

Medición en línea de la DQO mediante correlación del coeficiente de absorción espectral de luz uv¹

Juan Diego Ramos Ascue²

RESUMEN

Introducción. La materia orgánica es un factor causante del deterioro del medio natural y de las aguas superficiales, sin embargo, la medida directa y continua de esta, ya sea COT, DBO₅, DQO, tienen un nivel de dificultad y costo relativamente alto. Un método utilizado para monitorear la carga orgánica en tiempo real es mediante el coeficiente de absorción espectral a una longitud de onda de 254nm (SAC254). **Objetivo.** Evaluar la precisión y el nivel de correlación de datos de la DQO y valores de SAC254. **Materiales y métodos.** Se realizaron dos pruebas prácticas de sistemas de medición de carga orgánica con esta tecnología (SAC254), tanto en una PTAR de agua residual de la empresa Sedapal como en una PTAR industrial de la papelería Protisa. El sistema de medición empleado estuvo formado por un sensor en línea con capacidad de lectura del coeficiente de absorción

espectral (SAC254) y un registrador de datos capaz de correlacionar los parámetros SAC254 y DQO. **Resultados.** El sistema de medición presentó un error promedio del 13%, mostró ser una herramienta práctica por su fácil manipulación, no precisa de reactivos y se adaptó tanto al agua residual doméstica como industrial. **Conclusión.** Los sistemas de medición instalados nos permitieron constatar que efectivamente existe una relación directa del factor SAC254 y el DQO, a medida que aumenta el SAC254 también incrementa en valor el DQO y viceversa, por lo cual es un buen indicador que permitiría optimizar la eficiencia del proceso y realizar un control más eficaz.

Palabras clave: carga orgánica, absorción espectral, control, medición, DQO.

1 Artículo original, derivado del proyecto *Divulgación de instrumentos en línea de medición de calidad de agua*, financiada por la empresa Ecología y Ciencia SRL, desarrollado de enero de 2015 a marzo de 2017.

2 Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Correspondencia, e-mail: diego_ra@outlook.com

Artículo recibido: 04/10/2018; Artículo aprobado: 03/01/2019

Online measurement of the DQO by correlation of the spectral absorption coefficient of uv light

ABSTRACT

Introduction. The organic material is a source of damage to the environmental and superficial water, nevertheless, the direct and continuous measurement of this, either COT, BOD, or COD, is difficult and has a relatively high cost. A method currently used to monitor the organic material in real time is by means of the spectral absorption coefficient at a wavelength of 254nm (SAC254).

Objective. Evaluate the precision of measurement and the level of correlation between COD and the value of SAC254.

Materials and methods. Two practical tests of organic measurement systems with this technology (SAC254) were carried out, a test was conducted in a domestic wastewater treatment plant owned by SEDAPAL and another in an industrial wastewater treatment plant owned by PROTISA. The measurement system employed included an in-line sensor with SAC254 and a data logger capable of correlating parameters SAC254 and COD. **Results.** An average error of 13% was observed in the measurement system, the SAC254 proved to be a practical tool in terms of easy handling, reagent-free and suitability for use in both domestic and industrial wastewater. **Conclusion.** The measurement system installed allowed us to verify that there is indeed a direct

relationship between the SAC254 factor and the COD, as SAC254 increased, it also increased the COD value and vice versa, therefore it is a good indicator that would optimize efficiency of the process and execute an effective control.

Key words: organic material, spectral absorption, control, measurement, COD.

Medição online do DQI pela correlação do coeficiente de absorção espectral da luz uv

RESUMO

Introdução. A matéria orgânica é um fator que causa deterioração do ambiente natural e das águas superficiais, no entanto, a medição direta e contínua da mesma, seja COT, a DBO₅, DQO, tem um grau de dificuldade e custo relativamente elevado. Um método que é utilizado para o controle da carga orgânica em tempo real, é por meio do coeficiente de absorção espectral na longitude de onda de 254 nm (SAC254).

