



PROBLEMÁTICA DE NITROGENO EN PLANTAS DEPURADORAS Y BENEFICIOS DEL CONTROL ONLINE DE SU CONCENTRACIÓN

Procedencia del nitrógeno en el agua residual

Las plantas depuradoras reciben aguas residuales con un alto contenido en nitrógeno, que puede presentarse de 4 formas distintas principalmente: amoníaco – amonio ($\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$), nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-) o nitrógeno orgánico. La procedencia de dicho componente es muy amplia, siendo las principales causas:

- Agricultura: debido a los fertilizantes nitrogenados que se filtran posteriormente en el la tierra y llegando hasta los puntos acuíferos.
- Ganadería: los excrementos de los animales son ricos en nitrógeno. Los distintos tipos de ganadería (porcina, vacuna, mataderos, etc.) suele aportar entre 200 y 2300 mg/L de nitrógeno como amonio.
- Contaminación atmosférica: los óxidos de nitrógeno provocan la lluvia ácida, llegando posteriormente a las depuradoras
- Actividad industrial: se pueden verter productos nitrogenados, además de muchos otros componentes tóxicos. Las aguas residuales de las industrias pueden tener una concentración de entre 300 y 2000 mg/L de N-NH_3
- Actividad forestal: los residuos forestales que se dejan en las aguas se degradan aportándole todo el nitrógeno de las plantas al agua.

Entre las diferentes formas químicas en las que puede estar presente el nitrógeno, el amonio es la principal.

Problemática: la eutrofización

La eutrofización es el aporte en exceso de nutrientes (principalmente Nitrógeno y Fósforo) en un sistema acuático, produciendo la proliferación descontrolada de algas. El crecimiento desmedido de las algas en medios acuáticos como lagos, ríos, embalses, etc. provoca un consumo elevado del oxígeno del agua, aportando materia orgánica. Los efectos adversos derivados son:

- Baja calidad del agua, pudiendo provocar problemas respiratorios y de salud en humanos
- Afectar a la vida piscícola de la zona, ya que la baja cantidad de oxígeno puede llegar a ser incompatible con la vida de los peces.
- Afectar a los cauces, inhabilitando la navegación por ellos.
- Consecuencias indirectas para pájaros y mamíferos, ya que se dan situaciones idóneas para la proliferación de bacterias que producen toxinas letales para estos.

Legislación vigente en España

Según la directiva EU 91/271/CEE, los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas depende de las capacidades de la planta, usando la unidad de medida habitante equivalente (h-e), que es la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 50 gramos de oxígeno por día. Así, se establecen los siguientes límites de vertido:

- 15 mg/L N para plantas de 10.000 a 100.000 h-e
- 10 mg/L N para plantas > 100.000 h-e

Además, en ambos casos se exige un porcentaje mínimo de reducción de entre el 70 y el 80%, reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

Sin embargo, la creciente problemática y preocupación que la eutrofización provoca, se prevén medidas de control más exhaustivas en las plantas depuradoras, especialmente de grandes núcleos urbanos y con más recursos económicos.

Sistemas de eliminación del nitrógeno

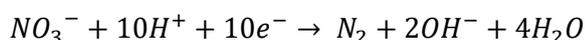
En la actualidad existen diversos métodos de eliminación o reducción del nitrógeno en las aguas residuales, tales como el proceso de nitrificación – desnitrificación, proceso físico – químico u oxidación electroquímica, o procesos en fase de estudio como *Anammox*. Sin embargo, el primero es el principal usado por las EDAR.

El proceso de nitrificación – desnitrificación se divide en dos procesos:

- Proceso de nitrificación: es un proceso microbiológico por el cual el amonio es oxidado por bacterias en presencia de oxígeno y carbono inorgánico. Este proceso por si solo no elimina el nitrógeno, sino que lo transforma en otro componente (NO_3^-). Es por ello necesario el proceso de desnitrificación. La reacción química que tiene lugar es



- Proceso de desnitrificación. El nitrato es reducido a nitrógeno molecular gas (gas inerte) por la acción de bacterias heterótrofas en ausencia de oxígeno y presencia de carbono orgánico, siguiendo la reacción



El proceso comentado tiene requiere de adición de oxígeno durante el proceso de nitrificación a través de aireación. Su consumo eléctrico es uno de los costes variables más importantes de la eliminación de nitrógeno y suele ser uno de los principales factores que limitan el sistema. Por otro lado, durante el proceso de desnitrificación, suele ser necesaria la adición de carbono orgánico de manera externa al propio proceso.

