

## **NOTA IMPORTANTE:**

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

**ININ/ Oficina Nacional de Normalización**

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

770: 2010

---

**EDIFICACIONES — REQUISITOS DE DISEÑO DEL SISTEMA  
DE DRENAJE PLUVIAL URBANO**

**Buildings — Urban pluvial drainage system desing requirements**

---

ICS: 91.060.20

1. Edición      Marzo 2010  
**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu); Sitio Web: [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu)



**Cuban National Bureau of Standards**

**NC 770: 2010**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC / CTN 26 de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en el cual están representadas las instituciones siguientes:
  - Ministerio de Construcción
  - Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”
  - Oficina del Historiador de la Ciudad de la Habana
  - Ministerio de Salud Pública (MINSAP)
  - Empresas Inmobiliarias
  - Ministerio del Turismo
  - Oficina Nacional de Normalización
  - Grupo Industrial Perdurit
  - Empresa de diseño Ciudad Habana (DCH)
  - Agencia Nacional de Protección Contra Incendio
  - Frente de Proyectos
  
- Es una revisión de la NC 48-26:1984 *Ingeniería Hidráulica. Drenaje pluvial urbano. Especificaciones de proyecto* a la cual sustituye.

**© NC, 2010**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## EDIFICACIONES — REQUISITOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO

### 1 Objeto

Esta Norma Cubana establece los requisitos de diseño del sistema de drenaje pluvial urbano a utilizar en cuencas menores de 30 km<sup>2</sup>

El drenaje pluvial urbano está destinado a coleccionar y conducir hasta su lugar de vertimiento, todas las aguas pluviales generadas en las áreas urbanizadas, o las que pasan a través de su territorio.

El adecuado desarrollo de un proyecto de drenaje urbano, dependerá de la precisión que se utilice en la determinación de las áreas tributarias y de las frecuencias, intensidad de lluvia y coeficiente de escurrimiento adoptados, con vista a la obtención de los gastos y el dimensionamiento de los conductos a partir de las pendientes y velocidades utilizadas.

Los elementos que garantizan una adecuada recolección y conducción de las aguas son:

- Elementos de recolección y conducción superficial
- Elementos de captación
- Emisarios
- Estructuras de transmisión o intercepción
- Registros
- Elementos de protección en los puntos de entrega

Se consideran elementos de recolección y conducción superficial: contenes – cunetas, badenes y canales por medio de los cuales se obtiene la conducción de las aguas pluviales a los elementos de captación.

Se consideran elementos de captación de los tragantes y cajas tragantes destinados a coleccionar los flujos recogidos y conducidos por las estructuras descritas en el párrafo anterior.

### 2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, solo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

NC 48 - 03 Ingeniería hidráulica. Riego y drenaje. Términos y definiciones (En revisión)

NC 600: 2008 Edificaciones. Requisitos de diseño del sistema de drenaje pluvial

### 3 Términos y definiciones

Para el resto de los términos y definiciones ver las Normas NC 48 - 03 y la NC 600.

**3.1 tiempo de concentración y recorrido**

Tiempo que demora una partícula de agua, en función de su velocidad, para desplazarse entre los puntos objeto de evaluación.

**3.2 intensidad de precipitación**

Coficiente de una lluvia expresado en unidades de altura por unidades de tiempo de la precipitación.

**4 Requisitos de diseño****4.1 Requisitos generales**

**4.1.1** Solo se incorporarán a los sistemas de drenaje pluvial urbano las aguas generadas por las precipitaciones pluviales y las aportadas por labores de higienización de las vías de la ciudad.

En forma recíproca, ningún agua de origen pluvial será conducida a las redes fecales.

**4.1.2** La vida útil del diseño será de 30 años como mínimo. En los mismos se tendrá en cuenta las zonas aledañas a la cuenca en estudio que pueden ser afectadas por el crecimiento urbano dentro del período de diseño.

**4.1.3** No se podrá utilizar ninguna interconexión directa entre las viviendas de 5 plantas de altura o menos a los conductos de drenajes. En estos casos, los conductos que recogen las aguas provenientes de las cubiertas o patios interiores, descargarán libremente a las cunetillas de recolección y nunca sobre las aceras o parterres.

**4.1.4** En casos de edificios de más de 5 plantas, el vertimiento de los techos podrá hacerse de forma directa, siempre sobre zonas protegidas contra la erosión por el flujo de las aguas.

**4.1.5** Las obras de categoría especial, podrán, previa justificación y con independencia del número de plantas, ser conectadas directamente a las líneas de conducción existentes.

**4.2 Requisitos de los elementos de recolección y conducción**

**4.2.1** Las cunetas y badenes se proyectarán paralela y con igual pendiente a las rasantes de las vías.

**4.2.2** Se evitará la presencia de tramos horizontales, generados por el cálculo de las curvas verticales en la rasante de la vía.

**4.2.3** Se proveerán rasantes pluviales como elementos de captación para los contenes – cunetas y badenes.

**4.2.4** Para las aguas conducidas superficialmente por las cunetas de hormigón, se utilizarán los elementos de captación denominados cajas tragantes.

**4.2.5** El diámetro mínimo utilizado para las uniones entre los elementos de captación y las líneas de conducción será de 300 mm (12"), quedando supeditado su diseño al flujo y a las condiciones que obligue la pendiente.