Objetivo. Avaliar a precisão e nível de dados de correlação da DQO e SAC254. **Materiais e métodos.** Foram realizados dois sistemas de testes práticos de medição de carga orgânica com esta tecnologia (SAC254), tanto em uma ETAR de águas residuais da empresa SEDAPAL como em uma ETAR de águas residuais industriais de papel da empresa PROTISA. O sistema

de medição utilizado foi composto por um sensor em linha capaz de ler o coeficiente de absorção espectral (SAC254) e um gravador de dados capaz de correlacionar parâmetros SAC254 e DQO. **Resultados.** O sistema de medição apresentou um erro médio de 13%, mostrou ser uma ferramenta prática pela fácil manipulação, não requer reagentes e foi adaptado tanto em águas residuais domésticas como águas industriais. **Conclusão.** Os sistemas de medição

instalados nos permitiram confirmar que existe de fato uma relação direta do fator SAC254 e DQO, uma vez que aumenta a SAC254 também aumenta o DQO e vice-versa, por isso é um bom indicador que permite otimizar a eficiência do processo e realizar um controle mais efetivo.

Palavras chave: matéria orgânica, absorção espectral, control, medição, DQO.

INTRODUCCIÓN

Los parámetros más ampliamente utilizados para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica. A diferencia de la DBO, en la DQO la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos. En aguas residuales domésticas, el valor de DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable (Romero, 2005).

El monitoreo de descargas de pretratamiento y afluentes de plantas brindan al operador la oportunidad de ajustar el tratamiento según se necesite para manejar apropiadamente la carga orgánica o si es necesario, desviar flujo para retenerlos para

posteriores tratamientos planeados (Hach Company, s.f.). Las pruebas de DQO y DBO son importantes porque además de determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar la materia orgánica, permite dimensionar las unidades de tratamiento de agua, así como medir su eficiencia y eficacia para cumplir con los estándares y normativa de regulación y supervisión de cada empresa o industria, que en el caso peruano es normado por el D.S. N°021-2009, que establecen los valores máximos admisibles (VMA) para descargas a la red del sistema de alcantarillado, que en la DQO es 1000 mg/L y en la DBO es 500 mg/L (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. MVCS, 2015).

En la rama de instrumentación en línea de calidad de agua no se cuenta aún con equipos de medición de DQO que brinden valores de forma directa e inmediata, sin embargo, sí se han desarrollado métodos de medición indirecta, uno de ellos es

correlacionando el valor de DQO con el Coeficiente de Absorción Espectral (SAC) a una longitud de onda de 254 nm, método de acuerdo al Instituto Alemán para la Estandarización (DIN) 38404 C3 *Método Estándar Alemán para análisis de agua, agua residual y lodo; parámetros físicos y fisico-químicos* (DIN, 2005).

El método de absorbancia UV, analizado por un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el contenido de carbono orgánico total en agua, mostró una cercana correlación con la absorción UV, demostrando un coeficiente estable alto de 0.997. Este método de absorbancia UV puede ser configurado para monitoreos en tiempo real de agua contaminada, e integrado dentro de un sistema compacto aplicable a distintas áreas industriales (Kim, Beom, Jung y Ji, 2016).

Este método utiliza un espectrofotómetro para medir la absorbancia de luz UV del agua a una longitud de onda de 254nm, estos resultados pueden ser correlacionados a parámetros de medición de carga orgánica tales como la DQO, DBO, COT (carbono orgánico total); los componentes orgánicos absorben fuertemente luz UV a 254nm, por lo tanto, el coeficiente de absorción espectral SAC a 254nm provee una medición directa de la cantidad de materia orgánica en la muestra (Ulsperger y Garbos, 2015).

El presente artículo tiene como fin evaluar la precisión y el nivel de correlación de datos de DQO y el valor

SAC254, para lo cual escogimos dos plantas de tratamiento de agua residual de procesos diferentes, uno de agua residual doméstico y otro de agua residual de industria papelera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según Engelhardt (2010), para determinar la correlación se debe realizar la medición del valor SAC por varios días, durante un periodo de baja y alta absorción UV, para ello: ubicar la sonda UVAS en una muestra representativa, luego realizar la lectura del valor SAC y posteriormente realizar la medición en laboratorio del parámetro a correlacionar (DBO, DQO, TOC), repetir este análisis por un período de varios días o semanas.

Para constatar la relación entre el valor de medición SAC254 y la carga orgánica (DQO) se instaló el sistema de medición en línea en el ingreso (afluente) de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) doméstica de la empresa Sedapal y en la salida de una PTAR (efluente) de industria papelera de la empresa Protisa.

