

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA EL TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE TEXTIL MEDIANTE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN QUÍMICA Y ELECTROCOAGULACIÓN

Alvarez, J. M.¹, Bianchi, G. L.^{1,2}, Arturi T. S.³, Seijas, C. J.^{1,4}

1. Grupo Innovación Energética y Ambiental, Instituto Malvinas, Facultad de Ingeniería UNLP, Diagonal 80 N° 372, La Plata (1900), Argentina.
E-mail: alvarezjm@outlook.es
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
3. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. 1 y 47, La Plata (1900), Argentina.
4. WET Argentina S.A. Av. Sucre 2477, Béccar (1643), Argentina.

INTRODUCCIÓN

Las actividades industriales generan aguas residuales que deben ser tratadas antes de su vertido final en cuerpos de agua como ríos o arroyos, o previo a su reutilización. En las industrias textiles se requieren elevados consumos de agua, energía y productos químicos auxiliares. Esto se traduce en la generación de una gran cantidad de agua residual, con elevadas concentraciones de colorantes, contaminantes orgánicos biodegradables, materia en suspensión, tensioactivos, sales y compuestos clorados. Dentro de estos colorantes se encuentra el Violeta de Metilo (VM), un colorante de triarilmetano ampliamente utilizado en la industria, el cual es el principal contaminante del efluente a tratar (ver Figura 1). El VM es de baja biodegradabilidad y se manifiesta en el agua a muy pequeñas concentraciones. La normativa vigente de descarga de efluentes en la Provincia de Buenos Aires no acepta efluentes muy coloreados ni que alteren el aspecto natural del cuerpo receptor. Debido a que el principal contaminante es un colorante con un importante aporte en el valor final de la demanda química de oxígeno (DQO), la reducción de este parámetro se tomó como criterio principal de calidad del tratamiento, junto con la turbidez final de la muestra.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue la remoción del colorante VM de un efluente textil, comparando los procesos de coagulación-floculación química y electrocoagulación a escala laboratorio, por medio de ensayos de jarra, con los cuales se determinaron los parámetros más adecuados de tratamiento.

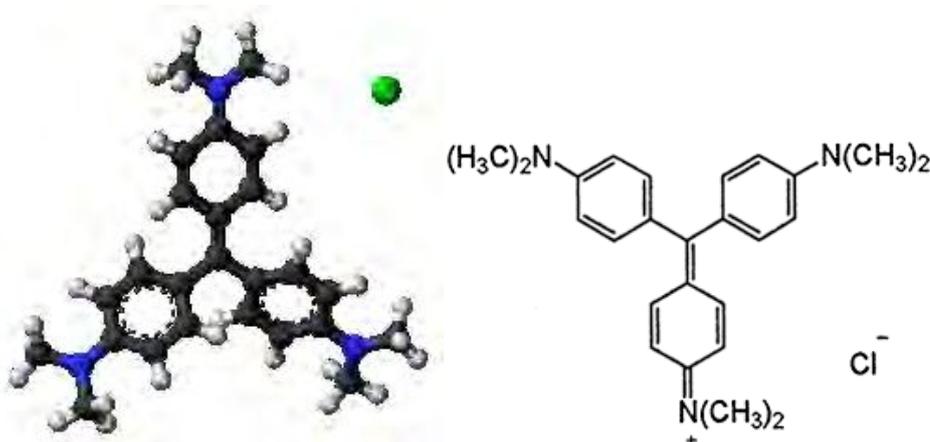


Figura 1. Estructura molecular del violeta de metilo y representación tridimensional.

PARTE EXPERIMENTAL

Caracterización del efluente

Inicialmente se caracterizó al efluente, considerando como parámetros relevantes al pH (determinado mediante un peachímetro Orion Dual Star pH/ISE meter), conductividad (medida con un conductímetro LaMotte CON 6 PLUS), turbidez (empleando el turbidímetro portable Hach 2100Q) y la DQO a través de espectrofotometría con el equipo Shimadzu UV-1800, según la Norma ASTM D1252-06^[2].

