos que atraviesan esos equipos, debería poder calcularse a partir de la caracterización de las corrientes crudas, pero es mejor detallarla, para facilitar la verificación.

La eficiencia prevista de remoción de contaminantes, debe incluirse en el Plan de Adecuación, para cada equipo.

El listado de especificaciones que sigue (tabla 10), es orientativo.

Tabla 10 – Especificaciones mínimas requeridas
para cada tipo de equipo, en plantas de tratamiento de efluentes líquidos

Filtros de la etapa primaria (rejas, canastos, tamices, etc.)

No deben faltar el paso, las dimensiones, el mecanismo de limpieza, la zona de descarga del material retenido, la inclinación (para rejas), el tipo de tamiz (para tamices) y el peso (para canastos).

Pulmones hidráulicos (ecualizadores o compensadores)

No debe faltar el volumen, revancha, el caudal de descarga; si tiene aireación, las especificaciones de los aireadores; si cuenta con mezcla mecánica, los datos de turbinas, bombas de retorno o lo que corresponda.

Separadores por gravedad de la etapa primaria (desarenadores, desgrasadores, separadores bifásicos, sedimentadores primarios, piletas API, etc.)

No deben faltar el tipo de separador con sus dimensiones, el área superficial, el volumen, la presencia de baffles de detención, distribución, separación, etc., la presencia de material de relleno como placas lamelares, seditubos, etc., los barredores de fondo y superficie (si corresponden), las zonas o vertederos de descarga de la fase principal, la forma en que descargan las fases secundarias y su destino.

En el caso de las piletas API, indicar el coagulante empleado y los parámetros propios de la coagulación, que permiten calcular gradiente de velocidad y tiempo de permanencia.

Separadores asistidos por gases (IAF, DAF, DNF)

No debe faltar una descripción de la geometría del equipo, sus dimensiones, volumen, área superficial, tipo de barredores, presión de aire o nitrógeno con que trabaja, relación A/S, relación de recirculación, caudal de trabajo, destino de fases flotantes y sedimentadas.

Respecto a las operaciones iniciales integradas a este tipo de equipos, como son el posible ajuste de pH y las fundamentales coagulación y floculación, debe indicarse en cada caso, cuáles son los reactivos implicados, cuál es la geometría de los espacios de reacción y lógicamente, los parámetros necesarios para calcular los gradientes de velocidad respectivos y los tiempos de retención.

Reactores fisicoquímicos y químicos primarios (reactor fisicoquímico, neutralizador, insolubilizador, coagulador, floculador, mezclador, oxidación catalítica, stripping)

No debe faltar el tipo de reactor, su geometría, material, tipo de agitación y velocidades, reactivos implicados, equipamiento integrado para el intercambio térmico –si lo hubiese–, frecuencia de trabajo (continuo o discontinuo indicando la duración de cada batch).

Sistemas de barros activados (CAS, SBR, ICEAS, PAC, MBBR, MBR, zanjas de oxidación, RBC, HRAP)

El rubro abarca los procesos biológicos donde son “diferentes” los tiempos de retención de sólidos y líquidos, que utilizan microorganismos suspendidos –a veces también adheridos– y trabajan en condiciones principalmente aeróbicas.

Biorreactores (reactores aeróbicos, selectores aeróbicos, anóxicos, anaeróbicos)

No debe faltar la secuencia de equipos con sus respectivas recirculaciones, geometría y tipo de flujo, volumen, profundidad, el tiempo de vida media de trabajo, SST, SSV, la relación de carga F/M –carga másica–, el oxígeno disuelto, el aporte de macro y micronutrientes, aporte de coadyuvantes, pH de trabajo, temperatura, salinidad, alcalinidad, especies nitrogenadas y fosforadas presentes; cantidad

y tipo de aireadores mecánicos (si los hay), cada uno con su potencia y eficiencia de transferencia de oxígeno; cantidad y tipo de difusores (si los hay), potencia y caudal de los sopladores. Sistemas rompe-espumas, ubicación de los ingresos y descargas.

Para MBR debe especificarse además el tipo de membranas, su cantidad, ubicación, presión de vacío, SSEE máximo de trabajo, ciclos de limpieza.

