



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**  
**DEPARTAMENTO MEDIOS DE TRANSPORTE**

**MEMORÁNDUM TECNICO No. 21**  
**RECOLECCION DE DATOS PARA EL INVENTARIO**  
**DE CARRETERAS Y CÁLCULO**  
**DE LOS ÍNDICES DE SUFICIENCIA**  
**(Corregido setiembre 2014)**

**San José, Costa Rica**

## **PREFACIO**

El presente es un resumen del documento preparado inicialmente por el Ingeniero Charles A. Powers, experto en Planificación de Carreteras de la Misión Consultora del Proyecto de Asistencia Técnica para la Planificación del Transporte en 1979.

Incluye indicaciones precisas en cuanto a la información que debería incluirse en el inventario para los propósitos de la planificación del transporte, así como sobre los procedimientos que deberían seguirse en la recolección de esos datos. Estos últimos serán procesados de forma digital y almacenados en bases, para facilitar su manejo y uso por parte de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT y de usuarios internos y externos a la misma. Incluye además, los formularios necesarios para la recolección en el campo. Sin embargo, no se incluye en el presente documento, una discusión de los instrumentos informáticos requeridos para procesar los datos, ni un manual para documentar el respectivo procedimiento.

## ÍNDICE

1. SISTEMA RECOMENDADO PARA EL INVENTARIO DE CAMINOS Y PUENTES .....	5
2. INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA HOJA DE INVENTARIO PARA CAMINOS (FORMULARIO NO. 1).....	8
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA SECCIÓN O SUBSECCIÓN.....	10
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN O SUB-SECCIÓN .....	11
2.3 EVALUACIÓN EN EL CAMPO.....	15
3. INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA HOJA DE INVENTARIO PARA PUENTES (FORMULARIO NO.2).....	22
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SECCIÓN O SUBSECCIÓN.....	23
3.2 CARACTERÍSTICAS Y EVALUACIÓN DE LOS PUENTES Y PASOS INFERIORES EN LA SECCIÓN O SUBSECCIÓN:.....	24
4. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICES DE SUFICIENCIA .....	28

TABLAS:

1.	Tabla para Determinar la Suficiencia del Ancho de los Puentes del Inventario de Carreteras.....	35
----	---	----

LISTA DE CUADROS:

1.	Hoja de Inventario para Caminos (Formulario No.1). .....	13
2.	Hoja de Inventario para Puentes (Formulario No.2). .....	27
3.	Factores de Ponderación para el Cálculo de los Índices de Suficiencia. ....	36
4.	Clasificación de las Secciones o Sub-Secciones con Respecto a Tipo y Ancho de superficie y Espaldón.....	37
5.	Valores Asignados a las Características para el Cómputo de los Índices de Suficiencia.....	38
6.	Ilustración del Cálculo del Índice de Suficiencia de una Sub-Sección.....	39

## RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INVENTARIO DE CARRETERAS Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE SUFICIENCIA

### **1. Sistema recomendado para el inventario de caminos y puentes**

En 1979 se efectuó una revisión del sistema de inventario utilizado para concluir que se requería adaptarlo mejor a la labor de planificación recomendándose el uso de los formularios muy parecidos a los descritos en este memorándum para la recolección de los datos de inventario que se necesitan para propósitos de la planificación de proyectos.

El sistema propuesto sirve también para propósitos de estudios de costos de operación, además del cálculo de índices de suficiencia. (Ver la sección 4). En esta versión revisada se hacen algunas modificaciones que ayudarán a efectuar una labor más eficiente en la toma de los datos y adaptarlo a las necesidades actuales.

El inventario hace uso de una clasificación numérica para describir ciertas particularidades físicas, tales como alineamiento horizontal, pendientes, distancia de visibilidad, condición de superficie y otros. Bajo este sistema, en vez de mantener información detallada sobre cada una (es decir, sobre cada curva o cada pendiente), se evalúan las diferentes características de cada sub-sección de acuerdo con criterios establecidos, llegando a una clasificación promedio de la sub-sección con respecto a las mismas. Se definen cinco clases para cada característica. Por ejemplo, las clases para el grado de las pendientes varían de "pendientes menores de 3% en toda la sub-sección" a pendientes sostenidas en exceso de 7% en casi toda la sub-sección". Para pendientes sostenidas mayores del 7% que no aparecen en la descripción, se deben anotar rangos de pendientes como sigue: 7-9, 9-12, 12-15 y de 15 en adelante.

La clasificación de estas características siempre podrá basarse en las mediciones cuantitativas que el personal está ya acostumbrado a hacer, aunque una apreciación subjetiva hecha por un ingeniero o técnico experimentado, sería adecuada cuando se

trate de la evaluación de la viabilidad comparativa de proyectos viales alternativos a escala nacional. Se estima que la descripción de las características físicas, basada en este sistema de clasificación, es suficiente para satisfacer todas las necesidades de la planificación vial del país. (Sin embargo, para los propósitos del mantenimiento vial, se requiere cierta información más detallada, la cual deberá mantenerse en los archivos de la computadora y compartirla con las entidades responsables de esa actividad).

Otro aspecto del sistema, es la recolección o estimación de datos sobre el uso de las carreteras, específicamente, la velocidad promedio de recorrido y el tránsito diario promedio de cada sección. Para los análisis a nivel de pre-factibilidad, el procedimiento sugerido proporcionara la información adecuada, aunque para estudios de factibilidad más detallados, podrían requerirse investigaciones adicionales para obtener los datos de tránsito para lograr una mejor estimación de la demanda.

Para facilitar la recolección de los datos para el inventario, se hace uso de un formulario principal (Formulario N°1, Hoja de Inventario para Caminos), modificado en 1989, además de uno auxiliar (Formulario No.2, Hoja de inventario para puentes). Estos se muestran más adelante en los Cuadros 1 y 2, respectivamente.

