



Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras

Autor: Rafael Pérez Carmona

© Derechos de autor registrados:

[Empresa Editora Macro EIRL](#)

© Derechos de edición, arte gráfico y diagramación reservados:

[Empresa Editora Macro EIRL](#)

Edición original publicada por Ecoe Ediciones Ltda., Bogotá (Colombia)

ISBN: 978-958-771-028-1

Derechos reservados © [Ecoe Ediciones Ltda., Bogotá \(Colombia\)](#)

Edición a cargo de:

© [Empresa Editora Macro EIRL](#)

Av. Paseo de la República N.° 5613, Miraflores, Lima, Perú

☎ Teléfono: (511) 748 0560

✉ E-mail: proyectoeditorial@editorialmacro.com

🌐 Página web: www.editorialmacro.com

Primera edición: marzo de 2015

Tiraje: 1000 ejemplares

Impresión

Talleres gráficos de la Empresa Editora Macro EIRL

Jr. San Agustín N.° 612-624, Surquillo, Lima, Perú

ISBN N.° 978-612-304-264-6

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 2015-04391

Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio o método, de este libro sin previa autorización de la Empresa Editora Macro EIRL.

Índice

Prólogo.....	19
Introducción	21
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	23
1.1 Sistemas de alcantarillados	25
1. Alcantarillado sanitario.....	25
Clasificación de los conductos.....	27
2. Alcantarillado pluvial	28
Unidades	29
Precipitaciones pluviales o intensidad.....	29
Frecuencia de las precipitaciones	29
3. Alcantarillado combinado.....	29
Definiciones	31
Convenciones	42
CAPÍTULO 2. NORMAS GENERALES	45
2.1 Hidráulica de los conductos	48
Expresión de Manning.....	48
Expresión de caudal.....	48
Número de Froude	50
Clasificación del movimiento según la variación de la profundidad.....	50
Clasificación del movimiento según el número de Froude	51
Coeficiente de rugosidad de Manning	51
Efecto de las proyecciones de las paredes internas en el flujo	52
Investigaciones recientes sobre el valor numérico de “n”	53
Selección del valor numérico de “n”	54
Conclusiones.....	54
Sección de un canal con rugosidad compuesta.....	56
Velocidades mínimas a tubo lleno	57
Velocidades máximas	58
2.2 Relaciones hidráulicas de los conductos.....	59
Cambios de dirección en conductos cerrados.....	62
Clasificación	63
2.3 Cambios de dirección en canales	63
Transiciones.....	63
Unión de colectores	64
Pérdidas en régimen subcrítico.....	64
Régimen supercrítico.....	68
Condiciones de flujo crítico.....	77
Unión de canales abiertos	78
Caídas o cambios de pendientes	78
Pozos de inspección.....	78
Cámara de caída	79
Perfiles	80

CAPÍTULO 3. ALCANTARILLADO SANITARIO	81
3.1 Primer método.....	83
Caudal medio de aguas negras	83
Aguas domésticas	83
Densidad	84
Aguas industriales	84
Aguas comerciales.....	84
Aguas institucionales.....	84
Caudal medio de aguas negras	85
3.2 Caudal máximo horario.....	85
Infiltración – Q_i	86
Conexiones erradas - Q_e	86
Caudal Máximo Total - Q_{MT}	86
Caudal de diseño - Q_d	86
Normas de diseño	87
3.3 Áreas de drenaje.....	88
Perfiles	88
3.4 Procedimiento para los proyectos	89
Estimación de caudales.....	89
CAPÍTULO 4. ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS	183
4.1 Criterios.....	185
4.2 Caudales de diseño.....	185
Frecuencia.....	185
Precipitación y escorrentía	185
Tiempo de concentración.....	186
Profundidad de los conductos.....	187
Canales abiertos.....	187
Sumideros	187
Capacidad de los sumideros	188
Sumideros transversales	188
Sumideros laterales.....	190
Diseño de conexiones	191
Caso Bogotá.....	193
Sumideros en batea.....	194
Metodología para estimación de caudales	195
Escorrentía.....	196
Intensidad	196
Ecuación de intensidad - duración - frecuencia.....	196
4.3 Área de drenaje	201
Recomendaciones de diseño.....	201
4.4 Dimensionamiento de la sección	212
Drenaje superficial.....	212
Ejemplos cálculo pluvial	212
Ejemplo N° 1. Sistema pluvial Urbanización Villa Galdys	217
Ejemplo N° 2. Alcantarillado pluvial Urbanización Villa Lalá	226