Para MBBR debe especificarse también el material fluidizado de relleno (tipo, densidad, geometría, tamaño).

Para los SBR e ICEAS, deben especificarse además los ciclos de trabajo.

Para los RBC deben especificarse también el material y diámetro de los biodiscos y su velocidad de rotación.

Para los HRAP –que pese a estar basados en algas, se han incluido aquí porque se ajustan al modelo de tiempos de retención de líquidos y sólidos diferentes, microorganismos suspendidos y proceso aeróbico–, debe especificarse además, la clorofila a del licor mezcla.

Para selectores e incluso reactores, es menester indicar el rango de ORP de trabajo. En los casos anóxicos y anaeróbicos, identificar las características de la agitación sumergida (ya sea mecánica o hidráulica).

Separadores (sedimentadores secundarios, flotadores secundarios)

No deben faltar la geometría, volumen, área superficial, posición y longitud de vertederos, barredor de fondo y de superficie, sistema de recirculación y purgas, material de relleno –si lo hubiese–, rango de relaciones de recirculación de trabajo.

Si es flotador asistido por aire, incluir también la presión de aire, relación A/S y tipo y cantidad de difusores –si los hay.

Lagunas secundarias (anaeróbicas, aireadas, facultativas, con macrófitas)

No debe faltar el volumen, geometría y tipo de flujo, área superficial, profundidad, cantidad de años entre limpiezas del fondo, mecanismo de limpieza previsto y destino de los lodos, pH de trabajo, bioaugmentación –si se efectuase–; para lagunas aireadas y algunas facultativas, cantidad y tipo de aireadores, cada uno con su potencia y eficiencia de transferencia, ciclos de aireación o funcionamiento continuo; para anaeróbicas, cobertura, ya sea autogenerada, plástica, etc., mecanismo de colección de biogás, lavado del mismo y utilización. En todos los casos, estructuras de distribución al ingreso y de captación en la descarga.

Sistemas anaerobios de alta carga (UASB, EGSB, IC, filtros anaerobios, lechos fluidizados anaerobios)

No debe faltar el tipo y modelo de reactor, volumen, geometría, área de la sección, altura o profundidad de cada tramo, rangos de temperatura, pH, alcalinidad, AGV, SST y SSV de trabajo, potencial metanogénico de diseño, caudales de trabajo y recirculación, aporte de macro y micronutrientes, vertederos de descarga líquida, sistemas de colección, lavado y aprovechamiento del biogás, mecanismo de purga.

Humedales artificiales

No debe faltar el tipo de flujo, área superficial, tipo de relleno, profundidad, aislación, ventilaciones –para subsuperficial vertical–, caudal de trabajo, especies sembradas, mecanismo y frecuencia de cosecha, destino del cosechado, pH, salinidad y carga contaminante de trabajo.

Lechos percoladores (biofiltros, lombrifiltros)

No debe faltar el área superficial, volumen, altura y tipo de relleno, geometría, tipo y número de aspersores, relación de recirculación, caudal de inundación, pH de trabajo, relación de nutrientes.

Cuando estos equipos se complementan con un sedimentador secundario, deben lógicamente incluirse sus especificaciones, que son idénticas a las detalladas para sedimentadores secundarios de barros activados.

Sistemas anaeróbicos de baja carga (cámara séptica, tanque Imhoff)

No debe faltar la geometría, volumen, caudal de trabajo, captación y destino de gases –Imhoff.

Reactores químicos secundarios (reactores de oxidación –Fenton, ozono, etc.– y de reducción)

No debe faltar la geometría y materiales principales del reactor, volumen, profundidad útil, tipo de agitación, velocidades de trabajo, tiempos de reacción, reactivos y catalizadores, aclarando los rangos de concentración de trabajo, coadyuvantes; cuando corresponda caudal y concentración de aire enriquecido de ozono, especificación del generador de ozono, potencia de iluminación, fuente radiactiva, medidas de seguridad de proceso.

Para la separación de fases, puede corresponder coagulación y más comúnmente floculación y espesado, lo que debe detallarse.

