

Índice

1	Introducción	1
1.1	Situación general del tratamiento de aguas residuales: problemática ambiental y marco legal.	1
1.2	Depuración del Agua Residual en el siglo XXI.	3
1.2.1	Tratamiento convencional del agua residual	4
1.2.2	Tratamientos para la eliminación de nutrientes del agua residual	7
1.2.3	El agua como fuente de recursos	16
1.2.4	Esquemas de tratamiento para la recuperación de recursos a partir del agua residual	18
1.2.5	Aspectos socio-económicos de la recuperación de recursos	21
1.3	Recuperación de nitrógeno.	23
1.3.1	El nitrógeno y su interacción con el hombre	24
1.3.2	Proceso Haber-Bosch (HB)	26
1.3.3	Corrientes potenciales para la recuperación de nitrógeno	28
1.3.4	Tecnologías para la recuperación de nitrógeno a partir del agua residual	30
1.3.5	Comparativa de las diferentes tecnologías para la recuperación de nitrógeno	64
2	Objectives	69
3	Materials and methods	73
3.1	Experimental set-up	73
3.1.1	General set-up	73
3.1.2	Crystallization set-up	75
3.1.3	Continuous operation set-up	76
3.2	Analytical methods	78
3.3	Nitrogen rich streams	78
3.3.1	Reject water from a mesophilic anaerobic digester (RW1)	79
3.3.2	Reject water from a thermophilic anaerobic co-digester fed with AnMBR sludge microalgae and primary sludge (RW2)	79
3.3.3	Nitrogen rich streams comparative	81

3.4	Pre-treatment	82
3.5	Experimental description	83
3.5.1	Operational parameters.....	84
3.5.2	Crystallization.....	88
3.5.3	Continuous operation and control system.....	89
3.6	Economic and environmental analysis.....	91
3.7	Calculations	95
4	<i>Resultados y discusión</i>	99
4.1	Efecto de los parámetros operacionales sobre el proceso de recuperación de nitrógeno.	99
4.1.1	Efecto del pH de la corriente de alimento en el proceso de recuperación de nitrógeno.....	99
4.1.2	Efecto del caudal de alimentación.	103
4.1.3	Efecto de la superficie de membrana.	106
4.1.4	Efecto de la temperatura de la corriente de alimento sobre el proceso de recuperación.....	108
4.1.5	Efecto de las características de la corriente de alimentación sobre el proceso de recuperación. 109	
4.1.6	Influencia de la concentración de ácido sulfúrico en el proceso de recuperación.	113
4.1.7	Cristalización.	117
4.2	Modelación matemática del proceso de recuperación de nitrógeno con contactores de membrana.	126
4.2.1	Descripción del modelo.	126
4.2.2	Calibración del modelo propuesto	136
4.3	Análisis económico y medioambiental de la implantación de la tecnología HFMC.	150
4.3.1	Implantación de la tecnología a escala industrial: descripción y simulación de la EDAR.	150
4.3.2	Diseño de la planta de contactores de membrana para la recuperación de nitrógeno.	152
4.3.3	Estimación de los costes de la planta de recuperación de nitrógeno.....	155
4.3.4	Impactos positivos de la implantación de los contactores de membrana.....	160
4.4	Sistema de control para la operación en continuo	165

4.4.1	Diseño del sistema de control.....	165
4.4.2	Calibración del sistema de control.....	169
5	<i>Conclusions</i>	181
6	<i>Desarrollos futuros</i>	187
7	<i>Bibliografía</i>	191