El sistema de medición en línea (figura 1), consta de los siguientes equipos:

- Sensor de medición SAC254, Modelo UVAS sc, Marca Hach.
- Controlador Universal / Registrador, Modelo SC200, Marca Hach.

Figura. 1. Controlador SC200 y sensor UVAS sc. Sensor UVASsc inmerso en el flujo de agua



Fuente: Elaborado por el autor

El sensor de medición SAC254 “UVAS sc” es el equipo que se ubicará sumergido permanentemente en el líquido del canal o tanque de agua a monitorear (figura 2), y la información que recolecta es visualizada y almacenada por el controlador Universal SC200.

Para realizar una correlación de datos de la medición SAC254 con la DQO, se tomaron muestras del líquido a monitorear en horarios preprogramados para determinar la DQO en laboratorio por el método espectrofotométrico, de este modo se determinó si había relación directa entre el SAC254 y la DQO.

En el caso del efluente de industria papelera, después de conocer la tendencia del valor SAC254, se configuró el sistema de medición para que emita directamente valores de DQO, introduciendo el valor máximo y mínimo de DQO en relación con su valor SAC254 correspondiente (Hach Company, 2014), de tal forma el sistema de medición emitió datos de DQO directamente y se pudo comparar

la DQO real obtenido en medición de laboratorio y la DQO del proceso dado por el sensor de medición UVAS sc, con base en ello se pudo conocer la precisión que tiene este método de medición.

Figura. 2. Sensor UVASsc inmerso en el flujo de agua



Fuente: Elaborado por el autor.

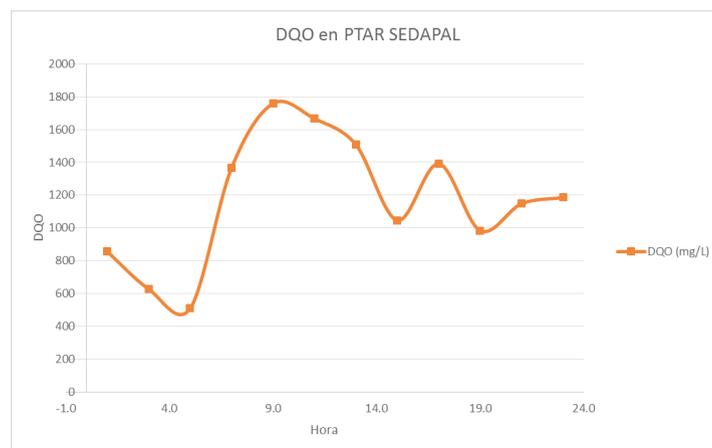
RESULTADOS

Planta de tratamiento de agua residual doméstica

La finalidad de la instalación del sensor de medición del coeficiente de absorción espectral SAC254 en la PTAR de Sedapal fue determinar y corroborar la relación entre el DQO y los valores SAC254, para ello se determinó la DQO en laboratorio durante un día, con un total de 12 muestras distribuidas en el transcurso del día (figura 3), se observa que la mayor DQO se presenta a partir de las 8 a. m. y los menores valores en horas de la madrugada, comportamiento

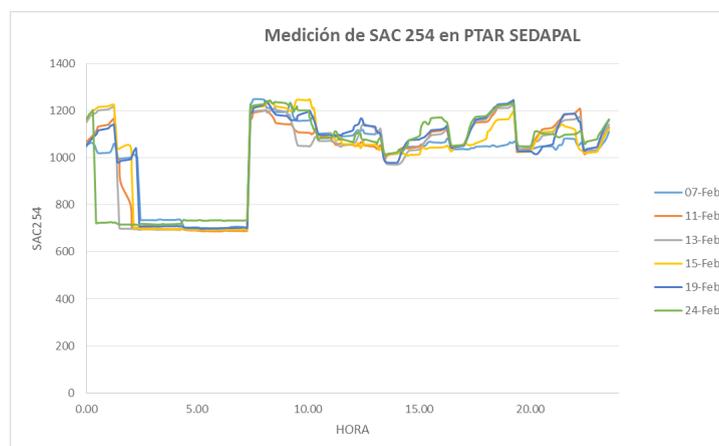
acorde con lo esperado, pues siendo agua residual doméstica la mayor carga se presenta durante el día, que es el periodo en que los pobladores realizan sus actividades cotidianas; en tanto la medición del SAC254 emitida por el sensor en línea UVAS sc en esta planta mostró un comportamiento cíclico día a día (figura 4) con valores que muestran una misma tendencia. La tendencia de ambas gráficas (figuras 3 y 4), muestran que los menores valores se presentan en horas de la madrugada que coincide con la inactividad de la mayoría de la población, en tanto que los valores más elevados coinciden aproximadamente a las 9:00 a. m., lo cual se explica por la mayor actividad de la población.