Sistemas de pulido terciario (normalmente para fósforo)

Reactores fisicoquímicos (insolubilizador, coagulador, floculador)

No debe faltar la geometría y volumen del reactor, reactivos utilizados, el tipo de agitación y los datos necesarios para calcular gradientes de velocidad y tiempos de residencia.

Separadores (sedimentador terciario, filtro de lecho)

Para sedimentador terciario, corresponden los mismos datos especificados para el sedimentador secundario de barros activados.

Para filtros de lecho, tipo y granulometría del relleno, altura del lecho, área superficial, volumen del filtro, caudal máximo, presión de trabajo; frecuencia de ciclos de retrolavado, con o sin aire; destino de purgas.

Tratamiento de lodos (espesado, digestión y deshidratación)

Espesadores (por sedimentación, por flotación)

No debe faltar la geometría del equipo, su área superficial, volumen, profundidad, la presencia de barredor de fondo y superficie, los datos para calcular el gradiente de velocidad con que trabaja, bafles de detención y distribución, vertederos y destino del clarificado, caudales de trabajo, mecanismo de flotación –si corresponde.

Digestores (aeróbico, anaeróbico)

No debe faltar la geometría y el tipo de digestor, volumen, profundidad; para aeróbicos, número y tipo de aireadores mecánicos, cada uno con su potencia y eficiencia de transferencia de oxígeno, y/o cantidad y tipo de difusores, potencia y caudal de sopladores. Para anaerobios, especificación de turbinas, rangos de temperatura, AGV, pH y alcalinidad de trabajo, detalles del mecanismo para elevar la temperatura (serpentines, camisas, hornos, intercambiadores, etc.); volumen máximo de gas, especificación del equipo lavador de biogás, destino del mismo; medidas de seguridad de proceso.

Deshidratadores (filtros de bolsas, de placas, de bandas, de discos y anillas; playas de secado, centrífugas, geodesecadores)

No debe faltar, lógicamente, el tipo de deshidratador, su volumen, tamaño de poro o granulometría y constitución del lecho, área, geometría, uso de floculante y mecanismo de floculación, agregado de coadyuvantes (cal), consumo de agua para limpieza, destino del líquido filtrado, colector de sólidos y destino de los mismos, humedad de los barros deshidratados, caudal medio y máximo de trabajo, duración de cada batch o turno de funcionamiento.

Desinfección terciaria (clorinación, peroxidación, ozonización, luz uv, lagunas de maduración, etc.)

No debe faltar la geometría del equipo, volumen, profundidad; para clorinación y peroxidación, el reactivo, los baffles de detención, la forma de limpiar lodos acumulados; para ozonizado y luz uv, la especificación de generador de ozono o de los tubos y su número, la turbidez máxima soportada.

Tratamiento de lodos deshidratados (compostaje, vermicompostaje, etc.)

No debe faltar el área del sector, el número, tamaño y geometría de las biopilas (o las estructuras de compostaje que correspondan), la relación C/N de trabajo y cómo se mantiene, así como la humedad, el pH y la temperatura; procedimientos de bioaumentación y bioestimulación, si están previstos; especificación de los sistemas de volteo, chipeado, zaranda y tamiz; sistema de embalaje.

Tratamiento de emisiones gaseosas (biofiltros húmedos, columnas de adsorción, scrubbers, etc.)

No debe faltar el tipo de equipo y su geometría, volumen, altura, caudales o velocidades media y máxima de trabajo, altura del relleno o número de platos (para adsorción y biofiltros húmedos); destino del efluente generado (para biofiltros húmedos y scrubbers),

6.2 Plano o Croquis de Implantación (Lay Out)

El *lay out* de la estación depuradora de aguas residuales, debe presentar una vista en planta de la EDAR, que permita identificar fácilmente dónde está y cuál es cada equipo⁴.

El plano o croquis, debe ser en escala⁵ y estar adecuadamente orientado.

Los equipos productivos y otros que son externos a la EDAR, es conveniente que no se detallen gráficamente, aunque queden dentro del área representada. En vez de ello, lo mejor es zonificar esas áreas, indicando solamente qué se hace allí (producción, almacén, oficinas, etc.).

Las líneas de efluentes del *lay out*, deben permitir entender la interconexión entre los equipos involucrados en el tratamiento, el sentido de flujo, el ingreso de los efluentes crudos a la EDAR y la salida del agua tratada, barros, etc.

