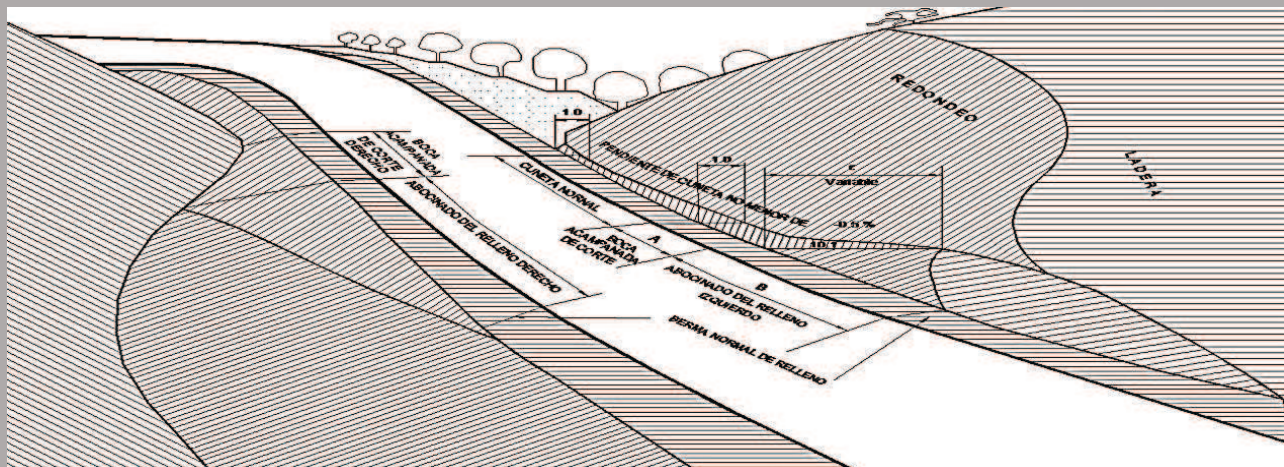
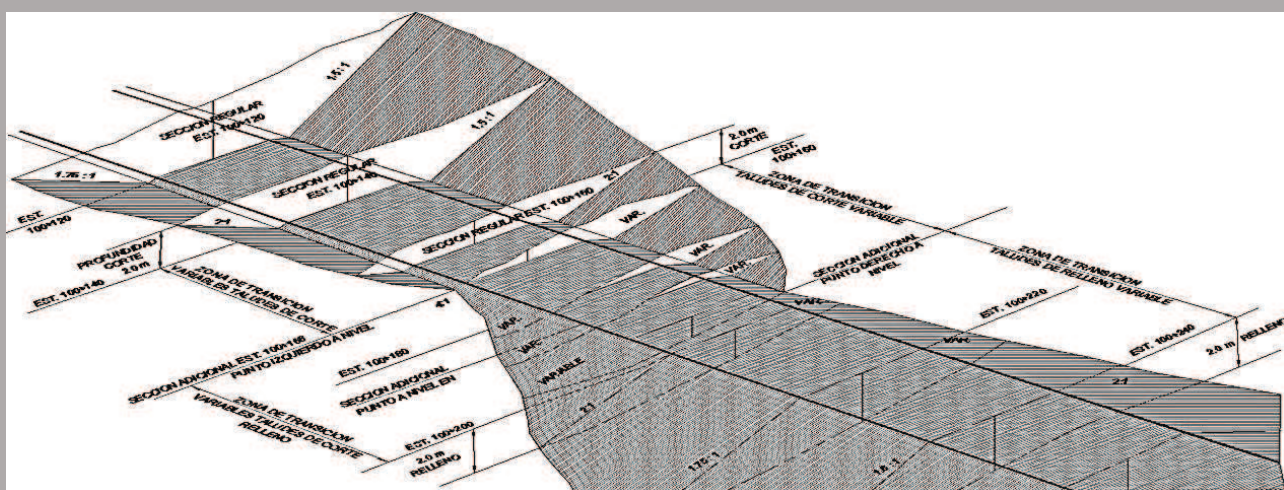




**DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES**

# MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG – 2018



# 2018

## ÍNDICE

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PRESENTACIÓN .....</b>                                                  | <b>8</b>  |
| <b>GENERALIDADES .....</b>                                                 | <b>9</b>  |
| 1 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL .....                                            | 9         |
| 1.1 Codificación .....                                                     | 9         |
| 1.2 Siglas y abreviaturas .....                                            | 9         |
| 1.3 Unidades de medida .....                                               | 9         |
| 1.4 Glosario de términos .....                                             | 10        |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>                                                    | <b>12</b> |
| <b>CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS .....</b>                               | <b>12</b> |
| SECCIÓN 101 CLASIFICACIÓN POR DEMANDA .....                                | 12        |
| 101.01 Autopistas de Primera Clase .....                                   | 12        |
| 101.02 Autopistas de Segunda Clase .....                                   | 12        |
| 101.03 Carreteras de Primera Clase .....                                   | 12        |
| 101.04 Carreteras de Segunda Clase .....                                   | 12        |
| 101.05 Carreteras de Tercera Clase .....                                   | 12        |
| 101.06 Trochas Carrozables .....                                           | 13        |
| SECCIÓN 102 CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA .....                              | 14        |
| 102.01 Terreno plano (tipo 1) .....                                        | 14        |
| 102.02 Terreno ondulado (tipo 2) .....                                     | 14        |
| 102.03 Terreno accidentado (tipo 3) .....                                  | 14        |
| 102.04 Terreno escarpado (tipo 4) .....                                    | 14        |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>                                                   | <b>15</b> |
| <b>CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>       | <b>15</b> |
| SECCIÓN 201 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EFECTUAR EL DISEÑO GEOMÉTRICO ..... | 15        |
| 201.01 Criterios generales .....                                           | 15        |
| 201.02 Información general .....                                           | 15        |
| 201.03 Niveles de estudios preliminares .....                              | 15        |
| 201.04 Criterios básicos .....                                             | 16        |
| 201.05 Clasificación general de los proyectos viales .....                 | 16        |
| 201.06 Ingeniería básica .....                                             | 17        |
| 201.07 Aspectos ambientales .....                                          | 20        |
| 201.08 Estudio de seguridad vial .....                                     | 21        |
| 201.09 Reconocimiento del terreno .....                                    | 21        |
| 201.10 Derecho de vía o faja de dominio .....                              | 22        |
| 201.11 Protección de restos arqueológicos .....                            | 23        |