**4.2.6** En el punto de unión entre la línea de conducción y el elemento de captación se colocará un registro típico.

**4.2.7** La corona de los conductos de conexión quedará por encima o al nivel de la corona de la línea de conducción.

**4.2.8** Los elementos de conducción podrán ser conductos soterrados o canales abiertos.

**4.2.9** Si las estructuras de conducción fueran canales abiertos y éstos se situaran a distancias menores de 30 m de las vías o zonas de vivienda, las mismas serán revestidas con piezas o estructuras de hormigón.

**4.2.10** En caso de que el canal se sitúe a distancias mayores de 30 m de las áreas urbanizadas, el mismo podrá o no ser revestido totalmente en hormigón, criterio que se definirá a partir de la importancia y las características de la urbanización, pero con independencia de esta decisión, si la estructura de conducción se sitúa dentro de la alineación de un cauce natural, la misma deberá ser dotada, en su fondo, de un elemento de canalización de hormigón.

**4.2.11** El diámetro mínimo de los colectores (líneas de drenaje) será de 300 mm (12").

### **4.3 Requisitos hidráulicos**

**4.3.1** La velocidad de diseño estará comprendida entre 0,75 m/s y 5 m/s

**4.3.2** La pendiente se fijará como regla general, igual a la pendiente de la rasante de la vía a la tendencia de caída del terreno. Esto no implica que razones de diseño hidráulico o evaluaciones de profundidad, volúmenes de excavación o requerimientos específicos, conduzcan a otras soluciones.

Se adoptarán las pendientes que permitan situar el flujo obtenido dentro de los parámetros que prefijan los valores de la velocidad propuestas para el tramo objeto de diseño.

**4.3.3** En todos los cambios de diámetros o sección se introducirá una modificación en la cota de la invertida con vista a mantener el mismo valor del gradiente hidráulico.

**4.3.4** Cuando se produzca un aumento de velocidad producto de un cambio de pendiente se cambiará la cota de invertida del conducto naciente de modo que elimine esta disminución de velocidad.

**4.3.5** La invertida de los conductos en los puntos de descarga, de permitirlo la topografía, se situará como mínimo, por encima de la cota de inundación, calculadas para el mismo por ciento de probabilidades que el adoptado por el proyecto.

**4.3.6** Con vista a garantizar una adecuada circulación de los flujos en caso de utilización de canales de tierra o cauces de arroyos existentes, los mismos serán convenientemente diseñados en correspondencia a su trazado y en el caso específico de arroyos, rectificarlos.

**4.3.7** Cuando un elemento de conducción excavado en tierra, atraviesa una urbanización, se dotará el mismo de una invertida de hormigón capaz de garantizar la continuidad del flujo y la uniformidad de la pendiente, con vistas a evitar el estacionamiento de las aguas en posibles depresiones del canal.

**4.3.8** Para los canales de tierra, aunque estos posean algún revestimiento en su fondo, los parámetros de diseño del mismo deberán satisfacer los valores de velocidad de flujo establecidos en la Tabla 1

**Tabla 1 — Valores de velocidad de flujo**

| No. | Material excavado                                      | Velocidades (m/s) |                          |   |
|-----|--|-------------------|--------------------------|---|
|     |  | Aguas claras      | Aguas con cieno coloidal | Aguas con cieno no coloidal, arena, grava o fragmentos de rocas |
| 1   | Pizarras o conglomerados                               | 1,83              | 1,83                     | 1,52  |
| 2   | Guijarros o cascajos                                   | 1,52              | 1,68                     | 1,98  |
| 3   | Grava gruesa, no coloidal                              | 1,22              | 1,83                     | 1,98  |
| 4   | Material graduado, de sedimentos o guijarros, coloidal | 1,22              | 1,68                     | 1,52  |
| 5   | Sedimentos coloidales aluviales                        | 1,14              | 1,52                     | 0,91  |
| 6   | Material graduado, de barro o guijarro, no coloidal    | 1,14              | 1,52                     | 1,52  |
| 7   | Grava fina   | 0,76              | 1,52                     | 1,14  |
| 8   | Barro ordinario firme                                  | 0,76              | 1,07                     | 0,69  |
| 9   | Sedimentos aluviales, no coloidales                    | 0,61              | 1,07                     | 0,61  |
| 10  | Fango de sedimentos, no coloidales                     | 0,61              | 0,91                     | 0,61  |
| 11  | Barro arenosos no coloidal                             | 0,53              | 0,76                     | 0,61  |
| 12  | Arena fina no coloidal                                 | 0,46              | 0,76                     | 0,48  |

**4.3.9** Los tragantes objetos de diseño, deberán garantizar la correcta incorporación de los volúmenes de aguas a los elementos de conducción.

**4.3.10** La ubicación de los tragantes se hará en los puntos próximos a las intercepciones de las calles, en los puntos más bajos y en los puntos intermedios de las calles. La distancia entre los mismos, de acuerdo a la pendiente, se establece en la Tabla 2

**Tabla 2 — Distancia de ubicación de tragantes**

| Pendiente        | Distancia entre tragantes (m) |
|------------------|-------------------------------|
| 0,004            | 50                            |
| De 0,004 a 0,006 | 60                            |
| De 0,006 a 0,01  | 70                            |
| De 0,01 a 0,03   | 80                            |

**4.3.11** La profundidad mínima para las líneas de drenaje será de 0,90 m, entre la corona del tubo y la rasante de la vía.