No se trata del *plano sanitario* –que también debe presentarse–, sino del “croquis” sencillo que permite identificar equipos y revisar la lógica del tratamiento, descrita en el *diagrama de proceso*.

Los caminos externos y cuerpos de agua, por ejemplo, deben representarse con su correspondiente identificación, si quedan dentro del área representada.

⁴ Si la EDAR consta de varios pisos, debe armarse un *lay out* para cada nivel o bien –si queda claro–, pueden representarse varios en la misma hoja.

⁵ La escala, alcanza con que sea “aproximada”.

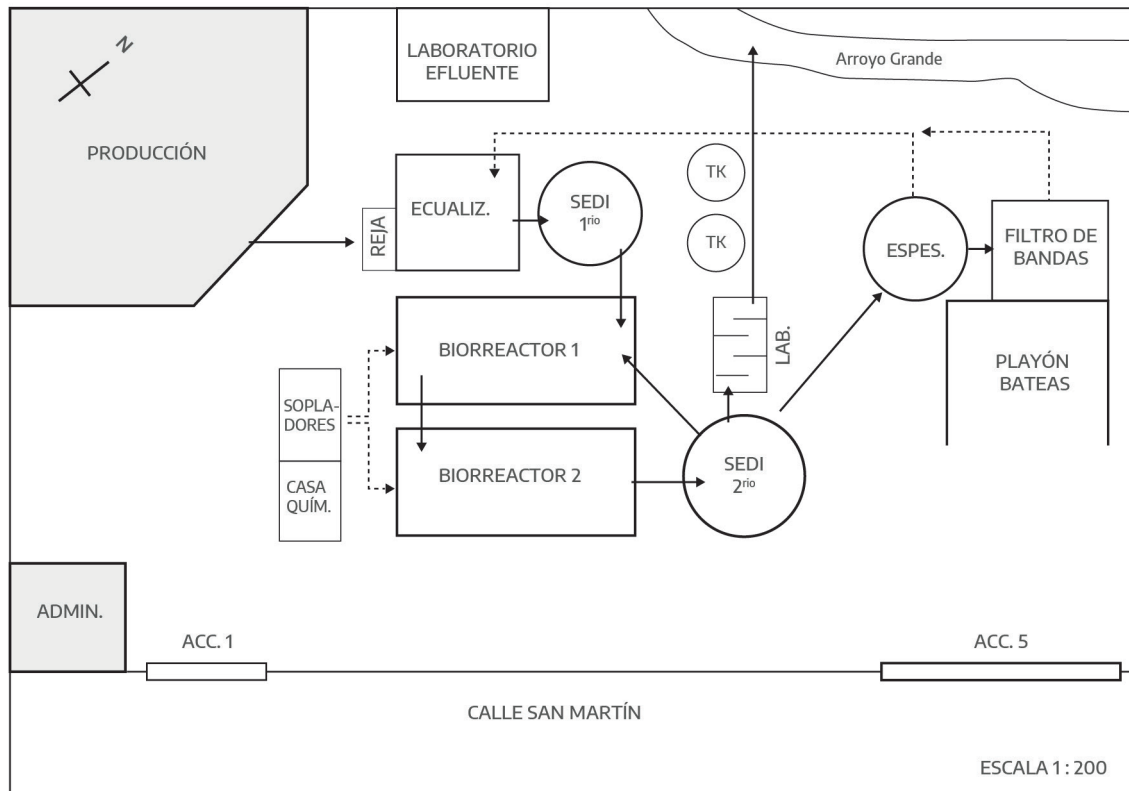


FIG. 27 – Ejemplo LAY OUT de planta depuradora en una industria

6.3 Perfil hidráulico

Se denomina *perfil hidráulico*, al nivel de líquido superficial o nivel piezométrico del recorrido del flujo, en cada una de las estructuras en donde se desarrolla un proceso u operación unitaria de la planta depuradora.

Requiere ser *calculado* y luego confeccionado por un especialista.