Debe llenarse una Hoja de Inventario para Caminos (Formulario N°1) para cada subsección de carretera que se defina. El ingeniero encargado del inventario será responsable de la división de las secciones de control en subsecciones para los propósitos del inventario, según los criterios que se presentan a continuación:

- a) Las secciones deben dividirse en subsecciones cuando ocurran cambios de consideración en el terreno, tipo o ancho de la superficie de ruedo, el tipo o el ancho de los espaldones, o el volumen de tránsito. También se procederá así cuando ocurran cambios marcados en las condiciones que determinan la velocidad promedio de circulación, tales como el estado de la superficie de ruedo y la distancia de visibilidad para rebasar a un vehículo, siempre y cuando dichos

cambios no se presenten en tramos muy cortos. Se deben definir puntos de división de las secciones en las intersecciones - con otras carreteras o caminos de cierta importancia, o para ser consistente con los límites administrativos del país (límites cantonales o sub-regionales). Es recomendable que las subsecciones no tengan longitudes menores de cinco kilómetros.

Una longitud ideal sería de unos diez kilómetros, o más. En algunos casos, podría ser necesario promediar características o condiciones para evitar subsecciones demasiado cortas.

- b) Cuando una sección o sub-sección tenga uno o más puentes, que se definen como estructuras de una longitud entre estribos o muros exteriores igual a, o mayor de, seis metros, y/o cuando tenga una o más pasos inferiores bajo otro camino o una línea de ferrocarril, debe llenarse una Hoja de Inventario para Puentes (Formulario N° 2), para ese tramo, además del Formulario N°1.

Por lo general, se encontrará que el procedimiento más conveniente para efectuar el inventario es el de anotar en un cuaderno o bloque de papel, el kilometraje con las notas correspondientes donde hay cambios marcados de terreno, curvatura, ancho y condición de la superficie y otros, para luego fijar en forma definitiva los puntos de subdivisión de las secciones de control y llenar los formularios respectivos.

## **2. Instrucciones para el Uso de la Hoja de Inventario para Caminos (Formulario No. 1)**

Debe llenarse una de las Hojas de Inventario para caminos (Formulario N° 1), para cada sección o sub-sección de control de las carreteras y caminos que se incluyen en el inventario.

Para facilitar la entrada de la información al banco de datos y su procesamiento por medio de la computadora, la codificación de los datos se hace en la misma hoja, utilizando las casillas dibujadas para este propósito, como se muestra en el Cuadro 1.

Además de los datos específicos que se describen a continuación, debe anotarse el nombre del ingeniero o técnico encargado del levantamiento de la información y la fecha del mismo. (Debe codificarse el mes y año (por ejemplo, 0978) en las casillas correspondientes a las columnas 3 a 6). También debe anotarse, al final del formulario, cualesquiera condiciones de tiempo o de estación que podrían haber dado lugar a una variación anormal en el volumen de tránsito o en la velocidad promedio de recorrido en la sub-sección, además de otros comentarios que pudieran ser útiles para respaldar los datos recolectados.





**INVENTARIO GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS**

**RED VIAL NACIONAL (INVENTARIO FÍSICO)**

RED VIAL NACIONAL (INVENTARIO FÍSICO)

(N)ac. ©ant.:

Razón del levantamiento

Provincia:

Cantón:

Distrito:

Identificación Tramo / DE:

A:

Factor:		Levantó:		Fecha	mes	año
IZQ.	DER.	KILÓMETRO	ODÓMETRO	Ruta Número		
				Número Sección Camino		
				Estado de Desarrollo		
				Long. (AL DEC: KM :)		
				Número de Puentes y Pasos Inferiores		
				Puentes y pasos inferiores no adecuados o faltantes.		
				Alcantarillas faltantes e inadecuadas.		
				Tipo de Terreno aledaño		
				Tipo de superficie de ruedo		
				Número de carriles		
				Ancho de superficie de ruedo (al décimo de metro)		
				Tipo de espaldón		
				0: No hay 2: Mejorado 1: Pavimentc 3: Tierra		
				Ancho del espaldón (al décimo de metro) utilizable máx. 3,0 metros		
				Ancho de la isla central (al décimo de metro)		
				Velocidad promedio en KPH Vehículos Livianos		
				Tránsito Promedio Diario (TPD).		
				Terrenos Contiguos 0= rural, 1=urbano		
				Distancia desde el inicio		
				Alineamiento horizontal		
				Pendientes		
				Distancia de visibilidad		
				Espaldones		
				Obras de drenaje menores		
				Superficie de ruedo		
				Estructura del pavimento bajo la superficie de ruedo		
				Ancho derecho de vía promedio		
				Número alterno de sección		

Observaciones:

Si existen comentarios, deben anotarse en el espacio de observaciones al final del Formulario N°1.

### **2.1. Identificación de la Sección o Subsección**

a. Anotar el número de la ruta en que se encuentra la sección o sub-sección, de acuerdo con la nomenclatura oficial del Ministerio y una descripción de los puntos en que la sección o sub-sección inicia y termina. Esta nomenclatura está definida en la Ley General de Caminos Públicos (5060) y la Reforma al Artículo 1, en relación con la Clasificación Funcional de los Caminos Públicos N° 13041-T, en su Artículo 13.

**b. Indicar el estado de desarrollo de la sección o sub-sección. Este dato debe ser anotado en la Oficina antes de que salga al campo el personal de inventario pero debe verificarse en el campo. El dígito "1" significa caminos existentes; el "2" indica caminos en construcción, para los cuales se obtendrá los datos necesarios de los planos pertinentes, y el número "3" significa caminos programados, o proyectos de caminos, para los cuales se anotarán solamente los datos que los identifiquen.**

c. Indicar el número de control de la sección o sub-sección, de acuerdo con el sistema de numeración ya empleado en el Ministerio.