|             |                                                                                             |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| SECCIÓN 202 | VEHÍCULOS DE DISEÑO .....                                                                   | 24  |
| 202.01      | <i>Características generales</i> .....                                                      | 24  |
| 202.02      | <i>Vehículos ligeros</i> .....                                                              | 25  |
| 202.03      | <i>Vehículos pesados</i> .....                                                              | 25  |
| 202.04      | <i>Giro mínimo de vehículos tipo</i> .....                                                  | 28  |
| SECCIÓN 203 | CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO .....                                                          | 92  |
| 203.01      | <i>Generalidades</i> .....                                                                  | 92  |
| 203.02      | <i>Índice medio diario anual (IMDA)</i> .....                                               | 92  |
| 203.03      | <i>Clasificación por tipo de vehículo</i> .....                                             | 92  |
| 203.04      | <i>Volumen horario de diseño (VHD)</i> .....                                                | 94  |
| 203.05      | <i>Crecimiento del tránsito</i> .....                                                       | 95  |
| SECCIÓN 204 | VELOCIDAD DE DISEÑO .....                                                                   | 96  |
| 204.01      | <i>Definición</i> .....                                                                     | 96  |
| 204.02      | <i>Velocidad de diseño del tramo homogéneo</i> .....                                        | 96  |
| 204.03      | <i>Velocidad específica de los elementos que integran el trazo en planta y perfil</i> ..... | 97  |
| 204.04      | <i>Velocidad específica en las curvas horizontales</i> .....                                | 98  |
| 204.05      | <i>Velocidad de marcha</i> .....                                                            | 99  |
| 204.06      | <i>Velocidad de operación</i> .....                                                         | 100 |
| SECCIÓN 205 | DISTANCIA DE VISIBILIDAD .....                                                              | 103 |
| 205.01      | <i>Definición</i> .....                                                                     | 103 |
| 205.02      | <i>Distancia de visibilidad de parada</i> .....                                             | 103 |
| 205.03      | <i>Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento</i> .....                              | 106 |
| 205.04      | <i>Distancia de visibilidad de cruce</i> .....                                              | 111 |
| SECCIÓN 206 | CONTROL DE ACCESOS.....                                                                     | 114 |
| 206.01      | <i>Generalidades</i> .....                                                                  | 114 |
| 206.02      | <i>Accesos directos</i> .....                                                               | 114 |
| 206.03      | <i>Caminos laterales o de servicios</i> .....                                               | 114 |
| 206.04      | <i>Control de acceso y nuevos trazos</i> .....                                              | 114 |
| 206.05      | <i>Materialización del control de accesos</i> .....                                         | 114 |
| SECCIÓN 207 | INSTALACIONES AL LADO DE LA CARRETERA .....                                                 | 115 |
| 207.01      | <i>Generalidades</i> .....                                                                  | 115 |
| 207.02      | <i>Ubicación y frecuencia de las instalaciones</i> .....                                    | 115 |
| 207.03      | <i>Condiciones de uso del Derecho de Vía</i> .....                                          | 115 |
| 207.04      | <i>Conexión de las instalaciones laterales con la vía</i> .....                             | 115 |
| 207.05      | <i>Obstrucciones a la visibilidad</i> .....                                                 | 116 |
| SECCIÓN 208 | INSTALACIONES FUERA DEL DERECHO DE VÍA .....                                                | 117 |
| 208.01      | <i>Generalidades</i> .....                                                                  | 117 |
| 208.02      | <i>Autorización para la ubicación, diseño y construcción de los accesos</i> .....           | 117 |
| 208.03      | <i>Seguridad vial en las conexiones con la vía principal</i> .....                          | 117 |

## GENERALIDADES

### 1 Organización del Manual

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras está organizado de la siguiente manera:

- GENERALIDADES
- CAPÍTULO I Clasificación de las carreteras
- CAPÍTULO II Criterio y controles básicos para el diseño geométrico
- CAPÍTULO III Diseño geométrico en planta y perfil y sección transversal
- CAPÍTULO IV Diseño geométrico de casos especiales
- CAPÍTULO V Diseño geométrico de intersecciones
- CAPÍTULO VI Coordinación del trazo en planta y perfil, y consistencia del diseño geométrico
- ANEXO I Guía de contenido de los estudios definitivos de carreteras

Cada capítulo está dividido en secciones y abarca aspectos análogos referentes a un tema específico. Las secciones tratan un determinado tema y están divididas en tópicos, a su vez estos se dividen en artículos y acápite, respectivamente.

#### 1.1 Codificación

A manera de ejemplo, a continuación se muestra la codificación del Manual:

**302.06.03 (a)** corresponde a:

|               |          |                                                           |
|---------------|----------|-----------------------------------------------------------|
| III           | CAPÍTULO | Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal |
| 302           | SECCIÓN  | Diseño geométrico en planta                               |
| 302.06        | TÓPICO   | Curvas compuestas                                         |
| 302.06.03     | ARTÍCULO | Curvas vecinas del mismo sentido                          |
| 302.06.03 (a) | ACÁPITE  | Curva circular con curva de transición                    |

#### 1.2 Siglas y abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en el Manual de Carreteras "**Diseño Geométrico (DG-2014)**", representan lo que se indica a continuación:

- SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública.
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- PNP: Policía Nacional del Perú.
- SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- FHWA: Federal Highway Administration - USA.
- TRB: Transportation Research Board.
- PIARC: Permanent International Association of Road Congresses.
- SI: Sistema Internacional de Unidades.

