

Medición de valores límite bajos de ortofosfato mediante el Phosphax sc LR

Problema

Debido a la mayor restricción de los valores límite de efluente de fosfato, en el futuro se exigirán concentraciones mucho más bajas y, como resultado, aumentará la demanda de agente precipitante. La tecnología de medición en continuo implementada está sujeta a requisitos estrictos para garantizar el cumplimiento fiable de los valores límite bajos en todo momento, al mismo tiempo que se mantiene el uso económico de agente precipitante.

Normalmente se usan dos métodos fotométricos para el análisis continuo de ortofosfato: el método azul de molibdeno y el método del vanadato-molibdato (método amarillo).

Solución

Para aumentar la exactitud de medición en el rango bajo y eliminar la influencia de la autocoloración, Hach® ha optimizado el método de medición con un nuevo instrumento de medición, el Phosphax sc LR (rango bajo). Los principales cambios en comparación con el instrumento de medición anterior son los siguientes: el reactivo mezclado utilizado en el rango medio y alto de medición se ha dividido y la secuencia de dosificación se ha modificado. En el rango bajo de medición, el ácido se dosifica primero, después se realiza un proceso de puesta a cero y por último se dosifica el reactivo de color (método amarillo 2.0). Esto elimina la influencia de cualquier posible autocoloración de las aguas residuales. También hay una solución estándar, y la unidad fotométrica se ha rediseñado para ofrecer ahora un camino óptico mayor.

Ventajas

El método amarillo 2.0 ofrece ventajas frente al método azul de molibdeno. Los reactivos necesarios se pueden almacenar durante varios meses y no requieren refrigeración. Además, los costes de mantenimiento son relativamente bajos. Como las sustancias amarillentas en el agua pueden afectar al valor medido cuando se utiliza este método de medición, el efecto se compensa mediante procedimientos de calibración automáticos. Antes se consideraba que el proceso azul de molibdeno era el método de medición más exacto en bajas concentraciones.



El Phosphax sc LR está conectado a Claros, the Water Intelligence System de Hach, que permite conectar y gestionar instrumentos, datos y procesos de forma sencilla en cualquier momento y desde cualquier lugar. Para aprovechar todo el potencial de Claros, asegúrese de solicitar equipos habilitados para Claros. Más info en hach.com/claros

Antecedentes

Una gran asociación de tratamiento de aguas residuales a nivel regional gestiona un total de 59 plantas de tratamiento de aguas residuales, y en sus instalaciones se usan numerosas tecnologías de medición. Los tests en profundidad de equipos técnicos que se usarán posteriormente en las plantas son fundamentales para garantizar que se cumplan siempre los últimos requisitos de tratamiento de aguas residuales. Hach lleva muchos años colaborando con esta asociación, y recientemente ha puesto en marcha la iniciativa de una versión prototipo del nuevo analizador Phosphax sc LR.

La solución en tres ubicaciones diferentes

Durante un periodo de tres meses, se realizaron numerosas mediciones en paralelo utilizando diversos instrumentos de medición en tres plantas de tratamiento de aguas residuales diferentes, así como mediciones comparativas basadas en el análisis de laboratorio para el método azul y el método amarillo.

Planta de tratamiento 1:

Se utiliza un Phosphax sc en la primera planta de tratamiento de aguas residuales en el proyecto de prueba, con un enfoque en la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ en el efluente desde el tanque de aireación. Las muestras se tratan previamente mediante el sistema de filtración de tipo Filtrax.

El nuevo Phosphax sc LR se instaló en paralelo a esta medición. En el siguiente gráfico se muestra una comparativa de los resultados de la medición. El gráfico del Phosphax sc LR muestra un menor rango de fluctuación y proporciona unos resultados de medición ligeramente inferiores en el rango de muy baja concentración.

