

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



RESTRINGIDO
E/CN.12/CCE/SC.2/102
TAO/LAT/74

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE DE COORDINACION ESTADISTICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO

Grupo de Trabajo sobre Estadísticas de Transportes
San José, Costa Rica, 7 de junio de 1967

PROGRAMA DE INVENTARIOS Y ESTUDIOS DINAMICOS
EN CARRETERAS DE CENTROAMERICA Y PANAMA

(Versión preliminar)

Documento preparado por el señor Napoleón Morúa Carrillo, experto asignado por la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas al Programa de Integración Económica Centroamericana.

INDICE

	<u>Página</u>
I. Introducción	1
II. Aspectos técnicos	3
1. Inventario de carreteras	3
a) Clasificación de las vías existentes	3
b) Secciones y subsecciones de control	5
c) Características físicas generales	6
d) Curvatura	8
e) Pendientes	9
f) Visibilidad	11
g) Actualización de los inventarios	13
2. Estudios sobre velocidades	14
a) Velocidades en un punto	14
b) Velocidad de rodaje	17
3. Recuentos de tránsito	19
4. Estudios de cargas	23
III. Bases para un programa inicial	27
A. Programa de inventario de carreteras	27
B. Estudios de velocidades	28
C. Recuentos de tránsito	32
D. Estudios de cargas	39

I. INTRODUCCION

Es bien conocido que la programación de las obras públicas y el cumplimiento de los objetivos incorporados a los planes de desarrollo requieren el establecimiento de sistemas eficientes de información o control, lo mismo para definir la asignación adecuada de los recursos que para evaluar los rendimientos y efectos económicos del gasto gubernamental. Ello reviste particular importancia en el caso de la inversión en carreteras al que se destinan, por lo general, fondos relativamente cuantiosos y donde la distribución de los mismos afecta de manera muy pronunciada al desarrollo regional y a una gran variedad de actividades económicas.

El transporte por carretera constituye en Centroamérica el principal medio de movilización de bienes y personas, y el que muestra las mayores variaciones en las características de las obras y la evolución de los servicios. Por otro lado, la necesidad de diseñar los programas viales, tomando en cuenta consideraciones de carácter nacional y regional, impone nuevas exigencias en materia de orientación de la política de transporte y de programación de las obras. En el mismo sentido influye la circunstancia de haberse completado en gran parte los proyectos que componen la red regional básica y avanzado en los programas nacionales de caminos troncales y secundarios, cuya selección respondió a necesidades más o menos evidentes desde el punto de vista económico. Una vez rebasada esa etapa, el desarrollo ulterior de las comunicaciones por carretera demanda la elaboración de análisis más complejos, orientados a precisar los problemas u obstáculos al perfeccionamiento de los sistemas de transporte, a anticipar las necesidades de servicios y a fijar las metas y prioridades en concordancia con los recursos disponibles y la evolución previsible de la demanda. Se trata, en definitiva, de perfeccionar las técnicas de evaluación de programas y proyectos en la medida que lo exige la creciente complejidad de los sistemas económicos y el carácter de las obras de infraestructura como factor complementario de estímulo a la expansión de otros sectores de la producción.

Como primer paso para el mejoramiento de los sistemas de programación de los transportes, parece indispensable ampliar el alcance y cobertura de los métodos de recopilación de las informaciones que sirven de

base a la estructuración de los programas de inversión. En este sentido, cobra especial significación el levantamiento de los inventarios sobre las características básicas, los módulos de evolución del transporte y las características socioeconómicas de las zonas de influencia de los sistemas de carreteras. Con ellos podría disponerse de datos esenciales para la evaluación de los proyectos en proceso de ejecución, y para conocer los desequilibrios reales y potenciales entre la demanda y la oferta de los servicios que proporcionan las obras de infraestructura en uso. Asimismo, se facilitaría la identificación de los factores que inciden sobre los costos de transporte y los que limitan el acceso a los mercados o la salida de los artículos de los centros de producción.

Cabe señalar que uno de los campos donde el avance de los sistemas de información ha sido menos rápido es precisamente el de las estadísticas de transporte. Ello obedece en parte a las dificultades particulares y los costos que supone establecer registros continuos; pero también han influido el rezago en la organización de los servicios y el desarrollo relativamente rápido de la red de caminos troncales en la última década.

Conviene, por lo tanto, examinar algunos métodos susceptibles de aplicación en Centroamérica, que gradualmente vayan llenando los nuevos requerimientos de información básica en materia de transporte. Ese es el propósito esencial de este documento, que se ha centrado particularmente en el análisis de la metodología aplicable al levantamiento de inventarios físicos y en el análisis dinámico del comportamiento de los transportes por carretera. No se tratan los aspectos relacionados con la recopilación de los datos socioeconómicos por considerarse que, en una primera etapa, los esfuerzos debieran tender a lograr un conocimiento suficientemente detallado de las características y problemas técnicos de la red de carreteras. Posteriormente, identificadas las zonas de influencia y las características del tráfico, se podrían iniciar las investigaciones complementarias con fines de evaluación económica.

De acuerdo con los lineamientos señalados, el documento se ha dividido en dos partes. La primera se refiere a las consideraciones técnicas relativas al levantamiento del inventario de carreteras y de los estudios sobre velocidades, tránsito y cargas. La segunda incluye orientaciones para el establecimiento de un programa regional mínimo en el Istmo Centroamericano que cubra dichos aspectos e incluye una estimación aproximada de los costos del mismo.

II. ASPECTOS TECNICOS

1. Inventario de carreteras

El conocimiento de las condiciones viales del Istmo Centroamericano es deficiente por no haberse establecido métodos continuos y sistemáticos de recopilación de informaciones. Aunque se han realizado distintos esfuerzos para mejorar los registros estadísticos, todavía no se logra contar con sistemas que permitan evitar las deficiencias que se han venido encontrando, tanto en la elaboración de los diagnósticos como en la de los programas del sector de los transportes.

Conviene, por lo tanto, examinar con cierto detenimiento algunos de los problemas metodológicos y de clasificación a que da lugar el levantamiento de inventarios físicos en Centroamérica y Panamá.

a) Clasificación de las vías existentes

Conviene en primer lugar, partiendo del conocimiento que se tiene de las vías, hacer una clasificación de carreteras y caminos que permita reunirlos por su importancia en grupos básicos de identificación. Tal clasificación previa es necesaria para poder definir, en el programa de realización del inventario, el orden de prioridad que se concederá a cada uno de ellos.

Considerando que los objetivos que deben ser llenados por las carreteras varían desde, en un extremo, los servicios de acceso a la propiedad (como pueden ser caminos de acceso en zonas rurales y calles en zonas urbanas), hasta, en el otro, los servicios de transporte rápido sin interrupción (como es el caso de las autopistas, rodeos a ciudades grandes, etc.), parece conveniente que la clasificación y agrupación de carreteras se haga tomando en cuenta la clase de servicio que presta la vía. De acuerdo con ello y con otros factores que sería largo enumerar, casi en todas partes la clasificación de carreteras se hace considerando tres grupos principales, a saber:

i) Carreteras troncales (primarias, principales o nacionales) que comprende aquéllas cuyo objetivo principal es la comunicación entre centros importantes de población, zonas de producción y mercado, y en las cuales el servicio de acceso a predios o centros de producción es de menor importancia relativa.

ii) Carreteras de alimentación (secundarias o regionales), que comprende las carreteras que tienen por objeto comunicar centros de menor población, producción y mercado y en las cuales el servicio de acceso a los predios y plantas es de mayor importancia relativa que en el caso anterior.

iii) Caminos de acceso o vecinales, comprende las vías que comunican pueblos o caseríos más pequeños; en ellos el acceso a fincas es de una gran importancia. Este grupo suele dividirse en varios subgrupos: caminos revestidos y caminos no revestidos o en caminos transitables permanentemente y caminos transitables en épocas secas.

La clasificación de las vías, además de tener importancia desde el punto de vista del financiamiento de las posibles mejoras y del mantenimiento, constituye una herramienta de trabajo imprescindible para el estudio ordenado de todos los problemas de carreteras, y especialmente para la planificación de la red total.

En Centroamérica se sugiere que la clasificación comprenda:

1. Carreteras troncales
2. Carreteras alimentadoras
3. Caminos vecinales
 - a) Transitables permanentemente
 - b) Transitables en períodos de secas

La clasificación inicial o básica puede sufrir cambios en cuanto a algunas vías específicas cuando se efectúe el inventario y de él se deduzca que originalmente se clasificaron erróneamente.

Podrían definirse algunos requisitos mínimos para clasificar una vía dentro de un grupo dado, pero en esta clasificación inicial parece preferible no afinar la clasificación sobre tal base, puesto que no se cuenta con información detallada para hacerlo, y la recolección de la información es el objetivo principal del inventario que se planea realizar. La

/clasificación

clasificación inicial es preferible hacerla por tal razón con base en el conocimiento general que del país y de las vías tienen los funcionarios que se encargarán del estudio.

Una vez efectuada la clasificación, debe elaborarse un mapa general de las redes en el que aparezca cada tipo de camino y que se usará como referencia general a todo lo largo del estudio. En el mapa debe darse nombre a cada una de las vías y un número para facilitar su localización. A este respecto deben tenerse presentes los acuerdos centroamericanos ya firmados entre los países.

b) Secciones y subsecciones de control

Para los efectos de realización del inventario, y de especial interés para definir las labores y los costos de mantenimiento y las inversiones requeridas para el mejoramiento o para reconstrucción; para facilitar la localización de tramos o secciones especiales, determinar las características físicas ligadas al volumen de tránsito, y por otras razones, conviene dividir cada vía en tramos llamados secciones de control, de preferencia de longitudes similares y, por lo general, sin que excedan de 10 km.

