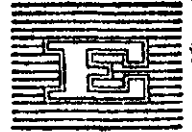


NACIONES UNIDAS



CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



DISTRIBUCION LIMITADA  
E/CN.12/CCE/SC.3/6  
TAO/LAT/37  
26 de febrero de 1962  
ORIGINAL: ESPAÑOL

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

METODOS Y CRITERIOS ACTUALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

(Informe preliminar)

Informe preparado por el Sr. Max Sittenfeld R., experto de la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas, para el Programa de Integración Económica del Istmo Centroamericano



INDICE

	<u>Página</u>
I. Prefacio	1
II. Introducción	3
1. Antecedentes	3
2. Organización del proyecto	3
III. Prácticas centroamericanas de diseño y construcción	5
1. Recopilación de datos	5
2. Observaciones y comentarios sobre el diseño de pavimentos	13
a) Métodos seguidos en los países	13
b) Normas de diseño	13
c) Aspectos técnicos	14
3. Fallas de pavimentos	15
4. Criterios y prácticas de construcción	16
5. Comentarios sobre los criterios seguidos para la construcción de pavimentos	16
6. Trabajos de laboratorio	23
7. Experiencias con las especificaciones generales	24
8. Pavimentos más usados	25
IV. Comportamiento de pavimentos flexibles existentes	26
V. Adopción de métodos estándar de diseño y otras recomendaciones	30
<u>Anexos</u>	
1. Apreciación del comportamiento del pavimento	32
2. Espesores mínimos de carpeta de rodamiento y base para diferentes clasificaciones de tránsito	34



## I. PREFACIO

Se ha redactado la presente nota como un informe preliminar sobre el estudio de especificaciones de pavimentos flexibles de carreteras, que representa una continuación del proyecto referente al establecimiento de especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes en Centroamérica y Panamá. La Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas, de acuerdo con el Presidente del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano así como con la Secretaría de la Comisión Económica para América Latina, designó al señor Max Sittenfeld R., funcionario del Ministerio de Obras Públicas de Costa Rica y profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de ese país, para que se encargase de una serie de investigaciones que permitieran continuar el desarrollo del proyecto.

La oficina en México de la Secretaría de la CEPAL señaló al experto la orientación general sobre alcance e índole del estudio y le suministró información en abril de 1961, antes de su visita a los países centroamericanos, para que pudiera obtener localmente los datos necesarios para su trabajo. Las autoridades viales de los países visitados proporcionaron al experto la mayor ayuda y cooperación. El experto desea dejar constancia en estas líneas de su agradecimiento a dichas autoridades y a cuantas personas facilitaron la labor que tuvo encomendada.

/II. INTRODUCCION



## II. INTRODUCCION

### 1. Antecedentes

1. En la Primera Reunión del Subcomité de Transporte, celebrada en septiembre de 1958, se dio aprobación final a las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes en Centroamérica y Panamá.<sup>1/</sup> Por haber sido la primera vez que se adoptaron en el Istmo Centroamericano especificaciones uniformes en dichos campos, se decidió que su aplicación tuviese carácter experimental por un período de dos años. Al término del período experimental, el Subcomité deberá considerar las experiencias recogidas y decidir cualesquier revisión de las especificaciones, de haber lugar a ello.<sup>2/</sup>

2. En la Sexta Reunión del Comité de Cooperación Económica (celebrada en septiembre de 1959), en el Grupo de Trabajo sobre transporte y vivienda<sup>3/</sup> se estimó conveniente realizar un estudio de pavimentos flexibles para adaptar las técnicas modernas a las condiciones del Istmo Centroamericano, y con el propósito de revisar y ampliar las especificaciones y normas sobre la materia cuando se haga la revisión general prevista de las especificaciones generales para Centroamérica y Panamá en curso de experimentación. El Comité de Cooperación Económica aprobó la resolución 92 (CCE), que encomienda al Subcomité de Transporte la continuación del estudio sobre las especificaciones de pavimentos flexibles, y solicita de las Naciones Unidas que se continúen suministrando los servicios de expertos y se aprueben becas para esta actividad.

### 2. Organización del proyecto

3. De acuerdo con las recomendaciones del CCE, y con las del Subcomité de Transporte, y en consulta con la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas (DOAT), se decidió que el proyecto comprenda las tres fases siguientes:

<sup>1/</sup> E/CN.12/CCE/158 y Add.1, Add.2, Add.3.

<sup>2/</sup> E/CN.12/CCE/158, Resoluciones 1 (SC.3) y 2 (SC.3)

<sup>3/</sup> CCE/VI/DT/5.

a) Realización

a) Realización de un inventario en el que se incluyan todos los métodos de diseño y construcción de pavimentos flexibles utilizados en Centroamérica;

b) Estudio del resultado obtenido de los pavimentos flexibles ya construidos en Centroamérica;

c) Formulación de especificaciones uniformes para el diseño de pavimentos flexibles.

4. Específicamente, en la primera fase, en consulta con los distintos organismos viales competentes se trataría de:

a) Redactar un informe sobre los métodos utilizados actualmente en el Istmo para la construcción de pavimentos flexibles, señalando los aspectos de ellos que favorecieren el establecimiento de métodos uniformes de cálculo y diseño; y de

b) Formular recomendaciones para levantar un registro de los tipos de pavimentos construidos, basado en la observación de las calidades y resultados de los existentes, así como en los trabajos experimentales de laboratorio que tengan relación con los mismos.

5. En consonancia con lo anterior, la parte III de este informe incluye los resultados de las experiencias obtenidas de los diversos tipos de pavimentos flexibles en uso en cada país de Centroamérica. Se anota una evaluación de las ventajas y desventajas que han presentado durante un tiempo determinado; estos datos permiten destacar los tipos más convenientes, y proporcionan bases para las futuras recomendaciones aplicables a Centroamérica sobre este tipo de pavimentos.

6. La parte IV del informe contiene datos referentes a la organización de los trabajos de campo, de los que han quedado encargados los organismos viales, de acuerdo con las recomendaciones del experto.



### III. PRACTICAS CENTROAMERICANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

#### 1. Recopilación de datos

7. Para evaluar las prácticas centroamericanas de diseño y construcción de pavimentos el experto efectuó un levantamiento censal con base en la información recopilada personalmente y con ayuda de los distintos organismos competentes de cada país. La recopilación no pretende ser de carácter exhaustivo, pero incluye la mayoría de los datos que deben tenerse en cuenta para llegar a las conclusiones técnicas que interesan.

A continuación se incluye en forma resumida la información obtenida en cada uno de los países centroamericanos, sobre diseño de pavimentos flexibles (asfálticos).

/Cuadro 1



Cuadro 1  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 6

Pregunta	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
<p><u>1. Determinación del espesor total del pavimento</u>            1-a) Métodos de diseño empleados y tiempo durante el que han estado en uso.</p>	<p>Método de C.B.R.<sup>4/</sup> con valores de sitio, saturación 4 días, cargas por rueda de 10 000 lb para carreteras de primer orden y de 7 000 lb para las de segundo orden. Las curvas para de terminar el espesor son las que recomienda el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. Este método ha estado en uso desde 1955.</p> <p><sup>4/</sup>Determinación del espesor necesario para un pavimento flexible según el <u>Indice Soporte California</u> (California Bearing Ratio). Véase E/CN.12/CCE/SC.3/DT.1</p>	<p>En la Carretera del Lito (pavimento diseñado por una compañía consultora) se utilizó el sistema de C.B.R. de Laboratorio de acuerdo con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. De 1958 a la fecha y para los trabajos efectuados directamente por la Dirección General de Caminos, se viene usando el método de C.B.R. modificado por el Instituto de Asfaltos de E.U.A.<sup>5/</sup> usando únicamente la curva de 12 000 lb. de carga por rueda, sin corrección de volumen de tránsito.</p> <p><sup>5/</sup>Thickness Design. Flexible Pavements for Streets and Highways. The Asphalt Institute, University of Maryland, College Park, Maryland.</p>	<p>Método de C.B.R. según el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A., con las curvas de 9 000, 12 000 y 15 000 lb. Se viene usando desde 1957.</p>	<p>Método del Índice de Grupo, según recomendaciones del Highway Research Board, desde hace 6 años. Recientemente, con el anterior se han venido empleando los métodos de C.B.R. en algunos sitios y el de Mills <sup>6/</sup> pero por falta de personal, el del Índice de Grupo es el que más se ha utilizado.</p> <p><sup>6/</sup>William H. Mills, A procedure for Determining the Thickness of Flexible Pavements, Highway Research Board Abstracts, junio de 1957, Volumen 27, No. 6.</p>	<p>En la actualidad, y desde 1960 para la gran mayoría de los proyectos, el Método C.B.R. modificado por el Instituto de Asfaltos, aplicado completamente de acuerdo con las recomendaciones del <u>Manual de Asfaltos</u>, editado en 1960 por dicha Institución. Para proyectos de mucha importancia, se ha usado (desde 1957) el Método Mills combinado con el de Wyoming (E.U.A.); este último para calcular la rueda equivalente de diseño. El Método de C.B.R. con valores de Laboratorio y de sitio, se usó en 1951 a 1960, con curvas de diseño de 7 000, 9 000 y 12 000 lb., según el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A.</p>

