

Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1105 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Aguas Cordillera S.A.
Asociación de Ingenieros Consultores, AIC
Consorcio Nacional de Ingenieros Consultores, CNIC
Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso, ESVAL S.A.

Empresa de Servicios Sanitarios El Libertador, ESSEL S.A.

Empresa de Servicios Sanitarios de La Araucanía, ESSAR S.A.
Empresa de Servicios Sanitarios del Maule, ESSAM S.A.
Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS

GC y GC Ingeniería Ltda.
Instituto Nacional de Normalización, INN

Ministerio de Salud, SESMA

Mario Rodríguez C.
Marcelo Salgado S.
Marcelo Salgado S.
Hans Bostelmann P.
Marcelo Pizarro M.
Walterio Anabalón G.
Alberto Krebs T.
Rolando Fuentes M.
Pablo Pizarro A.
Francisco Aravena G.
Julio Barsocchini M.
Gustavo Contreras P.
Marcela Leiva
Ramona Villalón D.
Laura Arellano Q.
Paulina Laplace P.

NCh1105

Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS

Universidad de Santiago, USACH
Becerra G., Enrique

Nancy Cepeda R.
Víctor Figueroa S.
Gerardo Samhan E.
Patricia Mery C.
Enrique Becerra G.

Esta norma se estudió para establecer las condiciones y el cálculo de redes aplicables a las obras de alcantarillado y en su elaboración se tomaron en cuenta antecedentes técnicos nacionales.

El Anexo A no forma parte del cuerpo de la norma, se inserta sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 26 de Noviembre de 1998.

Esta norma ha sido declarada Norma Chilena Oficial de la República por Decreto N° 6 de fecha 13 de Enero de 1999, del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el Diario Oficial N° 36.453, del 31 de Agosto de 1999.

Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece las condiciones generales relativas al diseño y cálculo de una red de alcantarillado de aguas residuales

1.2 Esta norma no es aplicable a las redes de alcantarillado de aguas lluvias.

2 Referencias

NCh410 *Calidad del agua – Vocabulario.*

NCh1104 *Ingeniería sanitaria – Presentación y contenido de proyectos de sistemas de agua potable y alcantarillado.*

3 Definiciones

Para la aplicación de esta norma, se emplean los términos definidos en la NCh410, NCh1104 y específicamente los siguientes:

3.1 aguas grises: aguas residuales provenientes de las tinas y duchas, lavatorios, lavaplatos y otros similares, excluyendo las aguas negras.

3.2 aguas negras: aguas residuales que contienen excretas.

3.3 aguas residuales: aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso, o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para ese proceso.

3.4 aguas servidas; aguas servidas domésticas: aguas residuales que sólo contienen los desechos de una comunidad, compuestas por aguas grises y aguas negras.

3.5 alcantarilla: tubería u otra construcción, generalmente subterránea, diseñada para conducir aguas servidas, y que pueden conducir otros tipos de agua, hacia una planta de tratamiento o a un cuerpo receptor.

3.6 área saneada: superficie de influencia en que el agua escurre hacia algún tramo considerado.

3.7 área tributaria: superficie de influencia total a sanear.

3.8 cámara de inspección: aquella que permite la operación y mantención del sistema de alcantarillado.

3.9 cañería: tubería secundaria que recibe descargas domiciliarias y una o más laterales.

3.10 cobertura: corresponde al valor en porcentaje de la población que es abastecida con agua potable o saneada con un sistema de alcantarillado, con respecto a la población total.

3.11 colector: tubería o canalización que forma parte de un sistema de alcantarillado que recibe una o más cañerías y que está destinado a recolectar y conducir aguas residuales u otras aguas.

3.12 cuerpo receptor: masa de agua superficial o subterránea la cual recibe descargas de aguas.

3.13 chimenea: estructura que forma parte de una cámara de inspección (ver 3.8) o que la puede reemplazar en las tuberías de diámetros mayores a 900 mm.

3.14 dotación de consumo: consumo promedio anual de agua potable por habitante expresado en litros por habitante por día (L/hab/día).

3.15 emisario: tubería, ducto o canalización que recibe el agua efluente de toda una red de alcantarillado y la conduce hasta una planta de tratamiento o hasta el punto de descarga final; en general no recibe directamente uniones domiciliarias.

3.16 empalme: conexión física entre la unión domiciliaria de alcantarillado y las redes de recolección de aguas residuales.

3.17 instalación domiciliaria de alcantarillado: obras necesarias para evacuar las aguas servidas domésticas y/o residuos industriales líquidos que den cumplimiento a la normativa vigente del inmueble, desde los artefactos hasta la última cámara domiciliaria inclusive, o hasta los sistemas propios de disposición.