Para este se utiliza un código de cinco dígitos, los primeros cuatro identifican la sección. Si el quinto dígito es "0", se refiere a la sección entera. Si la sección está dividida en subsecciones, estas se indican empleando los dígitos ".1" a ".9", según el número de subsecciones que haya. El primer dígito de la sección indica la provincia en que está ubicada, 1-San José, 2-Alajuela, 3-Cartago, 4-Heredia, 5-Guanacaste, 6-Puntarenas y 7-Limón.

d. Si el inventario se realiza por primera vez: Anotar la longitud de la sección o sub-sección de control, en kilómetros, la longitud tiene que medirse en el campo, debe anotarse la lectura del odómetro (al décimo de kilómetro) en el punto en que termina la sección o sub-sección. Existen espacios para ese propósito en el croquis

esquemático al lado izquierdo del formulario. La longitud de una sección se considera fija y sólo puede variarse, cuando se ha realizado un nuevo alineamiento en la misma. Sólo en este caso se procederá a medirla de nuevo.

- e. Anotar el número de puentes (estructuras con longitud entre estribos o muros exteriores igual a, o mayor de a 6 metros y pasos inferiores bajo otro camino o bajo una línea de ferrocarril, que se encuentran en la sección o sub-sección.

Si no existen puentes o pasos inferiores, anótese un cero en casilla; Si existen, debe llenarse el Formulario 2 como se explicó anteriormente y adjuntarlo al Formulario 1.

Anotar el número de puentes y pasos inferiores que se consideran inadecuados en relación con cualquier característica física (casilla 56 a 59 del Formulario N°2; ver la sección 3.2 e) más adelante).

## **2.2 Características de la Sección o Sub-sección**

- a) Cuando se realiza el inventario por primera vez se consigue el plano de curvas de nivel del proyecto y se toma el tipo de terreno el cual debe coincidir completamente con el procedimiento que sigue:

Indicar el tipo de terreno prevaleciente en las cercanías del tramo en investigación, de acuerdo con el siguiente código:

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1= Llano         | (Pendientes naturales del terreno entre 0 y 5%)   |
| 2= Algo Ondulado | (Pendientes naturales del terreno entre 6 y 14%)  |
| 3= Muy ondulado  | (Pendientes naturales del terreno entre 15 y 25%) |
| 4= Montañoso     | (Pendientes naturales del terreno mayores al 25%) |

En la estimación de esta característica, deberá tenerse presente el propósito del dato, que es dar una indicación relativa del movimiento de tierras que se requeriría para mejorar

las condiciones del camino o cambiar su alineamiento horizontal o vertical, para propósitos de una evaluación económica.

b) Anotar el tipo de superficie de ruedo prevaleciente en la sección o subsección, de acuerdo con los siguientes códigos:

1. Carpeta asfáltica de espesor igual o mayor a 4 cm.
2. Carpeta asfáltica menor a 4 cm o TSB múltiple.
3. Tratamiento superficial bituminoso simple o base estabilizada.
4. Lastre o grava.
5. Tierra mejorada (incluye piedra bruta).
9. Hormigón o concreto.

c) Anotar el número de carriles del camino. Se considerará que es de un sólo carril cuando el ancho promedio de la superficie de ruedo es menor de 5,0 metros.

d) Medir y anotar el ancho promedio de la superficie de ruedo prevaleciente en la subsección. Si hay dos calzadas separadas, anote el ancho completo de la superficie, sin incluir la isla central o cualquier otro tipo de separación.

e) Indicar el tipo de espaldón prevaleciente en el tramo, utilizando el siguiente código:

- 0= No existe
- 1= Pavimentado
- 2= Mejorado
- 3= Tierra

f) Anotar el número de carriles del camino. Se considerará que es de un solo carril cuando el ancho promedio de la superficie de ruedo es menor de 5,0 metros. Se registrará la

existencia de espaldón, siempre y cuando el ancho adicional a cada lado sea mayor a 0,50 m. Si el ancho es inferior a 0,50 m se considera que no existe espaldón pavimentado.

Como espaldón mejorado, se entiende una construcción en grava, empedrado, o material granular o estabilizado (con o sin césped) que permite estacionar un vehículo en el espaldón en toda estación del año. Como espaldón de tierra, se entiende el formado por el suelo natural, con o sin césped, que no es estable durante períodos de lluvia.

g) Medir (al décimo de metro) y anotar el ancho promedio de espaldón que prevalece a cada lado de la sección o sub-sección. Debe anotarse "0", si no existe espaldón, de acuerdo con la definición en el párrafo anterior (f). Si los dos lados no tienen el mismo ancho, deben promediarse los dos anchos.

g) Medir (al décimo de metro) y anotar el ancho de isla central, si existe.

h) Estimar y anotar la velocidad promedio de recorrido del tránsito en la sub-sección (en Km/hora). El procedimiento normal para estimar dicha velocidad será el de mantener una velocidad igual a la mayoría del tránsito de vehículos livianos entre paradas y calcular la velocidad promedio con base a la distancia recorrida y el tiempo transcurrido entre paradas. También se puede aproximar la velocidad anotando la lectura del velocímetro a intervalos cortos.

Si no se encuentra tránsito significativo, debe estimarse la velocidad promedio a que se puede recorrer la sección con seguridad y comodidad bajo condiciones normales de tiempo. Si hay una diferencia significativa entre las velocidades de los vehículos livianos en los dos sentidos del tránsito, por ejemplo, como resultado de pendientes, deben estimarse en ambos sentidos y luego promediarse.

i) En las secciones de control donde no existen estaciones de conteo, no se realizará conteo ni se llenará la casilla correspondiente.