**4.3.12** Los registros destinados a la limpieza, mantenimiento y ventilación de las líneas, se situarán al comienzo de éstas, en los cambios de diámetro, en los cambios de pendiente y alineación y en los puntos donde se produzcan intercepciones con otras líneas de carácter secundario.

Las distancias, en función del diámetro se establecen en la Tabla 3.

**Tabla 3 — Distancia de ubicación de registros de limpieza**

| Distancia (m)   | Diámetro (mm) ó (pulgadas) |
|-----------------|----------------------------|
| 100             | ≤ 400 (16")                |
| Entre 100 y 120 | Hasta 500 (18")            |
| 150             | ≥ 1 200 (48")              |

**NOTA:** Se podrán adoptar distancias mínimas de hasta 50 m en pequeñas comunidades, centros industriales y en unidades militares por requerimientos de limpieza

**4.3.13** Las invertidas de los registros de conductos circulares se conformarán realizando una media sección de la tubería de mayor diámetro en el fondo del registro lo que hará transición con el conducto de diámetro menor. La pendiente se adecuará a los valores de las invertidas de entradas y salidas.

**4.3.14** Los registros, en las transiciones, se colocarán de forma tal que creen alineaciones rectas con los anteriores y posteriores. En caso de que del producto del radio de giro de la transición, no sea posible lograr un punto de inflexión de la intercepción de las dos alineaciones, se utilizarán dos, una a la entrada y otra a la salida de la misma, pero manteniendo la alineación.

## 5 Método de cálculo

**5.1** El método de cálculo para la obtención del gasto a utilizar por una red de drenaje pluvial urbano se basa en la fórmula Racional, la cual se aplica a las cuencas menores de 30 km<sup>2</sup>

$$Q = 166,67 C \cdot I \cdot A$$

Donde:

- Q Gasto para la probabilidad de diseño (L/s)
- I Intensidad de precipitación (mm/min.)
- C Coeficiente de escurrimiento (adimensional)
- A Área de la curva objeto de estudio (ha)

### 5.1.1 Área de la curva objeto de estudio (A)

El área de la cuenca tributaria se determinará sobre la base del plano topográfico que la delimita.

### 5.1.2 Coeficiente de escurrimiento (C)

Tendrá dos formas de determinación:

- Para zonas en cuencas no afectadas por el crecimiento urbano.
- Para zonas en cuencas urbanizadas o por urbanizar.

**5.1.2.1** Los valores a adoptar para zonas en cuencas no afectadas por el crecimiento urbano se establecen en la Tabla 4.

Tabla 4

| Valores del coeficiente de escurrimiento |             |                       |                 |                      |
|--|-------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| Tipo de cubierta del suelo               | Pendiente % | Tipo de suelo         |                 |                      |
|  |             | Grueso                | Medio           | Fino                 |
|  |             | Arenolimoso compactas | Arcilla arenosa | Arcillas compactadas |
| Monte                                    | 0 – 5       | 0,10                  | 0,30            | 0,40                 |
|  | 5 – 10      | 0,25                  | 0,35            | 0,50                 |
|  | 10 – 30     | 0,30                  | 0,50            | 0,60                 |
| Pastos naturales                         | 0 – 5       | 0,10                  | 0,30            | 0,40                 |
|  | 5 – 10      | 0,16                  | 0,36            | 0,55                 |
|  | 10 – 30     | 0,22                  | 0,42            | 0,60                 |
| Suelos cultivados                        | 0 – 5       | 0,30                  | 0,50            | 0,60                 |
|  | 5 – 10      | 0,40                  | 0,60            | 0,70                 |
|  | 10 – 30     | 0,52                  | 0,72            | 0,82                 |

**5.1.2.2** Los valores a adoptar, en zonas de cuencas urbanizadas o por urbanizar, para los coeficientes de escurrimiento se establecen en la Tabla 5.

Tabla 5

| Tipo de superficie   | Coeficiente de escurrimiento (C)                         |
|--|--|
| Áreas planas, con zonas de aproximadamente un 30% impermeables   | 0,40   |
| Áreas de pendiente moderada con zonas de aproximadamente un 50% impermeable  | 0,65   |
| Áreas edificadas, de pendiente moderada, con aproximadamente un 70% impermeable  | 0,80   |
| Vías de asfalto  | 0,75 a 0,95  |
| Vías de hormigón   | 0,80 a 0,95  |
| Techos   | 0,75 a 0,95  |
| Manzanas comerciales   | 0,70 a 0,95  |
| Manzanas residenciales:<br>- Edificios de apartamentos<br>- Casas aisladas<br>- Manzanas industriales ligeras<br>- Solares yermos  | 0,50 a 0,70<br>0,40 a 0,60<br>0,50 a 0,80<br>0,10 a 0,30 |
| <p><b>NOTA 1:</b> Cuando la cuenca o área de drenaje presente diferentes tipos de suelos, vegetación, pendiente media y construcciones, el coeficiente de escurrimiento se obtendrá para cada área parcial.</p> <p><b>NOTA 2:</b> Cuando la cuenca se componga de zonas de características distintas se obtendrá un coeficiente ponderado de escurrimiento luego de determinar las áreas y los coeficientes correspondientes a ella en la zona objeto de estudio mediante la expresión:</p> $C = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$ <p>Donde:<br/>C<sub>i</sub> Coeficiente parcial de escurrimiento<br/>A<sub>i</sub> Área parcial correspondiente</p> |  |

**5.1.2.3** Para zonas urbanizadas o por urbanizar donde no se posea la información pormenorizada de los tipos de superficie para la zona de cálculo, al coeficiente de escurrimiento se determina según la Tabla 6.

