


COSALTOR SA de CV

Av. 24 Norte 221, Puebla, Pue.
Tel. (222) 234-0288.
email: cycsalba@hotmail.com



ANEXO 002 Parámetros Operativos de Unidad EC-20

COSALTOR SA de CV
Av. 24 Norte 221, Puebla, Pue.
Tel. (222) 234-0288.
email: cycsalba@hotmail.com

 La información contenida en este documento es proporcionada por EL VENDEDOR de forma extraordinaria con fines didáctico e informativos, no debe ser tratada como parte de la documentación técnica proporcionada por el FABRICANTE.

En este documento se aborda los detalles de eficiencia en remoción de contaminantes y costos de operación para la unidad de electrocoagulación EC-20. Temas que determinan el éxito y rentabilidad de este equipo.

La electrocoagulación es un método de tratamiento de aguas residuales, que ataca la sustentabilidad de los contaminantes en el agua, induciendo una coagulación y/o flotación, haciendo que los contaminantes sean susceptibles a sedimentarse y posteriormente sean separados fácilmente por medios mecánicos. La celda de electrocoagulación **EC-20** es una celda electrolítica tipo continua y flujo ascendente para 28 electrodos reconfigurables. Su diseño permite una dosificación homogénea favoreciendo también el proceso de flotación de contaminantes. A grandes rasgos el proceso de electrocoagulación es simple, aunque en el intervienen muchos mecanismos que no se mencionaran: El coagulante es formado *in-situ*, por electrolisis en el ánodo de aluminio o hierro, formando cationes (Al^{+3}/Fe^{+3}). El coagulante es atraído a los contaminantes cargados electrostáticamente, neutralizando la carga, reduciendo las fuerzas de repulsión entre contaminantes y propiciando sedimentación.

Eficiencia de Remoción de Contaminantes.

La remoción de contaminantes en el EC-20 depende de los ajustes del equipo y parámetros del agua:

- Los ajustes de la EC-20 son: Tipo del contaminante, la densidad de corriente eléctrica, la configuración de los electrodos y el tipo de coagulante suministrado por los electrodos.
- Parámetros del agua: Conductividad, pH y temperatura del agua de tratamiento.

Contaminantes Susceptibles a Coagulación.

La electrocoagulación trata contaminación tipo: **coloides**, **suspensiones**, **emulsiones** y **macromoléculas orgánicas**. La tabla 1. muestra su eficiencia en aguas jabonosas y con surfactantes:

| Efluente Industrial | Electrodos | pH Inicial | Reducción de COD (%) |
|--|------------|------------|----------------------|
| Saneamiento de suelos, con surfactantes. | Al, Fe | 8.25 | 100 |
| Lavado de Contenedores Marítimos. | Al, Fe | 6 – 9 | 76-79 |
| Lavanderías. | Al | 8 – 9 | 93.2 |
| Rastro para aves de corral. | Al | 3 | 85 |
| Restaurant. | Al, Fe | 6 - 9 | 84 |

Fuente: V. Khandegar, *Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent*, JEM 128, pp. 949-963.

Tabla 1. Reducción de COD en aguas industriales tratadas con electrocoagulación.

Densidad de Corriente Eléctrica.

Se define como la corriente eléctrica por unidad de superficie, en el EC-20 afecta directamente la dosificación de cationes en el tratamiento. La figura 1 muestra este rendimiento en aguas domésticas.