/1-b) Resultados

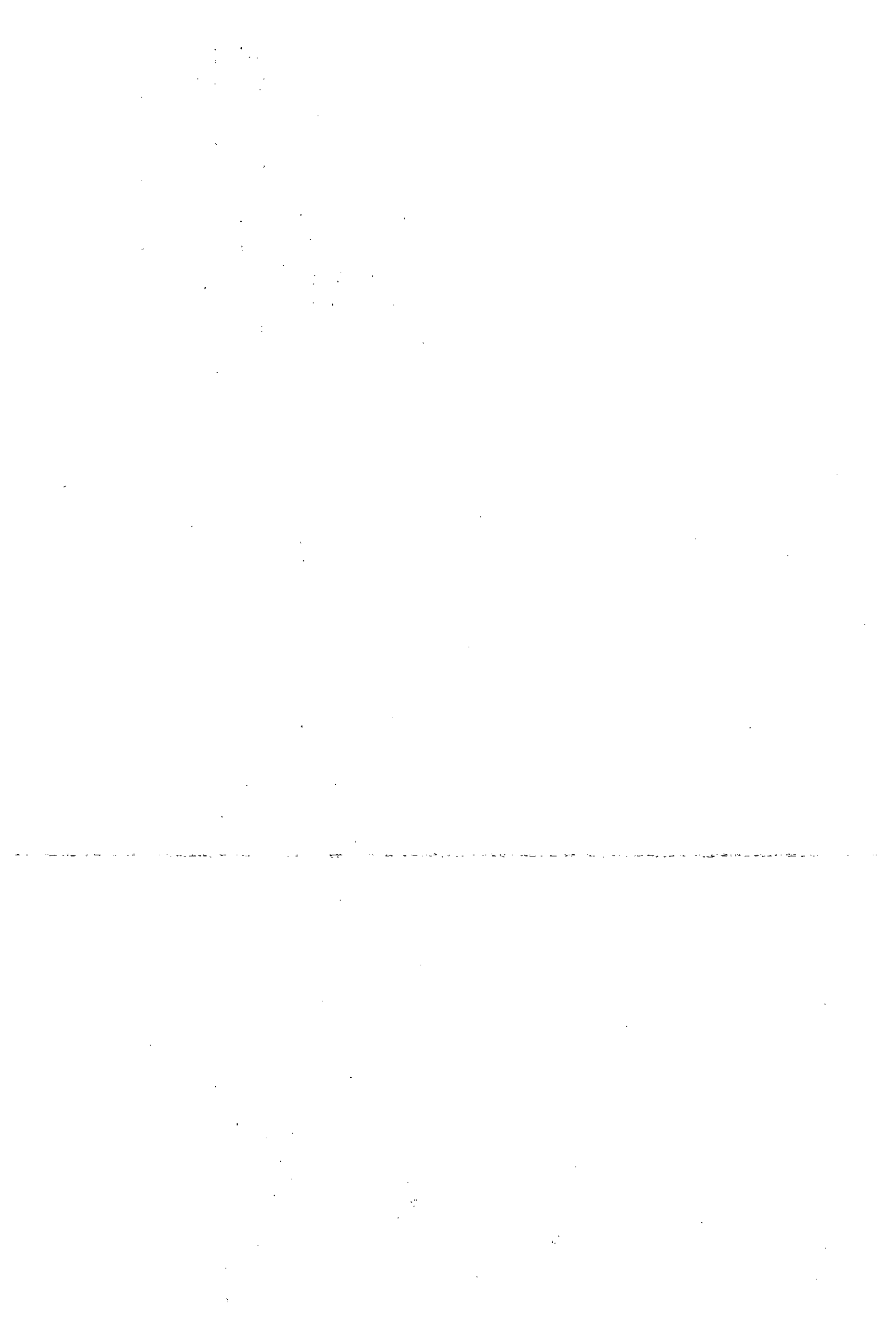


Cuadro 1 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 7

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
1-b) Resultados obtenidos con los distintos métodos empleados.	Hasta el momento, los resultados obtenidos son buenos; se tiene noticia sin embargo, de problemas surgidos por diferencias de los valores de C.B.R. obtenidos en el laboratorio y de los obtenidos en el campo	No se tiene suficiente información para juzgar ninguno de los sistemas empleados.	En el corto tiempo transcurrido, desde su aplicación, no se tiene noticia de resultados negativos. Las fallas aparecidas en algunos proyectos no han sido estudiadas completamente por lo que no se sabe la causa a que se deben.	Hasta el momento no se tienen noticias que indiquen resultados negativos. Falta tiempo de experimentación.	Hasta la fecha, el único método que puede juzgarse es el del C.B.R. por llevar 10 años de uso. Las conclusiones obtenidas son las de que este método debe aplicarse con ciertas precauciones, sobre todo en la determinación del valor de C. B.R. y del contenido de humedad, y teniendo en cuenta otros factores propios de la carretera. Es un método que da resultados positivos si se usa con el debido estudio de todas las condiciones que afectan a la determinación del espesor del pavimento.

/2. Superficie



Cuadro 1 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 8

Pregunta	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
<p><u>2. Superficie de rodamiento</u>                      2-a) Criterios o especificaciones empleados para fijar el espesor y el tipo de la superficie de rodamiento en relación con la calidad e intensidad de tránsito</p>	<p>No tiene a la fecha ningún criterio definido, acaba de adquirir los primeros contadores de vehículos con el objeto de mantener registros permanentes. Por consiguiente no hay suficiente información al respecto para establecer la relación entre tránsito y superficie de rodamiento. Sin embargo, como tesis general, utilizan en casi todas las carreteras el doble tratamiento superficial, con agregado de tamaño máximo de 1", según Item C-3 de las Especificaciones Provisionales V. Para carreteras de gran volumen de tránsito (entradas a ciudades) recomienda concreto asfáltico con espesor de 2" a 3".</p>	<p>No tiene una especificación estándar al respecto. La información del volumen de tránsito ha sido determinada mediante conteos personales ocasionales durante ciertos períodos de tiempo; por ello no existe una buena fuente de información. El espesor de la superficie de rodamiento, en la mayoría de los caminos recién construidos, ha sido fijado por las compañías consultoras que han colaborado con la Dirección de Caminos. En forma tentativa y con carácter flexible, la Dirección de Caminos, ha seguido la siguiente recomendación:                      1) Hasta 300 vehículos: tratamiento superficial doble de 1" de espesor terminado;                      2) De 300 a 1000: mezcla abierta con asfalto</p>	<p>No existe sistema estándar aprobado oficialmente, tampoco se hacen conteos de tránsito permanentes que permitan relacionarlos con el tipo de pavimento y su espesor. Las compañías consultoras que han colaborado con la Dirección de Caminos han fijado el espesor de acuerdo con su propio criterio.</p>	<p>No existe sistema estándar oficialmente aprobado. Tampoco cuenta con registros permanentes de tránsito que permitan relacionarlos debidamente con el tipo y espesor de pavimento. En términos generales, las recomendaciones empleadas actualmente son las siguientes:                      Tránsito liviano: Tratamiento superficial sencillo (1/2");                      Tránsito medio: tratamiento superficial doble (1" a 1.1/2").</p>	<p>Actualmente está en vigencia un sistema que clasifica el tránsito por su volumen en liviano, mediano, pesado y muy pesado. Para cada tipo de tránsito se tiene el espesor mínimo y tipo de superficie requeridos. Se adjuntan con carácter informativo, por juzgarlo de interés, las especificaciones respectivas. Existen sistemas apropiados de registro del tránsito en todas las carreteras principales del país.</p>
<p><u>V/ Especificaciones para Construcción de Puentes y Carreteras (Edición Preliminar). Dirección General de Caminos, 1956.</u></p>			<p>rebajado de 1.1/2" de espesor terminado;                      3) Más de 1000 vehículos: concreto asfáltico de 2" de espesor terminado.</p>		<p>/2-b) Criterios</p>