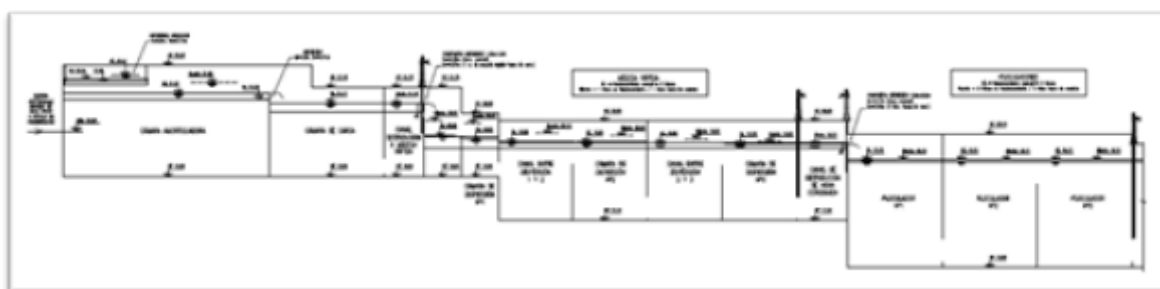


FIG. 28 – Ejemplo PERFIL HIDRÁULICO de planta depuradora (fuente: FCEIA UNR)

7. Requisitos para la presentación del plan de adecuación

En los términos de la Resolución ACUMAR 12/2019, el establecimiento que genere un impacto negativo en el aire, suelo, agua o en el ambiente en general, o incumpla los límites establecidos por la normativa vigente de ACUMAR en materia de efluentes líquidos, será declarado Agente Contaminante. Como consecuencia, deberá presentar un Plan de Adecuación y otros requerimientos que se indican a continuación.

Declaración de AGENTE CONTAMINANTE y tipos de PLANES DE ADECUACIÓN

El establecimiento que sea declarado Agente Contaminante (art. 24) mediante acto administrativo (Disposición de la Dirección General Ambiental –DGAMB–), deberá atender los considerandos donde se indican las causales de dicha declaración.

Asimismo, deberán contemplar las consideraciones técnicas indicadas en los considerandos de la Disposición, los que deberán verse reflejados en los objetivos, metas y actividades del Plan de Adecuación, con la finalidad de revertir las causales que motivaron esta declaración.

El Plan deberá cumplir con lo requerido en el Anexo I “Contenidos mínimos del Plan de Adecuación” de la Resolución ACUMAR 12/2019 y lo establecido en el art. 31 de la misma norma.

El tipo de Plan de Adecuación, determina el plazo para el cumplimiento de los objetivos, metas y actividades destinados a corregir los desvíos ambientales y, una vez aprobado, marcará la periodicidad de los Informes de Avance a presentar, con la finalidad de evaluar la ejecución de las actividades comprometidas en los plazos indicados según el Diagrama de Gantt que lo acompaña. Existen 3 tipos de planes cuyos plazos de presentación, ejecución y cantidad de informes a presentar son los siguientes:

a) Plan de Adecuación A: deberá presentarse dentro del plazo máximo de DIEZ (10) días hábiles de notificado el acto administrativo de intimación a presentar el Plan de Adecuación y podrá tener una duración máxima de hasta TRES (3) meses (art. 27, inc. a). Deberá presentar informes mensuales y un Informe Final al cumplir el plazo establecido para su ejecución (arts. 32 y 39).

b) Plan de Adecuación B: deberá presentarse dentro del plazo máximo de QUINCE (15) días hábiles de notificado el acto administrativo de intimación a presentar el Plan de Adecuación y podrá tener una duración máxima de hasta SEIS (6) meses (art. 27, inc. b). Deberá presentar informes bimestrales y un Informe Final al cumplir el plazo establecido para su ejecución (arts. 32 y 39).

c) Plan de Adecuación C: deberá presentarse dentro del plazo máximo de TREINTA (30) días hábiles de notificado el acto administrativo de intimación a presentar el Plan de Adecuación y podrá tener una duración máxima de hasta DOCE (12) meses. La Dirección General Ambiental (DGAMB) podrá otorgar excepcionalmente una extensión del plazo, cuando por razones debidamente justificadas, el establecimiento acredite que la ejecución del Plan de Adecuación presentado supera el plazo establecido, el cual no podrá ser superior a VEINTICUATRO (24) meses (art. 27, inc. c). Deberá presentar informes trimestrales y un Informe Final al cumplir el plazo establecido para su ejecución (arts. 32 y 39).