Cada sección de control, para los fines señalados, debe reunir condiciones tan homogéneas como sea posible. Por tal razón, los límites de las secciones de control deben situarse en los sitios donde haya cambios apreciables en las características más importantes de la propia vía o del terreno que cruza, principalmente pasos por zonas urbanas o rurales, por clases de terreno (plano, ondulado, montañoso), por tipos de superficie de rodamiento (pavimentada, de grava o de tierra).

Una sección de control puede ser dividida a su vez en subsecciones para tomar en cuenta otros cambios menos evidentes como el ancho del derecho de vía, el de la superficie de rodamiento, el estado de la superficie de rodamiento (buena, regular o mala), etc.

Parece conveniente fijar una nomenclatura que permita identificar y ubicar rápidamente cualquier sección y subsección de control. Por ejemplo, 1-Ch-4-2 podría ser: carretera 1, Departamento de Choluteca, sección de control No. 4, subsección No. 2.

/c) Características

c) Características físicas generales

El inventario propiamente dicho debe llevarse a cabo por etapas; pudiendo variar los detalles de cada una según la clase de vía o el grupo de que se trate.

La primera fase del inventario proporciona una primera idea de las características principales de las vías y por lo tanto debe hacerse en todos los caminos, cualquiera que sea su clasificación.

La segunda fase comprenderá la anotación de características que definen con más detalle las vías, como curvatura, pendientes, visibilidad, tránsito, velocidades, etc. El levantamiento de estas características es necesario en las carreteras principales y secundarias; su obtención en caminos vecinales sería de elevado costo y de posible utilización menor, por eso no se aconseja. En la primera fase del trabajo quedaría incluida la medición de la longitud de las vías, que debe hacerse por medio de odómetros calibrados con lectura en kilómetros y aproximaciones al metro. El odómetro debe instalarse cuidadosamente en un vehículo (preferiblemente de doble tracción) que debe ser circulado varias veces por alguna distancia verificada para concretar el factor por el que deba multiplicarse la lectura para obtener las distancias reales. Ello es necesario para evitar las variaciones a que dan lugar los cambios en la presión de las llantas y otras razones. El procedimiento de obtención del factor deberá repetirse con ciertos intervalos (cada dos semanas por ejemplo) y siempre que puedan haberse presentado cambios que hagan variar las equivalencias de lectura del odómetro.

La toma de lecturas debe iniciarse con cero en el odómetro en el comienzo de la vía en consideración. Es conveniente señalar el origen de las vías en el centro de las poblaciones, aunque la parte urbana no se anote con detalle. De no considerarse posible, el origen puede ser la intersección con otra carretera de mayor importancia. El levantamiento de las características de la vía se hace simultáneamente con el estacionamiento y toma de lecturas. Debe anotarse la lectura del odómetro siempre que haya cambios apreciables en las características de la vía, que son: 1) el ancho del derecho de vía (cambio de 5 metros o más); 2) el ancho de la superficie de rodamiento (cambio de 50 cm o mayores); 3) el tipo de /superficie

superficie (pavimentada, material granular, superficie de tierra); 4) el estado de la superficie (buena condición, regular condición, pobre condición); 5) la clase de terreno (plano, ondulado o montañoso); y 6) la zona (urbana o rural).

Debe anotarse también todo lugar donde haya alcantarillas o puentes indicando el diámetro, la sección o luz del puente y, en forma general, su estado bueno, regular o malo. De ser posible deberá indicarse el material de que está construido el puente y la carga de diseño. (Estudios posteriores pueden tomar en cuenta, en el caso de puentes, otros detalles como dimensiones y condición de los miembros, área hidráulica, tipo de puente, etc.). También deben anotarse las lecturas del odómetro que corresponden a toda intersección con otras carreteras o caminos o cruces de ferrocarril, así como las que correspondan al paso por edificios importantes como iglesias, escuelas, cuarteles, parques o estadios.

El levantamiento de las características físicas puede hacerse con una cuadrilla mínima de tres personas: un jefe de cuadrilla quien lleva la anotación, un auxiliar y un conductor de vehículo; las medidas de anchos y otros pueden ser tomados por el auxiliar y el conductor. Si fuere posible, es preferible contar con dos auxiliares además del conductor y el jefe de cuadrilla. Un rendimiento promedio mínimo puede ser el levantamiento de ocho kilómetros por día. En zonas suburbanas el rendimiento puede ser menor debido a los muchos detalles que deben apuntarse, aunque se compense en la mayor parte de las zonas rurales en que el rendimiento es mayor. Una cuadrilla puede levantar un mínimo de alrededor de 1 500 km por año continuo de trabajo, con una labor de campo de 5 días por semana de tal manera que tengan un día (el sábado es el más conveniente) para copiar en limpio y dejar en la oficina las hojas de trabajo que por lo general se maltratan con el uso. Esto es necesario para que no se acumulen tales hojas que a menudo tienen tachaduras y borrones por lo que ofrecen dificultades al personal de oficina en su interpretación, lo que con frecuencia obliga a la cuadrilla de campo a regresar para aclararlas.

Las hojas en limpio se ordenan por número y colocan en carpetas que se archivan en un orden lógico correspondiente al usado en la nomenclatura general. Los datos de inventario pueden procesarse en tarjetas perforadas,

/lo que

lo que permite su uso rápido cuando se requieran tabulaciones especiales o el dato del total de las vías, según características, por departamento o zona.

Los datos de las hojas de inventario tienen utilidad de consulta para los funcionarios de caminos, pero para efecto de presentación a otros organismos (financieros, de crédito rural, etc.) o personas es conveniente elaborar diagramas de línea recta. Como su nombre lo indica, consisten en dibujar a escala las características físicas de la vía, en forma continua, en línea recta, haciendo caso omiso del alineamiento horizontal o vertical, que se toman en cuenta en otra forma convencional ya prefijada.

d) Curvatura

El estudio de curvatura tiene por objeto conocer el grado de sinuosidad que tienen las vías.

En el caso de carreteras existentes de las cuales hay planos de construcción, no es necesario hacer el levantamiento de campo porque los datos pueden tomarse de los mismos, para llenar las hojas de inventario y el renglón correspondiente del diagrama de línea recta.

Cuando las carreteras carecen de planos de construcción es necesario hacer el levantamiento de campo. Para éste se usan hojas de registro diferentes de las usadas en la primera fase. Para su realización se requieren dos personas: un anotador y un conductor de vehículo. El vehículo debe estar equipado con un odómetro y un giroscopio direccional. La anotación de lecturas del odómetro debe hacerse en el punto origen, en el punto final, en todos los lugares principales del recorrido como puentes, escuelas, intersecciones, etc., que son los mismos que sirven como puntos de amarre de este levantamiento con los estacionamientos encontrados y calculados en la primera fase. Partiendo del origen para los mismos puntos establecidos se circula y se anota todo lugar (mediante observación visual y en forma aproximada) donde se inicia una curva circular y todo aquél en el que termina la misma. Deben anotarse la lectura del odómetro, la del ángulo del giroscopio si es PC (inicio de curva) o PT (fin de curva) y si es deflexión hacia la derecha o hacia la izquierda.

Una vez completado el levantamiento de campo, los datos se calculan en la oficina de manera que la diferencia de lectura del odómetro, traducida en kilómetros, entre PC y PC anterior, corresponde a la longitud de la curva (LC); la diferencia de lectura del giroscopio o la diferencia de ésta con 360 grados, da el ángulo central Δ de la curva. El radio de la curva en metros se calcula mediante la relación $\frac{2\pi R}{360} = \frac{LC}{\Delta}$, por consiguiente $R = \frac{57.3 LC}{\Delta}$.

Una vez completado el cálculo, las hojas pasan a formar parte de las carpetas respectivas de inventario.

La introducción de estos datos en el diagrama de línea recta se hace dibujando la información en forma convencional, de tal manera que los radios de curvas a la derecha se dibujan por debajo de la línea base, y los radios de curvas a la izquierda se dibujan por encima. El dibujo usará las escalas necesarias para que cada curva muestre gráficamente los valores obtenidos en el campo. Para ello se acostumbra dibujar un rectángulo cuyo ancho es igual al largo de la curva correspondiente y el alto corresponda al radio.

Dependiendo de la clase y condición de la vía, el rendimiento del personal utilizado puede variar, pero puede estimarse en 25 kilómetros por día como promedio para cada equipo típico de 2 personas.

e) Pendientes

Como en el caso de curvaturas, cuando existen planos de construcción los datos pueden ser tomados directamente y ahorrarse el levantamiento de campo.

Si no existen esos planos, el levantamiento puede hacerse utilizando diversos medios como niveles, niveles de mano, etc. El método más rápido y de más aceptable aproximación consiste en utilizar un eclímetro fijado en la parte interior del vehículo que se compone sencillamente de un tubo de vidrio con un diámetro interior de aproximadamente 1/8 de pulgada. Este tubo, de 1 metro aproximadamente de largo, se calienta con un mechero de alcohol para darle forma de U, y se coloca en una tabla de una dimensión aproximada de 0.80 x 0.50 metros, a la que se le hace una ranura para que el tubo encaje en ella, evitándose así que las vibraciones y golpes quiebren el tubo.

tubo. Colocado el tubo en la forma descrita, se dibuja en un papel la graduación de pendientes de uno en uno por ciento hasta 20, por encima y por debajo de una línea base y correspondiendo a la longitud horizontal del tubo en forma de U. (La longitud horizontal del tubo puede ser de alrededor de 0.60 metros.) Los papeles en los que se ha dibujado la graduación de pendientes se fijan de manera que la línea base en ambos papeles quede a una misma distancia paralela al tubo horizontal. El tubo se llena con agua coloreada de manera que alcance la línea base en ambas ramas. El eclímetro (tabla con tubo) se fija en la parte interior del vehículo en forma paralela a su longitud y se calibra mediante el uso de alguna rampa de pendiente conocida.