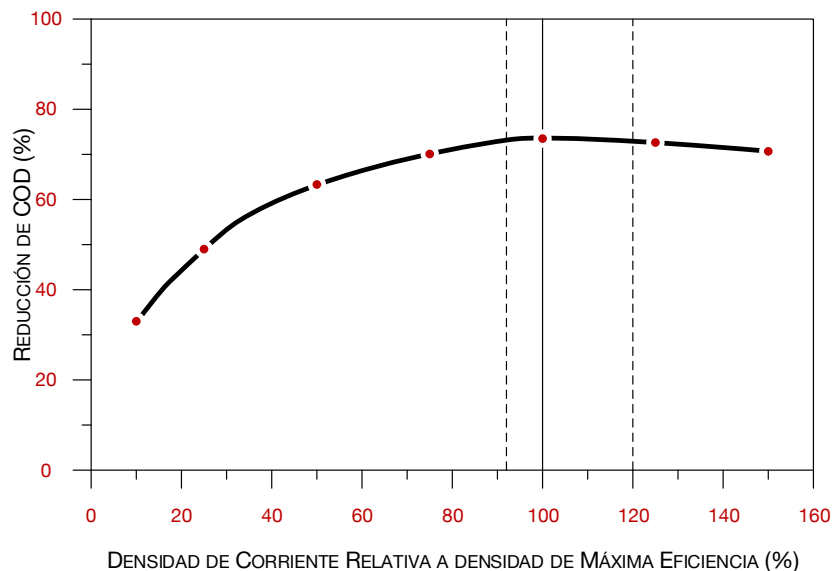


Fig. 1. Eficiencia de electrocoagulación dependiendo de la densidad de corriente eléctrica.

En aguas residuales jabonosas/surfactantes, otros parámetros de la calidad del agua son: la turbidez y PO4-O parámetros que tienen poca importancia optimizar debido a que tienen una remoción del 90% apenas alcanzando el 20% de la corriente de máxima eficiencia para la remoción de COD.

Configuración de Electroodos.

Las diferentes conexiones de electrodos descritas por el manual de operación en la figura EC20-M-002, establecen en la celda de electrocoagulación distintas magnitudes de resistencia eléctrica equivalente (R_{EC}), R_{EC} dependerá de: La conexión de electrodos y La resistencia eléctrica del agua de tratamiento (R_w). Si bien la cambiar la configuración de electrodos cambiará R_{EC} , esta no modificará el número de iones metálicos dosificados al agua siempre y cuando la potencia eléctrica entregada (P_{EC}) se mantenga constante ($P_{EC} = v \times i$). Al seleccionar adecuadamente una configuración de electrodos permite tener un valor de R_{EC} que maximice la potencia transferida a la celda, evitando que la potencia sea consumida por la propia unidad de control, a su vez se maximizará el rango dinámico de i . Para alcanzar esta máxima transferencia de potencia la resistencia de salida R_S y la resistencia equivalente R_{EC} deben ser iguales, $R_{EC} = R_S$, visto según el circuito equivalente de la figura 2.

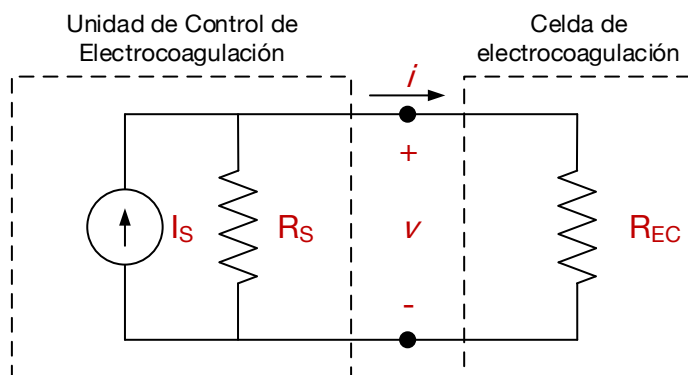


Fig. 2 Circuito equivalente de tratamiento por electrocoagulación.