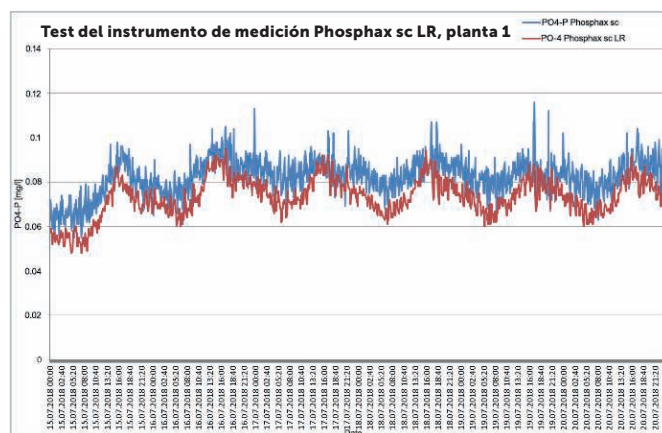


Figura 1: Gráfico de la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ en mg/L del 15 al 20 de julio de 2018

Planta de tratamiento 2:

En la segunda planta se realizó un test para determinar la concentración de fosfato en el efluente. El Phosphax Sigma usa el método azul de molibdeno (método azul) para determinar la concentración de fósforo total (P_{tot}) y la concentración de ortofosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) en intervalos. El valor de P_{tot} se determina cuando se tienen en cuenta los sólidos que sigue habiendo en la muestra, lo que significa que no se filtra la muestra. Como la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ puede verse distorsionada por las partículas de la muestra, se instaló un Phosphax sigma adicional para este test y se conectó el sistema de filtración Filtrax aguas arriba. Esto permitió probar directamente los métodos azul y amarillo uno junto al otro. En el siguiente gráfico se muestra una comparativa de los resultados de la medición.

En la Figura 2 se muestra una comparación de la curva de equilibrio de la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ tal y como se midió mediante el Phosphax sc LR. La concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ medida usando el método azul es comparable, pero la curva es ligeramente más irregular. No se ha podido identificar ninguna ventaja en la precisión del método azul en comparación con el método amarillo. La muestra se analizó sin filtrar mediante el instrumento de medición en la planta de tratamiento de aguas residuales. Aquí, la influencia de la turbidez incluida en la medición es claramente visible. Cuanto mayor es la proporción de turbidez, mayor es la desviación de la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ medida en comparación con los instrumentos de medición con filtración de la muestra aguas arriba.

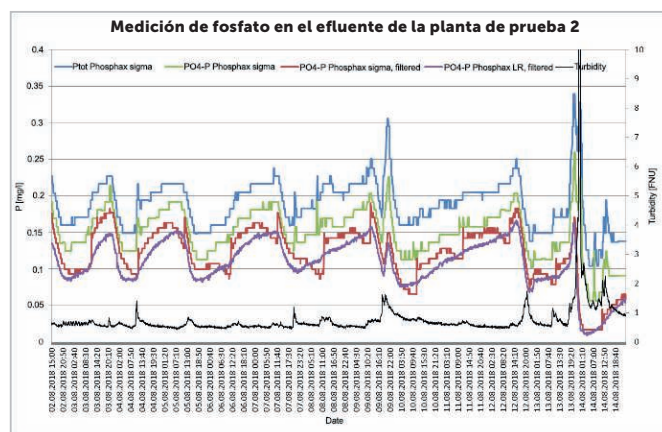


Figura 2: Gráfico de la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ en mg/L del 2 al 14 de agosto de 2018

Planta de tratamiento 3:

En la tercera planta se midió el P-total en el efluente con el Phosphax Sigma (método azul). El ortofosfato se midió mediante el instrumento de medición Phosphax inter (método amarillo) probado. La muestra se filtró mediante el acondicionador de muestra Filtrax para este fin. Se colocó el Phosphax sc LR justo al lado de este instrumento y se le suministró la misma muestra.

Los valores medidos de los analizadores de $\text{PO}_4\text{-P}$ se correlacionan muy bien entre sí (consulte la información del gráfico). Aquí también se puede ver que el gráfico del Phosphax sc LR tiene una progresión mucho más estable. La concentración de fósforo total es en consecuencia mayor debido a la codeterminación del contenido de fósforo no disuelto en la muestra.