Tabla 6

| Condición  | Valores de M                                   |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
| Relieve del terreno  | 40<br>Muy accidentado,<br>pendientes al<br>30% | 30<br>Accidentado,<br>pendientes entre<br>el 10% y el 30% | 20<br>Ondulado,<br>pendientes entre<br>el 5% y el 10% | 10<br>Llano, pendientes<br>inferiores al 5%     |
| Permeabilidad del suelo  | 20<br>Muy permeable<br>Roca                    | 15<br>Bastante<br>impermeable<br>Arcilla                  | 10<br>Bastante<br>permeable<br>Normal                 | 5<br>Muy permeable<br>Arena                     |
| Vegetación   | 20<br>Ninguna                                  | 15<br>Poca. Menos del<br>10% de la<br>superficie          | 10<br>Bastante. Hasta<br>el 50% de la<br>superficie   | 5<br>Mucha. Hasta el<br>90% de la<br>superficie |
| Capacidad de almacenamiento de agua  | 20<br>Ninguna                                  | 15<br>Poca  | 10<br>Bastante  | 5<br>Muchas                                     |
| <b>NOTA:</b> En el Anexo A se muestra un ejemplo para al determinación del coeficiente de escurrimiento por este procedimiento |  |   |   |   |

### 5.1.3 Tiempo de concentración

El valor del tiempo de concentración se obtendrá a partir de la fórmula siguiente:

$$T_c = 0,02 \left( \frac{L^3}{H} \right) 0,0385$$

Donde:

- T<sub>c</sub> Tiempo de concentración (min.)
- L Longitud de la corriente predominante (m)
- H Desnivel de la corriente (m)

**NOTA 1:** El desnivel de la corriente predominante puede ser determinado por tramos, subdividiéndose el recorrido según sus tendencias topográficas.

**NOTA 2:** En las zonas urbanizadas, se incrementará el tiempo de concentración, al comienzo de la línea colectora, con el denominado tiempo de recorrido.

### 5.1.4 Criterio para fijar la probabilidad de precipitación pluvial

Para las áreas urbanizadas el por ciento de probabilidad de la lluvia se establece en la Tabla 7.

Tabla 7 — Por ciento de probabilidad de lluvia para áreas urbanizadas

| Características de las áreas   | Por ciento de probabilidad de lluvia a adoptar (%) |
|--|--|
| Áreas de centrales electrónicas, centrales termonucleares  | 1  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zonas de instalaciones de especial importancia militar y económica</li> <li>➤ Áreas de almacenamiento de gran importancia</li> <li>➤ Zonas hospitalarias</li> <li>➤ Zonas de centro económico de ciudades Tipo O</li> <li>➤ Zonas industriales de primer orden</li> </ul> | De 2 a 5   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zonas de desarrollo urbano con viviendas multiplantas</li> <li>➤ Zonas de almacenes menores</li> <li>➤ Zonas de edificaciones sociales turísticas y agropecuarias de importancia</li> <li>➤ Zona de centro económico de ciudad Tipo I y II</li> </ul>                     | De 10 a 20   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zonas de viviendas uniplantas</li> <li>➤ Zonas de centro económico de ciudad Tipo III</li> <li>➤ Edificios sociales y agropecuarios de menor importancia</li> </ul>   | 20   |

## 6 Procedimiento para el cálculo de diseño para el método racional

El modelo para el registro de los elementos del cálculo de diseño para el método racional se muestra en el Anexo A.

### 6.1 Tramo a calcular

Para indicar cada tramo evaluado objeto de estudio, se identificará la vía o tramo y el punto de comienzo y terminación de éste.

En cada tramo se considerará el incremento de área que se incorporará y el valor en hectáreas que se totaliza en este tiempo.

### 6.2 Tiempo de concentración y tiempo de recorrido

#### a) Para cuencas totalmente urbanizadas.

El tiempo de concentración entre el punto extremo de la urbanización y el primer elemento de captación estará dentro de un intervalo de tiempo de 5 min a 10 min

Para determinar este intervalo podrá utilizarse el monograma del Anexo B.

#### b) Para cuencas donde se entremezclan zonas urbanizadas y zonas no urbanizadas.

En zonas no urbanizadas el tiempo de concentración se calcula según la expresión que se establece en el apartado 5.1.3.

A partir del punto de unión perspectivo de las zonas rurales y urbanizadas o por urbanizar, el tiempo a considerar será el denominado tiempo de recorrido al que, progresivamente se irá sumando el tiempo de concentración inicial para obtener en cada punto el tiempo total de concentración.

En las zonas no urbanizadas, pero que serán objeto de urbanización dentro de la vida del proyecto, el tiempo de concentración se obtendrá sumando al tiempo de concentración calculado en el comienzo del tramo estudiado, el tiempo de viaje de la masa de agua, concentrada en el tramo objeto de estudio, considerándose que la misma se desplaza en una estructura hidráulica con pendiente igual a la pendiente del tramo estudiado.