Para efectuar el levantamiento se parte del origen y se anotan tanto en éste como en el punto final y en todos los lugares importantes, las lecturas de los odómetros; las diferencias se refieren después a los estacionamientos encontrados en la primera fase. La lectura de pendientes debe anotarse en todo lugar donde haya cambios, aunque en algunas curvas verticales, a causa del estado del pavimento o por otras razones, resulta a veces difícil observar esos cambios. Por ello convendría tomar lecturas con cierta periodicidad, cada 200 metros, por ejemplo, además de en los lugares donde sean evidentemente apreciables los cambios; la pendiente deberá anotarse con signo (+) o (-), según se ascienda o se descienda.

Una vez terminado el levantamiento, se efectúa el cálculo sencillo que consiste en encontrar las distancias y sus correspondientes pendientes. Terminados los cálculos, los datos pasan a formar parte de las carpetas del archivo del inventario.

Las pendientes en el diagrama de línea recta se dibujan, indicando a escala vertical el monto de la pendiente para la sección correspondiente. Las pendientes negativas o en descenso se dibujan por debajo de la línea base y las positivas o en ascenso por encima de la misma.

Siendo pequeño el efecto de pendientes ligeramente pronunciadas no se recomienda tomar en cuenta pendientes de 3 por ciento o menos, es decir, todo el terreno plano o de pendientes menores de 3 por ciento se omite en las anotaciones de campo, sobreentendiéndose que en tales secciones puede haber pendientes de 3 por ciento o menos. El diagrama de línea recta incluirá, por lo tanto, todas las pendientes de 3 por ciento o de menos de 3 por ciento, como si fueran iguales.

Tampoco conviene afinar en exceso las lecturas y trabajar con números redondos, omitiendo las fracciones.

En el caso de que se decidiera efectuar estudios de pendientes en caminos vecinales, pueden ubicarse los tramos de la vía en 3 grupos: de 0 a 7 por ciento, de 7.1 a 12 por ciento, y de más de 12 por ciento. En las secciones planas o de baja pendiente no resulta necesario hacer tales levantamientos.

Para el levantamiento de pendientes se requiere un vehículo provisto de odómetro y eclímetro, un anotador y un conductor. Puede obtenerse un promedio de 30 kilómetros por día.

f) Visibilidad

La visibilidad es de suma importancia para conocer las limitaciones que puede tener una vía desde el punto de vista de las normas de diseño; unida a datos de velocidades y otros elementos permite calcular la capacidad práctica o el nivel de servicio de las vías.

Existen varias formas de realizar levantamientos de visibilidad, pero algunas son complejas y requieren mucho equipo. Uno de los métodos más sencillos y baratos puede resumirse en la siguiente forma:

Se utiliza un vehículo con odómetro y un equipo compuesto de un anotador y el conductor.

1. El vehículo comienza a circular con el odómetro en ceros, en el origen de la vía. El observador se fija en el punto de la carretera hasta donde alcanza su vista, que por lo general queda cerca del comienzo de una curva horizontal o vertical (punto máximo M).

2. Se mantiene la vista fija en el punto M y se observa al mismo tiempo por el espejo retrovisor el punto del que se partió, que se llama punto abierto A. Algo antes de llegar a M, se alcanza a ver más allá; es decir, se abre un poco el campo visual en el que se toma la lectura del odómetro del punto mínimo m.

3. Conforme se sigue avanzando, se sigue observando por el espejo retrovisor y se llega a un punto en el cual ya no se ve el punto del que se partió (punto abierto A.) Este nuevo punto, que es aproximadamente igual al que se había denominado como máximo M se le llama vista posterior P y su lectura debe tomarse del odómetro.

4. A medida que se avanza en la curva la visual se abre hacia adelante y se disminuye hacia atrás, porque la visibilidad es constante y se comporta como cuerdas de un círculo. Un poco antes de terminar la curva para entrar en una tangente, la visual se abre mucho más y en ese punto se obtiene un nuevo punto abierto A del que se toma la lectura del odómetro. A partir de ese momento, el proceso se repite.

La visibilidad se determina gráficamente con las distancias obtenidas en el campo.

i) En el estacionamiento de origen se dibuja en escala vertical la diferencia entre el punto vista posterior P y el punto abierto A de origen, que se denominará punto 1.

ii) En el estacionamiento del punto mínimo m se dibuja verticalmente la diferencia de estacionamiento entre el punto de vista posterior P y el punto mínimo m. (Punto 2.)

iii) Se unen con una recta inclinada los puntos 1 y 2 de este gráfico.

iv) En el estacionamiento del nuevo punto abierto A se dibuja la diferencia del estacionamiento entre éste y el siguiente vista posterior P. (Punto 3.)

v) Se traza una horizontal que una el punto 2 con una vertical levantada desde el estacionamiento del segundo punto abierto A. (Punto 4.)

El diagrama de visibilidad está dado por las ordenadas de la curva 1, 2, 4, 3.

El punto 3 indica un máximo vertical y en él se inicia un nuevo ciclo que es similar al que se inició en 1. El proceso continúa a lo largo de la vía.

Una vez obtenido el diagrama de visibilidad se levantan verticales que diferencien las secciones en que se ha subdividido la carretera y correspondan a ellas. Luego se compararán los valores obtenidos con valores tolerables o de diseño. Para eso se trazan horizontales que representen a escala los valores de diseño. Tales valores corresponden a las distancias de visibilidad de parada y de pasada. Si se miden las longitudes en que las curvas de visibilidad están por encima de la horizontal correspondiente al valor de diseño o tolerable y la suma de esas longitudes se divide entre la longitud de la sección, se tiene el porcentaje de la vía que no se halle restringida con relación a una distancia de visibilidad dada.

El diagrama de visibilidad, cuando se levanta en el campo, viene a ser la resultante de los efectos tanto de curvaturas horizontales como verticales. Sin embargo, cuando se dispone de planos de construcción, el diagrama de visibilidad puede componerse traslapando el diagrama resultante de la planta y el resultante del perfil, los cuales se obtienen de los planos en forma similar a la descrita para el levantamiento de campo. Para estimaciones rápidas puede trabajarse sólo con el diagrama de visibilidad resultante de la planta, ya que el alineamiento vertical tiene menos incidencias.

El diagrama de visibilidad, cuando se circula en un sentido, es ligeramente diferente al que resulta cuando se circula en sentido contrario; sin embargo, no tiene objeto hacer levantamientos o cálculos para ambas direcciones; basta hacer el levantamiento o cálculo para la circulación en el sentido de origen a fin.

El rendimiento de un equipo de alrededor de 25 kilómetros por día, como se ha dicho, no justifica este tipo de levantamiento para caminos vecinales.

g) Actualización de los inventarios

Para actualizar y mantener al día los inventarios, es conveniente recopilar toda la información sobre nueva construcción, rectificación y mejoras, y en general cualquier adición y cambio que pueda tener la red. Esta información debe obtenerse de las direcciones de caminos, municipios /y organismos

y organismos a cuyo cargo se encuentra la labor vial. Los planos de nueva construcción y relocalización permitirán introducir directamente los cambios en los renglones correspondientes de los inventarios, reduciéndose así al mínimo el trabajo de campo. Además, es aconsejable modificar los inventarios a medida que se vayan concluyendo las rectificaciones que se proponen para mejorar vías.

2. Estudios sobre velocidades

Los estudios sobre velocidades, aunque pueden ser complemento de los inventarios de carreteras, constituyen por sí mismos estudios específicos de utilidad para una gran variedad de objetivos (en especial los relacionados con la determinación de máxima capacidad de una vía dada).

A causa del auge y desarrollo que ha tenido la ingeniería de tránsito se han ideado una serie de conceptos relacionados con espacio y tiempo, y por lo tanto con la velocidad, de los que se mencionarán los más importantes.

a) Velocidades en un punto

Este concepto se utiliza principalmente para señalamiento vial. Las velocidades se miden en un punto o sección muy corta de carretera o calle, utilizando diversos aparatos; uno de ellos es el radar, aunque su aplicación en muchos países es problemática por el costo.

Se utilizan también los medidores electrónicos. Este aparato consta de dos tubos de hule, que se tienden transversalmente a la carretera separados por una distancia de alrededor de 6 metros. El extremo de cada uno de los tubos se fija en el suelo a un lado de la carretera, y el otro se conecta con el medidor, el cual se coloca en el otro lado de la carretera. Las ruedas de un vehículo al oprimir el primer tubo producen un impacto de aire en el mecanismo del medidor y al oprimir el otro tubo, un segundo impacto. La combinación de los dos impactos, la separación de los tubos y el tiempo que necesita el vehículo para producir los dos impactos, se ha ajustado para que en el medidor se pueda leer directamente la velocidad. Esta velocidad corresponde a la corta sección de

/6 metros,

6 metros, que en realidad viene a ser casi un punto, por lo que se denomina velocidad en un punto. Las mediciones se hacen en todos los lugares donde se deseen instalar señales de tránsito, limitadoras de la velocidad como en tangentes, en secciones con curvas peligrosas, etc.

La velocidad de los vehículos es, desde luego, función de las condiciones geométricas o de la vía y también del volumen de tránsito, de manera que en carreteras de mucho volumen de tránsito con grandes variaciones horarias es aconsejable hacer mediciones por muestreo para diferentes horas del día. El tamaño recomendado de las muestras ha sido determinado para muchas vías y condiciones. Cuanto mayor es el volumen, tanto menor puede ser el tamaño relativo de la muestra.

