

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
2. Marco teórico	3
2.1. Contaminación de aguas residuales por tintas	3
2.1.1. Indicadores de grado de contaminación de aguas residuales	4
2.1.2. Norma Chilena	6
2.1.3. Tecnologías de remoción de tintas	7
2.1.4. Azul de metileno como tinte contaminante	8
2.2. Nanocelulosa	9
2.2.1. Métodos de obtención de nanocelulosa	10
2.2.2. Remoción de tinta con nanocelulosa	11
2.3. Mxene	14
2.3.1. Remoción de contaminantes con Mxene	17
2.3.2. Remoción de tintas con MXene	18
2.4. Compósitos de MXene/nanocelulosa	19
2.5. Mecanismo de remoción de contaminantes: Adsorción	23
2.5.1. Isotermas de adsorción	23
2.5.2. Isoterma de Langmuir	24
2.5.3. Isoterma BET	24
2.5.4. Isoterma BET para líquidos	25
2.6. Grupos funcionales	26
2.7. Revisión bibliográfica de casos de estudio del uso de membranas de adsorción	28
2.7.1. Caso de estudio 1: Modelo de adsorción monocapa-multicapa:	29
2.7.2. Caso de estudio 2: Transporte en sistemas de membranas de nanofiltración	31
2.7.3. Caso de estudio 3: Sistema de adsorción por membrana sumergida	33
2.7.4. Caso de estudio 4: modelo combinado de adsorción-transporte y porosidad para el paso de cationes a través de la membrana de nanofiltración	35
2.7.5. Selección de sistema de adsorción	37
3. Metodología	38
3.1. Fabricación de membranas	38
3.1.1. Métodos de caracterización de materiales	39
3.1.1.1. Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier	40

3.1.1.2.	Espectroscopia Raman	40
3.1.1.3.	Difracción de rayos X en polvo	40
3.1.1.4.	Microscopía electrónica de barrido	40
3.1.1.5.	Resistencia mecánica	41
3.1.1.6.	Espectrofotometría o espectroscopia de Uv-visible	41
3.2.	Proceso <i>batch</i> : adsorción monocapa-multicapa	41
3.2.1.	Ecuaciones	41
3.2.2.	Caracterización de la isoterma BET del adsorbente de bibliografía: bagazo de caña de azúcar.	42
3.2.3.	Caracterización de la isoterma BET de los materiales a modelar: Mxene y nanocelulosa	43
3.2.4.	Metodología experimental: adsorción monocapa-multicapa	46
3.2.4.1.	Ajuste	47
3.2.5.	Simulación de adsorción monocapa-multicapa	48
3.3.	Proceso continuo: adsorción por membrana sumergida	49
3.3.1.	Ecuaciones	49
3.3.2.	Caracterización de materiales de bibliografía	50
3.3.3.	Metodología experimental: adsorción por membrana sumergida	50
3.3.4.	Ajuste	52
3.3.5.	Simulación de adsorción por membrana sumergida	52
3.4.	Análisis de DBO y DQO	53
4.	Resultados y discusiones	56
4.1.	Adsorción monocapa-multicapa	56
4.2.	Resultados adsorción por membrana sumergida	62
5.	Conclusiones y recomendaciones	64
	Bibliografía	64
	Anexo A. Cálculos realizados	75
A.1.	Memoria de cálculo de modelos	75
A.A.1.	Constantes de adsorción Nanocelulosa	75
A.A.2.	Presión de saturación	75
A.A.3.	Constante BET	76
A.A.4.	Constantes de adsorción Mxene	76
A.2.	Valores experimentales	76
A.B.1.	Modelo <i>batch</i>	76
A.3.	Discretización de Ecuación Diferencial Parcial	78
	Anexo B. Códigos de modelos matemáticos	80
B.1.	Proceso <i>batch</i> : Modelo de adsorción monocapa-multicapa	80
B.2.	Modelo continuo: Códigos de prueba	90
B.3.	Modelo continuo: Códigos para el ajuste de parámetros	92