**NOTA:** Cuando convergen dos cuencas o más en un punto, se adoptará del tramo de viaje y concentración totalizado para cada una de las cuencas, el de mayor valor, lo que garantizará el cálculo del flujo total de las cuencas concurrentes con una intensidad de precipitación menor, para un mínimo costo.

### 6.3 Relación entre el tiempo de concentración y el tiempo de precipitación

El tiempo de concentración, totalizado con el recorrido del conducto, se hará igual al tiempo de precipitación con vista a determinar la intensidad de ésta, utilizando las curvas de las precipitaciones en el Anexo C.

### 6.4 Determinación de la intensidad de precipitación

Se obtendrá la intensidad de precipitación en mm/min utilizando, el plano para las precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad y el nomograma para el cálculo de intensidad de precipitaciones para las probabilidades propuestas y el tiempo de precipitación obtenido del Anexo C y D.

### 6.5 Determinación de la descarga

A partir de los datos del área que concurre en el tramo, el coeficiente correspondiente a la misma (ponderado o no), la intensidad de lluvia obtenida a partir del tiempo de concentración correspondiente y el factor K de reducción de unidades, se obtendrá aplicando la fórmula racional, el gasto de diseño para el tramo objeto de estudios.

### 6.6 Diseño

Se diseñarán los elementos de conducción a partir de la pendiente adoptada teniendo en cuenta la velocidad de diseño propuesta.

El valor de las dimensiones de los elementos de conducción del diámetro se obtendrá a partir de la relación que entre área y velocidad permitan obtener los valores de diseño requerido en función del gasto que corresponde al tramo de diseño. La velocidad se obtendrá indistintamente a partir de las relaciones siguientes:

Para la determinación de la velocidad de flujo se empleará la relación de Chezy.

$$V = C \sqrt{RS}$$

Donde:

- V Velocidad de flujo (m/s)
- R Radio hidráulico (m)
- S Pendiente (adimensional)
- C Coeficiente de escurrimiento

El valor de R se obtiene de la relación:

$$R = \frac{\text{área de la sección del conducto ocupado por el líquido}}{\text{perímetro mojado de dicha sección en el conducto}}$$

El valor de C puede ser determinado mediante cualquiera de las relaciones:

**a) de Manning**

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Donde:

- R Radio hidráulico (m)
- n Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 8)

**b) de Kutter**

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155 + \frac{1}{n}}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{\delta}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Donde:

- n Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 8)
- S Pendiente
- R Radio hidráulico (m)
- $\delta$  Coeficiente de corrección

**c) de Pavlosky**

$$\frac{R\delta}{n}$$

$$\delta = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,1)$$

Donde:

$\delta$  Coeficiente de corrección

R Radio hidráulico

n Coeficiente de rugosidad (ver apartado 6.6.1)

**NOTA 1:** Las relaciones establecidas en los incisos a, b, c se escogerán en función de los criterios analizados por el proyectista de acuerdo con las condiciones y características del diseño.

**NOTA 2:** En el caso de emplear la establecida en el inciso a, la fórmula para V obtenida quedará:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

**Tabla 8 — Valores del coeficiente de rugosidad**

| Material                                    | Valor del coeficiente de rugosidad (n) |
|---|--|
| Hormigón                                    | 0,013                                  |
| Barro vitrificado                           | 0,015                                  |
| Metal liso                                  | 0,010                                  |
| Ladrillo en buen estado                     | 0,015                                  |
| Ladrillo en mal estado                      | 0,020                                  |
| Tierra en condiciones usuales               | 0,025                                  |
| Tierra en malas condiciones                 | 0,035                                  |
| Tierra mezclada con hierbas y escombros     | 0,050                                  |
| Termoplásticos con superficie interior lisa | 0,009                                  |

**6.6.1** Valor del coeficiente de rugosidad (n) para la fórmula de Pavlosky.

- En conductos por gravedad 0,014

- Para sifones invertidos o tuberías sometidas a presión 0,013

**6.6.2** La determinación del gasto en los elementos de conducción se realizará mediante la fórmula:

$$Q = AV$$

Donde:

Q gasto del conducto (descarga) m<sup>3</sup>/s

A área de la sección del elemento de conducción (m<sup>2</sup>)

V velocidad del flujo (m/s)

**NOTA:** La velocidad de flujo y las dimensiones del elemento de conducción que determina el área, en los elementos de conducción serán determinadas por lo establecido en 6.7 o mediante los nomogramas establecidos en el Anexo B.

**6.7** Determinación de la capacidad de los conductos. Su valor se establecerá considerando un gasto de un 25% mayor que el valor del gasto total para el tramo.

**6.8** Modificación de las cotas de invertida. Cuando se experimenta un conducto, deberá bajarse la invertida del conducto naciente donde se experimenta el aumento, en un valor igual a:

$$H = 0,5 \left[ \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g} \right]$$

Donde:

$V_1$  velocidad en el conducto anterior

$V_2$  velocidad en el nuevo conducto, según la pendiente diseñada

$g$  aceleración de la gravedad

**NOTA:** La velocidad  $V_2$  será disminuida en el diseño resultante, por la pérdida o caída introducida.



## Instrucción del llenado del modelo

### Situación

Para identificar cada tramo objeto de estudio se anotará en esta sección, la vía o el tramo y los puntos de comienzo y determinación de los mismos.

### Aporte

En las columnas correspondientes a esta sección, se colocarán el incremento de área que se incorpore en la cabeza del tramo estudiado y el total de área de la cuenca, que hasta allí tributa.