En el momento en que se cuente con el dato, el personal encargado del manejo del sistema computarizado de inventario procederá a llenarla.

En las secciones de control donde no existen estaciones temporales de recuento se debe estimar y anotar el tránsito promedio diario de una sección o subsección.

El volumen de tránsito puede estimarse a grosso modo, con base en el número de vehículos que se encuentran durante el recorrido del tramo. Si el tramo es largo, se sugiere que se cuente varias veces el número de vehículos, que se crucen en períodos de cinco a diez minutos, para calcular el promedio, convirtiéndolo luego a vehículos por hora y diarios. Se tratará de que todas las carreteras primarias y secundarias tengan al menos una estación temporal de recorrido de tránsito.

Como guía general, se podrán estimar los diversos niveles de tránsito dentro del rango de volúmenes normales, de acuerdo con las siguientes características:

- Con más de 5000 vehículos diarios, una carretera rural pavimentada, de dos carriles, aún en terreno plano y con buenas características geométricas, dará la impresión de estar muy transitada durante todo el día; solamente se podrá mantener una velocidad de circulación superior a 60 km por hora sobre distancias cortas.
- Con alrededor de 2000 vehículos diarios, el mismo tipo de carretera, dará la impresión de llevar bastante tránsito, pero generalmente se podrá mantener una velocidad de recorrido razonable con pocas restricciones en cuanto a oportunidades de rebasar otros vehículos. Estando en movimiento, se encontrará un vehículo viajando en sentido opuesto con una frecuencia mayor de dos por minuto, fuera de los períodos de volúmenes máximos.

- Con alrededor de 500 vehículos diarios, una carretera rural pavimentada dará la impresión de estar bastante despejada. Estando en movimiento, se encontrará un promedio de un vehículo viajando en sentido contrario cada dos minutos, fuera de los períodos de volúmenes máximos.
  
- j) Indicar el tipo de desarrollo que mejor caracteriza los terrenos aledaños al camino, a lo largo de la sección o sub-sección, de acuerdo con el siguiente código:

0= Área rural o suburbana con pocas entradas o salidas del camino.

1= Área urbana o suburbana, dentro de un pueblo o ciudad, con muchas entradas y salidas, semáforos, cruces de peatones, etc.

### **2.3 Evaluación en el Campo**

- a. Evaluar el alineamiento horizontal de la sub-sección y asignar una clasificación entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios:
  - 5) Alineamiento recto o con curvas tan suaves que no exigen una reducción significativa en la velocidad promedio normal de recorrido, cuando la superficie está en buen estado y rige buen tiempo.
  
  - 4) Alineamiento con algunas curvas que exigen una reducción significativa en la velocidad promedio de circulación, pero no tan cerradas para calificarlas como curvas peligrosas.
  
  - 3) Alineamiento algo sinuoso, pero con curvas cerradas que son aparentes y consistentes con las gradientes y las demás características del camino y del terreno que se atraviesa (no es posible desarrollar una velocidad promedio

de circulación alta, pero tampoco es necesario frenar bruscamente en las curvas).

2) Curvas cerradas frecuentes y, por lo general, inconsistentes con el terreno y la clase de carretera, condición que resulta en una velocidad promedio de circulación mucho menor que la que permitirían las demás características de la vía.

1) Alineamiento muy sinuoso en todo el tramo, condición que admite solamente una velocidad de circulación muy baja, o existen muchas curvas muy cerradas, con intervalos de tangente relativamente cortos, que inducen a los choferes a acelerar y después a frenar bruscamente.

La condición de alineamiento debe tomarse sólo la primera vez, en correspondencia con los planos de diseño cuando sea posible y debe ser una característica fija, a menos que este cambie.

b. Evaluar las pendientes que predominan en la sección o sub-sección y asignar a esta característica un número entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios:

5) Pendientes menores del 3% en todo el tramo.

4) Pendientes generalmente menores del 3% pero con algunas cuestas de corta longitud de hasta el 5%.

3) Pendientes generalmente entre 3 y 6%, pero con una rasante ondulada y, consecuentemente, con tramos cortos de subida fuerte.

2) Pendientes sostenidas entre 5 y 8% sobre una buena parte del tramo, condición que afecta en forma marcada la velocidad de recorrido y, cuando



hay bastante tránsito, provoca frecuentes colas de vehículos detrás de los vehículos pesados.

- 1) Pendientes sostenidas en exceso del 7% en casi todo el tramo. Se toma sólo la primera vez, ya que es un dato fijo a menos que varíe el alineamiento vertical. Cuando el volumen de tránsito es considerable, se ven colas de vehículos detrás de los vehículos pesados con mucha frecuencia.
- c. Evaluar la condición de la superficie de ruedo que generalmente prevalece en la sub-sección y asignar un número entre 1 y 5, de acuerdo con los siguientes criterios:
- 5) Superficie lisa, sin baches ni irregularidades notables.
  - 4) Superficie generalmente lisa, pero con unas pequeñas corrugaciones u otras irregularidades aisladas, o con baches pequeños superficiales, que no afectan la velocidad promedio de circulación del tránsito.
  - 3) Superficie con frecuentes baches o irregularidades que hacen necesario que los choferes reduzcan, de manera apreciable, la velocidad promedio de circulación en una buena parte del tramo, para viajar con seguridad y comodidad.
  - 2) Superficie muy irregular o con baches extensos y frecuentes (o material suelto, en caso de superficies no pavimentadas), hasta tal grado que la velocidad promedio de recorrido en la subsección es considerablemente, menor que la que permitirían desarrollar las demás características del camino.

- 1) Superficie muy deteriorada o irregular (o material suelto), hasta tal grado, en casi todo el tramo, que la velocidad promedio de circulación es mucho menor que la que permitirían desarrollar las demás características del camino.