Se ha observado que en carreteras de bajos volúmenes de tránsito (como lo son la mayoría de las carreteras centroamericanas) las características de la vía y no el tránsito son las que determinan la velocidad. Por consiguiente, cabrían pocas variaciones en la velocidad en las diferentes horas del día, pero el diverso comportamiento de los conductores, que se debe a diferencias en cuanto a tiempo y tipo de reacciones, tiempo de percepción, de frenado, etc., aconseja obtener muestras de un tamaño no menor de 100 observaciones en cada punto. Se acostumbra con los datos obtenidos en un muestreo de tal tamaño dibujar curvas de distribución de frecuencias de velocidades que por lo general tienen forma de S. En estas curvas se dibuja el porcentaje de los vehículos con relación al total de la muestra que circula a menos de una velocidad dada, como ordenada, y la escala de las abscisas representa velocidades con incrementos de 4.5 km por hora desde 0 hasta 100. Por lo general, en una curva de este tipo se escoge la velocidad que corresponde al 85 por ciento del total de los vehículos de la muestra como el valor que debe anotarse en el señalamiento. Se descarta el 15 por ciento porque se considera que siempre hay cierto número de conductores cuyo comportamiento es errático o temerario y circulan muchas veces incluso fuera de los límites de seguridad o de diseño.

Los formularios de campo utilizados se preparan en formas en las que a cada columna se señala el valor correspondiente a una velocidad dada; por ejemplo, la primera columna para velocidad 10; la segunda, para velocidad 14; la tercera, para velocidad 18, etc. En el campo, leída la

/velocidad

velocidad del vehículo, se anota una raya en la columna correspondiente; al final se suman las rayas de cada columna, y se obtiene el total de vehículos que circuló a cada velocidad anotada.

También puede anotarse en lugar de una simple raya una L, si es vehículo liviano, una A si es un autobús, y una C si es vehículo de carga o cualquier otro desglose por tipo de vehículo. Esto permite obtener mínimos, promedios, máximos y velocidad del 85 por ciento para cada tipo de vehículo y para el total.

También se puede utilizar para el mismo objetivo el enoscopio que consiste en una caja de madera en forma de L dentro de la cual se coloca un espejo en forma diagonal en un ángulo de 45 grados con los lados de la caja. Los extremos de los lados se dejan descubiertos y la caja, en una especie de trípode de una altura aproximada de 1.20 m, se coloca a un lado de la carretera, de tal manera que uno de los lados en L quede paralelo a la carretera. El anotador se coloca del mismo lado de la carretera a la distancia necesaria para que cuando el vehículo pase frente al enoscopio se refleje su imagen en el espejo y sea observada por el anotador. El anotador comienza a tomar tiempo desde que observa el reflejo, hasta que el vehículo pasa enfrente de él, determinando así el tiempo transcurrido para que el vehículo haga el recorrido. Con el tiempo y la distancia se calcula la velocidad correspondiente. Como resultaría inapropiado hacer el cálculo cada vez que se hace una medición, es preferible disponer de las hojas con las velocidades ascendentes en las columnas. En una distancia dada, a cada velocidad corresponde un tiempo de recorrido de manera que las columnas se preparan coordinando la velocidad y su correspondiente tiempo de recorrido. La distancia base, o sea la separación entre el enoscopio y el observador, puede ser escogida entre 10 y 40 m. Si se escoge como base una distancia de 40 m, se tendría tiempo en minutos = $\frac{40/1\ 000}{\text{Vel/hora}}$ 60

tiempo en minutos = $\frac{2.4}{\text{Vel/hora}}$, para una velocidad de 10 km/hora se tendría

un tiempo de 0.24 minutos, o sea 14.4 segundos, para una velocidad de 120 km/hora, se tendría un tiempo de 0.02 minutos, o sea 1.2 segundos. En igual forma se calculan los tiempos intermedios, se anotan en las columnas

/y al

y al trabajar en el campo se hace la anotación en la columna cuyo tiempo sea el más próximo al observado, quedando automáticamente registradas las observaciones según la velocidad.

b) Velocidad de rodaje

La velocidad de recorrido, de circulación, de rodaje o de ruedo es imprescindible para el cálculo de estudios económicos o, en general, para estimar el costo de operación de los vehículos, por km de carretera, según las condiciones físicas de la vía.

La velocidad de rodaje o ruedo es la que emplea en recorrer un espacio determinado un vehículo en movimiento. Se considera tiempo de ruedo únicamente aquél en que el vehículo está en movimiento. Por consiguiente, para un conjunto de vehículos dados que circulen en un mismo tramo de carretera pueden obtenerse: velocidad mínima de ruedo, velocidad máxima de ruedo, velocidad promedio de ruedo. Pueden obtenerse iguales valores por tipo de vehículo.

Como en el caso de las velocidades en un punto, la velocidad de ruedo de los vehículos es función de la geometría de la vía y del volumen de tránsito. Existen diferentes formas de estimar o calcular la velocidad de ruedo. Una de ellas se denomina del "carro flotante" y consiste en lo siguiente: en el tramo de carretera cuya velocidad de ruedo se quiere conocer, ingresa por el punto de origen el vehículo de experimentación, que además del conductor lleva un anotador. El conductor trata de mantener la velocidad de su vehículo al promedio de velocidad que lleva toda la corriente de tránsito; para lograrlo debe mantener un equilibrio entre vehículos rebasados y vehículos que le rebasen. Es decir, si él rebasa un vehículo, otro vehículo debe rebasarlo a él. Debido a lo complejo del flujo de tránsito resulta difícil obtener un resultado confiable con un solo recorrido por lo que se recomienda hacerlo varias veces y ponderarlos después. La velocidad media de todo el recorrido se obtiene con la distancia y el tiempo recorrido en cada ocasión.

El método anterior, de fácil y rápida aplicación la mayor de las veces, requiere, sin embargo, el uso de un vehículo, por lo que puede resultar preferible recurrir al llamado "método de las placas".

El "método de las placas" consiste en colocar a un observador en el origen de la sección que se desea estudiar y otro en el final. Ambos disponen de tablas, lápices, hojas de campo apropiadas y cronómetros calibrados que se han puesto a funcionar partiendo de ceros en un mismo instante. Los anotadores deben anotar la placa de cualquier vehículo que pase frente a ellos, su dirección y el momento en que pasó en horas, minutos y segundos. Por lo general, las hojas de campo se dividen en columnas diferenciadas para los distintos tipos de vehículos. El análisis de los datos de campo permite conocer la trayectoria de cada vehículo y por la diferencia de las dos anotaciones de tiempo del cronómetro, el tiempo de ruedo. Al dividirse la distancia que hay del punto inicial al final entre el tiempo de ruedo, se obtiene la velocidad de ruedo para cada vehículo. El número que corresponde al total de vehículos, multiplicado por la distancia y dividido entre la suma de los tiempos de ruedo, proporciona la velocidad promedio de ruedo en el período considerado y en la vía que se estudie.

Al cotejar los valores de las anotaciones de un observador con las del otro, muchos vehículos pueden aparecer sólo en uno de ellos, lo cual se deberá a tránsito local con destino en puntos intermedios. También puede deberse a que algunos vehículos van muy rápidos, o a que el volumen de tránsito es excesivo y resulta difícil para el observador anotar todos los vehículos. Hasta donde sea posible, se debe anotar el total de vehículos. Cuando el tránsito es excesivo puede convenirse en anotar sólo cierto porcentaje de los vehículos, por ejemplo, los vehículos cuyas placas terminen en número par; o si se quiere una muestra pequeña, sólo los vehículos cuya placa termine en 5, por ejemplo. Si hay mucho tránsito y se quiere una muestra completa pueden hacerse las observaciones con mayor número de personal y por el sentido del tránsito, de manera que dos observadores, a un lado y a ambos extremos de la carretera, anoten el sentido origen-fin y otros dos observadores al otro lado y a ambos extremos, el sentido fin-origen. Para hacer más rápida la operación, en algunos lugares se han usado grabadoras para no tener que escribir, pero el cotejo

/de datos

de datos es complicado y menos eficiente. Cuando las placas son de muchos guarismos o siglas se puede convenir en anotar únicamente los tres últimos números.

Por lo general, es preferible que un funcionario de la oficina mantenga el control y ajuste de los cronómetros, por ser difícil que dos cronómetros (especialmente de bajo precio) trabajen en forma idéntica. Es por lo tanto conveniente, partiendo de ceros, ponerlos a trabajar en el mismo instante. Cuando el trabajo de campo ha terminado, los cronómetros deben pararse también en un mismo instante prefijado y si marcan diferencias, prorratearse en el período transcurrido, ajustando todos los tiempos anotados en el juego de hojas del observador cuyo cronómetro se considera que adelante o atrasa.

3. Recuentos de tránsito

Existen diversas clases de estudios de tránsito, unos más complicados y otros más sencillos, según el objetivo que se persigue. Pero los datos básicos e imprescindibles para conocer la magnitud del movimiento de bienes y personas en el medio carretero, tanto para objetivos de diagnóstico como de proyecciones y programación, se obtienen por medio de los recuentos de tránsito.

Hasta el momento, la mejor manera de conocer la demanda impuesta a una carretera consiste en estimar el tránsito promedio diario anual que circula por ella, de ser posible desglosado por tipos de vehículos. El tránsito promedio diario anual es la medida utilizada para estos fines y corresponde al número total de vehículos que pasan por un punto de una carretera, en un año, dividido entre 365. En una misma carretera puede haber diferentes valores de tránsito promedio diario en diferentes puntos de la misma. Se comprende que resulte imposible mantener un recuento de vehículos durante todo un año, en todo lugar donde haya variación en una carretera, y en todas las carreteras. Pero se ha observado que, como ley universal, el tránsito se comporta con secuencias recurrentes que obedecen a patrones definidos. El aprovechamiento de esta circunstancia ha permitido elaborar muestreos que al ampliarse guardando determinadas relaciones permiten estimar el tránsito promedio diario.