#### 1.3 Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en este Manual y sus símbolos, corresponden al Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú (SLUMP aprobada con la Ley 23560), que adopta a su vez las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). Aquellas que no se encuentren incluidas en la lista siguiente, se definirán como lo establece el SLUMP o la norma ASTM E 380 "Standard Practice for Use of International System of Units (SI)

(The Modernized Metric System)” o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales se hace referencia en el presente documento.

#### a. Unidades básicas

| Símbolo | Unidad de Medida | Magnitud Física |
|---------|------------------|-----------------|
| m       | metro            | longitud        |
| kg      | kilogramo        | masa            |
| s       | segundo          | tiempo          |
| km      | kilómetro        | longitud        |
| h       | hora             | tiempo          |

#### Unidades derivadas

| Símbolo           | Unidad de Medida           | Nombre unidades |
|-------------------|----------------------------|-----------------|
| m <sup>2</sup>    | metro cuadrado             | área            |
| m <sup>3</sup>    | metro cúbico               | volumen         |
| kg/m <sup>3</sup> | kilogramo por metro cúbico | densidad        |
| m/s               | metro por segundo          | velocidad       |
| km/h              | Kilómetros por hora        | velocidad       |

#### b. Otras unidades

| Símbolo | Unidad de Medida | Magnitud Física |
|---------|------------------|-----------------|
| min     | minuto           | tiempo          |
| d       | día              | tiempo          |
| l       | litro            | volumen         |
| t       | tonelada métrica | masa            |
| ha      | hectárea         | área            |

#### Para taludes (vertical: horizontal)

Para taludes con inclinación < 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales (1:n).

Para taludes con inclinación > 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal (n:1).

### 1.4 Glosario de términos

La definición de los términos usados en el presente documento corresponde al “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial”, vigente.

Así mismo, se incluye los siguientes términos que serán de uso exclusivo para el presente Manual:

**Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Derecho de Vía:** Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera y todos los elementos que la conforman, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el

usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

Las obras necesarias para garantizar la seguridad y funcionamiento hidráulico en los ríos, quebradas y otros cursos de agua, no están limitadas a la indicada faja del terreno que constituye el Derecho de Vía

**Estudio de impacto vial:** Es aquel dirigido a identificar los cambios que se generan en el tránsito vehicular y peatonal existente, como consecuencia de la implementación de un proyecto o instalación dentro o fuera del Derecho de Vía de la carretera, y establecer la solución para mitigar los impactos que puedan producirse por su funcionamiento.

**Plataforma logística:** Área dentro de la cual, se realizan diversas actividades relacionadas al transporte intermodal y su gestión, que incluye entre otras, transferencia de carga, logística y distribución, y está provista de los servicios públicos y privados necesarios para su funcionamiento.

**Sección Transversal:** Representación de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, que nombra y dimensiona los elementos que conforman la misma, dentro del Derecho de Vía. Hay dos tipos de sección transversal: General y Especial”

**Sección Transversal General:** Está conformada por los elementos de la carretera, tales como: calzada o superficie de rodadura (constituida por carriles), bermas, taludes, sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, zanja de coronación, badenes y otros) y obras complementarias (muros, ductos y cámaras para fibra óptica, elementos del sistema de señalización, seguridad vial e infraestructura para dispositivos de control de tránsito inteligente y otros).