Figura 3. Valores de DQO determinados en laboratorio



Fuente: Elaborado por el autor

Figura 4. Valores de SAC254 determinados por sensor UVAS sc



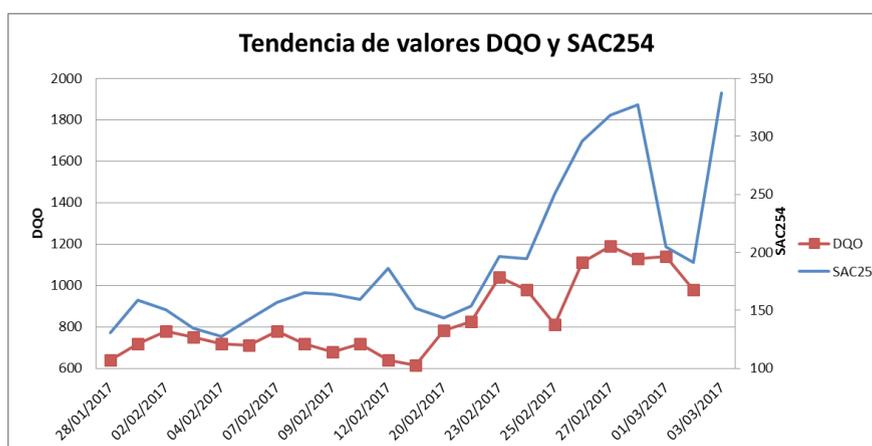
Fuente: Elaborado por el autor

Planta de tratamiento de agua residual industrial–papelera

En la PTAR de industria papelera se realizó medición de la DQO en laboratorio diario puesto que por ser

efluente de una industria no se esperaba un comportamiento cíclico diario como del agua residual doméstica, y de igual forma se realizó la medición continua del valor SAC254 (figura 5) y se pudo verificar que la relación entre el DQO y SAC254 es directa, mostrando que sus picos de valores altos y bajos coinciden.

Figura 5. Relación y tendencia de DQO y SAC254



Fuente: Elaborado por el autor

Para conocer la precisión con la que se podría determinar la DQO a partir del SAC254, se configuró el controlador universal SC200 para que pueda arrojar mediciones de DQO directamente, para ello, y según el manual del equipo, se ingresó la información del menor valor SAC254 y su valor de DQO determinado en laboratorio y el mayor valor SAC254 y su DQO determinado en laboratorio, los valores ingresados fueron: a un SAC

de 115 se ingresó la DQO de 668.2, y a un SAC de 327.5 se ingresó una DQO de 1130; ingresando esta configuración, el sensor y controlador universal arrojan medidas de DQO directamente (tabla 1).

De acuerdo con lo evaluado en la tabla 1, el error de medición que brinda el equipo varía desde 2,39% hasta el 22,96%, con un error promedio de 13%.

| FECHA | SAC | DQO LABORAT | DQO UVAS sc | ERROR |
|------------|-----|-------------|-------------|-------|
| 04/03/2017 | 293 | 1100 | 880 | 20.00 |
| 05/03/2017 | 191 | 980 | 850 | 13.27 |
| 06/03/2017 | 142 | 905 | 734 | 18.93 |
| 07/03/2017 | 245 | 1005 | 981 | 2.39 |

| FECHA | SAC | DQO LABORAT | DQO UVAS sc | ERROR |
|------------|-----|-------------|-------------|-------|
| 08/03/2017 | 150 | 980 | 755 | 22.96 |
| 09/03/2017 | 201 | 995 | 888 | 10.75 |
| 10/03/2017 | 270 | 1085 | 1055 | 2.76 |

Fuente: Elaborado por el autor

DISCUSIÓN

Basándonos en nuestro principio de medición, donde la medición de DQO se relaciona directamente con el coeficiente de absorción espectral SAC a 254nm, lo cual nos debiera indicar que a mayor valor SAC254 mayor DQO debiéramos tener y viceversa, se infiere:

La PTAR doméstica mostró tener un DQO de comportamiento cíclico y repetitivo de día a día, en tanto que la PTAR de la papelera no tiene concentración de DQO cíclico, sino que responde a variantes en la producción; en ambas plantas se pudo constatar y verificar que el SAC254 es un buen indicador de carga orgánica y tiene una relación directa, a mayor valor SAC254 la carga orgánica y DQO aumenta, y viceversa.