/Para realizar

Para realizar el recuento de vehículos, a base de la muestra, pueden utilizarse principalmente dos métodos: el de recuentos mecánicos y el de recuentos manuales. Los mecánicos se llevan a cabo utilizando máquinas diseñadas específicamente para este fin. Son varios los modelos de máquinas o contadores mecánicos de tránsito que existen: el contador de ojo electrónico, el contador magnético y el contador neumático. El más universalmente utilizado es el último por su sencillez y relativa eficiencia. Consiste en una caja de metal que contiene un aparato de relojería, un aparato de recuento con contador de unidades, un aparato de impresión y el ensamble neumático con un tubo de hule que se tiende transversalmente en la carretera. El peso de las llantas delanteras y traseras de un vehículo oprime el tubo y por cada dos veces que se oprime avanza el contador una unidad. El aparato de relojería se ajusta para que cada 15 minutos o cada hora, según el tipo de contador, funcione el reloj que hace que el aparato contador imprima en una cinta de papel. En esta forma la cinta de papel registra los totales acumulados de hora a hora, y por diferencia o directamente, según sea el caso, se puede obtener cualquier combinación de valores horarios, diarios, etc.

El recuento mecánico no proporciona el desglose por tipo de vehículo, por lo que cuando se dispone de un recuento mecánico y se desea el otro desglose, es necesario complementarlo con un recuento manual.

También el recuento manual sirve para verificar la exactitud o grado de sensibilidad del contador mecánico.

Los recuentos manuales se realizan por medio de observadores que se sitúan en un punto de la carretera y anotan en formularios diseñados para el caso el número de vehículos que pasan por ese lugar cada hora. Existen contadores manuales pequeños en los que se va acumulando el número de vehículos que pasa; al cumplirse la hora, el total se anota en las hojas. Cuando no se dispone de estos aparatos la anotación se hace vehículo por vehículo mediante rayas o cualquier otro método convencional.

Los recuentos manuales permiten mayor flexibilidad que los mecánicos, aunque cada uno llene una función y no sean excluyentes sino complementarios.

/Los recuentos

Los recuentos manuales permiten obtener recuentos horarios de vehículos desglosados según tipo, como automóviles, livianos de pasajeros, pesados de pasajeros, livianos de carga y pesados de carga, etc.

Se concluye que una equilibrada combinación de recuentos mecánicos y de recuentos manuales puede permitir establecer relaciones para expandir los muestreos a valores anuales y tener un panorama de lo que sucede en las diferentes redes del país en cuanto a la demanda y al número de vehículos se refiere.

Se ha encontrado que es conveniente tener un número mínimo de estaciones permanentes o de recuento continuo que permitan saber cómo se comporta el tránsito en ciertos sitios del país. Usualmente, en estas estaciones permanentes se trabaja con contadores mecánicos que proporcionan valores horarios para largos períodos, usualmente de varios años. Sin embargo, cuando se carece en absoluto de máquinas contadoras, pueden operarse las estaciones permanentes con observadores de recuento manual.

Es conveniente tener tantas estaciones de recuento permanente como cambios apreciables dentro de un período dado (año, día, mes) haya en los patrones de comportamiento del tránsito dentro de un país. La primera diferencia que es necesario observar es el distinto comportamiento de tránsito rural y tránsito urbano o suburbano. Además, puede haber otras diferencias motivadas por cambios en las costumbres ocasionadas por el origen y destino del tránsito a diversas zonas como las industriales, ganaderas, agrícolas, o distintos propósitos de viaje, como turismo, etc. Es necesario entonces que haya un mínimo absoluto de dos estaciones permanentes, una que puede representar tendencias suburbanas como es el caso del acceso a las concentraciones de población y otra que puede representar tendencias rurales. Sin embargo, es recomendable que ese número sea de cuatro estaciones distribuidas en el país y cuando sea posible elevar ese número a seis u ocho. Dentro de su modalidad, las estaciones permanentes deben localizarse en los sitios de más alta concentración de tránsito del país.

Es necesario realizar recuentos de menor duración en otros sitios del país y expandir esos recuentos a valores anuales utilizando las tendencias encontradas en las estaciones permanentes cuyo comportamiento se les asemeje más. De acuerdo con eso se establecen estaciones temporales o de

/control

control estacional en las que se hacen recuentos mecánicos generalmente por períodos de una semana y que se hacen con cierta frecuencia, durante 2, 4, 6 o 12 veces al año, por ejemplo. La operación de los contadores mecánicos es idéntica al caso de los permanentes, aunque cuando no existen máquinas pueden hacerse recuentos manuales.

Finalmente, existen las estaciones de cobertura o de recuento menor en las que se hacen recuentos, por lo general manuales, por períodos de 48, 24, 32, o 16 horas. (En estas estaciones los recuentos se hacen durante dos días (24 o 16 horas cada día) o durante 24 o 16 horas consecutivas en un día.

Por lo expuesto, debe insistirse en la necesidad de un adecuado programa de recuentos de tránsito, para poder estimar los valores de tránsito promedio diario (TPD), necesarios para la determinación de normas de diseño a utilizar, clasificación sistemática de vías y para la elaboración de programas de inversiones de mejoras y mantenimiento.

En el caso de Centroamérica puede pensarse en establecer recuentos permanentes en sitios que tengan más de 500 v.p.d. Estaciones de control estacional en sitios que tengan entre 100 y 500 v.p.d. y estaciones de recuento menor en sitios que tengan valores menores.

Es evidente que la programación de los recuentos debe hacerse de tal manera que los observadores estén lo más uniformemente distribuidos en el espacio y en el tiempo para que con el mínimo de esfuerzo se obtenga el máximo de resultados.

Si se trabaja con contadores mecánicos para las estaciones permanentes, sería necesario tener una persona con vehículo a cargo del cuidado constante de los mismos, cuya atención requerirá visitas de dos veces por semana como mínimo y preferiblemente cada tercer día. Por otra parte, también sería necesario otro inspector con vehículo para colocar y trasladar los contadores mecánicos rotativos e inspeccionarlos tres o cuatro veces durante la semana.

Es necesario que un solo funcionario en la oficina de carreteras tuviera la jefatura y el manejo de todo lo relacionado con los recuentos, además de los auxiliares de oficina necesarios para calcular y expandir los valores.

/Respecto a

Respecto a la ubicación de la sección de estudios de tránsito, convendría localizarla en la oficina sectorial de planificación, dado que sería la que lógicamente haría los cálculos y los programas de recuentos, y por esa misma razón es la que puede tener los mejores elementos de juicio para saber cuándo y dónde se hacen recuentos.

4. Estudio de cargas

Los estudios de cargas tienen por objeto saber cuánto pesan los vehículos que circulan por un punto dado de una carretera. El propósito de ese conocimiento puede tener diversos fines, pero en términos generales puede decirse que el principal propósito es el de hacer cumplir las regulaciones que se hayan dictado en cuanto a valores máximos en dimensiones y pesos. Los valores máximos en cuanto a dimensiones y pesos se fijan con dos propósitos: primero para evitar que se sobrepasen las concentraciones de cargas que puedan deteriorar el pavimento y los puentes, y segundo, para evitar que se sobrepasen los límites de seguridad que imponen el diseño y estado del vehículo mismo.

Numerosos estudios realizados en diferentes lugares, especialmente en Estados Unidos y Europa, han permitido conocer las relaciones que hay entre el espesor y clase de un pavimento dado y las concentraciones de cargas de diferentes tipos de vehículos. El conocimiento de esas relaciones y la adopción de acuerdos internacionales en Ginebra permitió a los países centroamericanos estudiar y aprobar el Acuerdo Centroamericano de Circulación de Vehículos por Carretera, el cual fija los pesos y las dimensiones máximas permisibles para diferentes tipos de vehículos.

Para poder hacer cumplir el acuerdo que tiene carácter de ley en todos los países centroamericanos, es necesario contar con un cuerpo de vigilantes equipados adecuadamente para saber cuándo no se están cumpliendo las regulaciones y tomar las providencias del caso. Hasta el momento, en forma general, la provisión de ese cuerpo de vigilancia no ha existido en el área centroamericana y consiguientemente se siguen cometiendo abusos de parte de los usuarios de vehículos pesados, al sobrecargar los mismos y originar concentraciones superiores a los valores soportables por los pavimentos. Esto origina un deterioro acelerado de los mismos, no por un
/aumento en

aumento en la demanda, en cuanto a mayor número de usuarios, sino por sobrecarga indebida de ciertos vehículos. El efecto de la sobrecarga se entiende mejor si se considera que el peso de un vehículo de carga bruta de 40 toneladas, produce un efecto más dañino en el pavimento que el peso de dos vehículos de carga bruta de 20 toneladas cada uno.

Si se considera como un ejemplo que en 1962 había en Honduras^{1/} 86 vehículos pesados, con peso bruto medio de 21 toneladas y 229 vehículos con peso bruto medio de 14 toneladas, y que los valores de sobrecarga cuando no hay vigilancia, alcanzan inclusive hasta 130 por ciento de la carga permisible, con facilidad se encuentra que en 1967 debe haber alrededor de 400 vehículos pesados que circulan con pesos brutos mayores que el máximo permisible por la ley, que es de 25 toneladas. Existen además restricciones en cuanto a este máximo de 25 toneladas de peso bruto, que se puede admitir sólo en los vehículos cuyo diseño, llantas y estado físico lo permitan, y en aquellas carreteras cuyo diseño y estado también lo permitan. En las carreteras cuyo diseño o estado sea inferior al correspondiente al de una carretera capaz de soportar esas cargas, es necesario reducir el máximo de 25 toneladas y aplicar el nuevo valor como obligatorio. Se concluye fácilmente que en cada país centroamericano puede ser de varios miles el número de vehículos que circulan excediendo el peso que pueden soportar los pavimentos y los puentes.

En efecto, en el año 1966 había en los cinco países centroamericanos cerca de 170 000 vehículos automotores de los cuales alrededor de 50 000 se dedicaban al transporte de carga, habiéndose observado múltiples violaciones al reglamento centroamericano de pesas y medidas.