Estas características deben ser corroboradas con el rugosímetro.

d. Evaluar la condición del espaldón inclinado que generalmente prevalece en la subsección y asignar una clasificación entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios:

- 5) Superficie de los espaldones firme y regular, y donde se puede utilizar el ancho como fue construido originalmente.
- 4) Superficie generalmente firme y utilizable en todo tiempo, pero con algunos tramos cortos en que el ancho inicial ha sido reducido por erosión u otras causas, o en que la superficie se encuentra con algunos baches, zanjitas o huellas de poca profundidad.
- 3) Superficie erosionada o con baches profundos sobre una buena parte de la subsección, de manera que se inhibe el uso de los espaldones en la debida forma en esa parte.
- 2) Superficie erosionada o con baches profundos, o el ancho transitable de los espaldones reducido sustancialmente, en casi toda la subsección, de manera que se puede transitar solamente una parte del espaldón y aun así, a una velocidad muy baja.
- 1) Se encuentra un desnivel peligroso entre el borde del pavimento y el espaldón, o la superficie está muy erosionada, con baches profundos o

material suelto, o el ancho muy reducido del original. Las condiciones en casi todo el tramo son tales que hacen muy peligroso o imposible el uso de los espaldones aun cuando el tiempo sea bueno.

- f. Evaluar la distancia de visibilidad para rebasar un vehículo en función de las oportunidades de adelantar y asignar un número entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios (si dicha distancia está limitada solamente por árboles, maleza u otros obstáculos temporales, que un buen mantenimiento podría eliminar, no se debe considerar tal limitación). Cuando se trate de una autopista, se anotará un (5) para esta característica.

Distancia máxima total sin oportunidad para rebasar en cada 10 km de recorrido	Número de clasificación, para tránsito diario estimado de		
	Más de 1000	100 a 1000	Menos de 100
Menos de 1 km	5	5	5
1 - 2 km	3	4	5
2 - 3 km	2	3	5
3 - 5 km	1	2	3
Mayor a 5 km	1	1	1

- g. Evaluar el funcionamiento del sistema de drenaje en la subsección y asignar un número entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios:

- 5) Todas las alcantarillas y cunetas están bastante limpias y funcionan debidamente, y aparentemente son adecuadas en cuanto al tamaño, longitud y localización.

- 4) La mayoría de las alcantarillas y cunetas aparentemente funcionan bien, pero existen indicaciones en algunos sitios de que el agua se estanca a la entrada de la alcantarilla o permanece en las cunetas longitudinales, a nivel de la estructura del pavimento, por algún tiempo durante los períodos de lluvia.
  - 3) Parece que algunas alcantarillas o cunetas no tienen capacidad hidráulica suficiente, por la erosión o socavación aparente, o existen indicaciones de estancamiento frecuente de agua al nivel de la estructura del pavimento, en varios lugares.
  - 2) Parece que la mayoría de las alcantarillas y cunetas son inadecuadas; o hay vados en varios sitios en vez de estructuras de drenaje; o hay estancamiento de agua a nivel de la estructura del pavimento, sobre una buena parte del tramo, y durante períodos largos, con desbordamiento ocasional sobre la calzada.
  - 1) El agua escurre por la calzada durante períodos de lluvia sobre una buena parte de la sub-sección y no existen cunetas longitudinales definidas; las estructuras de drenaje no existen, o son completamente inadecuadas.
- h. Evaluar la condición de la parte de la estructura del pavimento debajo de la superficie de ruedo y asignar un número entre 1 y 5, de acuerdo con los siguientes criterios:
- 5) No existen evidencias de fallas en la estructura del pavimento, con la posible excepción de algunas en la superficie de ruedo.
  - 4) Existen huellas o corrugaciones que se derivan por debajo de la superficie de ruedo, pero que son aisladas y de poca extensión.

- 3) Existen deformaciones u otras fallas de consideración sobre una buena parte de la subsección y, aunque no son extensas todavía, parece que siguen extendiéndose.
  - 2) Existen deformaciones u otras fallas de consideración sobre la mayor parte del tramo, reduciendo mucho la velocidad promedio de circulación a la que se puede viajar con seguridad, indicando la necesidad de reparar y reforzar la estructura del pavimento.
  - 1) Existen corrugaciones o huellas profundas sobre casi toda la faja de ruedo del tramo, hasta tal grado que no sería factible corregir la falla de la estructura, sino que se tendría que reconstruirla completamente.
- i. Evaluar la suficiencia del señalamiento de la vía dentro del tramo, incluyendo las marcas sobre el pavimento, y asignar un número entre 1 y 5 de acuerdo con los siguientes criterios:
- 5) Las señales son completamente adecuadas en número y ubicación, proporcionando así toda la información que el usuario pueda necesitar para conducir con seguridad y tranquilidad.
  - 4) El señalamiento es bastante completo, faltando solamente algunas señales de guía para los usuarios que no conocen la ruta.
  - 3) El señalamiento es regular en cuanto a cantidad y ubicación, siendo notable la falta de algunas señales de precaución y de guía.

- 2) Existen muy pocas señales, de modo que el usuario que no conoce bien el camino, no puede confiar en que le proveerá la información requerida para poder llegar a su destino sin ningún contratiempo.
  - 1) No existen señales o son tan inadecuadas, que no proveen información útil al conductor.
- j. Además del sistema de numeración tradicional del punto c), del apartado 3.1, deberá usarse el nuevo sistema de numeración de secciones de control que utiliza el kilometraje de inicio de la sección, con el propósito de facilitar al usuario la localización rápida de la misma.  
En adelante se usarán simultáneamente las dos numeraciones en la hoja de inventario.
- k. El espaldón utilizable es el ancho realmente útil en caso de una parada de emergencia, incluyendo las partes de lastre o de tierra; esto se mide hasta un máximo de tres metros, siempre y cuando estas características se mantengan por lo menos en un 50% de la longitud de la sección de control.
- l. Ancho de derecho de vía: Se mide considerando la distancia de “cerca a cerca”, al decímetro de metro, promediando dicho ancho para la sección o subsección.