Coagulación-floculación química

Se realizaron ensayos de jarra con un tiempo de agitación de 30 segundos a una velocidad de 200 rpm y combinando distintas concentraciones de coagulante y floculante. Una vez comenzada la agitación, se añadió el volumen de coagulante correspondiente a la concentración deseada, se esperó 30 segundos y se añadió el volumen necesario de floculante agitando a 90 rpm. Al cabo de 30 minutos de sedimentación se extrajo un volumen de sobrenadante apropiado para realizar ensayos de caracterización del mismo.

Electrocoagulación

Se estudió la influencia del tipo de electrodos empleados en una celda como la que se ilustra en la **Figura 2**, probando distintas combinaciones de materiales. Se tomaron volúmenes de 500 mL en cada ensayo, ajustando previamente el pH a 6,5 unidades (valor que se consideró óptimo en los ensayos de coagulación química), y se procedió a suministrar una corriente constante de 2 amperes durante 5 minutos con agitación de la solución. Los electrodos empleados fueron de aluminio de alta pureza y de acero inoxidable, y la distancia entre los mismos fue de 1,5 cm en cada ensayo. Luego de la electrocoagulación, se añadió una concentración de 10 mg/L de floculante en un ensayo de jarra y se analizaron los sobrenadantes.



Figura 2. Sistema de electrocoagulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del efluente

Los parámetros del efluente se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización del efluente.

Parámetro	Valor
pH	7,441
Turbidez (NTU)	125
Conductividad (mS/cm)	5,6
DQO (mg/L)	1367

Determinación de la dosis óptima de coagulante-floculante en el tratamiento químico

Según estudios preliminares hechos en el laboratorio y la empresa, se aconsejó el empleo del coagulante WC901® y del floculante RA233® como los más aptos para el tratamiento de coagulación-floculación química. Inicialmente, se empleó como criterio comparativo el valor de turbidez obtenido en el sobrenadante de cada ensayo debido a la rapidez de la medición. Se observó que la disminución en la concentración de floculante y el aumento de coagulante permitían una mejor separación^[4], como expresan los resultados en la Tabla 2.

Tabla 2. Efecto de la variación de concentración de coagulante y de floculante.

Parámetros	Jarra						
	1	2	3	4	5	6	7
Coagulante WC901 (mg/L)	50	50	100	100	100	150	150
Floculante RA223 (mg/L)	10	20	10	20	5	10	20
Turbidez (NTU)	106,0	114,0	30,0	33,0	7,0	3,0	4,5

Dado que los valores de turbidez obtenidos empleando concentraciones de coagulante de 100 y 150 mg/L son aceptables, se escogió trabajar con una concentración de 100 mg/L para reducir los costos operativos, variando la concentración de floculante. Posteriormente, se evaluó el impacto del pH en el tratamiento del efluente, ajustándolo con HCl 1:1, empleando una concentración de floculante de 10 mg/L debido a que fue el valor óptimo acorde a la tabla 4. En las Figuras 3 a 6 puede apreciarse la formación de flóculos de cada ensayo. El pH óptimo de trabajo resultó ser de 6,5 unidades^{[1], [3]}, con un aceptable valor de DQO, muy baja turbidez y buena formación de floc, el cual comenzó a flotar al cabo de unos minutos.

Tabla 3. Variación de floculante a 100 mg/L de coagulante.

Parámetros	Jarra			
	1	4	5	6
RA223® (mg/L)	10	15	20	30
DQO (mg/L)	147	158	172	147
t_{sed.} (seg)	35	42	62	85
NTU	6,55	6,70	8,93	17,20

ⁱ Tanto el coagulante WC901® como el floculante RA223® son marcas registradas de la empresa WET S.A.

Tabla 4. Impacto de la variación de pH.