Durante el trabajo de limpieza realizado varios días después de empezar el periodo de prueba, se introdujeron partículas en la entrada de muestras del receptor de estas. Esto provocó un aumento a corto plazo de la concentración de fósforo medida (consulte la Figura 3), pero no afectó al efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

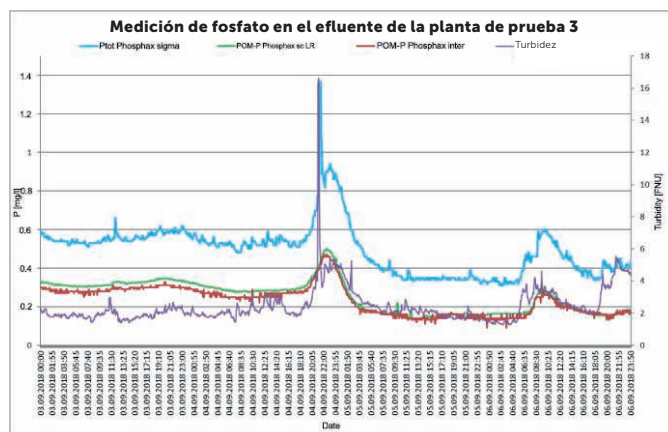


Figura 3: Gráfico de la concentración de $\text{PO}_4\text{-P}$ en mg/L del 3 al 9 de septiembre de 2018

Evaluación de los resultados de medición

Durante la fase de prueba, se realizaron mediciones comparativas en el laboratorio mediante las cubetas test de Hach de acuerdo con el método estándar: DIN 38405 D11-4 (método azul). En el gráfico de la Figura 4 se muestra una comparativa de los valores medidos en relación con los resultados de las cubetas test. En las Figuras 5 y 6 se muestran los valores medidos en los diagramas de dispersión. En los gráficos se muestra que la recta de regresión lineal del nuevo instrumento de medición Phosphax sc LR, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,98$, es más coherente con los resultados de laboratorio que el método de medición anterior, donde $R^2 = 0,90$.

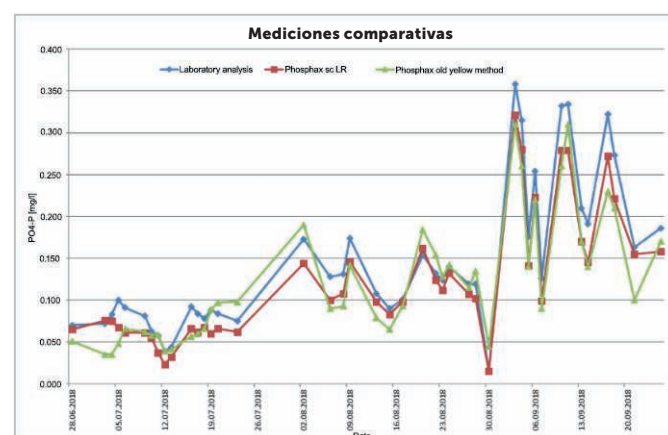


Figura 4: Mediciones comparativas en el laboratorio, en mg/L, usando cubetas test

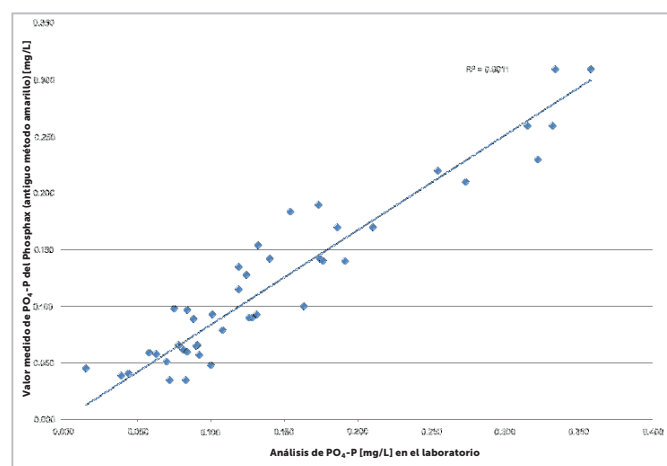


Figura 5: Diagrama de dispersión de los valores medidos en el laboratorio y por el Phosphax sc (antiguo método amarillo) en mg/L

