

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Contaminación por cromo.	3
1.1.1	El cromo y sus compuestos.	3
1.1.2	Comportamiento del cromo en los seres vivos y el medio ambiente.	5
1.1.3	Fuentes de contaminación por cromo.	7
1.2	Legislación sobre vertidos.	9
1.2.1	Legislación española.	10
1.2.2	Legislación mexicana.	14
1.3	Métodos de tratamiento de efluentes que contienen cromo.	17
1.4	El proceso de electrocoagulación.	25
1.4.1	Fundamento teórico.	25
1.4.2	Ventajas e inconvenientes de la electrocoagulación.	26
1.4.3	Factores que influyen en la electrocoagulación.	28
1.4.4	Mecanismo del proceso de electrocoagulación.	31
1.5	Aplicación de la EC a la eliminación del cromo con ánodos de Fe.	35
1.5.1	Reacciones en el cátodo.	35
1.5.2	Reacciones en el ánodo.	35
1.5.3	Reacciones en las proximidades de los electrodos y en la disolución.	36
2	OBJETIVO.	61
3	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	65
3.1	Montaje experimental.	65
3.2	Experiencias realizadas.	68
3.3	Procedimiento experimental.	71
3.4	Técnicas analíticas.	72
3.4.1	Técnica de valoración de oxido-reducción.	72
3.4.2	Espectrofotometría de absorción atómica.	75
3.5	Determinación de la eficacia del proceso de EC.	77
3.5.1	Cálculo de la eficacia de corriente referida a la disolución de los ánodos de hierro.	78
3.5.2	Cálculo de la fracción de Cr(VI) que se reduce a Cr(III) y de la fracción de cromo que precipita.	78
3.5.3	Cálculo de la energía específica consumida.	79
3.5.4	Cálculo de la productividad específica.	80

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	83
4.1	Efecto de las concentraciones de NaCl y H₂SO₄.	83
4.1.1	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre el pH.	83
4.1.2	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre la oxidación del ánodo.	88
4.1.3	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	99
4.1.4	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre el voltaje de operación.	106
4.1.5	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre la energía específica.	108
4.1.6	Efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ sobre la productividad específica.	114
4.1.7	Conclusiones sobre el efecto de las concentraciones de NaCl y H ₂ SO ₄ .	118
4.2	Efecto de la densidad de corriente aplicada.	120
4.2.1	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre el pH.	121
4.2.2	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre la oxidación del ánodo.	125
4.2.3	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	132
4.2.4	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre el voltaje de operación.	141
4.2.5	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre la energía específica.	145
4.2.6	Efecto de la densidad de corriente aplicada sobre la productividad específica.	149
4.2.7	Conclusiones sobre el efecto de la densidad de corriente aplicada en el proceso de EC.	153
4.3	Efecto de la concentración inicial de Cr(VI).	154
4.3.1	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre el pH.	154
4.3.2	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre la oxidación del ánodo.	159
4.3.3	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	165
4.3.4	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre el voltaje de operación.	173
4.3.5	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre la energía específica.	176
4.3.6	Efecto de la concentración de Cr(VI) sobre la productividad específica.	180
4.3.7	Conclusiones sobre el efecto de la concentración de Cr(VI).	182
4.4	Efecto de la configuración de los electrodos.	183
4.4.1	Efecto de la configuración de los electrodos sobre el pH.	184
4.4.2	Efecto de la configuración de los electrodos sobre la oxidación del ánodo.	187
4.4.3	Efecto de la configuración de los electrodos sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	193
4.4.4	Efecto de la configuración de los electrodos sobre el voltaje de operación.	200

4.4.5	Efecto de la configuración de los electrodos sobre la energía específica.	205
4.4.6	Efecto de la configuración de los electrodos sobre la productividad específica.	208
4.4.7	Conclusiones sobre el efecto de la configuración de los electrodos.	211
4.5	Efecto del número de electrodos utilizados.	212
4.5.1	Efecto del número de electrodos utilizados sobre el pH.	212
4.5.2	Efecto del número de electrodos utilizados sobre la oxidación del ánodo.	216
4.5.3	Efecto del número de electrodos utilizados sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	221
4.5.4	Efecto del número de electrodos utilizados sobre el voltaje de operación.	227
4.5.5	Efecto del número de electrodos utilizados sobre la energía específica.	230
4.5.6	Efecto del número de electrodos utilizados sobre la productividad específica.	235
4.5.7	Conclusiones sobre el efecto del número de electrodos utilizados.	239
4.6	Efecto de la agitación.	240
4.6.1	Efecto de la agitación sobre el pH.	240
4.6.2	Efecto de la agitación sobre la oxidación del ánodo.	243
4.6.3	Efecto de la agitación sobre la electrocoagulación del Cr(VI).	248
4.6.4	Efecto de la agitación sobre el voltaje de operación.	254
4.6.5	Efecto de la agitación sobre la energía específica.	256
4.6.6	Efecto de la agitación sobre la productividad específica.	259
4.6.7	Conclusiones sobre el efecto de la agitación en el reactor.	262
4.7	Aplicación a un reactor a escala piloto.	263
4.7.1	Evolución del pH con el tiempo.	264
4.7.2	Oxidación del ánodo.	265
4.7.3	Electrocoagulación del Cr(VI).	266
4.7.4	Voltaje de operación.	268
4.7.5	Energía específica.	268
4.7.6	Productividad específica.	269
4.7.7	Comparación de los reactores.	270
4.7.8	Conclusiones de la aplicación a un reactor a escala piloto.	274
5	CONCLUSIONES.	277
6	BIBLIOGRAFÍA.	283
	LISTA DE TABLAS.	305
	LISTA DE FIGURAS.	306
	RESUMEN	319