El error de medición promedio obtenido de 13% en la medición continua de DQO con el sensor UVAS sc en la PTAR de industria papelera demuestra que este método de medición nos permite conocer la tendencia de la carga orgánica que se viene desarrollando en nuestro fluido, lo cual nos permitirá tomar acciones inmediatas en caso de que la carga orgánica sea alta, sin

embargo se debe tener en cuenta y consideración que el error presentado por el equipo es considerable por lo que es imprescindible complementar la información brindada por este equipo con análisis de laboratorio.

Para configurar el controlador universal SC200 para que emita valores de DQO de forma continua y no de SAC254, se ingresó el mayor y menor valor SAC254 con su respectivo valor de DQO, de esa forma se configuró el equipo en cada punto de medición, es por ello que es recomendable evaluar por el mayor tiempo posible el comportamiento del líquido en medición con el fin de identificar estos puntos críticos, en ese sentido existe la probabilidad de mejorar aún el error promedio de medición de 13%.

Sin duda el monitoreo constante de parámetros como los sólidos suspendidos totales y la carga orgánica en afluentes a una PTAR es de vital importancia pues permite pronosticar el mejor proceso de tratamiento y detectar cuando ciertas industrias realizan descargas a la planta; en ese sentido, el sensor UVAS detecta el shock tóxico y nos permite conocer cuándo recibimos un afluente con alto DQO (Dabkowski, 2014).

CONCLUSIONES

El estudio demostró que sí existe correlación entre indicadores de carga orgánica como el DQO y el valor SAC254; esta relación se pudo verificar tanto en la PTAR doméstica como en la PTAR de industria papelera.

La utilidad del valor SAC254 nos permitiría conocer la DQO en el proceso, minuto a minuto, con un error aproximado de 13%; para algunos procesos el control de este parámetro es crítico por lo que contar con información de primera mano, las 24 horas del día, sería un indicador muy importante que optimizaría la eficiencia del proceso y permitiría realizar un control más eficaz, pues nos permitiría detectar las horas o momentos en que se despliega una alta carga orgánica y así poder aplicar los métodos correctos de tratamiento en el caso de que se trate un afluente de agua residual de una PTAR como es el caso de Sedapal, o poder cumplir con los límites máximos permisivos establecidos por nuestra normativa regulatoria para efluentes, como es el caso de la PTAR industrial de la empresa Protisa.

Según las mediciones obtenidas del valor SAC254 en la PTAR doméstica, se constató que el ciclo de mayor y menor carga orgánica en este tipo de plantas es cíclico pues las tendencias de las gráficas obtenidas de la medición en distintos días son muy similares, a diferencia de la PTAR industrial que depende directamente de sus ciclos de producción.

REFERENCIAS

- Dabkowski, B. (2014). US. Application Note. Advanced on-line instrumentation helps facility meet BNR goals. Hach Company.
- Engelhardt, T. (2010). US. Coagulation, Flocculation and Clarification of Drinking Water. Hach Company.
- Hach Company. (s. f.) Continuous SAC254 determination of organic pollutants is key in real-time wastewater treatment process control. US.
- Hach Company. (2014). Alemania. UVAS sc. Manual de usuario. Ed. 4.
- Instituto Alemán para la Estandarización. DIN. (2005). Alemania. German standard methods for the examination of water, waste water and sludge – Physical and physical-chemical parameters (group C) – Part 3: Determination of absorption in the range of the ultraviolet radiation, Spectral absorptions coefficient (C3).
- Kim, C., Beom, J., Jung, S. y Ji, T. (2016). US. Detection of organic compounds in water by an optical absorbance method.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. MVCS (2015). Perú. Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de

alcantarillado sanitario, D.S. N°021-2009-Vivienda.

Romero J. A. (2005). *Calidad del agua*. 2 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ulsperger, A. y Garbos, M. (2015). Miniaturised SAC Measurement for Continuous Monitoring of Water Quality.