El valor de R_S es especificado por el fabricante o puede calcularse indirectamente. Se mantiene constante el ajuste de corriente en la unidad de control, se varía R_{EC} arbitrariamente, para determinar la corriente (i) y voltaje (v) en los indicadores frontales, entonces se aplica la siguiente fórmula:

$$R_S = \frac{v_2 - v_1}{i_1 - i_2}, \quad R_{EC} = \frac{v}{i}. \quad (1)$$

Donde los subíndices 1 y 2 indican valores medidos antes y después de variar R_{ec} . Una vez determinada la resistencia de salida R_S , R_{EC} debe ajustarse reconfigurando los electrodos para tener un valor cercano a R_S . La tabla 2. Muestra los valores de la resistencia eléctrica equivalente en términos de la resistencia para las distintas configuraciones de electrodos.

| Configuración de Electroodos (pzs. uni-polares) | Resistencia Equivalente para la Celda de EC. |
|--|---|
| 2 | 27 R_w |
| 4 | 3 R_w |
| 6 | 15/14 R_w |
| 8 | 6/11 R_w |
| 10 | 1/3 R_w |

Tabla 2. Resistencia equivalente de la celda de electrocoagulación a varias configuraciones de electrodos.

Tipos de Coagulantes Dosificados.

La eficiencia de remoción en contaminantes depende del tipo electrodo en conjunto con el tipo de contaminante. En aguas domesticas presenta los siguientes rendimientos:

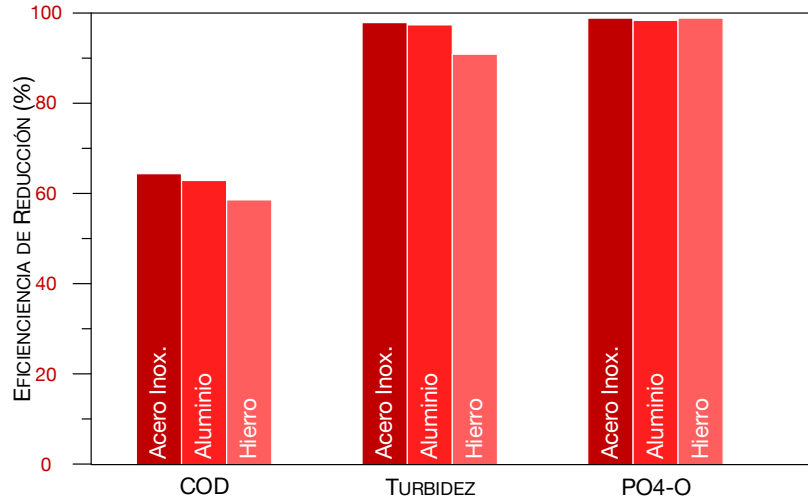


Fig. 2 Tipos de electrodos en la electrocoagulación y su rendimiento en la remoción de contaminantes en aguas domésticas.

La unidad EC-20 cuenta con el siguiente inventario de placas:

| Material de Electrodo | Tipo de Electrodo | Piezas. |
|-----------------------|-------------------|---------|
| Hierro | Bi-polar | 27 |
| Aluminio | Bi-polar | 52 |
| Acero Inoxidable | Uni-polar | 14 |

Resistencia del Agua.

La resistencia eléctrica del agua es otro parámetro importante para minimizar el consumo de potencia eléctrica (P_{EC}) y para mejorar la remoción de contaminantes. La potencia consumida por la celda de electrocoagulación se calcula con:

$$P_{EC} = R_{EC}i^2$$

Donde R_{EC} se obtiene de la tabla 2 y una configuración de electrodos κ . La potencia queda entonces:

$$P_{EC} = \kappa R_W i^2$$

Para reducir la potencia P_{EC} sin afectar la dosificación de cationes, es necesario disminuir la resistencia del agua R_W . A menor resistencia menor consumo de potencia. Pruebas realizada en aguas procedentes de lavanderías, acidas y neutras mostraron que añadir NaCl reduce la resistencia del agua y también mejoraba la eficiencia de la electrocoagulación bajo dosis moderadas.