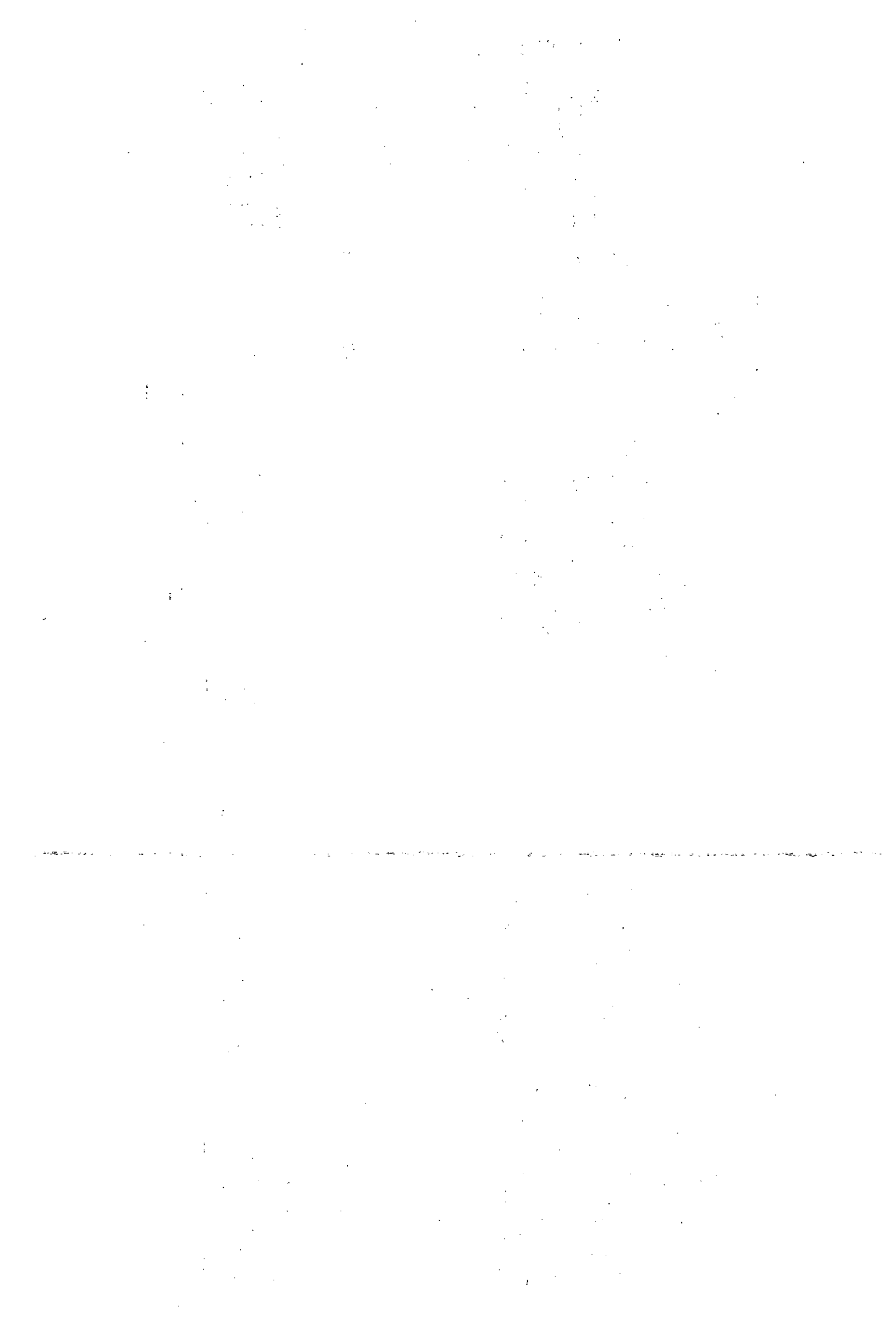


Cuadro 1 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 9

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
2-b) Criterios de diseño de mezclas asfálticas de alta estabilidad, si se han usado.	Método de Marshall <sup>8/</sup>	Método de Marshall en la Carretera del Litoral	Cuentan con el equipo de Marshall pero aun no se ha usado	No se han usado mezclas asfálticas de este tipo	Método Marshall como diseño e inspección, junto con pruebas triaxiales y de Hubard Field para efecto de revisar el diseño <sup>9/</sup>
2-c) Resultados obtenidos con la experiencia habida con mezclas de alta estabilidad	Buenos resultados hasta el momento	Buenos resultados hasta el momento	Ninguno	Ninguno	Muy buenos hasta el momento
<b>3. Bases</b>					
3-a) Criterios o especificaciones empleados para fijar el espesor de la base, sobre todo teniendo en cuenta el volumen del tránsito.	No existe un criterio estándar, sin embargo se suele utilizar un espesor de 4 pulgadas, aunque en el caso de la carretera al Atlántico se usaron 6".  <sup>8/</sup> Informes de la American Association of Asphalt Pavements Technology.	No se tiene un criterio estándar. Generalmente se usan 6" de espesor. En los trabajos en que interviene en el diseño el Laboratorio y Sección Experimental del MCP, éste aplica el sistema descrito por el Instituto de Asfaltos en su método de C.B.R. modificado	No existe un criterio uniforme; emplean, según el caso, de 4 a 6 pulgadas de espesor.	No existe un criterio fijo, anteriormente se empleaba hasta un espesor de 4 pulgadas; para el futuro han fijado un mínimo de 6". Permiten una pequeña variación del espesor de la base de acuerdo con la calidad de la sub-base que se emplee.	Actualmente cuenta con especificaciones que fijan la calidad y espesor de la base en función del volumen de tránsito. Se adjuntan las especificaciones respectivas a título de información.  <sup>9/</sup> ASTM folleto Triaxial Testing of Bitumidrons Mixtures. 1957.

/3-b) Tipos



Cuadro 1 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág.10

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
3-b) Tipos de bases usados y materiales empleados	<p>Los tipos de bases empleados en los proyectos que dirige directamente la Dirección de Caminos están regulados por las especificaciones preliminares, editadas por esa Dirección. Se han usado de muy distinta índole, tales como bases de roca y grava triturada (la más generalizada), de gravas sin triturar, estabilizadas con asfalto, de materiales volcánicos eruptivos como pómez, "talpetate" y cenizas soldadas (tobas).</p>	<p>En la actualidad, las bases usadas en los proyectos que controla directamente la Dirección de Caminos, están reguladas por el anteproyecto de especificaciones centroamericanas.</p> <p>Dentro de los tipos de bases empleadas se citan: asfálticas, de piedra triturada, estabilizadas con cemento y asfalto y de gravas sin triturar.</p>	<p>Anteriormente se construían con materiales seleccionados locales y desde hace 2 años se emplean bases de piedra triturada, aunque también se sigue empleando el mismo material seleccionado en algunos proyectos en ejecución. Con carácter de ensayo construyeron 300 m. de arena estabilizada con asfalto.</p>	<p>Actualmente usan bases de piedra triturada con granulometrías y características fijadas por normas de la American Association of State Highway Officials. (AASHO)</p>	<p>Prácticamente se ha usado todo tipo de bases. Antiguamente se usaron bases de Telford (cantos rodados de más de 6" de diámetro); actualmente se emplean en la construcción de bases: piedra triturada graduada, arena estabilizada con cemento, toba estabilizada con cal, mezclas asfálticas y grava sin triturar. Se han usado también tobas sin ningún tratamiento pero con resultados infructuosos. Las especificaciones usadas al respecto son las centroamericanas, FP-41 y FP-57, las de la AASHO, las de la Civil Aeronautics Administration (CAA) y las recomendaciones del Instituto de Asfaltos para bases asfálticas.</p>



Cuadro 1 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 11

Información obtenida en					
Pregunta	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
<p>3-c) Principales problemas surgidos y tendencias particulares al uso de determinado tipo de base, de acuerdo con la experiencia acumulada.</p>	<p>Los mayores problemas o deficiencias con el comportamiento de las bases están relacionadas con los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Plasticidad</li> <li>2) Excesiva cantidad de polvo o humedad en la superficie que afectan la eficiencia del riego de imprimación. Existe una tendencia mayor al uso de roca o grava triturada por los resultados positivos registrados hasta el momento.</li> </ol>	<p>No se señalaron problemas específicos. Existe una mayor tendencia hacia el uso de materiales triturados y graduados, aunque también se han usado sin triturar. Razones fundamentalmente económicas prevalecen en la determinación del tipo de base; en igualdad de precios, se prefiere el empleo de bases estabilizadas.</p>	<p>Se inclinan por bases de piedra triturada graduada. Si pueden usarse gravas de bancos de ríos o materiales de rocas alteradas parcialmente sin ningún procesamiento, los emplean sin mucho estudio previo, no tomando en cuenta la variabilidad de la fuente de aprovisionamiento.</p> <p>En el empleo de este último tipo de material han tenido fallas atribuibles a la inconsistencia de la calidad de la fuente.</p>	<p>Sobre el comportamiento de las bases de piedra triturada y graduada, afirman que es satisfactorio. Sin embargo, existen algunas fallas del pavimento que pueden ser atribuibles a esta clase de estructura. No cuentan con información completa al respecto.</p>	<p>En relación con el comportamiento de bases tipo Telford, existen evidencias de que el espesor de la capa no tiene la misma eficiencia relativa de una base de piedra triturada. En el caso de reconstrucción de pavimentos con este tipo de base, el espesor considerado en los cálculos es la mitad cuando más. El tipo más empleado hasta hace poco por sus positivos resultados, era la piedra triturada graduada; pero recientemente está compitiendo en calidad, y sobre todo en el aspecto económico, la toba estabilizada con cal. En ciertos casos ha resultado más adecuado el uso de bases asfálticas, especialmente por la rapidez de ejecución, compitiendo favorablemente en precio en relación con los otros tipos. Las fallas más frecuentes son atribuibles a exceso de plasticidad, mala graduación y baja compactibilidad.</p>



Cuadro 1 (Conclusión)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CENTROAMERICA

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
 TAO/LAT/37  
 Pág. 12

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
4. <u>Sub-base</u> 4-a) Tipos de materiales empleados y características mínimas que deben reunir.	Emplean diversos materiales locales, que cumplan con los requisitos pedidos en las especificaciones preliminares, entre ellas las más importantes son: C.B.R.: 30% mínimo; L.L.: 40% máximo; <sup>10/</sup> I.P.: 10% máximo; <sup>11/</sup> Partícula máxima: 3" Compactación: 100% del método AASHO, designación T-99-54. Estas especificaciones fueron tomadas de los últimos cambios a las "Especificaciones para construcción de puentes y carreteras (Edición Preliminar) preparadas por la Dirección General de Caminos, 1956 <sup>10/</sup> Límite líquido <sup>11/</sup> Índice de plasticidad.	Emplean diversos materiales locales, tales como "talpetate", cenizas volcánicas, pómez, gravas de ríos, materiales triturados. Como ejemplo se citan las especificaciones pedidas para la sub-base en la construcción del Programa de Caminos de Alimentación, preparadas al efecto por la Compañía Consultora: Tippetts, Abbott, McCarthy-Stratton, Interamerican Corp. C.B.R. mínimo: 15% Compactación: 95% de la densidad máxima según prueba AASHO T-99 modificada. Partícula máxima: 3" L.L.: No se especifica I.P.: No se especifica	Emplean gravas, "talpetate" y otros materiales locales que reúnan las características pedidas al respecto por las especificaciones centroamericanas. Sin embargo, para la construcción de las carreteras de Occidente y Búfalo-Corteés, se están empleando las siguientes especificaciones: C.B.R. mínimo: No se pide Compactación: 95% de la densidad máxima AASHO designación T-99 Diámetro máximo: 3" % Pas.malla 200: 8 máximo. I.P.: 6 máximo L.L.: No se pide	Emplean cualquier material local que reúna los siguientes requisitos mínimos: I.P.: Menor que 35, C.B.R. mayor que 30, % pasando malla 200 no mayor que 25% L.L.: No se pide % Compactación: variable.	Emplean materiales locales tales como: grava, cenizas volcánicas, tobas y cualquier material local que reúna los siguientes requisitos: I.P. menor que 9, L.L. menor que 35, C.B.R. mayor que 30, y últimamente están exigiendo valores mínimos de poder cementante y de contracción lineal, de acuerdo con las especificaciones de la SOP de México <sup>12/</sup> Compactación: 95% de la densidad máxima según ASTM <sup>13/</sup> , designación D1557-58T, Método D.

/2. Observaciones





## 2. Observaciones y comentarios sobre el diseño de pavimentos

8. Del análisis de los datos sobre criterios de diseño de los pavimentos flexibles en Centroamérica se desprenden los comentarios generales que van a continuación. También permite señalar las diferencias de criterio existentes, que deben destacarse si se quiere dar solución a los distintos problemas suscitados.

### a) Métodos seguidos en los países

9. Todos los países centroamericanos utilizan de preferencia el método CBR (California Bearing Ratio) para evaluar las características de capacidad de soporte de la subrasante. Sin embargo, no aplican métodos semejantes en cuanto a la determinación del espesor total, puesto que siguen distintos criterios para determinar la carga de rueda equivalente de diseño, o diferentes modificaciones del método en lo relativo a la obtención del valor de CBR propiamente, o de las curvas de diseño.

10. No se dispone aún de la experiencia suficiente sobre el éxito de los métodos seguidos en cada país, ni existe suficiente información para aclarar el problema del espesor del pavimento en relación con su comportamiento. Sin embargo, sí se cuenta en la mayoría de los países centroamericanos con los suficientes elementos para poder llegar a conclusiones satisfactorias en lo que se refiere a un método uniforme a adoptar en Centroamérica en un futuro próximo.

### b) Normas de diseño

11. No existen especificaciones oficiales en los países centroamericanos, a excepción de Costa Rica, para fijar el espesor y la calidad de la carpeta de rodamiento en función al tipo e intensidad del tránsito. En estas circunstancias sólo puede observarse que la práctica más generalizada es el uso de tratamientos superficiales simples y dobles para tránsitos livianos y medianos, con un espesor de 1/2" a 1.1/4", respectivamente. Además, con la excepción citada de Costa Rica, en los demás países del Istmo se carece de sistemas permanentes de clasificación y conteos de tránsito, impidiendo ello en la actualidad llegar a establecer las relaciones que existen entre el tipo y espesor del pavimento y el volumen y la clase de tránsito. (No

/se ganaría

se ganaría mucho disponiendo de especificaciones que establezcan estas relaciones, si no se cuenta con los medios para medir el tránsito actual y pronosticar su crecimiento futuro). Otro aspecto digno de señalarse es la inexistencia de un sistema uniforme de clasificación del tránsito por su volumen e intensidad.