4.5 Control de nivel freático	231
Cálculo entre drenes	232
Sifones	234
Vertedero lateral.....	239
Equivalencias hidráulicas	240
Profundidad a la entrada para tubos circulares de concreto con control a la entrada	250
Profundidad a la entrada para tubos circulares de metal corrugado con control a la entrada	256
Cambio de una sección circular a rectangular y viceversa	263
Accesorios para cámaras de caída	276
Fundición de colectores en sitio	285
CAPÍTULO 5. ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS.....	287
5.1 Introducción	289
5.2 Capacidad de la estación.....	289
Aguas residuales sanitarias	289
Período de diseño	290
Proyección de crecimiento de población	290
Desarrollo del área.....	290
Agua disponible.....	291
Cantidad de aguas residuales.....	291
Caudales combinados	291
Diseño hidráulico de los cárcamos	292
5.3 Dimensiones para sumideros y canal de aproximación	294
5.4 Configuración y diseño	297
Ubicación.....	297
5.5 Tipos de estación.....	298
5.6 Diseño mecánico	299
Rejillas	299
Instalación.....	300
Manejo de los sólidos	300
Rejillas de limpieza manual.....	300
Canasta de rejillas.....	302
Rejillas de limpieza mecánica	303
Pérdidas de carga en rejillas	304
Controles.....	305
Operación de emergencia	307
5.7 Equipo de bombeo	307
Bombas centrífugas	308
5.8 Cavitación	309
Potencia	311
Selección de la bomba	313
Bombas de capacidad variable	313
Ventilación.....	315
5.9 Criterios generales de diseño	316

Altura dinámica total	317
5.10 Parámetros hidráulicos	318
5.11 Recomendaciones para la instalación	321
En la succión.....	321
Ejemplo. Estación de bombeo	332
5.12 Pérdidas de admisión y salida	334

CAPÍTULO 6. BOMBAS DE TORNILLO 337

6.1 Definiciones	339
Construcción.....	340
Instalación.....	340
Altura manométrica y estática	348
Descripción y operación	351
Operación	352
Cámara de separación.....	352
Caso de cerrar una compuerta	353
6.2 Canales desarenadores	354
Rejas metálicas	355
Pozos de distribución.....	355
Pozos húmedos	355
Pozo de electrodos.....	356
Graduación de los electrodos.....	356
Conmutación de las bombas.....	358
Puente grúa	360
Bombas de tornillo	361
Sala de motores.....	362
Canaletas Parshall.....	362
Compuerta de salida	362
6.3 Mantenimiento	363
Bombas de tornillo	363
Mantenimiento.....	363
Caja de engranajes.....	365
6.4 Control de olores.....	365
Suministro de agua	366
Lubricación de la bomba	366
Grúas.....	366

CAPÍTULO 7. SISTEMA DE DRENAJES PARA CARRETERAS 369

7.1 Consideraciones generales	371
7.2 Consideraciones sobre ubicación.....	371
Drenaje superficial.....	371
Obras de arte.....	373
Drenaje subterráneo.....	374
7.3 Deterioro de los pavimentos por humedad	377
Externo e interno	377
Condiciones geométricas y textura superficial del pavimento	378

Definición de la trayectoria del flujo del plano de diseño	379
Geometría del carril	383
Cunetas	383
Obras para el control de erosión en taludes	384
Caudal de diseño	384
En áreas urbanas	385
En áreas rurales	386
Área aferente de las cunetas	386
Diseño de cunetas	388
Descole de cunetas	413
Pocetas	413
Cálculo caudal de diseño	414
Diseño de cuneta	414
Criterios para drenaje de la calzada	414
Alcantarillas	416
Drenaje subsuperficial	422
Caudal por nivel freático Qnf	439
Drenes subtransversales	446
CAPÍTULO 8. ASENTAMIENTOS DE BAJOS INGRESOS.....	461
8.1 Introducción	463
8.2 Normas, enfoque técnico y tecnologías	463
Nuevas normas	463
Nuevos métodos y tecnologías	464
Estrategias para abastecimiento de agua y evacuación de desechos	464
8.3 Economía en los desagües	466
Saneamiento de bajo costo	468
Letrinas de lavado a chorro con sello hidráulico	470
Sistema de alcantarillado por medio de pequeños diámetros	470
8.4 Sistema simplificado	471
Alcantarillados domiciliarios	471
Evacuación de desechos	474
Inodoros de conversión de compuesto	474
Alcantarillado de traspatio	477
CAPÍTULO 9. SISTEMAS SÉPTICOS	481
9.1 Elementos	483
Trampas para grasa	483
Pozo séptico	483
Cajas distribuidoras	486
Campos de oxidación	486
Pozo de absorción	486
9.2 Aplicabilidad	486
Subsuelo	486
Localización	487
9.3 Generalidades	488