Ventajas del análisis y control online de la concentración de amonio – nitrato – nitrito

Tal y como se indica en el punto anterior, el consumo eléctrico y la aportación carbono orgánico constituyen dos de los costes de operación importantes en el proceso de eliminación de nitrógeno. Es por ello que el control preciso de la concentración de amonio al inicio del proceso permite que la adición de oxígeno sea la necesaria en cada momento, sin añadir más cantidad de la necesaria. A su vez, esto permite reducir o aumentar el proceso de aireación y con ello, ajustar el consumo eléctrico del proceso, consiguiendo un sistema eficiente.

Por otro lado, el control de nitratos y nitritos durante el proceso posibilita a su vez obtener también un sistema más eficiente, permitiendo controlar las variables que intervienen en el proceso, así como la adición necesaria y exacta en cada momento de carbono orgánico.

Así pues, las principales ventajas del control son tener un sistema monitorizado y bajo control en todo momento para poder adoptar medidas sobre él y el ahorro económico eléctrico y de compuesto químico (Carbono Total), como podría ser la adición de metanol.

Ejemplo de ahorro económico

Según estudios realizados en la Comunidad Valenciana durante la década de 2010, el consumo energético promedio mensual era de 0,42 kWh/m³. Sin embargo, se comprobó en el estudio que cuanto mayores son los diseños de las plantas menor era el consumo. Así, para plantas de diseño de 500.000 h-e el consumo era de 0,36 kWh/m³ o 0,30 kWh/m³ para plantas de 1.000.000 h-e.

En las depuradoras, el consumo en el proceso de aireación representa entre el 30 y el 60% del consumo. Así, cogiendo un valor medio de 45%, el consumo energético destinado al proceso de nitrificación es de entre 0,162 y 0,135 kWh/m³ en aquellas plantas mayores de 500.000 h-e. Para una planta tipo que trata 100.000 m³, el consumo asciende a 16.200 – 13.500 kWh al mes. Estableciendo que el control del amonio permite una mejora de un 5% en el consumo, **el ahorro es de entre 810 – 675 kWh mensuales.**

Comparativa entre sondas de medición y analizadores

Existen en el mercado dos métodos principales para el control online de los componentes nitrogenados. Las sondas de medición de amonio o nitrógeno tienen la ventaja que se pueden introducir directamente en la muestra a tratar, dando un resultado instantáneo de la concentración y requiriendo, teóricamente, menos mantenimiento. Sin embargo, al tratar con muestras tan sucias, la cantidad de otros componentes es muy elevada, interfiriendo considerablemente en las medidas y reportando, en muchos de los casos, errores alejados de la concentración real aunque en sus especificaciones indiquen altas precisiones, incluso a inferiores al 5%. Esto conlleva, que en la práctica, necesiten ser calibradas con mucha frecuencia (incluso semanalmente), aumentando así el mantenimiento del equipo. Por ejemplo, la concentración de nitritos y cloruros suele ser elevada en este tipo de aguas, siendo dos grandes interferentes en la medida. Por último, en los analizadores, aunque necesitan un mantenimiento preventivo, permiten acondicionar previamente la muestra eliminando las interferencias y ofreciendo valores más precisos, teniendo así un control más exacto y verídico del proceso.

	Ventajas	Inconvenientes
Sondas de medida directa	<ul style="list-style-type: none"> • Medida directa de la muestra • Bajo mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin posibilidad de tratar la muestra • Baja precisión en la medida
Analizador	<ul style="list-style-type: none"> • Medida más precisa • Tratamiento de la muestra, permitiendo eliminar interferencias • Más robusto 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y control del equipo en función de las especificaciones del equipo • No ofrece una medida inmediata, sino que necesita hacer un proceso de medición (10-15 min) • Consumo de reactivos

Instran de Amonio – Nitratos – Nitritos®



El analizador online Instran es un analizador que permite monitorear en continuo la concentración de distintos parámetros, entre los cuales están amonio, nitrato o nitrito, con una frecuencia de 10 a 15 minutos en función del parámetro en cuestión.

Los específicos sistemas de limpieza del equipo permiten tratar con aguas residuales de depuradoras, sin verse afectadas las medidas con interferencias cruzadas en subsiguientes análisis ni obstruir los sistemas de circulación de fluido. Su sencillo diseño hace que los operarios de planta se familiaricen rápidamente con el equipo y que su mantenimiento sea muy bajo, reduciendo el inconveniente que provocan los mantenimientos de los analizadores. Todas estas características hacen del Instran un analizador único en el mercado con unas prestaciones excepcionales para el control de componentes nitrogenados en plantas depuradoras y su consiguiente ahorro económico, además de cumplir con las legislaciones vigentes.