Estas áreas habrán de expresarse en hectáreas (ha).

### Coeficiente de escurrimiento

Se colocará aquí el coeficiente de escurrimiento adoptado para toda el área concurrente en la cabeza del tramo estudiado.

### Tiempo de concentración

En las columnas correspondientes a esta sección, se colocará, en la primera, el incremento en tiempo que aportó el recorrido de la masa de agua, en el tramo anteriormente estudiado. La segunda columna servirá para anotar el valor del tiempo de concentración que se totaliza en el punto donde se inicia el tramo objeto de diseño.

El incremento de tiempo en una zona urbanizada, habrá de obtenerse del cociente entre la longitud de la estructura hidráulica objeto de diseño y al velocidad del flujo que por ella habrá de circular.

### Descarga

En la primera columna se anotará el factor k de conversión de todas las unidades que concurren en la fórmula racional.

### Diseño

En la primera columna de esta sección se colocará el diámetro resultante del diseño hidráulico de la estructura de conducción, a partir del gasto de diseño correspondiente al tramo evaluado.

La segunda columna recogerá la pendiente de la estructura diseñada.

La columna siguiente servirá para anotar la capacidad de la estructura en metros cúbicos por segundos.

En la última columna se anotará la velocidad de circulación del flujo de diseño en metros por segundos.

### Perfil

La primera columna recogerá la longitud del tramo objeto de diseño.

En la siguiente columna se anotará el resultado del producto de la longitud por la pendiente del tramo.

La tercera columna servirá para anotar todas las pérdidas que en forma adicional a la caída originada por la pendiente, demande el proyecto.

Las cuatro columnas finales servirán para anotar los valores iniciales y finales (anteriores y posteriores) de las invertidas del tramo estudiado y las correspondientes al terreno.

### Ejemplo para la determinación del coeficiente de escurrimiento

Determinación del coeficiente de escurrimiento de un territorio con las siguientes características: Suelo con pendiente de un 18%, fuertemente arcilloso, con una cubierta vegetal del 50% y con poco almacenamiento de agua.

En la fila 1, se toma el valor de 30; en la 2 el de 15, en la siguiente (3) el valor de 10 y en la cuarta el de 15, para totalizar 70.

Con este valor de "M", se entra en la parte inferior de la Tabla y por situarse en la segunda columna, o sea entre 50 y 75, se toma un valor para "C" entre 0,50 y 0,65 si se establece una regla de tres para interpolar, se tendrá:

$$\begin{array}{r} 25 \text{-----} 15 \\ 5 \text{-----} X \end{array}$$

Luego:  $X = 0,03$

Luego el valor de "C" será:

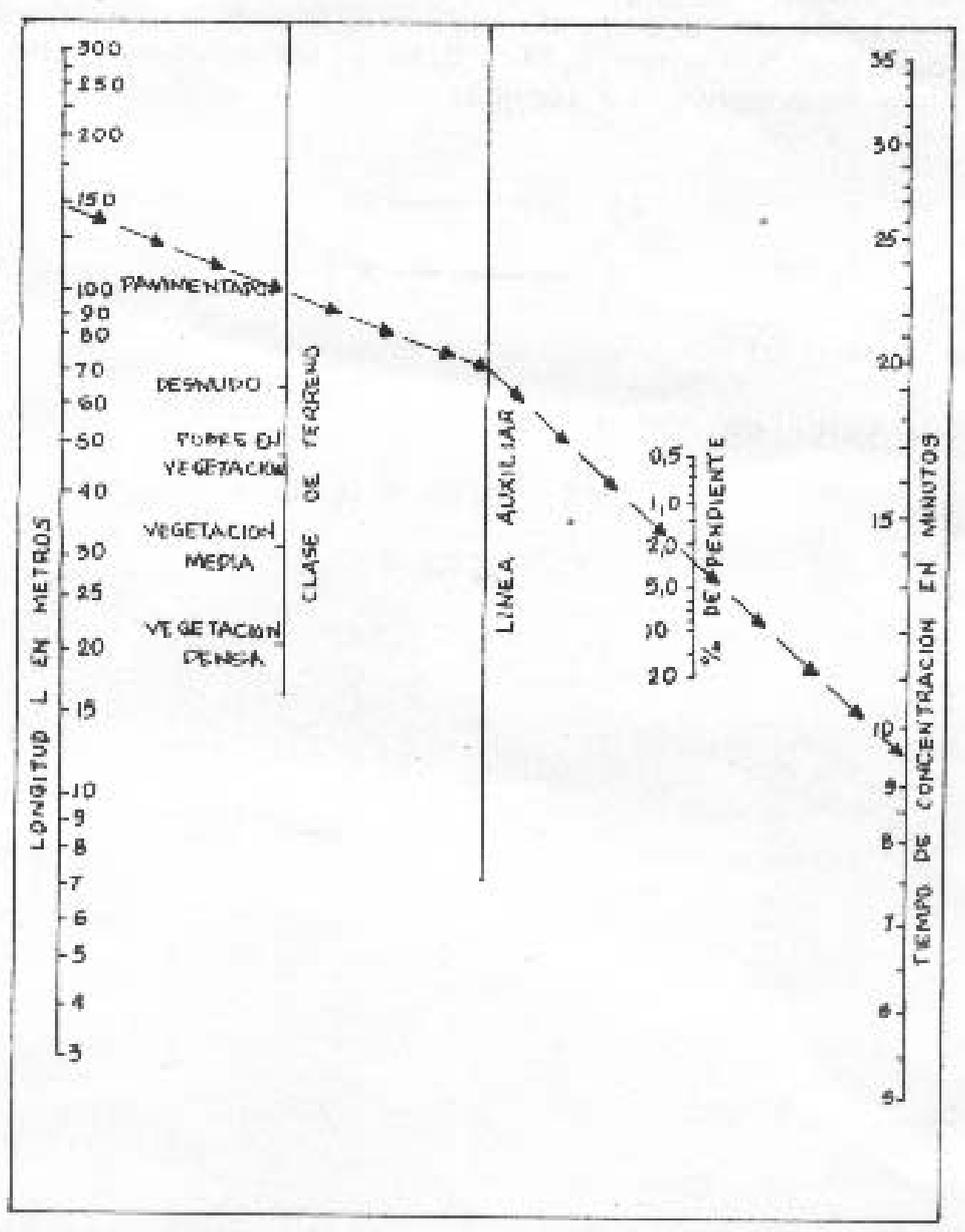
$$0,65 - 0,03 = 0,62$$

$$C = 0,62$$

**NOTA:** Consultar al finalizar el cálculo la Tabla 6

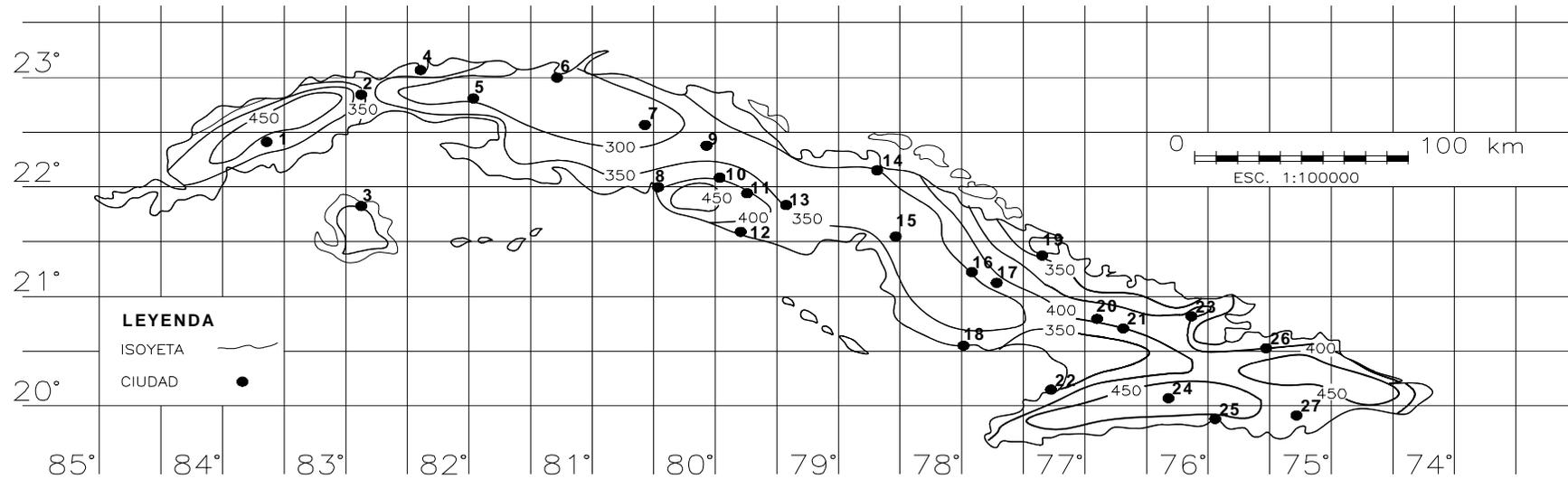
ANEXO B

NOMOGRAMA PARA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN ZONAS URBANIZADAS