12. No hay uniformidad de criterios entre los distintos países en cuanto a la calidad y espesor de la base que debe utilizarse en relación con la clase e intensidad del tránsito esperado. Tampoco cuentan los países centroamericanos, salvo Costa Rica, con especificaciones debidamente aprobadas que fijen o normalicen el criterio al respecto.

Es obvio manifestar que por lo que se refiere al diseño de la base existen los mismos problemas que se señalaron en el párrafo anterior sobre la carpeta de rodamiento en relación con el tránsito a que se destina.

13. Solamente Guatemala, El Salvador y Costa Rica han utilizado mezclas bituminosas de alta estabilidad para las carpetas de rodamiento. El método empleado para su diseño e inspección ha sido fundamentalmente el Marshall y los resultados obtenidos, aunque no se cuente con suficiente experiencia, pueden considerarse satisfactorios.

c) Aspectos técnicos

14. Los tipos de bases empleados han sido muy diversos siendo el más generalizado, el construido con roca y grava trituradas. Aunque la mayoría de los países han utilizado bases estabilizadas, se puede afirmar que las mismas se encuentran aún en la etapa de ensayo y observación. Pueden citarse los trabajos de estabilización de suelos con cemento y asfalto hechos en El Salvador y de arenas con cemento y materiales puzolánicos con cal, en Costa Rica. Los resultados obtenidos pueden calificarse de muy prometedores en cuanto al comportamiento estructural y al aspecto económico.

15. Mención aparte merece el empleo de bases asfálticas en Costa Rica, que aunque utilizadas en pequeña escala, han demostrado su eficiencia para la reconstrucción de ciertos tipos de pavimentos viejos, lográndose buen rendimiento económico, a consecuencia de la reducción de espesor permisible y de la alta velocidad de ejecución.

/16. Es general

16. Es general el uso de materiales locales para la construcción de la sub-base. Se trata de evitar al máximo materiales triturados para esta parte del pavimento. Cabe señalar, sin embargo, que cada país tiene requisitos muy diferentes en cuanto a la calidad o características propias del material, según se puede observar en el cuadro 1, pregunta 4-a.

### 3. Fallas de pavimentos

17. Uno de los criterios que ayuda en la evaluación de los métodos de diseño de manera más significativa consiste en el estudio de las fallas encontradas en los pavimentos existentes. Aquí pueden mencionarse las originadas por defectos de la base. A pesar de la falta de datos técnicos debidamente comprobados y justificados, se pueden señalar como causas más probables de dichas fallas, de acuerdo con la información obtenida y por las observaciones que pudo realizar el experto, las siguientes:

- a) Alta plasticidad de los agregados;
- b) Deficiente granulometría, tanto en la proporción relativa de los distintos tamaños como el uso de diámetros máximos exagerados en relación con el espesor usado, caso en el que el espesor estructural efectivo es prácticamente reducido;
- c) Falta de espesor de la base como consecuencia de una alta intensidad de tránsito, que requiere uno mayor;
- d) Incapacidad del material para resistir los esfuerzos cortantes a que es sometido (caso de algunas pómez, tobas y "talpetates");
- e) Excesiva cantidad de polvo o de humedad que afectan la adherencia del riego de imprimación asfáltica;
- f) Variabilidad de la fuente de aprovisionamiento a la par de una deficiente inspección;
- g) Pruebas de laboratorio parcial o totalmente inefectivas por estar sujetas en alto porcentaje al error personal.

#### 4. Criterios y prácticas de construcción

18. Sobre este particular, el aspecto que mereció mayor interés fue la clase o tipo de especificaciones de construcción que cada país tiene en uso y el sistema con que cuenta para hacerlas efectivas. Es evidente que no se puede abordar el tema de las prácticas de construcción sin antes conocer las bases en que tienen su gestación y la forma de garantizar las características técnicas que definen la calidad y naturaleza de la obra.

También se deseaba conocer la experiencia obtenida en la aplicación de las "Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes en Centroamérica y Panamá" preparadas por el Subcomité de Transporte bajo la dirección del experto de las Naciones Unidas Sr. Benjamín Fraenkel con la colaboración de ingenieros de caminos de Centroamérica, de existir alguna a la fecha, especialmente en lo que se refiere a bases y pavimentos (E/CN.12/CCE/158 Add.1, párrafos 323-484).

A continuación se incluye, tabulada, toda la información obtenida en relación con este punto.

#### 5. Comentarios sobre los criterios seguidos para la construcción de pavimentos

19. Todos los países emplean en la ejecución de sus obras viales diferentes clases de especificaciones, entre las que se citan las "Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects" (FP-41 y FP-57), las del Instituto de Asfaltos (U.S.A.), las de la Secretaría de Obras Públicas de México, las del Departamento de Carreteras de Mississippi, las Centroamericanas citadas y las confeccionadas específicamente por cada país para proyectos determinados o generales. El uso de las Especificaciones Generales Centroamericanas (E/CN.12/CCE/158, Add.1) ha sido más bien limitado.

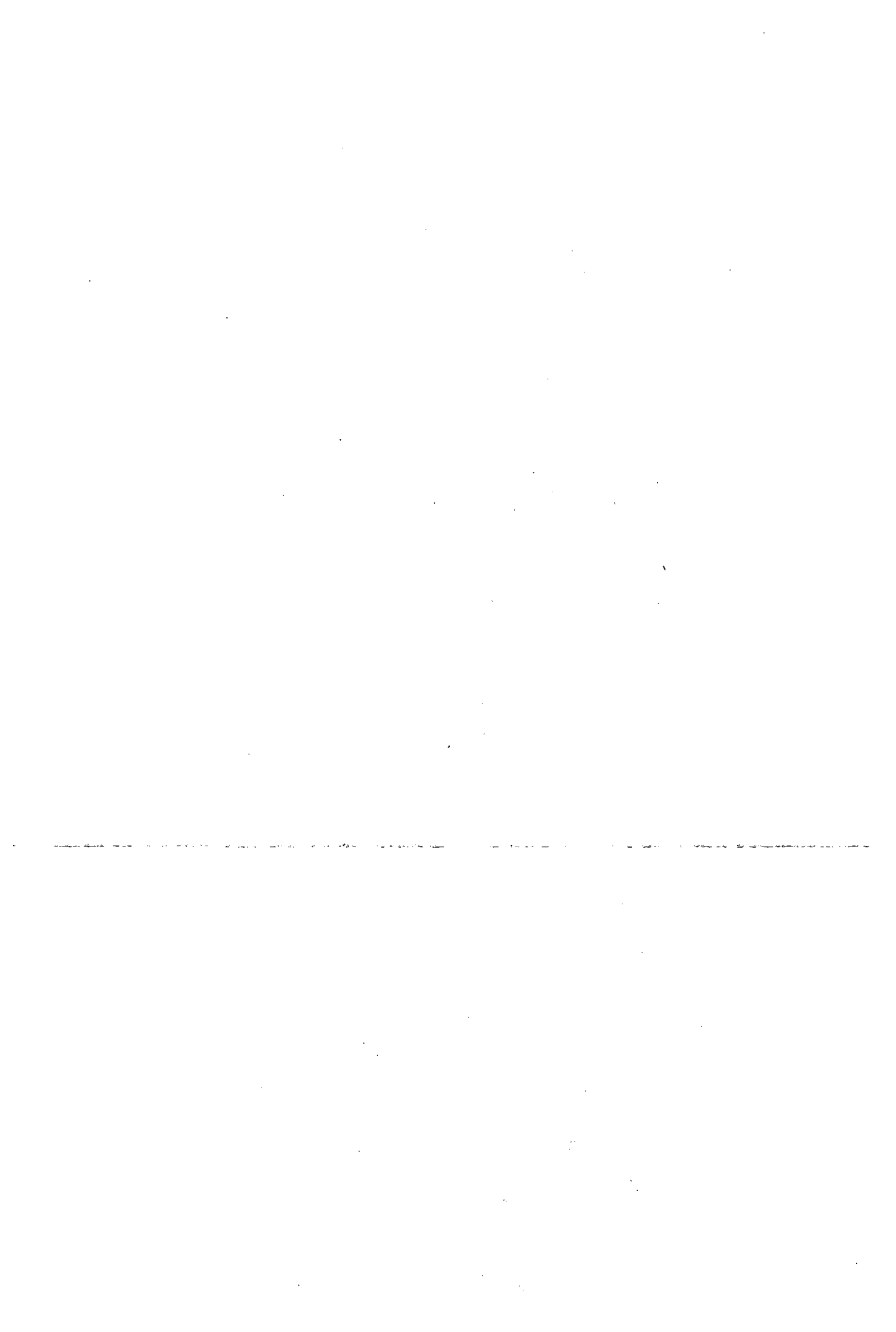
20. No cabe duda que llegar a un acuerdo centroamericano tendiente a normalizar el uso de especificaciones de construcción resulta actualmente algo difícil por el estado un tanto anárquico de este tipo de disposiciones, ya que inclusive hay países en que se siguen simultáneamente hasta tres tipos distintos de especificaciones en diferentes proyectos. Podría sin embargo, alcanzarse el propósito deseado.