3.18 interceptor: canalización cerrada destinada a recolectar y conducir hacia un punto común las aguas residuales, provenientes de dos o más colectores.

3.19 lateral: tubería secundaria que recibe descargas domiciliarias y no recibe efluentes de ninguna otra tubería.

3.20 naciente: tramo inicial de una red de alcantarillado.

3.21 red de alcantarillado separado: sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en alcantarillas separadas.

3.22 red de alcantarillado unitario; red de alcantarillado combinado: sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en una misma alcantarilla.

3.23 residuo industrial líquido; RIL: efluente residual evacuado de las instalaciones de un establecimiento industrial.

3.24 tramo: tubería que une dos cámaras de inspección consecutivas.

3.25 unión domiciliaria de alcantarillado: tramo de la red pública de recolección de aguas servidas domésticas y/o RILES, comprendido desde su punto de empalme a la red pública de recolección, hasta la última cámara de inspección domiciliaria exclusiva.

4 Generalidades

4.1 Las obras de alcantarillado tienen como finalidad esencial el saneamiento ambiental, evacuando racionalmente las aguas residuales.

4.2 En los nuevos sistemas de alcantarillado y en toda nueva ampliación o extensión de un sistema de alcantarillado unitario existente, deben considerarse redes separadas aunque se empalmen temporalmente a un servicio de alcantarillado existente. En cualquier caso, la Autoridad Competente debe definir los requisitos a cumplir.

5 Areas tributarias y localización de tuberías

5.1 La población o zona estudiada se debe considerar como formando un todo indivisible con las áreas adyacentes, de acuerdo con los diferentes factores topográficos, demográficos y urbanísticos que pueden influir en el proyecto.

5.2 En la capacidad de las tuberías, se debe considerar las posibles variaciones urbanísticas y de densidad demográfica dentro de la parte urbanizada actualmente y posibles áreas de expansión del lugar, fijando dotaciones de consumo adecuadas.

5.3 Las tuberías se deben proyectar para ser construidas en tramos rectos, de acuerdo con la constitución topográfica del terreno donde se emplazarán las obras y con un trazado que permita el escurrimiento gravitacional desde el inicio de la unión domiciliaria.

5.4 Las tuberías en general, deben seguir las pendientes del terreno natural y formar las mismas hoyas primarias y secundarias que aquél, en los casos que sea posible.

5.5 El sistema de alcantarillado se debe proyectar de manera que sus tuberías pasen por debajo de las tuberías de distribución de agua potable.

En los trazados paralelos a redes de agua potable se debe mantener, entre las tuberías de ambos sistemas, una distancia libre mínima en planta de 2 m.

En los cruces de ambos sistemas, se debe dejar una distancia libre mínima de 0,3 m.

5.6 No debe existir conexión física entre un sistema de recolección de aguas residuales y un sistema de agua potable, que permita el paso de aguas residuales a este último.

5.7 Cualquier modificación a las condiciones anteriores debe ser autorizada por la Autoridad Competente.

6 Cálculos hidráulicos

6.1 Generalidades

El dimensionamiento total o parcial de un sistema de alcantarillado se debe efectuar teniendo en consideración los conceptos, las estadísticas, los coeficientes y los factores que se indican a continuación.

6.2 Estadísticas

6.2.1 Se deben emplear las estadísticas de consumo y de saneamiento que manejan las empresas sanitarias, en conformidad a la importancia del estudio.

6.2.2 En caso de no disponer de información se deben establecer valores referenciales.

6.2.3 Los nuevos sistemas pueden dimensionarse mediante la utilización de las estadísticas existentes de localidades con similares características geográficas, socioeconómicas y poblacionales (densidad, tipo de edificación y uso del suelo).

6.2.4 Todo lo anterior debe ser justificado por el proyectista y aprobado por la Autoridad Competente.

6.3 Bases de cálculo de caudales

6.3.1 Cobertura

Se debe determinar la cobertura.

6.3.2 Area a sanear

Se debe determinar el área a sanear a base del área tributaria.

6.3.3 Población

Se deben analizar los planes de desarrollo de la empresa sanitaria, las estadísticas censales, el crecimiento de la población a servir, el plano regulador vigente y los estudios de población efectuados en la misma área, para el agua potable y fuentes propias. Se deben considerar posibles áreas de expansión del lugar, de modo de poder proyectar la población total y por servir, incluyendo áreas industriales, la cual debe ser debidamente justificada por el proyectista.