Parámetros	Jarra		
	1	2	3
pH	Igual al crudo (7,44)	7	6,5
HCl 1:1 (mL)	0	0,08	0,32
DQO (mg/L)	147	76	114
t _{sed.} (seg)	35	52	58
NTU	6,55	5,99	1,92



Figura3. I) Ensayo jarra 1. II, III) Ensayo jarra 2.





Figura 5. I, II) Ensayo jarra 4.



Figura 6. I) Ensayo jarra 5. II) Ensayo jarra 6. III) Ensayo jarra 7.

Evaluación del desempeño del tratamiento electroquímico

Como una variante de la coagulación química se estudió el tratamiento del efluente mediante métodos electroquímicos. Los resultados finales se visualizan en la Tabla 5, donde se observa que el tratamiento con electrodos de aluminio fue altamente satisfactorio.

Tabla 5. Influencia del material de los electrodos.

	Cátodo y ánodo de aluminio	Cátodo de acero inoxidable y ánodo de aluminio
Voltaje (V)	8,85	10,39
Potencia (W)	18	21
DQO final (mg/L)	50	183
Turbidez final (NTU)	2,68	4,56

En la Tabla 6 se muestran los valores de DQO y turbidez resultado de los tratamientos por coagulación química y electrocoagulación.

Tabla 6. Comparación entre coagulación química y electrocoagulación.

	Coagulación química WC901 (100 mg/L)	Electrocoagulación con electrodos de aluminio
DQO(mg/L)	114	50
Turbidez (NTU)	1,92	2,68

Los resultados mostraron que la electrocoagulación tiene mayor eficiencia de remoción de DQO comparada con la coagulación química. De todos modos con ambos tratamientos se obtuvo una reducción mayor al 90% de DQO respecto al efluente sin tratar, por lo que ambos métodos son factibles de aplicación para el tratamiento de este tipo de efluentes. La turbidez final resultó similar en ambos casos, lográndose una reducción mayor al 97% respecto a las condiciones iniciales del agua sin tratar.

CONCLUSIONES

El tratamiento con coagulantes químicos presentó un pH óptimo de trabajo de 6,5 unidades, y evidenció que el aumento de la concentración de floculante va en detrimento de la efectividad del tratamiento, siendo un valor de 10 mg/L apropiado para trabajar. De manera opuesta, el incremento de la concentración de coagulante favorece la eliminación del contaminante, mas el valor de 100 mg/L fue escogido para reducir los costos operativos. La electrocoagulación con sendos electrodos de aluminio fue superior a los ensayos con el coagulante WC901®, como puede observarse en la Tabla 6. Ambos métodos probaron ser eficaces para la remoción del VM, y su implementación sería satisfactoria, quedando la decisión supeditada a los costos económicos de cada uno de los tratamientos.

Bibliografía

- [1] Maryam Khadim Mbacké , Cheikhou Kane , Ndeye Oury Diallo , Codou Mar Diop, Fabien Chauvet, Maurice Comtat, Theo Tzedakis. Electrocoagulation process applied on pollutants treatment - experimental optimization and fundamental investigation of the crystal violet dye removal,(2016). 4-11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2016.09.002>
- [2] American Society of Testing and Materials. Norma ASTM D1252-06. 2012.
- [3] Farshid Ghanbari, Mahsa Moradi. A comparative study of electrocoagulation, electrochemical Fenton, electro-Fenton and peroxi-coagulation for decolorization of real textile wastewater: electrical energy consumption and biodegradability improvement,(2015). 3, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2014.12.018>
- [4] Sahand Jorfi, Gelavizh Barzegar, Mehdi Ahmadi, Reza Darvishi Cheshmeh Soltani, Nemat alah Jafarzadeh Haghighifard, Afshin Takdastan, Reza Saeedi, Mehrnoosh Abtahi. Enhanced coagulation-photocatalytic treatment of Acid red 73 dye and real textile wastewater using UVA/synthesized MgO nanoparticles, (2016). 114-115, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.005>.