

ÍNDICE GENERAL

Prólogo	15
1. Química del agua	17
1.1. Introducción	17
1.2. Composición del agua	20
1.3. Propiedades físicas del agua	21
1.4. Sinopsis de la química del agua	25
1.4.1. Solubilidad. Efecto del ión común	26
1.4.2. Precipitaciones químicas	29
1.4.3. Autoprotolisis del agua. pH	29
1.4.4. Fuerza de los ácidos y bases	31
1.4.5. Hidrólisis	32
1.4.6. Concentración activa	36
1.4.7. Oxidación reducción	44
1.4.8. rH	55
1.4.9. Dureza de las aguas	56
1.4.10. Detergencia	58
1.4.11. Cambio iónico	59
1.5. Agua en la atmósfera: lluvia ácida natural	66
2. Oxígeno disuelto	69
2.1. Introducción	69

2.2. Solubilidad del oxígeno	69
2.3. Regulación de los vertidos en los ríos	74
2.4. Autodepuración de los ríos	76
2.4.1. Desoxigenación	78
2.4.2. Reoxigenación	79
2.4.3. Déficit de concentración de oxígeno	79
2.4.4. Evolución de la concentración de oxígeno causada por un vertido	82
2.5. Amperometría del oxígeno disuelto	84
2.6. Oxímetros	86
2.7. Calibración de los oxímetros	87
3. Demanda bioquímica de oxígeno	91
3.1. Introducción	91
3.2. Cálculo de la fórmula del agua residual	91
3.2.1. Rendimiento de producción de lodos	94
3.3. Requerimientos nutricionales de la DBO	95
3.4. Conceptos relacionados con la DBO	96
3.5. Disolución de sales nutrientes	98
3.6. Medidores de la DBO	99
3.7. Cinética de la DBO	101
3.8. Determinación de las constantes cinéticas de la DBO	102
3.8.1. Cálculo de la determinación de la DBO	104
3.9. Calidad del agua y la DBO	107
4. Demanda química de oxígeno	109
4.1. Introducción	109
4.2. Definición de la DQO	110
4.3. Demanda química de oxígeno de sustancias puras	110

4.4. Patrón para la medida de la DQO	112
4.5. Interferencias en la determinación de la DQO	113
4.6. Procedimiento y reactivos de la DQO	113
4.7. Determinación de la absortividad	115
4.7.1. Determinación de la f de patrones	117
4.8. Demanda total de oxígeno	119
4.9. Carbono orgánico total	120
4.10. Demanda teórica de oxígeno	121
4.11. Coeficientes de transformación	121
4.11.1. Relación de lodos activos y absorción de nitrógeno . .	124
4.12. Cálculo de muestras compuestas	124
4.13. Vertidos industriales	127
5. Modelos dinámicos de tanques	129
5.1. Introducción	129
5.2. Modelo dinámico de un tanque	130
5.3. Análisis de un tanque de mezcla perfecta	136
5.4. Transferencia de oxígeno-agua	142
5.5. Diseño de tanques reguladores de caudal	147
5.5.1. Cálculo gráfico de un ecualizador	148
5.5.2. Cálculo numérico de un ecualizador	150
5.6. Simulación dinámica de un ecualizador	153
5.7. Problemas	155
6. Sedimentación de sólidos floculentos	165
6.1. Introducción	165
6.2. Generalidades de lodos activos	165
6.3. Velocidad de sedimentación	171
6.4. Flujo de sólidos en el sedimentador	176

6.5. Modelización del sedimentador secundario	180
6.5.1. Modelo dinámico simplificado del sedimentador	180
6.5.2. Modelo dinámico riguroso del sedimentador	181
7. Cinética de reacciones y reactores	191
7.1. Introducción	191
7.2. Reacciones homogéneas	192
7.2.1. Alternativas a la ecuación de Monod	198
7.3. Dependencia de la concentración	198
7.3.1. Método integral de análisis de datos	198
7.3.2. Método diferencial de análisis de datos	205
7.4. Reacción de biodegradación	208
7.4.1. Dependencia de la temperatura	210
7.4.2. Dependencia del pH	213
7.4.3. Limitación por nutrientes	216
7.5. Reactores químicos	216
7.5.1. Reactor continuo de mezcla perfecta	217
7.5.2. Reactor de flujo pistón	219
7.6. Modelización de la degradación de la materia carbonácea . .	225
7.7. Reactores reales	227
7.7.1. Análisis de reactores en serie con trazadores	229
7.8. Características de los reactores biológicos en la depuración de aguas	237
7.8.1. Reactor de mezcla completa	237
7.8.2. Reactor de flujo pistón	237
7.8.3. Reactores de mezcla perfecta en cascada	238
7.8.4. Proceso contacto estabilización	239
7.8.5. Proceso de alimentación escalonada	239

7.8.6. Proceso de oxidación extendida y sedimentación en una misma balsa	240
7.9. Redimensionando reactores	241
7.10. Problemas	247
8. Modelización del proceso de lodos activos	261
8.1. Introducción	261
8.2. Velocidad de dilución y lavado del reactor	263
8.2.1. Reactor biológico sin recirculación	263
8.3. Relación de recirculación de lodos	266
8.4. Reactor biológico con recirculación	267
8.5. Tasa de crecimiento y edad de lodos	269
8.6. Modelo matemático del reactor biológico	271
8.7. Valores de los parámetros cinéticos	274
8.7.1. Simulación del reactor biológico en estado estacionario	275
8.7.2. Evolución del sustrato en el sedimentador	279
8.8. Modelo matemático del tratamiento secundario	280
8.8.1. Modelo dinámico del proceso de lodos activos	281
8.8.2. Modelo estacionario del proceso de lodos activos	287
9. Respirometría de lodos activos	295
9.1. Introducción	295
9.2. Oxidación bioquímica	296
9.3. Consumo específico de oxígeno	297
9.4. Respirogramas	301
9.4.1. Determinación de la DBO en tiempo corto	303
9.5. Toxicidad como inhibición respirométrica	304
A. Integración con MatLab y Maple	309

A.1. Integración	309
A.2. Integración simbólica de ecuaciones diferenciales	312
A.3. Integ. de ecu. dif. con la transformada de Laplace	313
A.4. Integración de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden	316
A.5. Integración numérica de ecuaciones diferenciales	317
A.6. Integración con SIMULINK	319
B. Determinación de retrasos y derivadas	327
B.1. Cálculo numérico de retrasos	327
B.2. Cálculo numérico de derivadas	330
Bibliografía	333
Índice alfabético	337