### **3. Instrucciones para el uso de la Hoja de Inventario para Puentes (Formulario No.2)**

Debe llenarse una Hoja de Inventario para Puentes (Formulario N°.2), para cada sección o subsección de control en que se encuentran uno o más puentes (estructuras de una longitud entre estribos o muros exteriores igual a, o mayor de, seis metros), o aquellas

en las que existen uno o más pasos inferiores bajo otro camino o bajo una línea de ferrocarril. En el Cuadro 2, se muestra un ejemplo del formulario sugerido.

Debe anotarse en el formulario, el nombre del ingeniero o técnico encargado de levantar los datos a la fecha correspondiente. (Debe codificarse el mes y año en las casillas de las columnas 3 a 6.) Al final del formulario, debe agregarse cualquier comentario que sea útil para la interpretación o uso de los datos recopilados.

### **3.1 Identificación de la Sección o Subsección**

Debe anotarse la siguiente información para identificar la sección o subsección:

- Número y descripción de la ruta,
- Estado de desarrollo,
- Número de control,
- Número total de puentes en la sección o subsección, y
- Número total de pasos inferiores en la sección o subsección.

Esta es la información que se anotará también en la Hoja de Inventario para Caminos (Formulario N°1) y que se describe en la sección 2.1 de este Memorándum (puntos a, b, c y e, respectivamente).

Si la ubicación de los puentes y pasos inferiores se mide en el campo, debe anotarse la lectura de odómetro al comienzo del recorrido de la sección o subsección, lo que permitirá calcular después la distancia de cada puente, o paso inferior, en relación con este punto de inicio. Este mismo dato será anotado también en el Formulario N° 1.

### **3.2 Características y Evaluación de los Puentes y Pasos Inferiores en la Sección o subsección:**

- A) El personal que realiza el inventario debe detenerse e inspeccionar someramente cada puente y paso inferior en el tramo bajo investigación. La enumeración de los puentes y pasos inferiores será progresiva, anotándose la lectura del odómetro en cada puente o paso, y la distancia desde el inicio del tramo. Debe completarse una línea para cada puente (o puente que falta) y paso inferior en la sección o subsección, sucesivamente, anotando los datos pertinentes y evaluando la suficiencia de ciertos elementos de acuerdo con las indicaciones siguientes. (Se llevará una hoja exclusiva, por aparte, para registrar cada estructura, donde se deberán repetir los datos de identificación de la sección o subsección).
- B) Indicar el tipo de puente, utilizando los siguientes códigos para las características señaladas:

#### Función:

- 1 = Puente sobre río o quebrada
- 2 = Paso superior sobre otro camino
- 3 = Paso superior sobre ferrocarril
- 4 = Paso inferior bajo otro camino
- 5 = Paso inferior bajo ferrocarril

#### Puente:

- 1 = Tablero inferior
- 2 = Tablero superior
- 3 = Falta puente

#### Estructura:



- 1 = Hormigón armado
- 2 = Metálico
- 3 = Madera
- 4 = Mampostería

Tablero:

- 1 = Hormigón armado
- 2 = Metálico
- 3 = Madera
- 4 = Otro

Si se trata de un paso inferior, debe describirse el puente que pasa por encima de la sección o subsección bajo investigación, de modo que los datos sobre puente, estructura y tablero corresponderán en tal caso, a las características de un puente perteneciente a otro tramo.

- C) Debe determinarse y anotarse la longitud del puente, en metros. Si falta un puente en un sitio, debe anotarse la longitud aproximada que se requeriría. En el caso de un paso inferior, debe anotarse la longitud del puente que pasa por encima del tramo bajo investigación.
- D) Medir y anotar el ancho entre cordones, al décimo de metro. En el caso de un paso inferior, anotar en las casillas 51-53, el ancho del puente que pasa por encima del tramo y en las casillas 62-64, el ancho del paso mismo (ver el párrafo f).
- E) Evaluar los siguientes aspectos del puente o paso inferior, e indicar si son adecuados o no con respecto a las características señaladas, anotando el dígito "1" si es adecuado o el "2" en caso contrario (en el caso de un paso inferior, debe evaluarse solamente el ancho, dejando en blanco las columnas correspondientes a las otras tres características):

Ancho: Para definir si el ancho entre cordones (bordillos), o entre barandas si no hay cordones, será considerado como adecuado, si es igual o mayor que el ancho de la faja de ruedo del camino a ambos extremos del puente. Cuando se trate de pasos inferiores, el ancho será considerado como adecuado, si es igual a, o mayor que el ancho de la faja de ruedo más dos metros a cada extremo del paso (el ancho en estos casos se mide entre los estribos, pilas o muros que sostienen la estructura a ambos lados del camino bajo investigación).

Estructura: Revisar la estructura, inclusive lo que se pueda observar de la subestructura o cimientos. Si no se anotan daños, deterioros o fallas estructurales que podrían disminuir considerablemente la capacidad de carga del puente, la estructura será considerada como adecuada.

Tablero: Se considerará el tablero como adecuado si no hay daños o deterioros que significarían la necesidad de reemplazarlo, o de efectuar reparaciones extensas del mismo.

Sección Hidráulica: La sección hidráulica será considerada como adecuada si no hay indicaciones de considerable socavación, de frecuentes inundaciones de los accesos del puente, o de daños de consideración a la estructura, debida a golpes de escombros durante las crecidas del río.