En todos los casos, ACUMAR podrá exigir el cumplimiento de requerimientos adicionales a los expresamente indicados en el acto administrativo.

Una vez presentado el Plan de Adecuación, en el marco del análisis técnico-jurídico que se realiza, puede ocurrir que las presentaciones sean incompletas y/o se requiera documentación adicional para un adecuado análisis.

En estos casos se envía una Nota, intimando a subsanar los requerimientos dentro del plazo máximo de DIEZ (10) días hábiles, debiendo presentar lo solicitado considerando todas las observaciones realizadas en la Nota, bajo apercibimiento de rechazar el Plan y aplicar las sanciones correspondientes, pudiendo disponerse en forma simultánea o sucesiva la medida preventiva de clausura (art. 34).

Firmas del PLAN DE ADECUACIÓN

El Plan de Adecuación, la documentación que se presente, los Informes de Avance y el Informe Final, revisten carácter de declaración jurada. Por tal motivo deberán estar firmados por el responsable legal o mandatario con poder suficiente y por un profesional matriculado con incumbencias específicas en la materia e inscripto en los registros locales pertinentes (art. 42).

El objetivo de estos requisitos es simple, quien firma en representación de un establecimiento, debe acreditar en calidad de qué lo hace. Si es un apoderado, deberá presentar un poder otorgado mediante instrumento público en el que conste que quien lo otorga tiene facultades para hacerlo. Igual situación para aquellas personas jurídicas como cooperativas, las que deben acreditar, en primer lugar la calidad de socio, luego la elección por parte de una asamblea como parte del consejo de administración y por último, el acta de éste donde se distribuyen cargos. Se debe responder a la pregunta ¿por qué firma quien firma?

En cuanto al profesional matriculado con incumbencias específicas en la materia, supone idoneidad para llevar adelante el Plan de Adecuación. El requisito de inscripción en el Registro local respectivo, se debe a que éste es el que habilita a realizar presentaciones ante las autoridades competentes de estas jurisdicciones. En el caso de ACUMAR, al ser una autoridad interjurisdiccional, requiere que la inscripción sea en la autoridad de la provincia de Buenos Aires o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, según el establecimiento se encuentre en una u otra jurisdicción. Por ese motivo, se deberá acompañar junto al Plan de Adecuación, la matrícula del profesional y la inscripción en el Registro profesional, según la jurisdicción donde se encuentre el establecimiento (OPDS, en el caso de la provincia de Buenos Aires, o APrA, en el caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires).

SEGURO AMBIENTAL OBLIGATORIO

En cumplimiento del art. 22 de la Ley 25.675, todo aquel que realice actividades riesgosas para el ambiente, deberá contratar un seguro que garantice el financiamiento de la recomposición del daño ambiental.

De acuerdo a los art. 9 y 30 de la Resolución ACUMAR 12/2019, la obligatoriedad de contar con un seguro ambiental dependerá de la situación del establecimiento, según lo siguiente:

- Las actividades del establecimiento, ¿están incluidas en el Anexo I de la Resolución SAyDS N° 177/2007 y sus modificatorias?

- NO. → El establecimiento deberá indicar que no tiene obligación de contar con seguro ambiental, debido a la ausencia de sus actividades en dicho Anexo.

- SI. → El establecimiento debe realizar el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA), según el Anexo II de la misma norma. ¿Qué valor de NCA resulta?

- Menor o igual a 14 puntos. → El establecimiento deberá presentar, junto con el Plan de Adecuación, un informe con el desarrollo del cálculo del NCA acorde al Anexo II indicado, firmado por un profesional o técnico con incumbencias en la materia.

- Mayor o igual a 14,5 puntos. → El establecimiento deberá presentar, junto con el Plan de Adecuación, la póliza del seguro ambiental vigente, que deberá incluir a ACUMAR como asegurado o coasegurado.