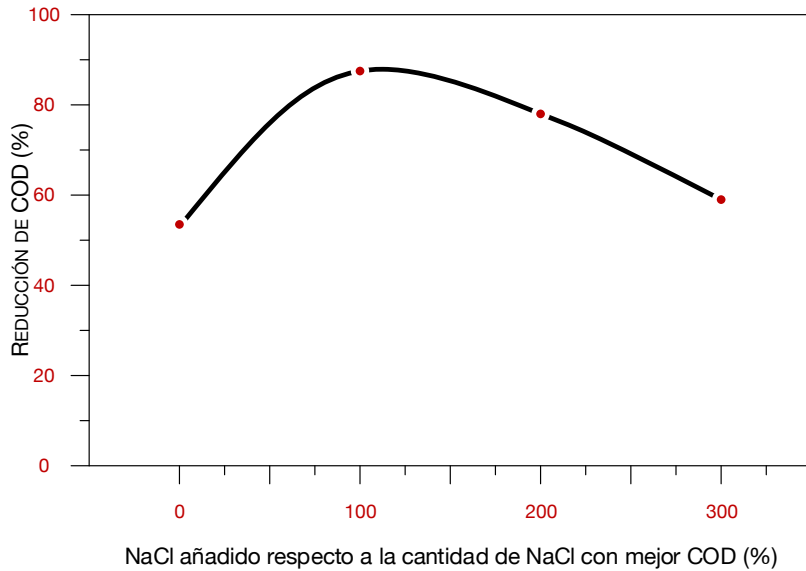


Fig. 3 Comportamiento de la electrocoagulación al incluir NaCl.

Se observa que añadir NaCl es beneficioso para la electrocoagulación, pero a medida que se aumenta la concentración de NaCl se pierde este incremento, esto es atribuido a una mayor concentración de iones Cl^- que reaccionan con los coagulantes dosificados Al^+/Fe^+ , formando AlCl_4^- y FeCl_3 que se acumulan sobre los ánodos formando una capa de pasivación que evitan el flujo de iones Al/Fe . Para la EC-20 una posible solución a este efecto es reducir el tiempo de inversión de polaridad en la unidad de control para destruir periódicamente la capa de pasivación formada en los electrodos.

Efecto del pH inicial.

Ensayos en aguas jabonosas muestran la importancia del pH inicial en la electrocoagulación. La figura 4 presenta estos resultados de la electrocoagulación, ajustando el pH inicial, para este ajuste se disolvió NaOH o H_2SO_4 en el agua de tratamiento.

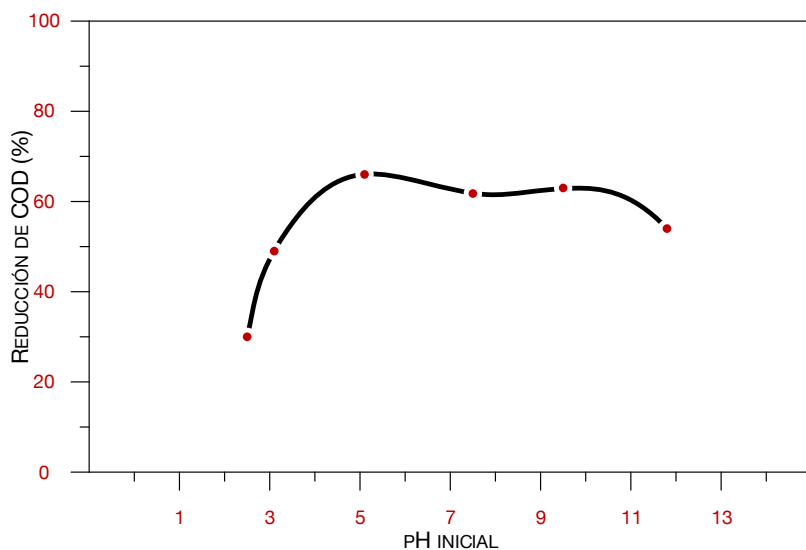


Fig. 4 Efecto del pH inicial sobre la electrocoagulación.