NOTA: Para usar hasta el comienzo del conducto en el diseño

**Anexo C**  
(Informativo)  
**Mapa Isoyético de las precipitaciones máximas diarias del 1 % de probabilidad**



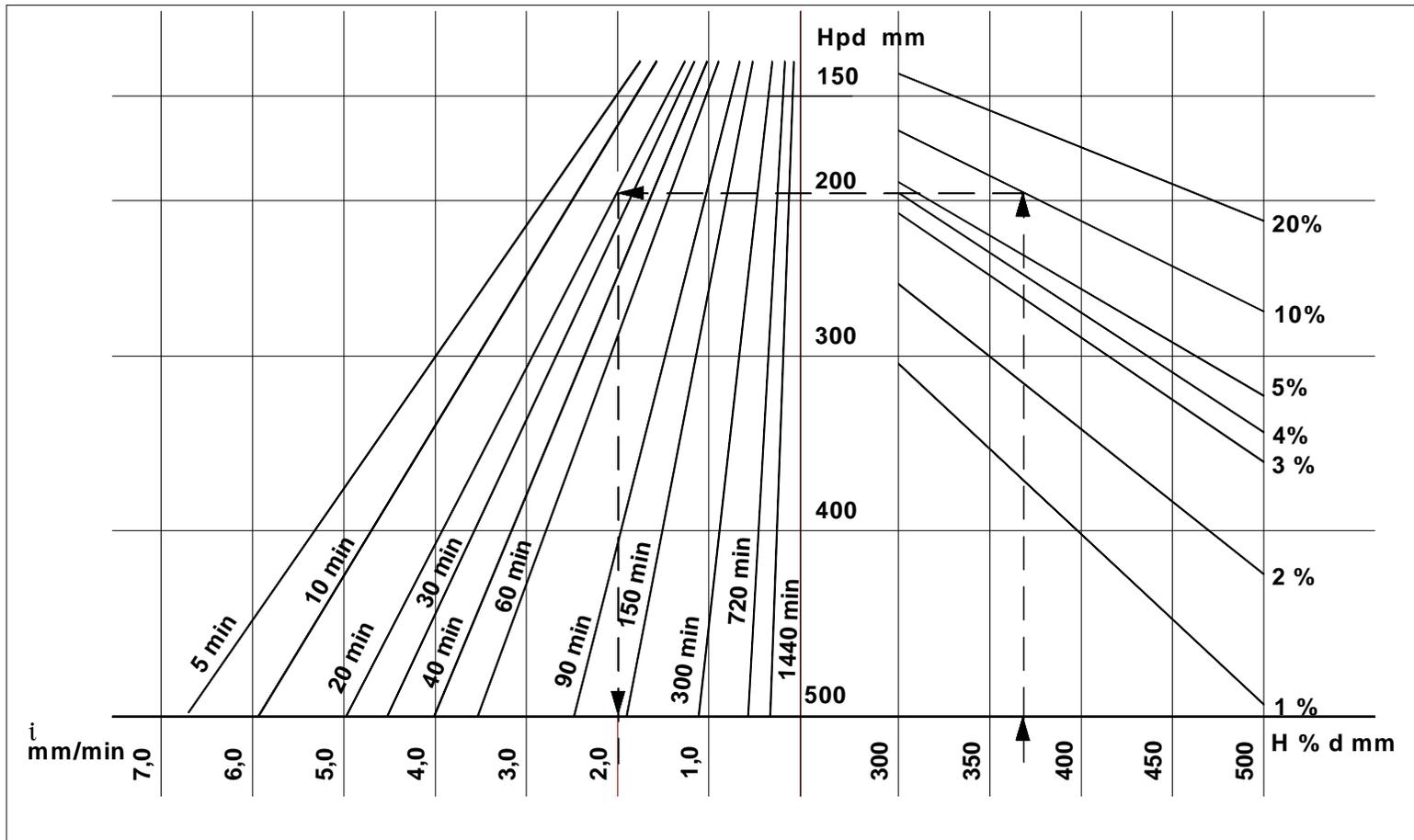
- 1 - PINAR DEL RIO
- 2 - ARTEMISA
- 3 - NUEVA GERONA
- 4 - C. HABANA
- 5 - GUINES
- 6 - MATANZAS
- 7 - JOVELLANOS
- 8 - CIENFUEGOS
- 9 - SANTO DOMINGO

- 10 - SANTA CLARA
- 11 - FOMENTO
- 12 - TRINIDAD
- 13 - SANCTI SPIRITUS
- 14 - MORON
- 15 - CIEGO DE AVILA
- 16 - FLORIDA
- 17 - CAMAGÜEY
- 18 - SANTA CRUZ DEL SUR

- 19 - NUEVITAS
- 20 - GUAIMARO
- 21 - VICTORIA DE LAS TUNAS
- 22 - MANZANILLO
- 23 - HOLGUIN
- 24 - PALMA SORIANO
- 25 - SANTIAGO DE CUBA
- 26 - SAGUA DE TANAMO
- 27 - GUANTANAMO

Anexo D  
(Informativo)

Nomograma para el cálculo de la intensidad de la lluvia de diferentes probabilidades y duración para cualquier punto de la República de Cuba



**Bibliografía**

- [1] Cuba, RTC 3: 2005 Exigencias para el diseño y montaje de las instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- [2] Cuba, Habana, 1981, Salgado Ávila Julio, Determinación del módulo de drenaje urbano, Segunda Edición.
- [3] Cuba, 1976, Editorial Oriente, Cruz Díaz, Rigoberto, Temas de ingeniería sanitaria.
- [4] Cuba, 1979, Revista Ingeniería Civil # 4, Pérez Monteagudo Orlando, Acerca del escurrimiento máximo de avenidas (págs. 311 – 318).
- [5] Cuba, 1979, Revista Ingeniería Civil # 5, Voskpecensky K, P. P. Principio de cálculo de los hidrógrafos de las avenidas (págs. 377 – 388).
- [6] Cuba, 1966, Revista Ingeniería Civil No. 9, Mendiluce Rosic Enrique, Velocidad del agua en tuberías, Vol. XVII (págs. 591 – 608).
- [7] Cuba, Instituto de Recursos Hidráulicos, Mapa isoyético de las lluvias máximas del 1 % de probabilidad.
- [8] España, Barcelona, 1958, Editorial Gustavo Gili S. A, Steel, Ernest W. Abastecimiento de agua y alcantarillado, Segunda Edición.
- [9] España, 1966, Ediciones Revolución, Harry Burgess Roe. Quince Claude Agress, Drenaje agrícola para ingenieros.
- [10] Estados Unidos, 1969, Revista de la división de hidráulica ASCE 995), Evaluación del drenaje de treinta y dos ciudades. No. 1 (págs. 383 – 407).