Cuadro 2

INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en:				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
<p>1. <u>Especificaciones</u></p> <p>1-a) <u>Especificaciones que se han usado y tiempo durante el cual han estado en uso</u></p>	<p>En la construcción de la carretera Interamericana vienen usandose las especificaciones de los E.U. FP-41. La Dirección General de Caminos ha seguido en sus proyectos las "Especificaciones para Construcción de Carreteras y Puentes" (Edición preliminar) desde agosto de 1956. Las primeras especificaciones datan de 1955.</p>	<p>No existe unificación de especificaciones. En la construcción de la Carretera del Litoral se usaron especificaciones especiales preparadas para la obra, con la colaboración de una empresa consultora (TAMS). La Dirección General de Caminos se inclina por un mayor uso de las Especificaciones Centroamericanas. En la construcción de mezclas asfálticas se han seguido las especificaciones del Instituto de Asfaltos (Item CL-1 y CL-2).</p>	<p>En la actualidad y desde hace 2 años emplean las especificaciones Centroamericanas. Anteriormente se emplearon las confeccionadas por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de México (hoy S.O.P), y, en la construcción de la Carretera Interamericana las especificaciones FP-57.</p>	<p>No existe en la actualidad un sistema uniforme. Para la construcción de la carretera Interamericana se han usado las especificaciones FP-41 y FP-57. En los proyectos que atiende directamente la Dirección General de Caminos se usan las siguientes Especificaciones: Para materiales, las de la AASHO.; en cuanto a la construcción FP-57, excepto lo relativo a tratamientos superficiales, que siguen lo que al respecto dicen las Especificaciones preparadas por el Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi. U.S.A.</p>	<p>No ha existido un sistema uniforme de Especificaciones para construcción de carreteras. En la Carretera Interamericana se han usado las FP-41 y FP-57. El Departamento de Vialidad ha usado las Especificaciones de los E.U. FP-41 y FP-57, las del Instituto de Asfaltos, y las Centroamericanas recientemente. Para los trabajos contemplados en el Plan Vial (1962-1965), tratarán de aplicarse y generalizarse las Especificaciones de los E.U. FP-61.</p>

/1-b) Diferencias



## INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
1-b Diferencias, si existen, en la aplicación de especificaciones durante la ejecución de obras efectuadas por contrato y administración.	Existe cierta tolerancia en las obras ejecutadas por administración, excepto en los trabajos de pavimentación que se construyen aplicando las mismas especificaciones exigidas en los casos de obras por contrato. La tendencia actual es la de licitar el mayor número de trabajos posible permitiendo reducir en esta forma la anomalía que ahora se presenta.	Existen diferencias que se caracterizan sobre todo por una mayor tolerancia en las obras efectuadas por administración.	Existen diferencias entre un sistema y el otro, notándose una mayor tolerancia en la aplicación de las especificaciones en los trabajos efectuados por administración.	Existe una mayor tolerancia para las obras efectuadas por administración.	Puede afirmarse que las obras efectuadas por administración y por contrato reciben igual control, a excepción hecha de los trabajos de escasa importancia, o provisionales, que se hacen por administración, en los cuales hay una mayor tolerancia.

/1-c) Cumplimiento





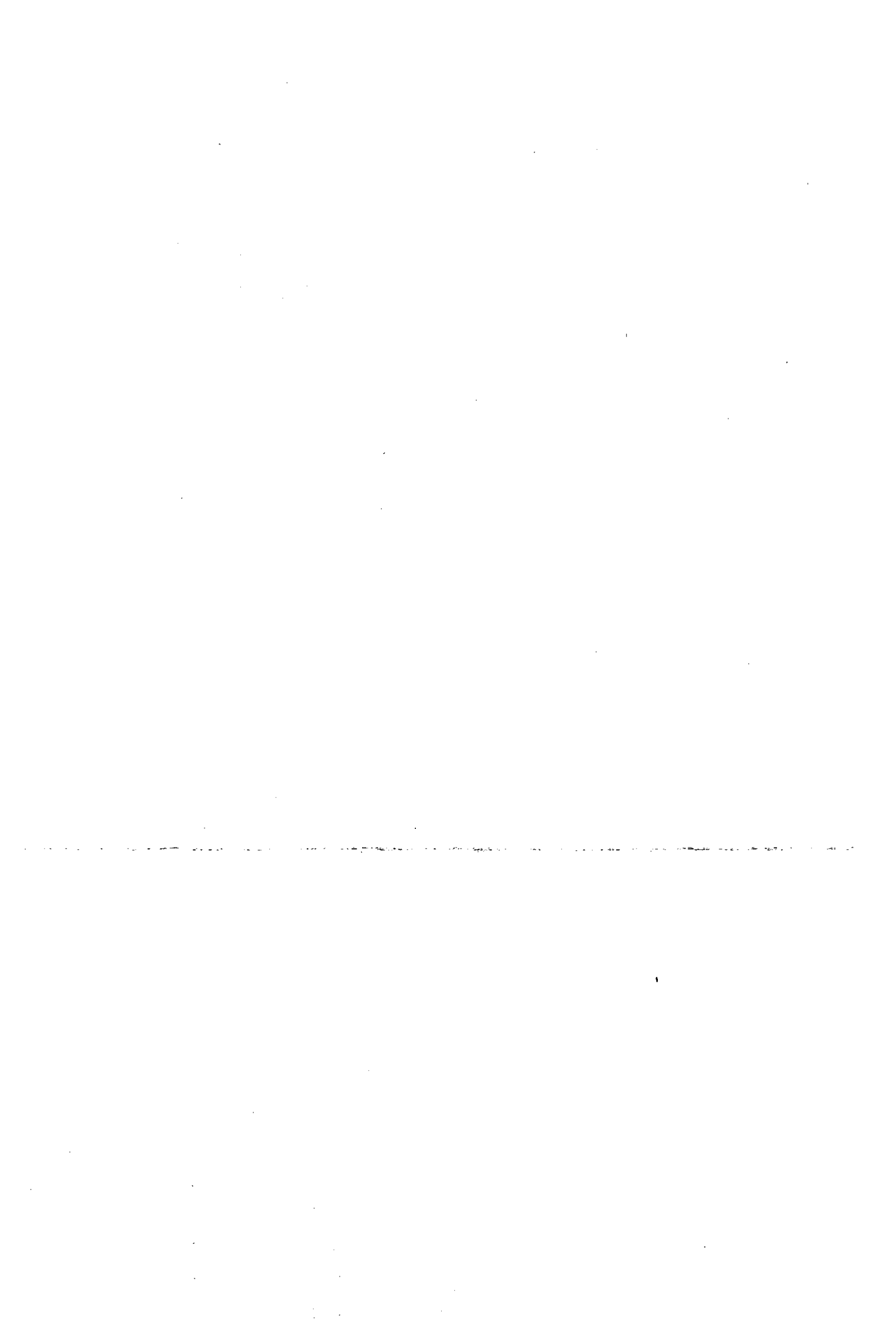
CUADRO 2 (Continuación)

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
TAO/LAT/37  
Pág.19

INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
1-c) Cumplimiento de los términos de las especificaciones en cuanto a los alcances técnicos se refiere.	<p>En las obras ejecutadas por contrato existe una aplicación justa de las especificaciones. En caso de disparidad de criterios, el asunto se resuelve por canales adecuados dentro de la misma Dirección de Caminos. En las obras por administración existe una flexibilidad mayor y por consiguiente no hay una aplicación completa, salvo en la fase de pavimentación.</p> <p>Existe la presión del Departamento de Ingeniería y del Cuerpo Técnico (Jefes de Departamento y Sección) para corregir la anomalía que se presenta en las obras que se hacen por administración.</p>	<p>En las obras ejecutadas por contrato se aplican justamente las especificaciones técnicas decretadas al respecto.</p> <p>En las obras por administración existe una marcada flexibilidad en la aplicación de las recomendaciones técnicas.</p>	<p>En las obras ejecutadas por contrato se aplican justamente las especificaciones técnicas dictadas al respecto, no así en las obras efectuadas por administración en las cuales existe una cierta libertad incontralada de acción.</p>	<p>En las obras efectuadas por contrato se aplican justamente las especificaciones dictadas al respecto. En las obras construidas por administración se hace en forma menos rígida.</p>	<p>En las obras ejecutadas por contrato y administración se hacen cumplir las especificaciones de acuerdo con las normas pedidas. Existen unas pocas excepciones para reparaciones sin importancia y de obras temporales.</p>

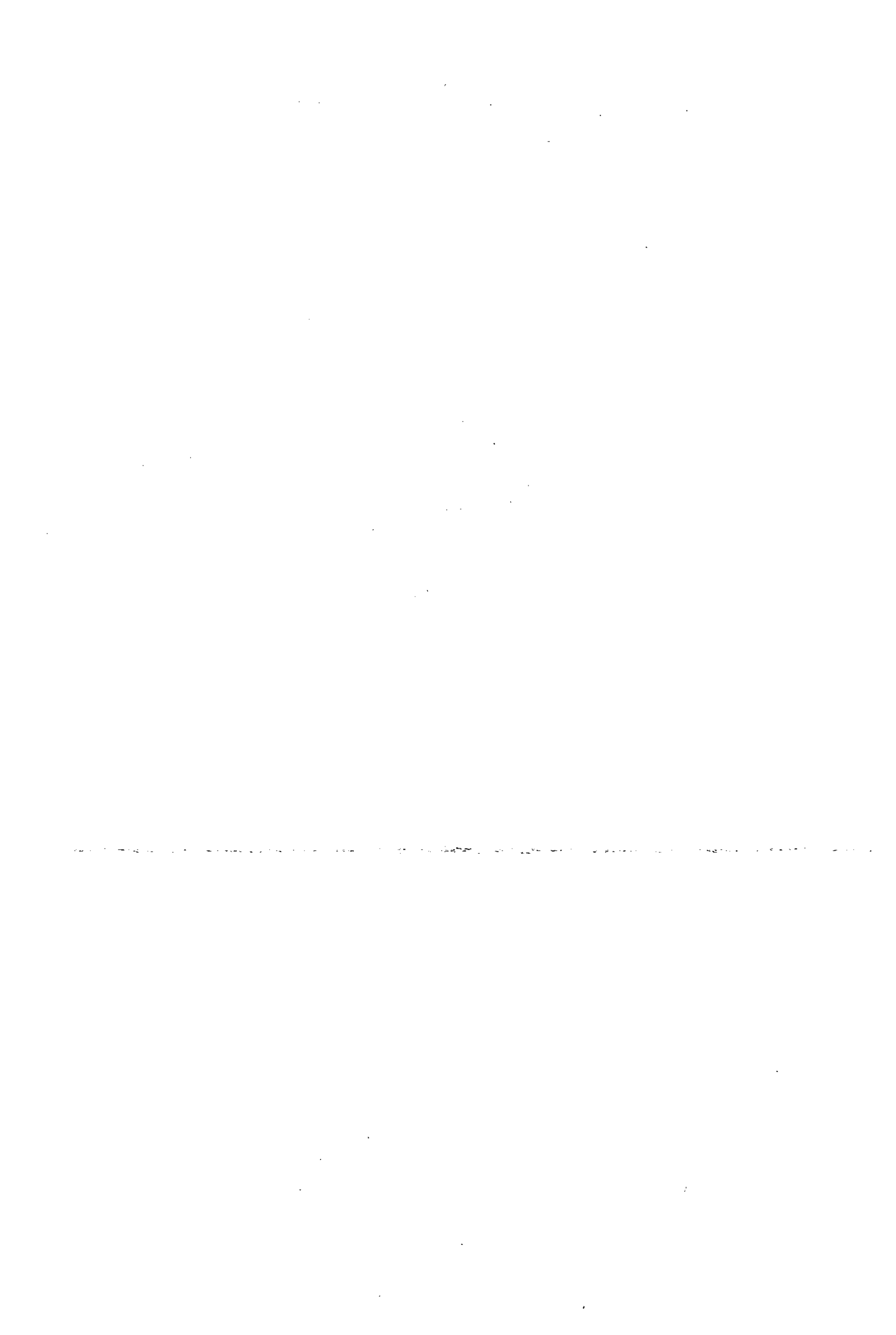
/1-d) Intervención



Cuadro 2 (Continuación)  
 INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
1-d) Intervención del laboratorio de ensayos en las etapas de estudio y de construcción.	En los trabajos realizados por contrato existe una buena relación entre los estudios efectuados por el laboratorio antes de la iniciación de la obra y los necesarios durante la etapa de inspección. No así en los trabajos por administración.	No existe una buena relación de continuidad entre el trabajo de investigación de laboratorio, previo a la construcción de la obra y la labor de inspección y de estudio necesaria durante la etapa de construcción, sobre todo en los trabajos efectuados por administración. Falta una mayor intervención del departamento de laboratorio y de la sección experimental en la fase de inspección.	Como lo anotado para El Salvador	Como lo anotado para El Salvador	Existe una muy buena relación y continuidad entre los estudios de laboratorio previos a la construcción y durante la ejecución de la obra, porque el departamento de laboratorio es el encargado como organismo específico del diseño del pavimento y de la inspección de su construcción.

