

CONTENIDO

Prefacio	V
 Capítulo 1: Introducción al flujo en tuberías	
Definición y tipos de flujo	1
Flujo uniforme	2
Resistencia al flujo en conductos circulares	2
Experimento de Reynolds	2
Número de Reynolds	5
Pérdidas de energía por fricción: experimentos preliminares	7
Viscosidad turbulenta. Longitud de mezcla	8
Viscosidad turbulenta (de remolino o de Eddy)	8
Esfuerzo de Reynolds	10
Longitud de mezcla	13
Interacción flujo-pared sólida	14
Distribución de esfuerzos en tuberías circulares	15
Distribución de velocidades (tuberías circulares)	18
Flujo laminar	18
Flujo turbulento	19
Subcapa laminar viscosa (flujo laminar)	20
Zona de transición	22
Zona turbulenta	25
Perfiles de velocidad	29
Ecuaciones para el diseño de tuberías circulares	32
Flujo laminar	33
Flujo turbulento	40
Pérdidas de cabeza debido a la fricción	45
Relación entre f y τ_0	46
El factor de fricción para flujo laminar	47
Ecuaciones de fricción para tuberías reales	48
Ecuación de Blassius para flujos hidráulicamente lisos	48
Diagrama de Nikuradse	50
Trabajos de Lewis Moody. Diagrama de Moody	51
Ecuaciones generales para la fricción en tuberías reales. Flujo turbulento	53
Clasificación de las rugosidades en tuberías. Trabajos de Colebrook-White	61
Problemas	69
Bibliografía	72
 Capítulo 2: Diseño de tuberías simples	
Tipos de problemas en hidráulica de ductos a presión	74
Comprobación de diseño	76
Cálculo de la potencia requerida	76
Diseño de la tubería	76
Ecuaciones para el diseño de tuberías simples	77
Comprobación de diseño	79
Cálculo de potencia requerida	82

Método de iteración de un punto	83
Método de Newton-Raphson	85
Diseño de tuberías simples	91
Diseño de tuberías simples con altas pérdidas menores	95
Problemas	107
Anexo 1	113
Anexo 2	114
Bibliografía	120

Capítulo 3: Ecuaciones empíricas para la fricción en tuberías

Introducción	123
Ecuaciones empíricas para describir el factor de fricción f de Darcy en régimen turbulento	124
Ecuación de Moody	124
Ecuación de Wood	125
Ecuación de Barr	126
La ecuación de Hazen-Williams	127
Comparación entre las ecuaciones de Hazen-Williams y de Darcy-Weisbach	136
Problemas	145
Anexo 1	149
Bibliografía	151

Capítulo 4: Bombas en sistemas de tuberías

Introducción	153
Bombas en sistemas de tuberías	154
Línea de gradiente hidráulico en sistemas bomba-tubería	155
Curvas de un sistema bomba-tubería	157
Curvas de la bomba	157
Curvas del sistema	160
Punto de operación de la bomba	161
Limitaciones en la cabeza de succión	162
Bombas en sistemas de tuberías	166
Bombas en tuberías simples	168
Problemas	180
Bibliografía	187

Capítulo 5: Tuberías en serie y tuberías en paralelo

Introducción	189
Tuberías en serie	190
Comprobación de diseño de tuberías en serie	192
Cálculo de potencia para tuberías en serie	201
Diseño de tuberías en serie	207
Tuberías con pérdida uniforme de caudal por unidad de longitud: tubos porosos	217
Tuberías en paralelo	226
Comprobación de diseño de tuberías en paralelo	228
Cálculo de potencia para tuberías en paralelo	232
Diseño de tuberías en paralelo	240
Problemas	248
Bibliografía	254

Capítulo 6: Análisis de redes de tuberías. Redes abiertas

Introducción	255
Análisis de redes abiertas: balance de cantidad	258
Comprobación de diseño en redes abiertas	260
Cálculo de potencia	269
Diseño de redes abiertas	270
Bombas en redes abiertas	279
Problemas	287
Bibliografía	292

Capítulo 7: Análisis de redes de tuberías. Redes cerradas

Introducción	295
Primera parte: análisis de redes cerradas	296
Principios fundamentales de análisis de redes cerradas	296
Método de Hardy-Cross con corrección de caudales	299
Método de Hardy-Cross con corrección de caudales: pasos que se deben seguir en el análisis	301
Método de Hardy-Cross con corrección de cabezas	303
Método de Hardy-Cross con corrección de cabezas: pasos que se deben seguir en el análisis	306
Comparación entre las dos formas del método de Hardy-Cross	307
Método de Newton-Raphson	326
Método de la teoría lineal	349
Método del gradiente	365
Descripción matemática	365
Descripción del proceso iterativo	369
Características especiales del método del gradiente	369
Descripción de algunos programas comerciales para el diseño de redes de abastecimiento de agua	398
Kypipe3	398
Cybernet	402
Watercad	405
Epanet	409
Segunda parte	412
Diseño de redes de distribución	412
Diseño de redes de abastecimiento de agua	412
Estimación de los caudales de consumo	413
Presiones requeridas en la red de abastecimiento	414
Diámetros de las tuberías de la red de distribución	415
Diseño de la red de distribución	416
El programa REDES	417
Capacidades del programa REDES	417
Método de diseño de redes	419
Proceso de selección de método	419
Descripción del algoritmo	420
Descripción de subalgoritmos	422
Ecuaciones de fricción utilizadas por el programa REDES	429

CONTENIDO

Presentación del programa REDES	429
Problemas	441
Bibliografía.....	448
 Capítulo 8: Sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF)	
Introducción	453
Descripción de un RLAF	454
Esquema de una instalación de RLAF	455
Esquema de una estación de riego	457
Emisores finales	459
Presiones en los emisores finales	459
Caudales en los emisores finales	459
Régimen hidráulico de los emisores finales	460
Relación cabeza-caudal en los emisores finales	461
Tolerancia a la presión de los emisores finales	463
Sensibilidad a las obturaciones en los emisores finales	464
Sensibilidad de los emisores finales a la temperatura	465
Clasificación y tipos de emisores finales	465
Emisores de bajo caudal.....	466
Mangueras	472
Cintas exudantes	473
Emisores de alto caudal	474
Microaspersores y difusores	474
Microtubos de alto caudal	474
Uniformidad del riego	474
Coefficiente de uniformidad.....	475
Factores que intervienen en el coeficiente de uniformidad.....	478
Factores constructivos: coeficiente de variación por fabricación	478
Factores hidráulicos	481
Diseño hidráulico de sistemas de RLAF	482
Secuencia del diseño hidráulico.....	482
Cálculo del caudal por planta y el caudal total	484
Cálculo de la tolerancia de caudales	487
Cálculo de la tolerancia de presiones	487
Cálculo hidráulico de los submódulos: cálculo de múltiples y laterales de riego	490
Cálculo de tuberías primarias y secundarias	494
El programa RIEGOS	496
Primera parte del programa RIEGOS: cálculo hidráulico de un submódulo de riego	497
Segunda parte del programa RIEGOS: cálculo y diseño de las tuberías primarias y secundarias y de la bomba	503
Problemas	510
Bibliografía.....	516
Apéndice 1	519
Apéndice 2.....	525
Apéndice 3	529
Apéndice 4.....	535
Apéndice 5	551