- F) Cuando se trata de un paso inferior, anotar la distancia entre estribos, pilas o muros de la estructura que pasa por encima del tramo (al décimo de metro).
- G) Cuando se trata de un puente perteneciente al tramo que se investiga, indicar el límite de carga del puente, si se conoce, expresado en toneladas.



#### **4. Metodología para el Cálculo de los Índices de Suficiencia**

El índice de suficiencia de un tramo de camino es una medida relativa de la capacidad del tramo para acomodar un cierto volumen de tránsito (que generalmente será el existente), tomando en cuenta los factores físicos que afectan el flujo de los vehículos. El Índice de Suficiencia, por ser una medida relativa, puede calcularse de varias maneras. Para los propósitos del presente trabajo, los índices se computarán como se indica a continuación.

Para cada sección o subsección, y para cada rango de volumen de tránsito que se especifique, se asigna un valor a cada característica que afecta el flujo del tránsito, de acuerdo con la clasificación del tramo con respecto a esa. Las magnitudes de los valores varían según la importancia de las diferentes características al facilitar o impedir el movimiento de los vehículos. El Índice de Suficiencia de un tramo se calcula sumando los valores asignados a todas las características que se toman en cuenta para ese propósito.

La importancia relativa (o factor de ponderación) de cada característica, que corresponde al valor que se asignaría si el tramo estuviera en óptimas condiciones con respecto a esa característica (para un volumen dado de tránsito) se presenta en el Cuadro 3. Como puede apreciarse en ese cuadro, un Índice de Suficiencia de 100, para un cierto volumen de tránsito, señalaría que la sección o subsección estuviera en perfectas condiciones para acomodar tal tránsito. Valores menores indicarían eficiencias menores. Por lo general, el Índice se calcula para el volumen de tránsito existente, aunque podría calcularse también para volúmenes pronosticados, bajo ciertas suposiciones de condiciones de pavimento y otros. El uso principal del Índice es identificar secciones o subsecciones de caminos que necesitan un mejor mantenimiento, una rehabilitación o un mejoramiento para poder acomodar adecuadamente el volumen de tránsito que circula por ellas.

Durante la recolección de datos para el inventario, por medio del uso de la Hoja de Inventario para Caminos (Formulario N°1) y siguiendo las instrucciones presentadas en la sección 3), de este documento, deben clasificarse las secciones o subsecciones con respecto a ocho de las doce características incluidas en el Cuadro 3. También debe obtenerse datos sobre las otras cuatro características, que son el tipo y ancho de las superficies y los espaldones. Con base a esos datos, las secciones y subsecciones deben ser clasificadas con respecto a las cuatro características mencionadas, asignándoles un número entre 5 y 1, de acuerdo con los criterios presentados en el Cuadro 4.

El próximo paso en el cálculo del Índice de Suficiencia de una sección o subsección, es el de asignar los valores a las doce características y sumarlas, de acuerdo con la previa clasificación del tramo con respecto a cada una de ellas y el volumen de tránsito especificado. El Cuadro 5, indica el valor que debe asignarse, para cada una de las cinco clases correspondientes, a las diferentes características, para seis distintos rangos de volumen de tránsito.

El Cuadro 6, ilustra el cálculo del índice para una subsección hipotética con las siguientes características: una superficie de tratamiento superficial bituminoso (TSB) múltiple de 6,8 metros de ancho y espaldones pavimentados de un ancho de 1,2 metros cada uno, y sin puentes o pasos inferiores inadecuados (las otras características son aquellas que corresponden a las clasificaciones indicadas en el cuadro, que se hacen directamente durante el levantamiento de los datos de inventario). Si el tránsito diario promedio sobre esa subsección fuera de unos 900 vehículos diarios, el Índice de Suficiencia se calcularía en 83, indicando que el tramo tendría una condición aceptable (como se explica más adelante). Por otro lado, si el tránsito diario promedio fuera de 1500 vehículos diarios, el Índice de suficiencia sería 68, lo que señalaría la necesidad de mejorar rápidamente las condiciones del tramo para poder acomodar con seguridad ese volumen de tránsito.

Si existen puentes o pasos inferiores con anchos inadecuados (angostos) en una sección o subsección, y si el tránsito promedio diario anual (TPDA) del tramo excede de 2000 vehículos diarios, debe ajustarse su Índice de Suficiencia para reflejar los efectos de esos, según el siguiente criterio:

Si la relación entre la longitud del tramo (en km) y el número de puentes o pasos inferiores en el tramo con ancho inadecuado es mayor de 10, no se hace ningún ajuste. Si la relación es entre 10 y 5, se multiplica el Índice por 0,9 y si es menor de 5, se multiplica por 0,8.

En general, se han establecido los siguientes rangos para la evaluación del estado de los caminos por medio del índice de suficiencia:

90 - 100	Condiciones excelentes
80 - 89	Condiciones aceptables a buenas
70 - 79	Condiciones apenas aceptables, que podrían requerir atención, especialmente si aumentara el volumen del tránsito.
< 70	Condiciones inaceptables; el tramo requiere una atención inmediata para mejorar su estado.

Debe recordarse que el Índice es una medida relativa de suficiencia. Se basa solamente en aspectos físicos de los caminos y su propósito principal es señalar deficiencias en ellos. Una vez identificadas las secciones inadecuadas, debe tomarse en cuenta los factores económicos en el análisis de factibilidad para mejorarlas.