/1-e) Experiencias

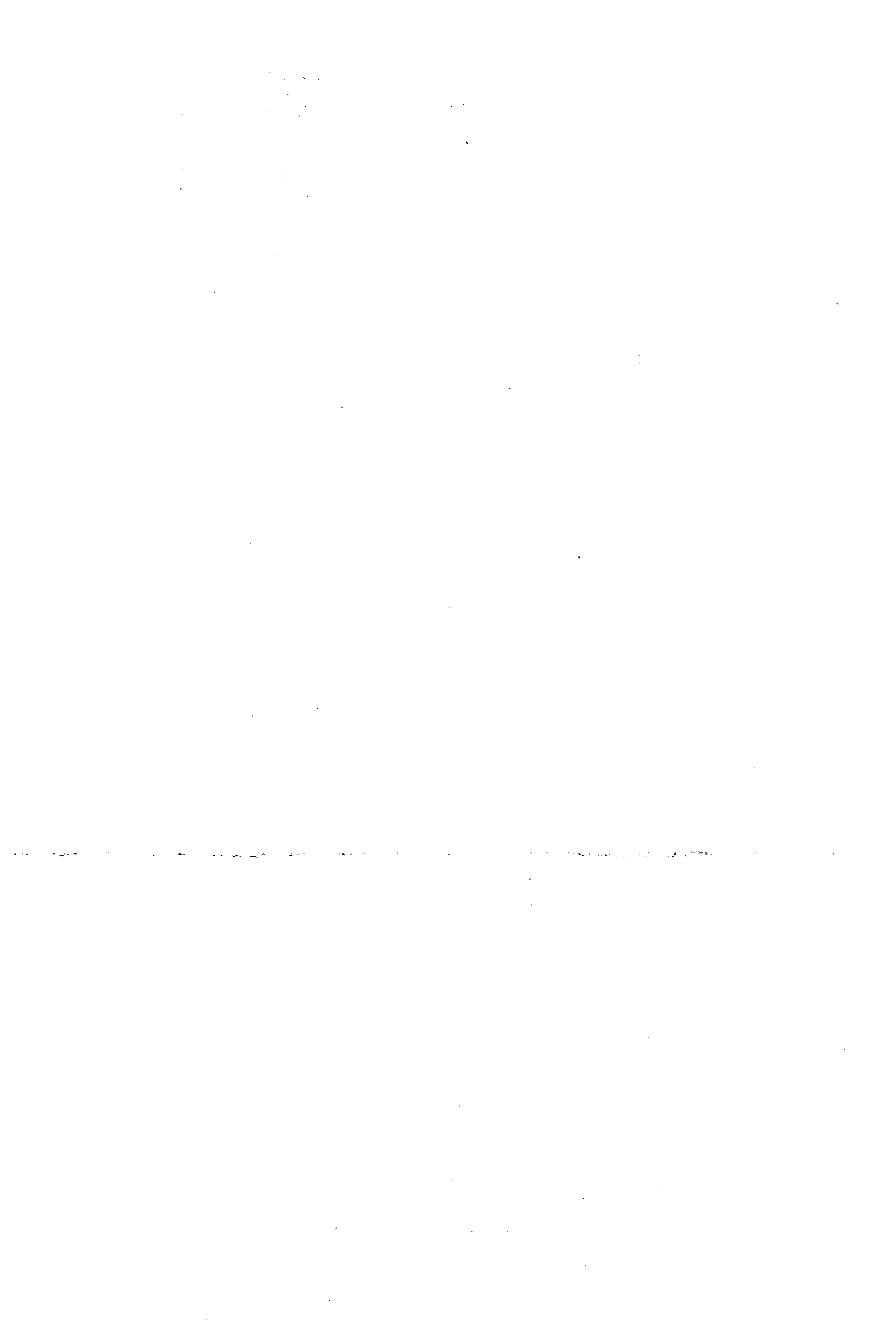


## Cuadro 2 (Continuación)

E/CN.12/CCE/SC.3/6  
TAO/LAT/37  
Pág.21

## INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
1-e) Experiencias que se tienen con el empleo, si se ha hecho, de las especificaciones centroamericanas E/CN/12/CCE/158, Add. 1-3)	No se han empleado	Se han empleado muy poco pero no se tiene experiencia suficiente para juzgarlas	Se han empleado muy poco pero no se tiene experiencia suficiente para juzgarlas	No se han usado	Recientemente se han usado en algunos casos, pero no se tiene suficiente experiencia acumulada para juzgarlas.
1-f) Razones por las cuales no se han usado las especificaciones centroamericanas	Por tener contratos en ejecución con base en las especificaciones existentes y además, según la opinión de los técnicos guatemaltecos, por haberse basado el experto en la confección del anteproyecto en las usadas por Guatemala. Además por haberse acumulado experiencia respetable en el uso de las existentes.	Se dan razones en favor de su uso. Pero todavía existen proyectos en ejecución con otras especificaciones de las cuales se tiene mejor conocimiento.	Se dan razones en favor de su uso. Pero se anota que las compañías consultoras, en trabajos que están en ejecución, han recomendado el empleo de otras especificaciones.	No se han presentado obras por contratadas en las cuales se puedan aplicar.	Empresas financieras extranjeras (norteamericanas) y el B.P.R.(1) exigen el uso de especificaciones ya experimentadas como las FP-57 y otras.  (1) Bureau of Public Roads, U.S.A.  /2. <u>Clases de</u>



## INFORMACION SOBRE CRITERIOS Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION

Pregunta	Información obtenida en				
	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
<b>2. Clases de pavimentos</b>					
2-a) Tipos de superficie de rodamiento más frecuentemente usados.	En la actualidad tratamientos superficiales dobles son los de mayor uso, pero no se omite la posibilidad de emplear otros tipos (ver respuesta 2-A del cuadro 1 "Información sobre criterios de diseño de pavimentos flexibles en Centroamérica").	Anteriormente, macadam asfáltico, métodos de penetración. Actualmente, tratamientos asfálticos y mezclas en planta con RC-2 (ver respuesta 2-a del cuadro 1 "Información sobre criterios de diseño de pavimentos flexibles en Centroamérica").	Actualmente, tratamientos superficiales sencillos y múltiples.	Actualmente tratamientos superficiales simples y dobles.	Actualmente, y de acuerdo con el tránsito, se escogen: tratamientos superficiales, sencillos y múltiples; mezclas en frío preparadas en planta y en camino; macadam asfáltico, método de penetración, y concreto asfáltico (ver respuesta 2-a del cuadro 1 "Información sobre diseño de pavimentos flexibles en Centroamérica").
2-b) Razones que se aducen para su selección	Razones económicas, sobre todo buscando baja inversión inicial.	Razones fundamentalmente económicas y de la disponibilidad de equipo	Razones económicas teniendo en cuenta el volumen de tránsito.	Razones económicas, buscando baja inversión inicial.	Razones económicas, buscando el tipo de pavimento de menor costo anual, y el efecto del volumen de tránsito.





21. Un factor que no puede pasar desapercibido es el de que a consecuencia de la construcción de la Carretera Interamericana y de otras, por lo general las más importantes, financiadas mediante préstamos en moneda extranjera por instituciones bancarias de los Estados Unidos de Norteamérica, las obras se han ejecutado con base en las Especificaciones para Carreteras Federales de los Estados Unidos (FP-41 o FP-57).

22. Existe una diferencia casi general en la aplicación de las especificaciones entre los trabajos ejecutados por contrata y los que se hacen por administración, que se caracteriza por una mayor tolerancia en las obras efectuadas por el último de los sistemas citados. Sólo razones de tipo personal explican esta anomalía; por ello, la solución más indicada consistiría en procurar efectuar la mayor cantidad de trabajos, siempre que fuera factible, por el sistema de contrata.

#### 6. Trabajos de laboratorio

23. Se observa una falta de continuidad, que no debe seguir manteniéndose, entre la fase de investigación previa de diseño que realiza la sección de laboratorio y la de inspección durante la etapa de construcción. Parece ser que la labor de investigación del Laboratorio de Suelos, Agregados, Asfaltos y de materiales en general, termina con el diseño del pavimento; la inspección, que incluye pruebas de campo, es en cambio realizada por un personal que no depende directamente de la organización que realizó los estudios básicos de diseño y debería ser lógicamente la encargada de las inspecciones por conocer el proceso y las especificaciones exigidas. Aparte de ello, sólo una organización de ese carácter puede estimar las variaciones que se presentaren durante la etapa de construcción, las características de los materiales y las circunstancias que aconsejaron determinados requisitos en la investigación inicial del proyecto, para poder tomar las medidas que el caso amerite. Por otro lado es beneficiosa esta continuidad, en razón de las enseñanzas prácticas que para el personal del laboratorio de materiales pueden derivarse al supervisar las obras en construcción.