Se hace obvio entonces la urgencia de establecer un sistema operativo de control de pesos y dimensiones de vehículos de carga para evitar el rápido deterioro de la costosa red de carreteras de Centroamérica.

Para establecer tal sistema es necesario contar con cierta información básica mínima. A menudo la carga máxima soportante por una carretera está definida por el valor máximo que permitan los puentes. Las más de

^{1/} Véase Informe de Stanford Research Institute, sobre obras viales en Honduras, pág. 417.

las veces sucede que son los puentes los que restringen la capacidad soportante de las carreteras. Por consiguiente, la primera medida debe ser mantener un inventario de los puentes de las carreteras troncales y departamentales en los que se registre la carga de diseño y, lo más importante, la carga máxima tolerable. Estos máximos serán los que indiquen cuánto se tolera en los puentes y por lo tanto en las vías, y quedaría así definido qué tipo de vehículos y con cuánta carga útil y bruta pueden transitar. Además, conviene efectuar pruebas de campo y laboratorio para estimar la capacidad soportante de los suelos y pavimentos. Como este paso es de diffcil logro, debe estimarse en alguna forma, ya sea con auxilio de planos de construcción y diseño cuando los haya, o bien con base en la experiencia de los ingenieros de construcción y mantenimiento. A menudo es suficiente contar con planos de construcción, pero aun en el caso de que éstos no existieran, el conocimiento que se tiene del año, tipo de pavimento, base y sub-base, clase de materiales e ingenieros que participaron en el diseño y construcción, pueden servir para deducir la carga permisible. Obtenida la capacidad soportante de las carreteras, si hay diferencias apreciables en las mismas, sería conveniente catalogarlas en grupos según el máximo permisible en cada uno de ellos.

Dentro de la información básica es necesario también tener un registro de vehículos de carga con el mayor detalle. Estos vehículos deben ser pesados en forma total y por ejes, cuando están vacíos, deben anotarse las dimensiones de largo, ancho y distancia entre ejes; largo, ancho y alto de la góndola o caja de transporte de materiales y por cálculos sencillos de mecánica estática, tomando en cuenta la resistencia de las llantas y el máximo de carga por eje permisible, se encuentran las cargas útiles que pueden llevar los vehículos para las condiciones tolerables de los varios tipos de caminos. Con la información obtenida deben prepararse tarjetas o licencias, que son permisos de circulación, para todos y cada uno de los vehículos de peso útil, mayor a 4 000 kg. En estos permisos, que son renovables en forma obligatoria simultáneamente con el cambio de placas, deben anotarse los máximos permisibles, total y por ejes, de carga bruta y la carga útil para los diferentes tipos de caminos. Una vez que se tiene el inventario de las condiciones físicas de las estructuras y del parque automotor, el problema se reduce a vigilancia o control.

Para establecer un sistema de control se pueden usar balanzas fijas y balanzas portátiles. Existen gran variedad de ambas, pero en un

país en que apenas se va a iniciar el sistema, es preferible buscar la mayor flexibilidad con el menor costo. La mayor flexibilidad puede lograrse con un conjunto de balanzas portátiles que permitan ser usadas en forma rotativa. Las balanzas portátiles más conocidas son las Load-o-meter, que consisten en una plataforma de aproximadamente 0,60 x 0,60, y con una rama vertical que, operada con un manubrio, permite leer la carga. Existe otro tipo de balanza portátil que consiste en una plataforma con un aparato de relojería que permite leer la carga directamente en una carátula.

Para pesar los vehículos es necesario escoger un sitio plano. Las balanzas portátiles se usan en pares; para tomar las lecturas se colocan en el suelo separadas, a la distancia de separación de las llantas de un mismo eje y se hace avanzar el vehículo de manera que las llantas de un lado queden en la plataforma de una balanza y las llantas del otro lado del mismo eje queden en la plataforma de la otra balanza; la suma de las dos lecturas da el total por eje. El procedimiento se repite para todos los ejes y la suma de los totales por eje será el peso del vehículo si está vacío, o la carga bruta si lleva carga. Un juego de dos balanzas portátiles requiere una cuadrilla de un anotador jefe y dos auxiliares, uno para cada balanza, además un vehículo pick-up o jeep para movilización de las pesas. Cuando se trata de pesar el vehículo vacío para efectos de permisos, es necesario otro auxiliar para tomar dimensiones y otros datos. También es conveniente que el Jefe de Cuadrilla sea investido de autoridad, para que los transportistas no puedan negarse a acatar indicaciones o, en su defecto, que las cuadrillas sean acompañadas por un agente de tránsito o de la policía.

En sitios donde hay un alto volumen de vehículos de carga pueden instalarse básculas fijas. Las básculas fijas tienen un costo más alto y requieren una construcción permanente que consiste básicamente en un desvío de la carretera que debe ser pavimentado, una fosa revestida de hormigón en la cual se instalan todas las vigas, cuñas y plataforma y una caseta en la que se instala el aparato de medición conectado en forma subterránea con la viguería y plataforma. Existen muchos tipos de básculas fijas, pero las más corrientes tienen plataformas de unos 10 m de largo por 3 de ancho. Esto permite pesar en forma total la mayor parte de los vehículos de carga.

III. BASES PARA UN PROGRAMA INICIAL

A continuación se presenta un resumen de los programas mínimos que podrían iniciarse de inmediato en el Istmo Centroamericano, para cada uno de los aspectos contemplados en la primera parte de este documento. Estos programas, en términos generales, han venido siendo considerados individualmente en la mayor parte de los países de la región. Las estimaciones realizadas respecto a equipos, personal y materiales, permiten efectuar el cálculo de costos de acuerdo a los salarios y otras características propias de cada país.

Conviene resaltar la importancia de que los países efectúen simultáneamente estos programas mínimos, de modo que puedan obtenerse informaciones sobre el mismo período de todas aquellas variables que, como los recuentos de tránsito, las autoridades nacionales y centroamericanas de transportes consideran esenciales para el planeamiento de las obras viales nacionales y regionales.

A. Programa de inventarios de carreteras

En la estimación de las necesidades del levantamiento de los inventarios de carreteras en cada uno de los países de Centroamérica, se han tomado en cuenta las siguientes premisas, que son producto de las observaciones en trabajos similares realizados en Centroamérica y otros países de economías semejantes.

1. El levantamiento de características físicas, fase 1 del estudio de inventarios, debe hacerse para todas las vías permanentes transitables;
2. El levantamiento de curvatura, pendientes, y visibilidad, debe hacerse en las carreteras primarias y secundarias revestidas;
3. Se ha estimado un rendimiento de 50 km por semana, por cuadrilla, para características físicas; y de 125 km por semana, por cuadrilla, para cada una de las otras actividades: pendientes, curvatura y visibilidad;
4. En la oficina debe existir personal suficiente para calcular y dibujar los diagramas y la información necesaria con un desfase máximo de dos semanas.

/De acuerdo

De acuerdo con lo anterior, se ha preparado el cuadro 1 que resume las necesidades en cuanto a tiempo, equipo de campo y personal requerido para el levantamiento de los inventarios en el área centroamericana. Tales datos resultan de utilidad para el cálculo del costo de este estudio, de acuerdo a los salarios normales en cada país para el tipo de personal empleado.

B. Estudios de velocidades

Para elaborar un programa de estudios de velocidades, es necesario conocer el propósito de los mismos.

Para velocidades en un punto, es difícil sugerir programa alguno por cuanto las observaciones deben hacerse según propósitos definidos, especiales en cada obra.

En cuando a velocidades de ruedo, en forma general puede decirse que es conveniente para cada país realizar estudios en un mínimo de secciones o tramos de carreteras que representen condiciones típicas de: longitud de sección, zonas rurales o suburbanas, tipo de terreno, tipo de superficie, grado de curvatura, pendientes, visibilidad, volumen de tránsito, etc.

Los resultados de las observaciones proporcionarán una gama de valores para diferentes condiciones, la que puede ser utilizada como referencia directa en estudios de los tramos observados o en estudios de capacidad, evaluación económica, etc. de otros tramos similares que no cuentan con información propia o de nuevas obras.

Cuadro 1

CENTROAMERICA: TIEMPO, EQUIPO DE CAMPO Y PERSONAL PARA
LEVANTAMIENTO DE INVENTARIOS DE CARRETERAS

	Unidad	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica a/	Panamá
Total de carreteras	km	<u>11 522</u>	<u>8 465</u>	<u>3 639</u>	<u>6 604</u>	<u>16 949</u>	<u>6 348</u>
Carreteras transitables en verano	km	3 365	4 037	1 380	3 500	12 064	3 959
Carreteras transitables en todo tiempo	km	8 157	4 428	2 259	3 104	4 903	2 390
Primarias	km		<u>1 120</u>	<u>1 328</u>	<u>1 121</u>	<u>1 397</u>	<u>906</u>
Revestidas			<u>1 070</u>	<u>407</u>	<u>883</u>	<u>1 351</u>	<u>868</u>
De tierra			50	921	238	46	38
Secundarias	km		<u>2 757</u>	<u>931</u>	<u>1 983</u>	<u>838</u>	<u>1 443</u>
Revestidas			<u>1 621</u>				<u>821</u>
De tierra			1 136				622
Vecinales	km		<u>4 588</u>	<u>1 380</u>	<u>3 500</u>	<u>14 715</u>	<u>4 000</u>
Revestidas			294			2 715	701
De tierra			4 294			12 000	3 299
Levantamiento según actividad	km						
Características físicas		8 300	4 500	2 300	3 200	5 000	2 500
Otras características		4 800	8 100	6 900	8 700	6 600	5 100
Pendientes		1 600	2 700	2 300	2 900	2 200	1 700
Curvatura		1 600	2 700	2 300	2 900	2 200	1 700
Visibilidad		1 600	2 700	2 300	2 900	2 200	1 700
Tiempo de levantamiento con una cuadrilla	Semanas	204.4	154.8	101.2	133.6	156.8	90.8
Características físicas		166.0	90.0	46.0	64.0	100.0	50.0
Otras características		38.4	64.8	55.2	69.6	52.8	40.8
Pendientes		12.8	21.6	18.4	23.2	17.6	13.6
Curvaturas		12.8	21.6	18.4	23.2	17.6	13.6
Visibilidad		12.8	21.6	18.4	23.2	17.6	13.6