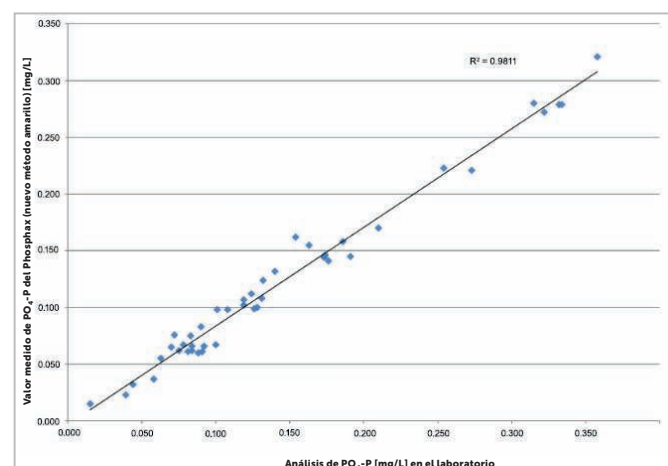


Figura 6: Diagrama de dispersión de los valores medidos en el laboratorio y por el Phosphax sc LR (nuevo método amarillo) en mg/L

Suministros operativos y de mantenimiento

Durante el periodo de prueba de aproximadamente tres meses, no se realizó ningún trabajo de mantenimiento en el analizador, excepto inspecciones visuales. No fue necesario rellenar ni sustituir los reactivos ni los fungibles. El consumo de reactivos se puede utilizar para estimar el consumo anual de dos sets de reactivos para un intervalo de medición de diez minutos. El nuevo analizador es aproximadamente un

20 % más caro que el Phosphax sc, y el coste del set de reactivos y la tasa de consumo de reactivos también han aumentado. En comparación, el método azul de molibdeno es considerablemente más caro. En contraste con el método amarillo, también se puede usar el Phosphax sigma para determinar la concentración de fosfato total en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la concentración de fosfato total no es relevante para la precipitación de fosfato.

	Phosphax sc	Phosphax sc LR	Phosphax sigma (P_{tot} o $PO_4\text{-P}$)
Método de medición	Fotómetro de doble haz, método amarillo		Método azul de molibdeno de conformidad con DIN
Rango de medición	0,05 - 15 mg/L	0,015 - 2 mg/L	0,01 - 5,0 mg/L
Intervalo med.	5 - 120 min	10 - 120 min	10 min aprox.
Incertidumbre en la medición	2 % + 0,05 mg/L	2 % + 0,015 mg/L	2 % + 0,02 mg/L
Fungibles anuales	224 €		640 €
Set de reactivos	151 €	337 €	568 €
Reactivos al año	200 €	674 €	2.375 €

Tabla 1: Datos técnicos y costes, diciembre de 2018

Conclusión

En el futuro, los operarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales tendrán que adaptar sus operaciones para cumplir los valores de límite inferior para el vertido de fosfato en masas de agua. Esto implica mayores exigencias en los procesos de limpieza y en la exactitud de la tecnología de medición. Se necesitan instrumentos de medición exactos para los rangos bajos para conseguir una dosificación económica de agente precipitante. Con esto en mente, Hach ha desarrollado un nuevo analizador de procesos en continuo de $PO_4\text{-P}$ para el rango bajo mediante el método amarillo. Este instrumento de medición ya se ha probado en numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales.

El Phosphax sc LR mostró menores desviaciones de los valores comparativos de los análisis de laboratorio que los instrumentos de medición ya existentes, que usan el método

amarillo. También se mostró un rango de fluctuación sistemáticamente inferior en el gráfico. El mantenimiento es escaso y no se produjeron fallos. El instrumento de medición Phosphax sc LR está recomendado para la monitorización y el cumplimiento de bajas concentraciones de $PO_4\text{-P}$ en el efluente. Debido a la gran exactitud de medición y al rango de fluctuación bajo de los resultados de la medición, se puede usar el agente precipitante de forma más económica, ya que los valores de umbral de la dosificación se pueden definir con mayor exactitud.

A pesar del desembolso ligeramente más alto para cubrir los reactivos y el coste de adquisición, hay una ventaja económica respecto a un analizador de procesos basado en el método azul.