#### 17. Experiencia

## 7. Experiencia con las Especificaciones Generales

24. Las Especificaciones Centroamericanas, (E/CN.12/CCE/158, Add.1), en lo que respecta a pavimentos flexibles, han sido aplicadas en muy pocos casos, por lo que no se puede apreciar su valor debidamente. Cuatro son las razones que se han opuesto al uso generalizado de estas especificaciones;

a) La existencia de obras contratadas con base en otras especificaciones, cuando las normas centroamericanas fueron aprobadas.

b) La construcción de la Carretera Interamericana que, como es sabido, debe ajustarse a las Especificaciones Estándar para Construcción de Carreteras y Puentes en Proyectos Federales de los Estados Unidos de Norteamérica (FP-41 o FP-57). Estas especificaciones han sido bastante difundidas y han influido decisivamente en los organismos viales de los distintos países centroamericanos. Como se han utilizado mucho tiempo, han dejado una apreciable experiencia.

c) El financiamiento de las obras más importantes realizadas en los últimos años en cada uno de los países, ha sido hecho por organismos bancarios norteamericanos, internacionales o extranjeros; ello explica la intervención de compañías consultoras, también extranjeras, quienes por simplicidad, facilidad o conocimiento del problema, han recomendado el uso de las Especificaciones para Carreteras Federales de los Estados Unidos o han confeccionado otras especiales, pero inspiradas en éstas.

Es lógico pensar que se presentarían innumerables dificultades con las instituciones bancarias y las empresas consultoras si cada gobierno se empeñara en exigir que se incluyeran en los contratos respectivos especificaciones de construcción no conocidas por quienes financiaran los proyectos. Con este inconveniente tropiezan las normas centroamericanas, a pesar de ser un trabajo auspiciado por las Naciones Unidas y de constituir a juicio del que redacta un magnífico trabajo técnico.

Habría que comenzar por traducirlas al inglés, lo que tomaría tiempo; pero sería necesario contar con la traducción cuando se tramitara un préstamo, en el que intervienen muchos factores técnicos y políticos; la traducción en definitiva sería un elemento más en las discusiones.

/d) El formato

d) El formato editorial de las especificaciones ha resultado poco práctico para su utilización. Aunque esta afirmación pueda parecer inconsistente, en la realidad, el tamaño, la presentación, encuadernación, tipo de letra y calidad del papel han influido desfavorablemente en el ánimo de los dirigentes y constructores de carreteras en Centroamérica. Las normas, para ser manejables deberían haber sido impresas en la forma de manual tipo de bolsillo y no como han sido distribuidas. Es un aspecto técnico y subjetivo de valor indudable.

#### 8. Pavimentos más usados

25. En cuanto a los tipos de carpetas de rodamiento más usadas, se han generalizado en casi toda Centroamérica los tratamientos superficiales, sencillos y dobles, por su bajo costo inicial y por considerarse apropiadas, en un alto porcentaje, al bajo volumen de tránsito, común en el sistema vial centroamericano.

26. Conviene señalar, sin embargo, que en algunos casos se está cayendo en el error de generalizar demasiado este tipo de pavimento, pues el volumen e intensidad de tránsito, relacionados con el régimen de lluvias de la región, requieren con frecuencia una superficie de rodamiento de calidades superiores. Por ello será necesario aprobar recomendaciones que examinen y definan las soluciones más indicadas, técnica y económicamente, para cada caso. En definitiva, deberá contarse con un sistema reglamentario en el que se encuentre debidamente proporcionada la inversión con el servicio previsto y donde se ponga mayor atención al costo anual de mantenimiento que a la inversión inicial, hasta donde sea prácticamente posible, en razón de los escasos recursos económicos con que suele contarse.

## IV. COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EXISTENTES

27. Desde que se concibió el proyecto relativo a un estudio común sobre la construcción de pavimentos flexibles, se estimó necesario tomar en cuenta los resultados obtenidos en el área para orientar mejor el criterio de selección de los tipos de pavimentos flexibles más adecuados y que económica y técnicamente convengan más al área centroamericana. Ello requiere el establecimiento de organismos que puedan recoger y dar a conocer datos y experiencias de los distintos países en carreteras ya construídas.

28. Al investigar las calidades de los pavimentos existentes, el objeto primordial, más que el de calificar estrictamente el resultado de los pavimentos, consiste en realizar una apreciación relativa de los más comúnmente usados que permita establecer una correlación entre la calidad y el servicio prestado dentro de determinadas circunstancias conocidas o que puedan ser investigadas. No se trata, pues, del establecimiento de un sistema de calificación dentro de cánones muy estrictos mediante el empleo de fórmulas matemáticas que no sería práctico ni podría ser objetivo.

29. Para obtener la información que se estima necesaria se ha preparado una fórmula especial que se adjunta como anexo 1 y cuyo texto reunirá, para cada sección escogida, los datos básicos imprescindibles para el establecimiento de los niveles de comparación. Figuran, entre otros, los siguientes:

- a) Volumen de tránsito, con su variación anual;
- b) Tipo de tránsito;
- c) Precipitación lluviosa, temperatura máxima y mínima de la zona;
- d) Criterio de diseño empleado en la determinación de las distintas partes componentes de la estructura del pavimento;
- e) Especificaciones de construcción empleadas, incluyendo las modificaciones específicas que tuvo el proyecto;
- f) Costo por kilómetro de la sección construída;
- g) Costo unitario de cada una de las partes de la estructura del pavimento;
- h) Estudios de suelos y de los materiales empleados;

i) Tipo de

- i) Tipo de inspección establecida durante el proceso de construcción;
- j) Mantenimiento que ha requerido el proyecto y costo por kilómetro por año;
- k) Condiciones de drenaje del pavimento y la zona;
- l) Características topográficas;
- m) Estado actual de toda la estructura del pavimento, desde la subrasante hasta la superficie de rodamiento (que requerirá pruebas sencillas de laboratorio).

30. El éxito que se obtenga con este estudio estará por supuesto supeditado: primero, al cumplimiento en cada país de los ofrecimientos hechos; y, segundo, a la imparcialidad y veracidad de la información que se suministre.

31. Se comprende fácilmente el propósito que se persigue con esta clase de investigación en cada país. Permitirá, mediante un análisis serio de las experiencias obtenidas, resolver debida y razonablemente el problema sobre la clase de pavimento que económicamente convenga más para determinadas características de tránsito, topografía, suelos, drenajes, precipitación, etc. Estos datos, por otro lado, serán básicos para la selección de las normas de diseño y construcción.

32. De acuerdo con las consultas llevadas a cabo, los proyectos ofrecidos en cada país para su respectivo análisis fueron los siguientes:

Guatemala:

- a) Ruta del Atlántico (Sitio El Rancho-60 Km)
- b) Mazatenango-Retalhuleu (Carretera del Pacífico- 20 Km)
- c) Retalhuleu-Túnel (Intertronal Interamericana-Occidente 20 Km)
- d) San José-Guatemala (100 Km)
- e) Escuintla-Mazatenango (120 Km)
- f) Escuintla-Taxisco

/El Salvador:

El Salvador:

- a) San Salvador-Apopa (base granular)
- b) Apopa-Guazapa (estabilización)
- c) Guazapa-Aguilares (estabilización arena-asfalto)
- d) Aguilares-Lempira
- e) Usulután-Playón (Litoral)
- f) La Libertad-Comalapa (Litoral)

Honduras:

- a) Carretera del Sur, Km 16 a 17
- b) Carretera del Sur, otros tramos
- c) San Pedro Sula-La Lima
- d) Búfalo-Cortés
- e) Chamalecón-Santa Rosa de Copán

Nicaragua:

- a) Managua-León, Km 45 al 60
- b) Managua-Masaya, algunos tramos
- c) Interamericana-Las Maderas-Darío

Costa Rica:

- a) Sabana-Pavas (3 kilómetros)
- b) Desamparados-San Ignacio de Acosta (25 kilómetros)
- c) San José-San Domingo-Pirro (9 kilómetros)
- d) Alajuela-San Isidro (9 kilómetros)
- e) San Joaquín-Santa Bárbara (5 kilómetros)
- f) Y Griega-San Antonio (2 kilómetros)
- g) San José-Paso Ancho (2 Km)
- h) San José-San Sebastián (5 Km)
- i) Piedades-Villa Colón (4 Km)
- j) Naranjo-Ciudad Quesada (45 Km)
- k) Ciudad-Quesada-La Marina (10 Km)
- l) San Josecito-Atenas (10 Km)
- m) Uruca-Incurables (4 Km)
- n) Cartago-Turrialba (42 Km)
- o) Las Nubes-Cascajal (5 Km)
- p) San José Alajuelita (6 Km)

/q) San José

- q) San José-Desamparados (2 Km)
- r) Betania-Guadalupe (1 Km)
- s) Tibás-San Isidro (10 Km)
- t) Desamparados-Patarrá (5 Km)
- u) Heredia-Gallito (10 Km)
- v) Heredia-Vara Blanca (20 Km)
- w) San Francisco de Heredia-Belén-El Coco (11 Km)
- x) Alajuela-La Guácima (10 Km)
- y) Heredia-San Isidro (10 Km)

Se estudiarán, pues, 45 proyectos, en secciones que, sumadas, pasan de los 500 Km.

33. Los proyectos y las secciones se eligieron con la intención de cubrir prácticamente la totalidad de las características citadas anteriormente.

34. El plazo acordado para que se efectúe cabalmente en cada república el estudio correspondiente, ha sido de 8 a 10 meses a partir de junio de 1961; fue previamente discutido y se consideró adecuado por todos los organismos consultados.

35. La cooperación voluntaria de todos los organismos de carreteras de Centroamérica para este estudio ha sido evidente; sólo falta que se lleve a cabo lo prometido y para ello será preciso mantener un contacto estrecho y permanente entre los funcionarios responsables para que pueda seguirse el curso de las respectivas investigaciones.

/V. ADOPCION

## V. ADOPCION DE METODOS ESTANDAR DE DISEÑO Y OTRAS RECOMENDACIONES

36. De lo dicho se deduce la dificultad de establecer recomendaciones sobre sistema o sistemas de diseño a seguir, sin antes haber estudiado toda la información que habrá de recogerse, de acuerdo con lo expuesto en la parte IV. La adopción de prácticas estándar de diseño quedará, pues, sujeta y estará basada en el análisis de la información que se obtenga, de acuerdo con lo previsto. Entre tanto, se pusieron en manos de los funcionarios de carreteras las primeras recomendaciones dadas en el sentido de normalizar la calidad y los espesores mínimos de base y superficie de rodamiento en relación con la intensidad y la clase de tránsito previstos. Estas recomendaciones aparecen en el anexo 2 sobre "Espesores mínimos de superficie de rodamiento y base para diferentes clasificaciones de tránsito".