(Continúa)

Cuadro 1 (Continuación)

Unidad	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica ^{a/}	Panamá
Tiempo de levantamiento con dos cuadrillas	Años	2	1.5	1	1.5	1
Distribución de tiempo por cuadrillas	Semanas					
Total						
Cuadrilla No. 1	104	78	51	67	78	45
Cuadrilla No. 2	101	77	51	67	75	46
Características físicas						
Cuadrilla No. 1	104	78	46	64	78	45
Cuadrilla No. 2	62	12	-	-	22	5
Otras características						
Cuadrilla No. 1	-	-	5	3	-	-
Cuadrilla No. 2	39	65	51	67	75	46
Equipo necesario para dos cuadrillas	Número					
Vehículos	2	2	2	2	2	2
Odómetros	3	3	3	3	3	3
Giroscopios	1	1	1	1	1	1
Eclímetros	1	1	1	1	1	1
Cintas, tablas, papel, etc.	3	3	3	3	3	3

Nota: El personal de oficina que se requiere en cada país para ese programa es de un jefe encargado (Ingeniero de caminos), dos dibujantes y dos calculistas.

^{a/} Los datos que se muestran para Costa Rica corresponden a cantidades reales obtenidas en el inventario concluido en 1965.

Un programa mínimo podría comprender observaciones de velocidades en 24 tramos representativos, distribuidos en la siguiente forma:

<u>Volumen de tránsito (v.p.d.)</u>	<u>Zona</u>	<u>Tipo de terreno</u>	<u>Tipo de superficie</u>
Alto (más de 1 000)	Rural	Plano	{ Pavimentado Revestido
		Ondulado	{ Pavimentado Revestido
		Montañoso	{ Pavimentado Revestido
	Suburbano	Plano	{ Pavimentado Revestido
		Ondulado	{ Pavimentado Revestido
		Montañoso	{ Pavimentado Revestido
Medio o bajo (menos de 1 000)	Rural	Plano	{ Pavimentado Revestido
		Ondulado	{ Pavimentado Revestido
		Montañoso	{ Pavimentado Revestido
	Suburbano	Plano	{ Pavimentado Revestido
		Ondulado	{ Pavimentado Revestido
		Montañoso	{ Pavimentado Revestido

Las observaciones deben incluir el total de vehículos que circulan en los tramos escogidos en períodos de 12 horas (6 a.m., a 6 p.m.) de días laborables (lunes a viernes).

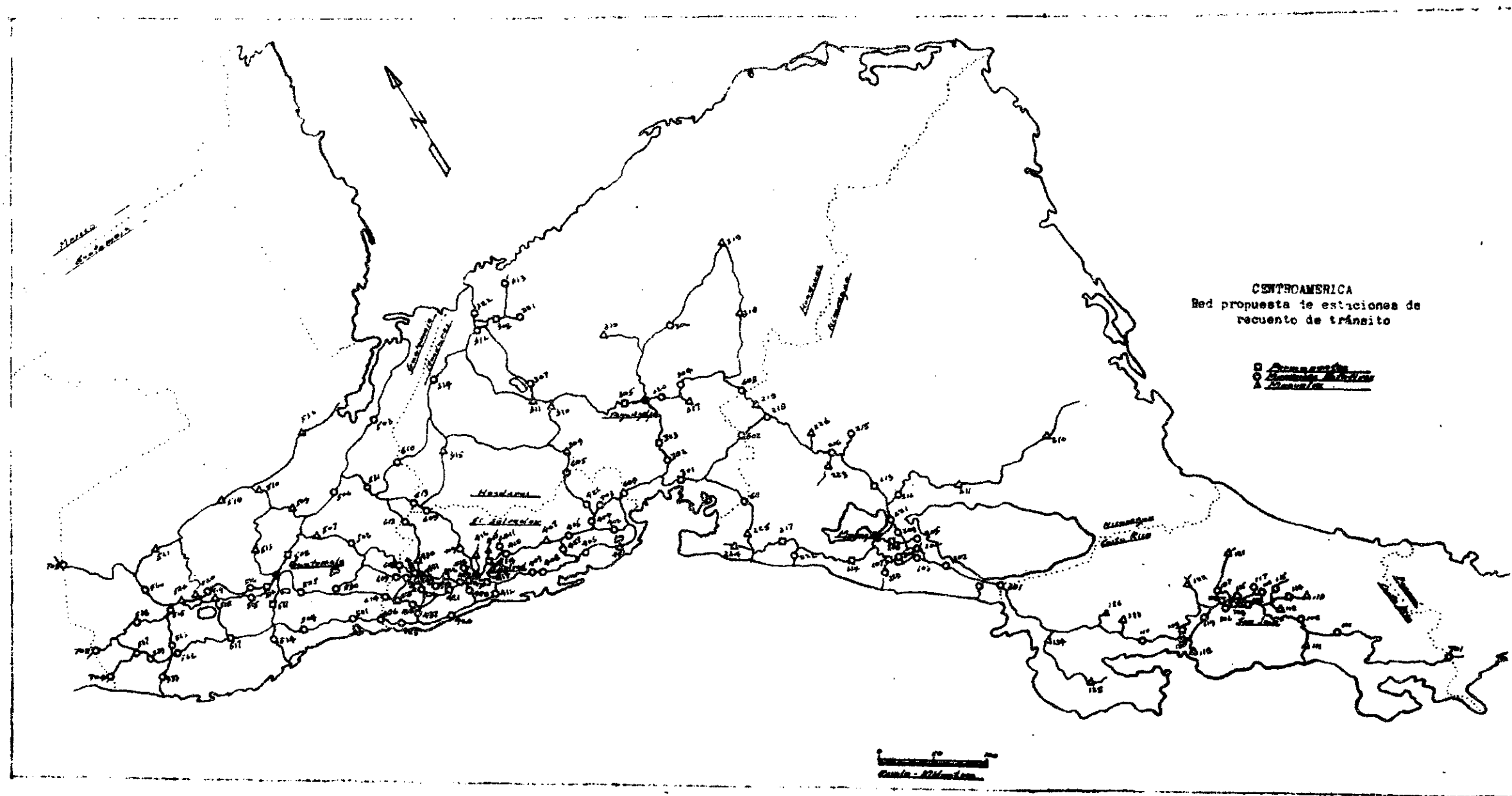
Para estos estudios puede utilizarse el mismo personal de los recuentos de tránsito, reforzándolo con personal ad-hoc, en casos especiales.

C. Recuentos de tránsito

Tomando en cuenta que un programa de recuentos de tránsito, aun cuando no sea muy amplio, si se lleva a cabo en forma sistemática en toda Centroamérica es de gran utilidad para el planeamiento de nuevas obras regionales y mejoras a las existentes, se ha preparado el siguiente esbozo de un programa continuo, que permita conocer la demanda existente en las carreteras de la red vial centroamericana y en otras carreteras importantes del área. En este esbozo (véanse cuadros 2 y 3), se han tomado en cuenta las recomendaciones del Estudio Centroamericano de Transportes^{2/} por lo que resulta sencillo en el futuro actualizar valores y recomendaciones de dicho estudio. Se han seguido las siguientes premisas en su preparación:

1. Es necesario obtener acuerdo de los funcionarios encargados de estas actividades en todos los países para estructurar un programa de recuentos con criterio regional equivalente al propuesto;
2. En ninguno de los países existirían menos de 4 estaciones de recuento continuo permanente y por lo menos la mitad estarían ubicadas en áreas rurales;
3. Hasta donde sea posible no se ubicarán estaciones permanentes en sitios con un tránsito inferior a 500 vehículos por día (v.p.d.);
4. Se harán recuentos mecánicos de una semana (1 o 2 veces al año) en sitios que tengan un tránsito mayor de 100 vehículos por día (v.p.d.)
5. En sitios de bajo volumen de tránsito (menos de 100 v.p.d.), se harán recuentos manuales de 24 horas (1 o 2 veces al año), cuando se considere necesario;
6. En todo sitio fronterizo de tránsito por carretera debe hacerse un recuento manual clasificado de 24 horas, dos veces al año, o recurrir a los registros de aduana que se llevan en forma continua en esos lugares;

^{2/} Central American Transportation Study, T.S.C.