**Sección Transversal Especial:** Corresponde a los tramos de carretera que requieren soluciones de carácter integral a situaciones extraordinarias, tales como: zonas de concentración de personas, comercio, tránsito de vehículos de transporte local, interconexión con el sistema vial local, puentes, túneles y otros. Está conformada, además de algunos elementos de la Sección Transversal General, por vías auxiliares vehiculares o peatonales, ciclovías, veredas, facilidades para el uso de personas discapacitadas, intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, puentes peatonales, pasos a desnivel para vehículos menores y/o animales, estaciones de peaje, pesaje, ensanches de plataforma y otros elementos de la misma.

**Tramos homogéneos:** Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.

**Velocidad de diseño de tramo homogéneo:** Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.

**Velocidad de Operación:** Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

## CAPÍTULO I CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

### SECCIÓN 101 Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

#### **101.01 Autopistas de Primera Clase**

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **101.02 Autopistas de Segunda Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **101.03 Carreteras de Primera Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **101.04 Carreteras de Segunda Clase**

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **101.05 Carreteras de Tercera Clase**

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.



### **101.06 Trochas Carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

## SECCIÓN 203

### Características del tránsito

#### 203.01 Generalidades

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

La financiación, la calidad de los terrenos, la disponibilidad de materiales, el costo del derecho de vía, y otros factores tienen una influencia importante en el diseño, sin embargo, el volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

#### 203.02 Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos.

La IMDA (Intensidad Media Diaria Anual), también conocida por sus siglas en inglés AADT (Average Annual Daily Traffic), se utiliza fundamentalmente para el planeamiento: proyección de vías, programas de acondicionamiento de pavimento, determinación de tendencias en el uso de las vías, determinación de características geométricas de carácter general, proyectos de señalización e iluminación, estudios medioambientales, estudios de impacto acústico, entre otros.

#### 203.03 Clasificación por tipo de vehículo

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

- **Categoría L:** Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.
  - L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

- L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h.
- L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> ó una velocidad mayor de 50 km/h.
- L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.
- **Categoría M:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.
  - M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
  - M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
  - M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

- Clase I: Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
- Clase II: Vehículos contruidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
- Clase III: Vehículos contruidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.
- **Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.
  - N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
  - N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
  - N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.
- **Categoría O:** Remolques (incluidos semirremolques).
  - O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.
  - O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
  - O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.
  - O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.
- **Categoría S :** Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:
  - SA : Casas rodantes
  - SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
  - SC : Ambulancias

- SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

Los tipos de vehículos indicados pueden variar, y por tanto para el diseño debe emplearse, los aprobados en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

#### 203.04 Volumen horario de diseño (VHD)

El patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El VHD deberá obtenerse a partir de un ordenamiento decreciente, de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo), coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas, que ocupan las primeras posiciones en el ordenamiento decreciente, se consideran máximos extraordinarios, en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque muy similar, a los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal.

De esta forma, si se ordenan por magnitudes decrecientes los volúmenes horarios en ambos sentidos de circulación de las 8760 horas de un año, se denomina Volumen de la Hora Trigésima al que ocupa el rango trigésimo de dicho ordenamiento. En otros términos es el volumen horario que durante el transcurso del año sólo es superado 29 veces.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$VHD_{año\ i} = 0.12 \sim 0.18 \text{ IMDA}_{año\ i}$$

Coeficientes del orden de 0.12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coeficientes del orden de 0.18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico.

Es importante hacer notar que mientras no se prevea un cambio importante en las proporciones en que participan los diferentes componentes de tránsito (industrial, agrícola, minero, turístico, etc.), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante.

En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos ligeros, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva el VHD presentará una composición porcentual diferente de la que se observa para el IMDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

### 203.05 Crecimiento del tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

A continuación se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Dónde:

**P<sub>f</sub>** : tránsito final.

**P<sub>0</sub>** : tránsito inicial (año base).

**T<sub>c</sub>** : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

**n** : año a estimarse.

(\*) La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.