En resumen, en el marco del Plan de Adecuación, se debe presentar:

1. Plan de Adecuación firmado por el responsable legal o mandatario y el responsable técnico. Debe contener descripción de objetivos, metas, actividades e indicadores de avance, y Diagrama de Gantt de actividades e inversiones (Anexo I- Resolución ACUMAR 12/2019).
2. Respecto al Responsable legal: Poder/Documentación que acredite la representación.
3. Respecto al Responsable técnico: Matrícula e Inscripción en el Registro de la jurisdicción donde se encuentre el establecimiento (OPDS en Prov. de Bs. As. o APRA en CABA)
4. Póliza de Seguro Ambiental vigente o el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA), firmado por un profesional o técnico con incumbencias en la materia.

A considerar por agentes contaminantes con desvíos en efluentes líquidos

Cuando las causales de la declaración de Agente Contaminante se debieran a resultados de una toma de muestra que haya arrojado alguno o varios analitos fuera de los valores regulados por la normativa vigente de ACUMAR, se recomienda presentar la siguiente información con el Plan de Adecuación, también firmada por el responsable legal o mandatario y el responsable técnico:

A. Datos generales de la actividad

- a. Localización del establecimiento
- b. Actividades principales y secundarias
- c. Dotación de personal (incluyendo contratistas y tercerizados), con esquema de turnos de trabajo.
- d. Capacidad instalada y nivel de producción actuales; proyección de crecimiento a un horizonte temporal razonable.

B. Balance de agua del establecimiento (entradas, generación/destrucción, salidas).

C. Diagrama de bloques de proceso productivo o actividad, con ingresos y egresos (materias primas, agua, efluentes, emisiones gaseosas, residuos, etc.).

D. Plano sanitario del establecimiento y, de corresponder, las modificaciones propuestas en el Plan de Adecuación. Incluir localización de las Cámaras de Toma de Muestras y Medición de Caudales (CTM-MC).

E. Caracterización de los efluentes líquidos crudos (sin tratar).

F. Cronograma de vuelcos, en caso de ser discontinuos o periódicos.

G. Diseño conceptual del proceso depurativo, incluyendo:

- a. Objetivos del tratamiento, acorde al destino del vuelco.
- b. Diagrama de bloques de la planta de tratamiento, con su correspondiente descripción.
- c. Diagrama de procesos de la planta de tratamiento, con su correspondiente descripción.

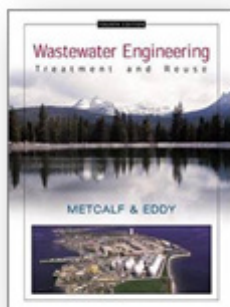
H. Ingeniería básica del proceso depurativo, incluyendo:

- a. Dimensiones, características técnicas y operativas de cada equipo involucrado en la planta de tratamiento.
- b. Lay out (croquis) de la planta de tratamiento.
- c. Perfil hidráulico de la planta de tratamiento.

8. Bibliografía de referencia

Esta Guía se diseñó y elaboró en la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). Una de las fuentes de información empleadas, fue la investigación *ad hoc* que la Universidad Nacional de San Martín, llevó a cabo en conjunto con el organismo.

Se incluye a continuación, un listado de fuentes de información recomendadas, para las tareas de ingeniería sanitaria y ambiental, involucradas en lo que hace al tratamiento de aguas residuales. La lista no es para nada excluyente.



Metcalf & Eddy - Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery

Autores: Burton, Tchobanoglous y Tsuchihashi

Editorial: McGraw-Hill

Ediciones nuevas en inglés y anteriores en castellano

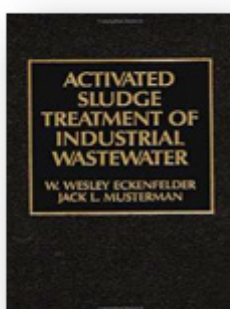


Grady – Biological Wastewater Treatment

Autores: Grady, Daigger, Love y Filipe

Editorial: IWA

Edición en inglés



Eckenfelder & Musterman – Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater

Editorial: Technomic Publishing Co. Inc.