Cuadro 2

CENTROAMERICA: PROGRAMA DE RECUELTOS DE TRANSITO

Estación mecánica					Estación manual		
Permanente		Rotativa					
Identificación a/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos b/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos c/	Tránsito promedio diario
Guatemala							
505	451	501	1	386	507	1	54
508	715	502	2	177	509	1	119
511	2 855	503	2	360	510	1	148
512	1 781	504	2	514	513	1	27
517	1 179	506	1	488	514	1	8
		515	1	282	518	1	112
		516	2	923	520	2	115
		519	2	366	521	1	13
		522	2	1 121	524	1	259
		523	1	423	532	1	24
		525	2	953			
		526	1	124			
		527	2	101			
		528	2	125			
		529	1	306			
		530	2	259			
		531	2	131			
		533	2				
		534	2				

/Continúa

Cuadro 2 (Continuación)

Estación mecánica					Estación manual		
Permanente		Rotativa					
Identificación a/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos b/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos c/	Tránsito promedio diario
<u>El Salvador</u>							
413	1 422	402	2	519	401	1	124
414	1 676	403	1	157	407	2	740
417	8 506	404	2	410	415	1	179
422	1 522	405	2	810	416	1	100
425	892	406	2	751	430	1	
		408	1	797	431	1	
		409	2	893	434	1	
		410	2	1 124			
		411	1	242			
		412	1	168			
		418	2	426			
		419	1	366			
		420	1	107			
		421	2	1 482			
		423	2	457			
		424	1	156			
		426	1				
		427	1				
		428	2				
		429	1				
		432	1				
		433	1				
		435	1				
		436	2				
		437	2				

/Continda

Cuadro 2 (Continuación)

Estación mecánica					Estación manual		
Permanente		Rotativa					
Identificación a/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos b/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos c/	Tránsito promedio diario
<u>Honduras</u>							
301	484	302	1	475	309	1	18
303	453	304	1	92	310	1	40
305	270	306	2	69	311	1	14
308	618	307	1	180	315	1	50
		312	2	295	316	1	27
		313	1	137	317	1	22
		314	1	152	318	1	
		320	2		319	1	
		321	1				
		322	1				
<u>Nicaragua</u>							
207	1 302	202	2	477	210	1	80
208	2 154	203	1	496	211	2	167
213	637	204	1	240	219	1	141
214	1 086	205	1	1 295	223	1	
217	1 581	206	1	821	224	1	
		209	2	217	225	1	
		212	2	252	226	1	
		215	1	237			
		216	1	512			
		218	2	346			
		220	2				
		221	1				
		222	2				
		227	2				

/Continúa

Cuadro 2 (Continuación)

Estación mecánica					Estación manual		
Permanente		Rotativa					
Identificación a/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos b/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos c/	Tránsito promedio diario
<u>Costa Rica</u>							
103	3 816	101	2	135	111	1	
104	6 903	102	1	143	112	1	
108	4 386	105	2	1 936	113	1	
109	622	106	2	384	118	1	
114		107	2	220	120	1	
		110	1	379	121	1	
		115	2		122	2	
		116	2		123	2	
		117	2		124	2	
		119	2		125	2	
		126	2				
		127	2				
<u>Panamá</u>							
803	5 190	802	2	710	801	2	410
805	-	804	2	3 670			
806	5 340	807	2	4 600	811	1	1 900
		808	1	1 900			
814	2 000	809	2		818	1	220
815	1 300	810	2	2 000	819	1	
		812	1	214	820	1	180
		813	1	190	821	1	70
		816	1	475	823	1	200
		817	1	950	824	1	100
		822	2	290	827	1	330
		825	1	180	828	1	

/Continúa

Cuadro 2 (Conclusión)

Estación mecánica					Estación manual		
Permanente		Rotativa			Identificación a/	Recuentos c/	Tránsito promedio diario
Identificación a/	Tránsito promedio diario	Identificación a/	Recuentos b/	Tránsito promedio diario			
		826	2	700	831	1	360
		829	2	270			
		830	2	310			
		832	1	1 110			
		833	1		836	1	670
		834	2	1 580	837	1	200
		835	1	300			
		701	2				
<u>Fronteras</u>							
		601	2	68			
		602	2	112			
		603	2				
		604	2	331			
		605	2	15			
		606	2	287			
		607	2	8			
		608	2	48			
		609	2	137			
		610	2	11			
		611	2				
		612	2				
		613	2				
		614	2				
		701	2	19			
		702	2	54			
		703	2	19			
		704	2	20			

a/ Véase el mapa "Estaciones de Recuento de Tránsito".

b/ Número de recuentos que comprenden un período de 7 días.

c/ Número de recuentos que comprenden un período de 24 horas.

/Cuadro 3

Cuadro 3.

RESUMEN DEL PROGRAMA ANUAL DE RECuentOS

	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
Estación mecánica						
Permanente	5	5	4	5	5	5
De una semana, dos veces al año	23	20	11	11	12	11
De una semana, una vez al año	6	13	7	7	2	9
Estación manual						
De 24 horas, dos veces al año	1	1	-	1	4	1
De 24 horas, una vez al año	9	6	8	6	6	12
Recuento manual^{a/}						
Estación permanente (24 horas)	10	10	8	10	10	10
Estación mecánica (24 horas, dos veces al año)	46	40	22	22	24	22
Estación mecánica (24 horas, una vez al año)	6	13	7	7	2	9
Número de contadores mecánicos	7	7	6	7	7	7
Días-enumerador de recuento manual	73	71	45	47	50	55

Nota: Equipo extra necesario para cada país, un vehículo para movilizar los contadores rotativos y para inspeccionar los permanentes.

a/ Todos los países requieren una cuadrilla de tres personas para recuentos manuales.

7. Adicionalmente deben hacerse recuentos manuales clasificados en todas las estaciones permanentes por períodos de 24 horas, por lo menos dos veces al año, y deben hacerse recuentos manuales clasificados de 24 horas (1 o 2 veces al año), en por lo menos 20 por ciento de los sitios de recuento mecánico no permanente;

8. Hasta donde sea posible debe usarse una clasificación uniforme de vehículos con el siguiente desglose mínimo:

- a) Automóviles: Todo vehículo privado de pasajeros, de 4 ruedas;
- b) Camiones livianos: Todo camión de 2 ejes y 4 ruedas;
- c) Camiones pesados: Todo camión de más de 2 ejes, excepto vehículos combinados;
- d) Vehículos combinados: Vehículos compuestos por un tractor y remolque o por un tractor y semirremolque;
- e) Autobuses: Vehículos comerciales de pasajeros con capacidad para 18 pasajeros o más;
- f) Microbuses: Vehículos comerciales de pasajeros con capacidad para menos de 18 pasajeros;
- g) Otros: Todos los otros vehículos de 4 ruedas o más, impulsados por motor;
- h) Misceláneo: Otros vehículos no impulsados por motor.

9. Las estaciones de recuento recomendadas para el programa regional mínimo se muestran en el mapa que acompaña a este documento. El costo promedio de los contadores mecánicos es de 1 000 dólares, lo que unido a los datos de personal empleado facilitará la determinación del costo total del programa.

D. Estudios de carga

Para cada país del Istmo Centroamericano el equipo mínimo para iniciar operaciones en los estudios de carga podría estar compuesto por tres juegos de balanzas portátiles; sin embargo, un equipo más conveniente lo constituirían dos balanzas fijas y tres juegos de balanzas portátiles que se podrían usar en forma rotativa en todo el país. El costo de ese equipo podría ser de aproximadamente 10 000 dólares. A esto habría que agregar los costos de pavimento de desvío, fosa y caseta, que podrían ser de unos 8 000 dólares.

/La operación

La operación de las estaciones de pesaje, fijas y portátiles, debería hacerse en forma continua, pero como esto resulta prácticamente imposible por lo oneroso, es preferible entonces mantener horarios erráticos de manera que los usuarios no puedan predecir cuándo se estará pesando, para evadir el pesaje.

Para que la vigilancia y los gastos que esto significa den el mejor resultado, es necesario diseñar un sistema coercitivo de manera que los transgresores se acostumbren a circular con las cargas permisibles. Este sistema puede consistir en la imposición de multas, en obligar a los conductores a que descarguen los vehículos en el monto excedido, o bien en una combinación de ambas. Cuando la medida coercitiva consiste en imposición de multas, es conveniente permitir un margen de exceso de entre 5 y 10 por ciento para tomar en cuenta las variaciones o desajustes, así como el grado de sensibilidad de las pesas. Sobre ese valor los excesos deben ser castigados con montos cada vez mayores para excesos mayores. Por ejemplo, si la carga bruta máxima permisible de un vehículo es de 25 000 kg, y la carga útil de 12 000 kg y al pesar el vehículo se encuentra que lleva una carga tal que su peso bruto es de 37 000 kg, los excesos podrían contarse a partir de 27 500 kg en forma escalonada, así:

Por los primeros	2 500 kg	un monto de \$0.10 por kg
Por los siguientes	3 000 kg	un monto de \$0.15 por kg
Por los siguientes	3 000 kg	un monto de \$0.20 por kg.
Por los siguientes	3 000 kg	un monto de \$0.25 por kg
Por los siguientes	3 000 kg	un monto de \$0.30 por kg

En esas condiciones se debería pagar una multa de 1 550 dólares. El hecho de que las multas se fijen con ese sistema, tiene por objeto guardar paralelismo con el hecho de que los incrementos de carga sobre los valores más altos son los que más dañan los pavimentos y los puentes.

Los números anteriores constituyen sólo un ejemplo del método y en manera alguna deben tomarse como guía en cuanto a los valores a fijar para esas multas. Convendría que todos los países usaran las mismas multas, si fuera el procedimiento a seguir.

/Cuando la

Cuando la medida coercitiva consiste en obligar al usuario a descargar el vehículo en el monto excedido, se corre el peligro de que las mercaderías sean tiradas en la vía o por lo menos en el derecho de vía, si no hay provisiones de depósitos o bodegas, cuya construcción no se justifica. Ciertas mercaderías pueden originar problemas de seguridad, de sanidad y de ornato; por esa razón se usa algunas veces el sistema combinado, que consiste en obligar al usuario a bajar la mercadería cuando ésta no ofrece problemas como madera, arena, etc., e imponer una multa suave, ya obligarlos a no bajar la mercadería cuando puede ofrecer problemas como explosivos, aceite de camiones cisterna, etc., e imponer una multa fuerte. De cualquier manera, el sistema que se adopte debe tratar de implantarse en forma rígida y sin excepciones, para que en corto tiempo todos los usuarios circulen con las cargas deseables; ésto se consigue sólo obteniendo un personal de cuadrillas o inspectores correctos y de conducta intachable, y asegurando que la oficina u organismo a cargo del recaudo por multas, también esté operando en forma rígida y totalmente adherida a las instrucciones que contenga el reglamento de multas elaborado al efecto.