Tiempo de retención	488
Volumen.....	488
Limpieza	491
Localización	491
Materiales	491
9.4 Criterios de construcción	492
Mantenimiento.....	492
9.5 Guía de diseño.....	494
Análisis cualitativo	494
Análisis cualitativos.....	495
Previsiones.....	499
Materiales	500
Construcción.....	500
Operación y mantenimiento	500
Lechos filtrantes de arena	501
Guía de diseño	501
Ancho del lecho filtrante	501
Calidad del efluente	503
Aislamiento respecto al nivel freático	503
9.6 Filtros anaeróbicos	504
Diseño.....	505
Calidad del efluente	505
Conformación del lecho filtrante	505
9.7 Operación y mantenimiento	506
CAPÍTULO 10. ANEXOS.....	507
10.1 Procedimientos matemáticos	509
Cambio de dirección en conductos cerrados	509
Transiciones.....	510
Unión de colectores	511
Uso de las tablas de equivalencias hidráulicas	515
10.2 Drenaje de la corona	518
Cunetas	520
Manejo de las tablas	522
Alcantarillas.....	523
Drenaje subsuperficial	524
Uso de las tablas para el cálculo de caudal de infiltración y caudal por nivel freático	525
10.3 Canales abiertos	527
Forma geométrica.....	527
10.4 Sumideros	558
10.5 Cálculo de sumideros	559
Sumideros en pendiente.....	559
Parámetros de diseño.....	559
Cálculo de caudal de los sumideros.....	559
Cálculo sumideros en batea	561

Generalidades



Todo lugar o población que cuente con un sistema de suministro de agua, de cualquiera que fuese su procedencia, requiere de un sistema de evacuación llamado alcantarillado.

1.1 Sistemas de alcantarillados

Se define como el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas; fruto de las actividades humanas, o las que provienen como fruto de la precipitación pluvial.

Denominación de los alcantarillados. De acuerdo a su procedencia se distinguen en sanitario, pluvial y combinado.

1. Alcantarillado sanitario

Se diseña para recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas domésticas, de establecimientos comerciales y pequeñas plantas industriales; por lo general, las aguas negras sin fermentación son ligeramente alcalinas o neutras, y bastante diluidas. Por lo tanto, en un sistema sanitario bien proyectado, construido y conservado, el problema de la corrosión queda reducido al mínimo, siempre que la velocidad de la corriente sea suficiente para arrastrar los desperdicios hasta el punto de descarga, antes que se inicie el proceso de putrefacción.

En conductos viejos, cuando la corriente es lenta o se estanca debido al mal alineamiento o asentamiento del conducto, pueden acumularse en ciertos puntos materias orgánicas putrescibles. En estos casos, si la temperatura y la

concentración de los desperdicios son suficientemente altos, y la atmósfera deficiente en oxígeno, se inicia la acción bacteriológica que origina “gases cloacales”. Si esta acción se efectúa en presencia de aguas bastante sulfatadas, se formará entonces el ácido sulfhídrico (H_2S) cuyo olor es semejante al de los huevos podridos.

Este gas, en determinadas concentraciones puede ser mortal al hombre; combinada la humedad con el oxígeno de la atmósfera del conducto, se forman ácidos sulfurosos o sulfídricos, ambos muy corrosivos; esta acción corrosiva se produce generalmente en la parte superior del conducto (véase la Figura 1.1). Por ello, los conductos sanitarios deben proyectarse con velocidades de arrastre adecuadas para evitar el sedimento de los sólidos en suspensión.

Siempre será más cómodo diseñar alcantarillados en lugares con alguna pendiente y si las condiciones de localización son excepcionales, se podrá diseñar alcantarillado sanitario como único sistema y las aguas lluvias encausarlas por las cunetas.

Figura 1.1 Transformaciones biológicas en alcantarillas