6.3.4 Consumos

Se debe considerar la dotación de consumo de agua potable y de fuentes propias, para uso doméstico e industrial, de acuerdo con el nivel socio-económico de la población o tipo de industria a servir y su variación durante el período de previsión.

6.3.5 Infiltración

Cuando corresponda, se debe determinar el caudal de infiltración de las aguas subterráneas a las redes de alcantarillado.

6.4 Coeficientes y factores

6.4.1 Coeficiente de recuperación

- a) El coeficiente de recuperación refleja el porcentaje de agua consumida (potable y de fuentes propias), que se descarga al alcantarillado y depende entre otros factores, de la estructura urbana del sector, del nivel socio-económico de la población y del uso que se le da al agua.
- b) En general, el coeficiente de recuperación está comprendido entre 0,7 y 1,0; en cualquier caso el valor aplicado debe estar debidamente justificado por el proyectista.

6.4.2 Factor de capacidad

Es el coeficiente que corrige entre otros, la distribución de la población futura, los posibles cambios del uso del suelo y los hábitos de consumo.

Su valor varía entre 1 y un valor mayor de 1, el que debe ser debidamente justificado ante la Autoridad Competente.

6.5 Caudal medio diario de aguas residuales

Corresponde a la suma de los caudales medios diarios de las aguas servidas y de los RILES.

6.5.1 Caudal medio diario de aguas servidas

El caudal medio diario de aguas servidas se calcula a base del caudal medio diario consumido de agua (potable y fuentes propias). Se utiliza la dotación de consumo, la población a servir por el sistema de alcantarillado y el coeficiente de recuperación, de acuerdo con la siguiente relación:

$$Qmd_{AS} = \frac{P \times D \times R}{86\,400} (L/S)$$

en que:

Qmd_{AS}	=	caudal medio diario de aguas servidas (L/s);
P	=	población a servir;
R	=	coeficiente de recuperación;
D	=	dotación de consumo de agua potable (L/hab/día).

6.5.2 Caudal medio diario de residuos industriales líquidos

El caudal medio diario de RILES se calcula a base del caudal medio diario consumido de agua (potable y fuentes propias), real o esperado, y de las características propias del sector industrial.

6.6 Caudales de diseño

Se utilizan para el dimensionamiento de las tuberías del sistema de alcantarillado. Incluyen el caudal máximo horario de aguas servidas, el caudal de RILES y el de infiltración.

6.6.1 Caudales máximos

6.6.1.1 Caudal máximo horario de aguas servidas

Es el mayor caudal que puede escurrir en un determinado período del día.

Este caudal se utiliza para determinar la capacidad del sistema de alcantarillado, calculado para el final del período de previsión.

- a) Para determinar este caudal en áreas con 1 000 ó más habitantes se utiliza:
 - i) el coeficiente de Harmon el que, multiplicado por el caudal medio diario, entrega el caudal máximo horario.

De esta manera:

$$Q_{\text{máxh}}_{\text{AS}} = M \times Q_{\text{md}}_{\text{AS}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

en que:

M	=	coeficiente de Harmon;
P	=	población servida (P > 1 000 habitantes);
$Q_{\text{máxh}}_{\text{AS}}$	=	caudal máximo horario de aguas servidas;
$Q_{\text{md}}_{\text{AS}}$	=	caudal medio diario de aguas servidas.

ii) Otros factores debidamente justificados ante la Autoridad Competente.

Para poblaciones de menos de 100 habitantes (20 casas), se podrá utilizar la Tabla de caudales máximos instantáneos de la Boston Society of Civil Engineering (B.S.C.E.); ver Anexo A.

Para poblaciones comprendidas entre 100 y 1 000 habitantes, se interpola entre el valor entregado por la B.S.C.E. para 20 casas, que es 3,6 L/s, y el caudal máximo horario calculado para 1 000 habitantes con el coeficiente de Harmon u otro factor debidamente justificado.

6.6.1.2 Caudal de RILES

Se debe considerar el caudal máximo horario de RILES, real o esperado, debidamente justificado, dependiendo del tipo de industria.

6.6.1.3 Caudal de infiltración

El caudal aportado por agua de infiltración tendrá en cuenta, entre otros, la permeabilidad del terreno, la altura del nivel freático, si es que llega a alcanzar a las tuberías, el tipo de tubería y juntas empleadas, la forma de unión de las conexiones domiciliarias y las paredes, radiers y conexiones de las cámaras de inspección, tomándose en consideración la posibilidad de fisuras y roturas de juntas debida a temblores de tierra.

6.6.2 Caudales mínimos

Este caudal se utiliza para verificar si se produce autolavado en las tuberías del sistema de alcantarillado.