37. Con base en los puntos anteriores, el experto presenta a continuación algunas sugerencias y recomendaciones para resolver los problemas planteados. La mayoría son de carácter general y no hacen excepciones particulares por país, para no herir susceptibilidades ni hacer diferencias, siempre inconvenientes.

a) Por estimarse imprescindible para diseñar cualquier tipo de pavimento, conocer su comportamiento ante las características más elementales del tránsito, se recomienda la adquisición por los países centroamericanos, de equipo automático suficiente y adecuado para el registro del número y peso de vehículos por las carreteras;

b) Para evitar la falta de la indispensable continuidad entre la labor de investigación previa de suelos y materiales para el correcto diseño del pavimento y la de inspección durante la fase de construcción (puesto que debe garantizarse el cumplimiento de las especificaciones técnicas), y por ser a todas luces beneficioso que el personal de laboratorio adquiriera las enseñanzas prácticas que sólo el contacto con las obras en proceso le puede dar, se sugiere a todos los países centroamericanos que, en las direcciones de carreteras, se centralice la labor de diseño y la de inspección de la construcción del pavimento, en un sólo organismo (técnico y administrativo) para que el planeamiento y la ejecución de las obras mantengan una estrecha relación.

/c) Para evitar



c) Para evitar o reducir al máximo la subjetividad en la aplicación de las especificaciones a los trabajos ejecutados por administración, que afectan a la calidad de la obra, se recomienda a los organismos centroamericanos de carreteras, tratar de realizar las obras, siempre que sea posible, por el sistema de licitación;

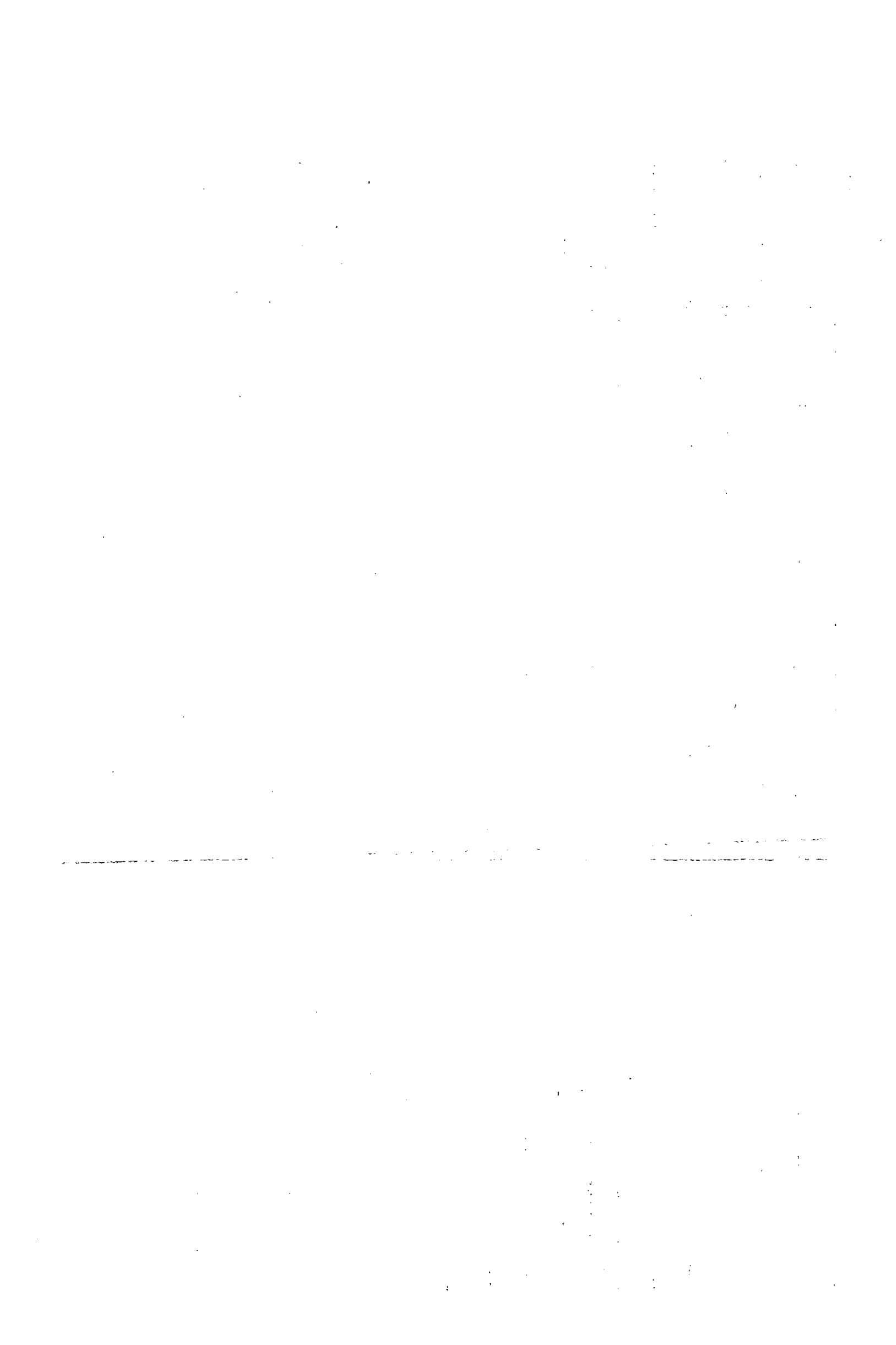
d) Dentro del problema que constituye la uniformización de especificaciones de construcción de pavimentos en el ámbito centroamericano, teniendo presente la aplicación experimental de las "Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes en Centroamérica y Panamá", y conociendo el empleo que en estos momentos se hace en Centroamérica de las "Especificaciones Estándar para Construcción de Carreteras y Puentes en Proyectos Federales de Caminos" (Bureau of Public Roads de los Estados Unidos de Norteamérica), se sugiere:

- i) Prever un estudio detenido en acción conjunta, de las "Especificaciones Estándar para Construcción de Carreteras y Puentes en Proyectos Federales de Caminos" (FP-1961), con el propósito de
- ii) Revisar las "Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes en Centroamérica y Panamá" en una próxima reunión, como ha previsto la resolución 1 (SC.3) del Subcomité de Transporte y la resolución 45 del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano;
- e) Una vez revisadas y aprobadas las Especificaciones Centroamericanas, deberán cumplirse los siguientes requisitos para que obtengan el valor esperado:

- i) Los gobiernos deberán comprometerse formalmente a usar esas especificaciones en todos sus proyectos, sin excepción;
- ii) Las especificaciones aprobadas deberán ser traducidas al inglés;
- iii) Deberá obtenerse el reconocimiento oficial de las especificaciones aprobadas por las instituciones prestatarias, como el Banco Mundial, Eximbank, Banco Interamericano de Fomento Económico, etc.
- iv) Las especificaciones aprobadas deberán editarse y publicarse en un libro de tamaño máximo de 12 x 20 cm., en un papel, tipo de letra y formato, que las hagan manejables y funcionales.







Notas:

- I. La distancia entre estaciones no será mayor que 200 m.
- II. Adjunto con el presente cuadro deberán incluirse las siguientes pruebas efectuadas con los materiales obtenidos en cada una de las estaciones
  1. Superficie de rodamiento, si se tratara de cualquier mezcla asfáltica:
    - a) granulometría de los agregados
    - b) contenido de bitumen
    - c) adherencia de los agregados si se tratara de agregados hidrofílicos
  2. Base:
    - a) granulometría
    - b) abrasión
    - c) límite líquido
    - d) límite plástico
    - e) contracción lineal
  3. Sub-base
    - a) granulometría
    - b) límite líquido
    - c) límite plástico
    - d) contracción lineal
  4. Sub-rasante (últimos 15 cm)
    - a) % pasando mallas 10-40 y 200
    - b) límite líquido
    - c) límite plástico
    - d) CBR in situ
    - e) proctor estándar
    - f) densidad de campo
    - g) gravedad específica (para determinar porcentaje de saturación)

ESPEORES MINIMOS DE CARPETA DE RODAMIENTO Y BASE  
 PARA DIFERENTES CLASIFICACIONES DE TRANSITO

Número máximo de vehículos por día ( 2 vías )	Clasificación del tránsito	Espesores en cm de sup. de rod. y base			
		Base asfáltica o Base estabilizada		Otras bases	
		Sup. Rod.	Base	Sup. Rod.	Base
160 <u>1/</u>	Liviano (D)	1.27-2.54	6.35	1.27-2.54	10.16
1 000 <u>2/</u>	Mediano (C)	3.81	8.89	3.81-5.08	11.43-10.16
2 500 <u>3/</u>	Pesado (B)	5.08-6.35	11.43-10.16	5.08-6.35	15.24-13.97
Ilimitado	Muy pesado (A)	7.62	12.70	7.62	17.78

Notas:

El espesor resultante de la suma de superficie de rodamiento y base se mantendrá invariable, pudiéndose hacer pequeños ajustes en los espesores individuales.

Con el objeto de ilustrar sobre la calidad de la superficie de rodamiento y base sugeridas, se hacen las siguientes aclaraciones:

a) Superficie de rodamiento:

1. Tránsito liviano (D): Tratamientos superficiales sencillos
2. Tránsito mediano (C): Tratamientos superficiales múltiples (bituminous mat surfacing), mezclas en camino o en planta
3. Tránsito pesado (B): Macadam asfáltico métodos de penetración (6.35 cm.) o concreto asfáltico (5.08 cm)
4. Tránsito muy pesado: Concreto asfáltico.

b) Base asfáltica: Especificaciones FP-57 4/, sección 220, Instituto de Asfaltos de signación B-7 5/, o similar.

c) Base estabilizada: Suelo cemento, toba-cal o cualquier otro material estabilizado con una resistencia a la compresión inconfiada de 21.1 Kg. 1 cm.2 (300 psi.)

d) Base no asfáltica:

1. Tránsito pesado (A) y muy pesado (B): Especificaciones FP-57 4/, sección 200 graduaciones B-1, C-1, D-1 y F-1, o similares
2. Tránsito medio (C), y liviano (D): Especificaciones FP-57 4/, sección 200, graduaciones B, C, D, y E, o similares.

1/ No más de 10 vehículos pesados y buses de pasajeros

2/ No más de 50 vehículos pesados y buses de pasajeros

3/ No más de 250 vehículos pesados y buses de pasajeros

4/ Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects, U. S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Enero de 1957

5/ Construction Specifications, The Asphalt Institute Construction Series No. 80, Agosto de 1947.