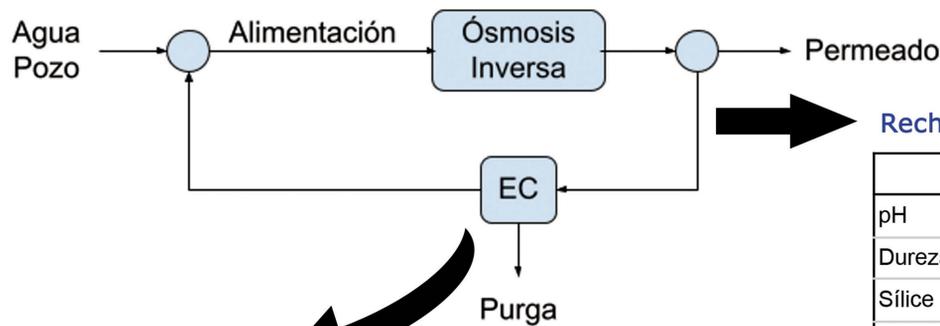
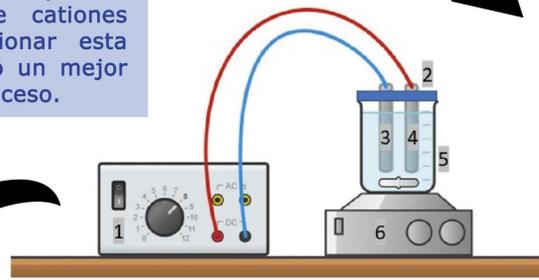


El propósito de este trabajo fue evaluar la aplicación de la electrocoagulación (EC) en el reacondicionamiento de una corriente de rechazo de ósmosis inversa (ROI) en una planta industrial de la provincia de Buenos Aires. El objetivo buscado fue alcanzar valores de dureza, sílice y aluminio remanente que permitieran reciclar la corriente tratada, mezclarla con el agua de pozo alimentada al equipo de ósmosis inversa (OI) y lograr una corriente de permeado apta para ser utilizada. La planta actualmente cuenta con un reactor de EC pero no logra un agua en condiciones, con lo cual se analizó el pH del tratamiento y la concentración de cationes aluminio Al^{3+} dosados para solucionar esta situación; de igual manera se evaluó un mejor diseño del reactor actual para este proceso.



Parámetro	Valor
pH	7.5
Dureza (mg/L)	1005
Sílice (mg/L)	149.5
Conductividad ($\mu S/cm$)	1095

El esquema de la izquierda corresponde al sistema empleado en laboratorio para realizar los ensayos de EC. Una fuente eléctrica (1) se conecta a dos electrodos de aluminio (3 y 4) sostenidos por una tapa impresa en PLA, los cuales están en contacto con el agua a tratar en un vaso de precipitados (5). A través del paso de corriente se produce la disolución del ánodo en cationes Al^{3+} que serán encargados de producir el proceso de coagulación al interactuar con los contaminantes, y en el cátodo se produce la evolución de gases como el H_2 que generan un efecto similar al de un flotador por aire disuelto (DAF). Durante la operación se agita el agua tratada mediante un agitador magnético (6).



Ensayos de electrocoagulación (EC) realizados

pH	$[Al^{3+}]$ (mg/L)	Dureza (mg/L)	Sílice (mg/L)	$[Al^{3+}]$ remanente (mg/L)
6	14,0	970	110.6	0.46
6	42,0	955	100.5	0.55
6	69,9	910	85.6	0.51
7.5	14,0	920	98.2	0.63
7.5	42,0	865	83.6	0.65
7.5	69,9	803	50.9	0.57
9	14,0	786	58.1	0.64
9	42,0	705	26.9	0.92
9	69,9	632	7.7	0.78
10	14,0	665	49.6	0.68
10	42,0	446	23.72	0.76
10	69,9	365	4.56	0.68
11	14,0	355	35.6	0.28
11	42,0	97	2.28	0.47
11	69,9	20	0.15	0.65