Edición en inglés

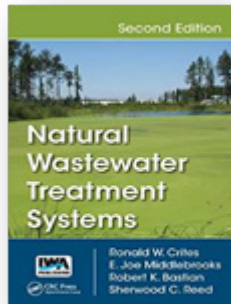


IWA – Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño

Autores: López Vázquez, Buitrón Méndez, García y Cervantes Carrillo

Editorial: IWA

Ediciones en inglés y en castellano

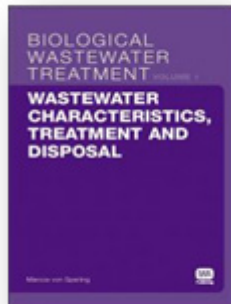


Crites - Natural Wastewater Treatment Systems

Autores: Crites, Middlebrooks, Bastian y Reed

Editorial: IWA

Edición en inglés

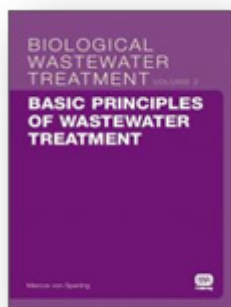


Sperling 1 - Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal

Autor: von Sperling

Editorial: IWA

Edición en inglés

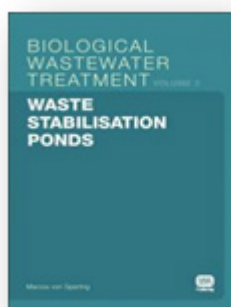


Sperling 2 – Basic Principles of Wastewater Treatment

Autor: von Sperling

Editorial: IWA

Edición en inglés



Sperling 3 – Waste Stabilisation Ponds

Autor: von Sperling

Editorial: IWA

Edición en inglés

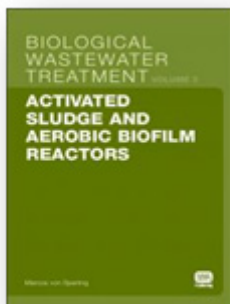


Sperling 4 – Anaerobic Reactors

Autor: Lemos Chernicharo

Editorial: IWA

Edición en inglés

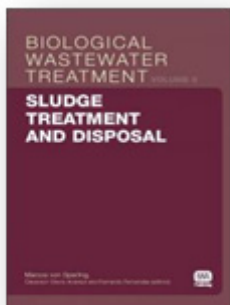


Sperling 5 – Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors

Autor: von Sperling

Editorial: IWA

Edición en inglés



Sperling 6 – Sludge Treatment and Disposal

Autores: Andreoli, von Sperling, Fernandes y Ronteltap

Editorial: IWA

Edición en inglés

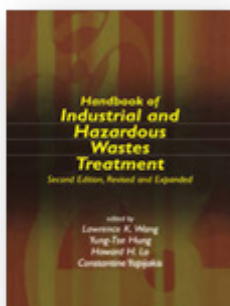


Sperling 7 – Treatment Wetlands

Autores: Dotro, Langergraber, Molle, Nivala, Puigagut, Stein y von Sperling

Editorial: IWA

Ediciones en inglés y castellano



Wang – Handbook of Industrial and Hazardous Waste Treatment

Autores: Wang, Hung, Lo y Yapijakis

Editorial: Marcel Dekker Inc.

Edición en inglés

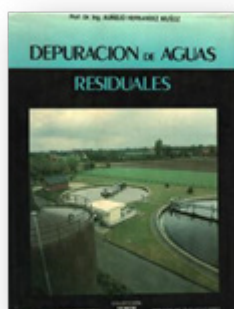


Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Autores: Baird, Eaton y Rice

Editorial: AWWA

Edición en inglés



Hernández Muñoz – Depuración de aguas residuales

Autor: Hernández Muñoz

Editorial: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

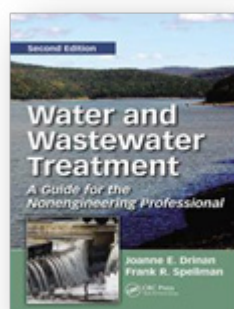
Edición en castellano



Manual de depuración de aguas residuales urbanas

Autores: Alianza por el Agua (Centroamérica)

Edición en castellano



Spellman – Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional

Autor: Drinan y Spellman

Editorial: CRC Press

Edición en inglés

- <https://prtr-es.es/documentos/documentos-mejores-tecnicas-disponibles>