Instran Amonio®

El analizador de amonio destaca por un método sencillo que permite evitar las interferencias habituales de la medida de este parámetro en aguas residuales. Además, el sistema de adición conocida usado como técnica de medida permite corregir en cada análisis posibles variaciones que se puedan dar en la matriz de la muestra. Por último, el bajo consumo de reactivos (0.5 mL/análisis) para cada uno de los dos reactivos usados, hacen del *Instran Amonio®* el mejor analizador online del mercado.

Instran Nitrato®

La cantidad de cloruros y nitritos en aguas residuales dificultan la medida de nitratos ya que son interferentes. Las sondas de medida, al no poder acondicionar la muestra, tienen problemas para evitar el efecto de cloruros y nitritos. Además, si la concentración de los parámetros mencionados es muy cambiante dificulta aún más su corrección.

Sin embargo, el *Instran Nitrato®* adiciona un reactivo previo que permite acondicionar la muestra, eliminando las interferencias de cloruros y nitritos, otorgándole una fiabilidad única en los analizadores de nitrato. Por otro lado, al usar el mismo método de medida que el *Instran Amonio®* también permite corregir constante más las variaciones de la matriz de la muestra.

Instran Nitrito®

El sistema de medida colorimétrico en el que se basa su funcionamiento no se ve afectado por el color de la muestra debido a la corrección que el analizador hace antes de cada análisis. Además, el intenso color rosáceo que se desarrolla cuando los nitritos reaccionan con los reactivos hacen de él un método muy sensible a la concentración de NO_2^- . Una vez más, el bajo consumo de reactivos (0,4 mL/análisis) para cada uno de los reactivos usados hacen del *Instran Nitrito®* una sencilla y magnífica opción para el control de nitritos en la muestra.

Experiencia Instran de Nitratos® - Demo UTE Artigas

De los parámetros comentados anteriormente, el control de Nitratos es el que presentaba más problemas debido a las interferencias de nitritos y sobre todo de cloruros que se encuentran generalmente en la muestra a analizar. Por ello, desde Instrumentación Analítica se trabajó en una metódica capaz de eliminar la influencia de los parámetros mencionados. Una vez desarrollado el reactivo, el equipo fue testado durante 1 mes en la planta de tratamiento de lixiviados de Artigas, en el municipio de Alonsotegui, perteneciente a la diputación de Vizcaya. A la par que el analizador iba trabajando en continuo durante las 5 semanas, el personal de la planta, de manera puntual, hacía análisis de nitratos en el laboratorio para así comprobar si los resultados obtenidos eran reales o no. En la Figura 1 se observa en color azul la evolución de N-NO_3 a lo largo de los días, pudiéndose detectar cuando había picos de concentración y poder así actuar sobre la planta, además de tener el control en continuo. En color naranja se muestran los análisis hechos por los técnicos de laboratorio de UTE Artigas, demostrando que los picos que se observan se deben a aumentos reales de concentración y no a error del equipo.

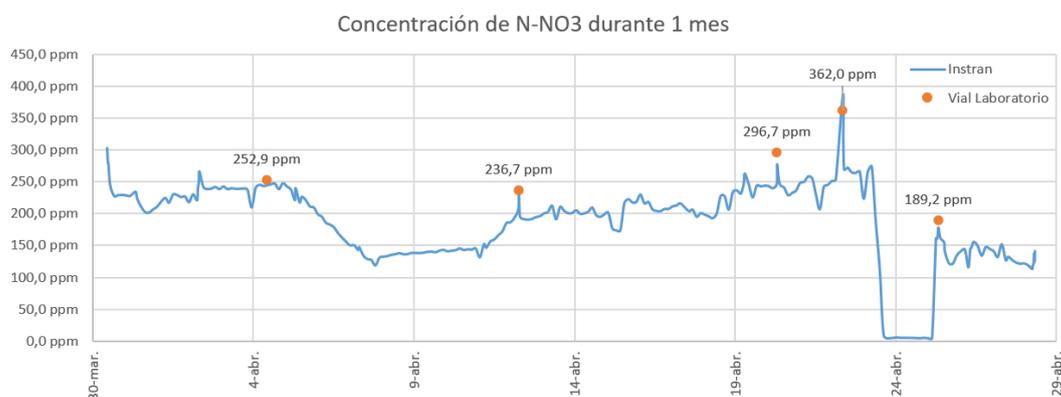


Figura 1. Concentración de N-NO_3 durante el mes de prueba de Instran Nitratos®

Para más información específica del analizador, contactar con:

jc.salvador@instru.es

sofia.f@instru.es

carlos.salinas@instru.es

o visitar la página web

<https://www.instru.es/analizador-on-line-para-parametros-fisicos-y-quimicos-en-muestras-liquidadas>