CUADRO 3

FACTORES DE PONDERACIÓN PARA EL  
CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE SUFICIENCIA

Característica del Camino	Factor de Ponderación
Tipo de Superficie	18
Tipo de Espaldón	3
Ancho de Superficie	15
Ancho de Espaldón	4
Alineamiento Horizontal	12
Pendientes	6
Superficie de Ruedo	10
Espaldones	4
Distancia de Visibilidad	10
Obras de Drenaje Menores	6
Estructura del Pavimento (Debajo de la superficie de ruedo)	8
Señalamiento de Vía	4
	-----
	100



**CUADRO 4**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS SECCIONES O SUBSECCIONES**  
**CON RESPECTO A TIPO Y ANCHO DE SUPERFICIE Y ESPALDÓN**

Características	Código (si hay) y Descripción (1)	Clasificación de la Sección según TPD (2)					
		/8000	3000-7999	1000-2999	400-999	100-399	100
Tipo de Superficie	1) Hormigón o Concreto Asfáltico 6 cm	5	5	5	5	5	5
	2) Concreto Asfáltico 6 cm o TSB múltiple	4	4	4	4	4	4
	3) TSB Simple o Base Estabilizada	3	3	3	3	3	3
	4) Grava o Lastre	2	2	2	2	2	2
	5) Piedra Bruta	2	2	2	2	2	2
	6) Piedra Mejorada	1	1	1	1	1	1
Tipo de Espaldón	1) Pavimentado	5	5	5	5	5	5
	2) Mejorado	4	4	4	4	4	4
	3) Tierra	3	3	3	3	3	3
	0) No existe	2	2	2	2	2	2
Ancho de Superficie	13,0 m	5	5	5	5	5	5
	12,9 - 10,0 m	4	5	5	5	5	5
	9,9 - 7,0 m	3	5	5	5	5	5
	6,9 - 6,5 m	2	4	4	5	5	5
	6,4 - 6,0 m	1	3	3	4	4	5
	5,9 - 5,5 m	1	2	2	3	3	4
	5,4 - 5,0 m	1	1	1	2	2	3
	4,9 - 4,5 m	1	1	1	1	1	2
	4,5 m	1	1	1	1	1	1
Ancho de Espaldón	2,0 m	5	5	5	5	5	5
	1,9 - 1,5 m	4	4	4	5	5	5
	1,4 - 1,0 m	3	3	3	5	5	5
	0,9 - 0,5 m	2	2	2	3	3	3
	0,5 - 0,3 m	1	1	1	2	2	3
	0,3 m	1	1	1	1	1	2

**Notas:**

- 1) Los códigos y descripciones se refieren a los datos que se registran en el Formulario No. 1, Hoja de Inventario para Caminos.
- 2) T.P.D.A.= Tránsito Promedio Diario Anual, en vehículos por día.

CUADRO 5

VALORES ASIGNADOS A LAS CARACTERÍSTICAS  
PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE SUFICIENCIA

CARACTERÍSTICA	Valores que deben asignarse, según TPDA y la Clasificación de la Sección																													
	> 8000					3000 - 7999					1000 - 2999					400 - 999					100 - 399					< 100				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Tipo de Superficie	18	0	0	0	0	18	10	0	0	0	18	15	0	0	0	18	15	0	0	0	18	18	18	10	0	18	18	18	18	5
Tipo de Espaldón	3	0	0	0	-	3	1	0	0	-	3	1	0	0	-	3	2	1	0	-	3	3	2	0	-	3	3	3	0	-
Ancho de Superficie	15	10	0	0	0	15	10	0	0	0	15	12	5	0	0	15	12	5	0	0	15	15	10	0	0	15	15	15	10	5
Ancho de Espaldón	4	1	0	0	0	4	3	1	0	0	4	4	2	0	0	4	4	3	0	0	4	4	3	0	0	4	4	4	2	-
Alineamiento Horizontal	12	8	0	0	0	12	10	3	0	0	12	12	5	2	0	12	12	8	3	0	12	12	10	6	0	12	12	12	8	3
Pendientes	6	5	1	0	0	6	5	2	0	0	6	7	3	1	0	6	6	4	2	0	6	6	5	3	0	6	6	6	5	2
Superficie de Ruedo	10	7	0	0	0	10	8	2	0	0	10	10	4	1	0	10	10	6	2	0	10	10	8	5	0	10	10	8	6	2
Espaldones	4	2	0	0	0	4	3	0	0	0	4	4	1	0	0	4	4	2	1	0	4	4	4	2	0	4	4	4	3	1
Distancia de visibilidad	10	-	0	0	0	10	-	4	1	0	10	0	5	2	0	10	7	6	3	0	10	8	7	4	0	10	-	8	-	2
Obras de Drenaje Menores	6	4	0	0	0	6	4	1	0	0	6	5	2	0	0	6	5	2	1	0	6	6	4	2	0	6	6	5	3	1
Estructura de Pavimento.	8	6	0	0	0	8	6	2	0	0	8	6	4	0	0	8	8	5	2	0	6	8	8	4	0	8	8	8	6	4
Señalamiento de la Vía	4	3	0	0	0	4	3	1	0	0	4	3	2	0	0	4	4	3	2	0	4	4	4	3	1	4	4	4	3	2

CUADRO 6  
ILUSTRACIÓN DEL CÁLCULO DEL  
ÍNDICE DE SUFICIENCIA DE UNA SUBSECCIÓN

CARÁCTERÍSTICA	TPDA = 900		TPDA + 1500	
	Clasificación	Valores Asignados	Clasificación	Valores Asignados
Tipo de superficie	4	18	4	15
Tipo de Espaldón	5	3	5	3
Ancho de Superficie	5	15	4	12
Ancho de Espaldón	4	4	3	2
Alineamiento Horizontal	4	12	4	12
Pendientes	3	4	3	3
Superficie de Ruedo	3	6	3	4
Espaldones	3	2	3	1
Distancia de visibilidad	5	10	5	10
Obras de Drenaje	3	2	3	2
Estructura del Pavimento	3	5	3	4
Señalamiento de la Vía	2	<u>2</u>	2	<u>0</u>
Índice de Suficiencia	-	83		63