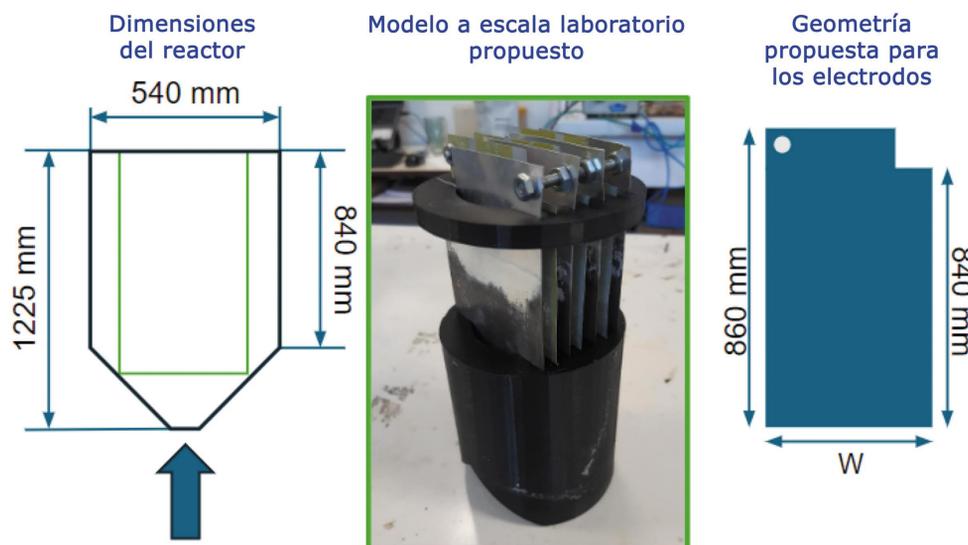
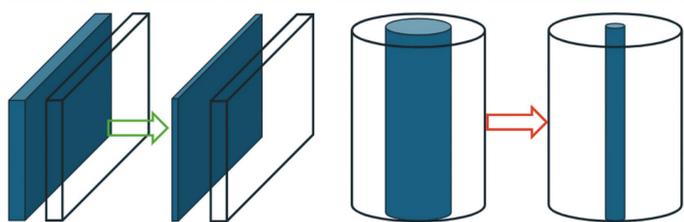
A partir de los ensayos realizados, se planteó el balance de materia de la mezcla entre el agua de pozo y la corriente tratada, considerando los porcentajes de recuperación, paso de sales y retorno seteados en el sistema de OI. Se emplearon los resultados obtenidos a pH 11 y 42 mg/L de Al^{3+} para plantear el balance, ya que se halló que a pH alto la remoción de sílice y dureza aumentó significativamente. La corriente denominada "salida" en el balance se compara con los parámetros iniciales del agua de ROI trabajada; si bien la dureza es un 15% más alta que la trabajada, la sílice se encuentra en el mismo orden. Las ecuaciones abajo enunciadas permiten el cálculo de la corriente necesaria y el consumo de electrodos de aluminio.

$$[Al^{3+}] = I \cdot t \cdot 27gr/mol / (96500 C/mol \cdot 3 \cdot V)$$

$$[Al^{3+}] = I \cdot 27gr/mol / (96500 C/mol \cdot 3 \cdot Q_v)$$

	Agua Pozo	Alimentación	Permeado	ROI EC	Salida
Caudal (m3/h)	1.245	1.818	1.000	0.573	0.573
Dureza (mg/L)	495.00	369.63	13.44	97.00	1149.96
Sílice (mg/L)	70.50	49.01	1.78	2.28	152.48
$[Al^{3+}]$ remanente (mg/L)	0.00	0.15	0.01	0.47	0.46
% Recuperación	55	Corriente necesaria (A)		71.6	
% Paso de sales	2	Consumo de electrodos (kg/h)		0.024	
% Retorno	70	Consumo mensual (kg)		5.77	

El reactor que actualmente se encuentra en la planta cuenta sólo con un ánodo cilíndrico rodeado por cuatro cátodos también cilíndricos, todos ellos de 50 mm de diámetro, dentro de un recipiente cilíndrico de 540 mm de diámetro. Esta geometría eléctrica es desventajosa porque al consumirse los ánodos durante la EC no solo disminuye la distancia entre electrodos sino que también disminuye el área de los mismos, con lo cual la caída de tensión aumentaría aún más que si los electrodos fueran placas rectangulares. Por esta razón, una de las primeras modificaciones a implementar es la utilización de electrodos en forma de placas en vez de cilíndricos.



Se diseñó a escala laboratorio un reactor con placas paralelas, alternando cátodos y ánodos. Los electrodos son todos de las mismas dimensiones y cuentan con una perforación en su extremo superior izquierdo a través de la cual un tornillo hace la conexión eléctrica entre todo el juego de cátodos o ánodos según corresponda. Con base en las dimensiones reales del reactor, empleando placas de electrodos de 6 mm de espesor y estableciendo una separación de 20 mm entre electrodos se determinó que sería posible colocar 16 electrodos en el reactor actual, lo cual equivale a una masa total de 88 kg de aluminio aproximadamente. Si se considera una operación de 30 días al mes durante 8 horas diarias, inversión de polaridad cada día de operación (es decir, los ánodos se conectan como cátodos y viceversa) y operando hasta una reducción del 60% de la masa como factor de seguridad, trabajando a la corriente calculada en el balance de materia se deberían cambiar los electrodos cada 9 meses.

Distancia entre electrodos (mm)	20
Espesor de electrodos (mm)	6
Número de electrodos	16
Ancho de los electrodos W (mm)	396
Volumen por electrodo (m^3)	0.00204
Densidad aluminio (kg/m^3)	2700
Masa por electrodo (kg)	5.511
Masa total (kg)	88
Tiempo de recambio (meses)	9.17