6.6.2.1 Tuberías nacientes y laterales

Cuando corresponda, se debe utilizar el valor del caudal máximo instantáneo entregado por la Boston Society of Civil Engineering u otro aceptado por la Autoridad Competente.

6.6.2.2 Cañerías

Cuando corresponda, se debe utilizar el caudal medio diario.

6.6.2.3 Colectores, interceptores y emisarios

Se debe utilizar el caudal correspondiente a un 60 % del caudal medio diario.

6.6.2.4 En los casos anteriores, cuando corresponda, debe considerarse además, el caudal de infiltración.

6.7 Capacidad de las tuberías

El diámetro nominal de las tuberías (D), debe calcularse de modo que la altura del agua (h) dentro de la tubería quede entre los límites que se indican,

- a) Para el caudal máximo de diseño, h:
 - 0,70
 - 0,80 para casos debidamente justificados
- b) Para el caudal mínimo, $h \geq 0,30 D$ o el valor equivalente en altura al caudal entregado por la Boston Society of Civil Engineering, (ver 6.6.2.1).

6.8 Velocidades

Las velocidades del agua en la tubería quedarán dentro de los límites,

- a) máxima: 3 m/s o el valor aceptado por la Autoridad Competente para casos específicos;
- b) mínima para boca llena ($h = D$): 0,60 m/s.

6.9 Pendientes

6.9.1 Para caudales reales que produzcan autolavado, en la Tabla 1 se indican las pendientes mínimas a considerar en el diseño.

Tabla 1 – Pendientes mínimas para tuberías de diámetros nominales 175 mm a 500 mm en tanto por mil (‰)

Diámetro nominal	Pendientes (‰)			
	Tramos no iniciales		Tramos iniciales	
	Mínimas recomendables	Críticas	Mínimas recomendables	Críticas
175	5 ‰	3 ‰	10 ‰	7 ‰
200	5 ‰	3 ‰	10 ‰	6 ‰
250	4 ‰	3 ‰	-	-
300	3 ‰	2 ‰	-	-
350	3 ‰	2 ‰	-	-
400	3 ‰	2 ‰	-	-
500*)	3 ‰	2 ‰	-	-

*) Se permite el uso de pendientes menores para diámetros mayores a 500 mm, justificadas en cada caso.

6.9.2 Se deben considerar pendientes mayores que las pendientes mínimas, si ello es técnicamente posible.

6.9.3 Las pendientes deben ser calculadas entre los centros respectivos de las cámaras de inspección de cada tramo.

6.9.4 La Autoridad Competente puede autorizar para casos calificados, el uso de pendientes menores que las que se establecen en la Tabla 1.

6.10 Dimensionamiento hidráulico de las tuberías

6.10.1 Para el dimensionamiento hidráulico de las tuberías deben utilizarse fórmulas que hayan sido obtenidas experimental o teóricamente, de uso generalizado y aceptadas por la Autoridad Competente.

6.10.2 El coeficiente de rugosidad que se adopte debe estar de acuerdo con el tipo de material, número de uniones domiciliarias y otras singularidades; el valor recomendado es el equivalente al $n = 0,013$ (Manning) u otro valor aceptado por la Autoridad Competente en casos debidamente justificados.

7 Cámaras y chimeneas de inspección

7.1 Se deben instalar cámaras de inspección en los siguientes casos:

- al comienzo de los nacientes;
- cambios de dirección;
- cambios de pendientes;
- cambios de diámetro;
- cambios de material;
- confluencia de dos o más tuberías, exceptuando los empalmes directos de uniones domiciliarias;
- y a una distancia máxima de:
 - a) 120 m para diámetros nominales de tuberías \leq de 500 mm;
 - b) 120 a 150 m para diámetros nominales de tuberías $>$ de 500 mm.

7.2 Características de las cámaras y chimeneas de inspección

7.2.1 Cámaras circulares con diámetros de cuerpo igual a 1,30 metros ($D_c = 1,30$ m), en tuberías de diámetro nominal hasta 500 mm.

7.2.2 Cámaras circulares con diámetro de cuerpo igual a 1,80 metros ($D_c = 1,80$ m), en tuberías de diámetro nominal mayor de 500 mm hasta un valor menor o igual a 1 000 mm, o en cualquier diámetro, si el ángulo que forman la tubería de llegada y la tubería de salida es igual o menor a los 60° .

7.2.3 Cámaras de características especiales o chimeneas en casos debidamente justificados.

7.3 En las cámaras de inspección debe existir un desnivel entre la cota de radier de cada tubería de llegada y la cota de radier de la tubería de salida. Este desnivel debe absorberse en la canaleta de radier de la cámara.

7.3.1 El desnivel debe calcularse como sigue:

- a) Si la pendiente de una tubería de llegada es mayor que la pendiente de la tubería de salida, el desnivel debe ser igual a la mayor pendiente por el diámetro del cuerpo de la cámara.

- b) Si la pendiente de una tubería de llegada es menor que la pendiente de la tubería de salida, el desnivel debe ser igual al promedio de las pendientes por el diámetro del cuerpo de la cámara.
- c) Si el diámetro de la tubería de salida es mayor que el diámetro de la tubería de llegada, el desnivel debe ser igual a la diferencia de los diámetros.

7.3.2 El desnivel que se debe adoptar es el mayor valor de los determinados en 7.3.1. En el caso de que este desnivel sea menor a 2 cm se debe usar como mínimo este valor.

7.3.3 La Autoridad Competente puede autorizar para casos calificados un desnivel inferior a 2 cm.

7.3.4 En el interior de la cámara, el desnivel máximo entre las tuberías de llegada y la tubería de salida no debe ser mayor de 0,50 m; en caso contrario, deben usarse cámaras de inspección con caída exterior o con un diseño especial.

7.3.5 Las caídas exteriores a una cámara de inspección deben quedar siempre ubicadas dentro del cuerpo de ésta.

7.3.6 Las cámaras de inspección iniciales de tramos nacientes, se deben ubicar de preferencia sobre las tuberías existentes o proyectadas.

8 Diámetros de tuberías

8.1 El diámetro nominal mínimo a utilizar en tuberías laterales y cañerías debe ser 200 mm, salvo en casos especiales de pasajes o calles sin posibilidades de conexión de futuras extensiones de red, con tramos que sumados no superen los 200 m, en cuyo caso se podrá utilizar el diámetro nominal de 175 mm.

8.2 El diámetro nominal mínimo de las tuberías en uniones domiciliarias debe ser 100 mm.

8.3 No podrán considerarse reducciones de diámetro en el sentido de escurrimiento, aun cuando la tubería de menor diámetro tenga capacidad suficiente; la Autoridad Competente podrá aceptar el empalme a tuberías de menor diámetro en casos debidamente justificados.

9 Profundidad de tuberías

La profundidad mínima a la clave de la tubería debe ser 1,6 m, excepto en el caso de condiciones técnicas debidamente justificadas ante la Autoridad Competente.

10 Refuerzos y otras obras

Cuando corresponda, debe considerarse el diseño de refuerzos estructurales en las tuberías, machones de anclaje y otras obras adecuadas que aseguren la estabilidad y funcionamiento del sistema de alcantarillado.

11 Empalmes de uniones domiciliarias a tuberías

11.1 Empalmes directos

Se permiten empalmes directos en las redes que se proyecten, cuando el diámetro nominal máximo de la unión domiciliaria sea de 150 mm.

11.2 Empalmes con cámaras de inspección

Se deben considerar cámaras de inspección cuando se trate de empalmes de uniones domiciliarias, de diámetros nominales de 150 mm o superiores, a tuberías cuya relación diámetro de tubería/unión domiciliaria sea igual o inferior a 2, con la excepción de lo indicado en 11.1.

12 Materiales

12.1 Las tuberías pueden ser de hormigón simple, asbesto cemento, hormigón armado, policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), hierro fundido, acero o de otro material aceptado por la Autoridad Competente.

12.2 Los materiales deben cumplir con las normas chilenas aplicables.

Anexo A

(Informativo)

Tabla A.1 - Caudales máximos instantáneos de la Boston Society of Civil Engineering

Unidades de viviendas conectadas	Caudal (L/s)
1	0,44
2	0,76
3	1,07
4	1,33
5	1,58
6	1,70
7	1,90
8	2,05
9	2,23
10	2,40
11	2,55
12	2,70
13	2,84
14	2,98
15	3,08
16	3,20
17	3,30
18	3,40
19	3,50
20	3,60

Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes

Sanitary engineering – Waste water drainage system – Design and systems calculations

Primera edición : 1999

Descriptor: *ingeniería sanitaria, alcantarillado, aguas residuales, red de alcantarillado, diseño, cálculos de diseño, requisitos*

CIN 91.140.80

COPYRIGHT © 1999: INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

* Prohibida reproducción y venta *

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Casilla : 995 Santiago 1 – Chile

Teléfonos : + (56 2) 441 0330 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0425

Telefax : + (56 2) 441 0427 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0429

Web : www.inn.cl

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)