


223 pag

Unidad Ejecutiva
 BIRBITEGA CONGRESO

Revisado el 927
 94-01-10

Valor \$: 200

No Clasificación 1994 C392 IC.242



< CONSTRUCCION VIAL >
 < VELACRUZ > < CATACUCHA >

627 x 133 JC

627
 Carretera Construcción
 Velacruz
 Catacocha
 JOJA
 MOP.

627.7

 627



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CONVENIO MOP-UTPL
Memoria Técnico - Descriptiva de
Construcción de la Carretera
“Velacruz - Catacocha”

Previa a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL

A U T O R :

Giovanni Celi J.

D I R E C T O R :

Ing. Galo Costa M.

218 P.

LOJA - ECUADOR

1992



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

Señores:

MIEMBROS DEL H. CONSEJO DE FACULTAD
DE INGENIERIA CIVIL DE LA UTP

De mis consideraciones:

En calidad de Director, de la Memoria
Técnica que versa sobre "CONSTRUCCION DE LA CARRETERA
VELACRUZ-CATACUCHA"; realizado por el Sr. egresado
Giovanni Celi T.

C E R T I F I C O :

Haber efectuado la revisión y
corrección del borrador de la presente Memoria Técnica,
la misma que cumple con las recomendaciones y
sugerencias realizadas; razón por la cual autorizo su
presentación ante el H. Consejo de Facultad.

De Uds. muy atte.



Ing. Galo Costa M.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar expresa constancia de mi noble reconocimiento a la UTPL y de igual manera al MOF por facultarme ser un Becario más del convenio de Asistencia Técnica MOF-UTPL.

Formulo mi gratitud a todos y cada uno de los profesores que conforman la Facultad de Ing. Civil; quienes desinteresadamente y tolerantes ofrecieron y fomentaron en mi un gran acervo cultural y científico, convirtiéndome con beneplácito en un hombre útil a la sociedad.

También manifiesto mi agradecimiento al Sr. Ing. Galo Costa M. Director de la presente Memoria Técnica y a todo el personal de Fiscalización del Proyecto.

Por último, mi correspondencia a cada uno de mis compañeros de aula en la Universidad, a mis amigos dentro y fuera de ella y aquellos que de una u otra manera contribuyeron con su apoyo a que culminara una de las etapas más sobresalientes de mi vida.

DEDICATORIA

Con el más grande afecto, esta Memoria Técnica la dedico a mis apreciados padres, quienes con abnegación y denuedo entregaron cada uno de sus días por ver realizado y culminado mi deseo.

También a mis hermanos, que valoraron con grandeza cuan importante es la ayuda y comprensión.

AUTORIA

Las exposiciones y cálculos realizados en el desarrollo del presente trabajo, son de entera responsabilidad del autor.

Giovanni Celi T.

INTRODUCCION

La presente Memoria Técnica, la he realizado acoguéndome al Convenio de Asistencia Técnica que existe entre el Ministerio de Obras Púbricas y Comunicaciones y la Universidad Técnica Particular de Loja.

El año de Ingeniería Rural, lo iniciamos con un curso en la ciudad de Quito y cuyo objetivo fué el de complementar los conocimientos teórico-prácticos del becario.

Teóricos en cuanto a las funciones y objetivos que cumple la Fiscalización en el Control y Ejecución de las Obras Viales y Prácticos referente a Ensayos de Laboratorio realizados en el Beaterio del Ministerio de Obras Púbricas.

Concluido éste curso, previo a un sorteo, fui

asignado al Proyecto de Construcción de la carretera "Velacruz-Catacocha".

Este trabajo se divide en cinco capítulos y se han descrito de acuerdo a la secuencia lógica de construcción.

El primer capítulo denominado "GENERALIDADES", enfoca una idea general de la carretera en cuanto a Antecedentes, Importancia, Ubicación y Justificación de la obra construida mediante contratación por la compañía "COSURCA".

En el capítulo segundo, titulado "DATOS DE CONSTRUCCION", se exponen los procedimientos a seguirse en oficina como en el campo para ubicar el eje de la vía, ya se trate de curvas o tangentes; se indica además los elementos que conforman el trazado horizontal, ejemplos de cálculo del replanteo y sus relaciones con el perálte, sobreancho y bombeo; forma de calcular volúmenes para el movimiento de tierras, diseño y ubicación de alcantarillas, diseño comparativo del pavimento método AASHO que de acuerdo a las Normas y Especificaciones del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones es el más utilizado y las características de las capas que lo conforman.

En el capítulo tercero, llamado "TRATAMIENTO

SUPERFICIAL BITUMINOSO; DOBLE RIEGO", se exponen los conceptos y características básicas tanto del riego de Imprimación como del Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB), así como su proceso constructivo teórico y el cálculo de la dosificación teórica por el método de la Regla del Décimo, además el control, fallas y defectos más comunes en las D.T.S.B.

En el capítulo cuarto, se indica mediante ejemplos prácticos como se determina el cálculo del volumen de transporte de las capas del pavimento y su proceso constructivo para la conformación de dichas capas, confección de planillas e informes y la organización del personal de Fiscalización.

Para concluir en el capítulo cinco se establecen las conclusiones y recomendaciones y en general los factores más importantes en la ejecución y control de obras viales; constituyéndose éstos el reflejo de mi observación y punto de vista para lograr los objetivos propuestos.

CONTENIDO

CAPITULO I

GENERALIDADES

- 1.1. Antecedentes.
- 1.2. Importancia Socioeconómica del Proyecto.
- 1.3. Ubicación del Proyecto.
- 1.4. Justificación del proyecto.

CAPITULO II

DATOS DE CONSTRUCCION.

- 2.1. Replanteo.
 - 2.1.1. Trabajo de Oficina.
 - 2.1.2. Trabajo de Campo.
 - 2.1.2.1. Localización en Base a Referencias.
 - 2.1.2.2. Localización en Tangentes.
 - 2.1.2.3. Localización en Curvas.
 - 2.1.2.3.1. Curvas Circulares Simples.
 - 2.1.2.3.2. Curvas de Transición.
 - 2.1.2.3.2.1. Longitud Mínima de la Espiral de Transición.
 - 2.1.2.3.2.2. Elementos de la Curva Circular con Espirales.
- 2.2. Consideraciones de Ferálte, Sobreancho y Bombeo.
 - 2.2.1. Ferálte.
 - 2.2.1.1. Coeficiente de Fricción Lateral.

- 2.2.1.2. Perálte Máximo.
- 2.2.1.3. Desarrollo del Perálte.
- 2.2.2. Sobreancho.
- 2.2.3. Bombeo.
- 2.3. Nivelación.
 - 2.3.1. Reposición de Laterales.
- 2.4. Cálculo de Volúmenes.
 - 2.4.1. Determinación de Areas.
 - 2.4.1.1. Método Gráfico.
 - 2.4.1.2. Método Planimétrico.
 - 2.4.1.3. Método de las Cruces.
 - 2.4.2. Cálculo de Volúmenes entre las Secciones.
 - 2.4.3. Medición de Derrumbes.
- 2.5. Drenajes.
 - 2.5.1. Drenaje Superficial.
 - 2.5.1.1. Diseño de Cunetas.
 - 2.5.1.1.1. Cunetas de Coronación.
 - 2.5.1.1.2. Cunetas de Plano.
 - 2.5.1.2. Diseño de Alcantarillas.
 - 2.5.1.2.1. Alcantarillas de Acero Corrugado.
 - 2.5.1.2.2. Alcantarillas de Hormigón Sección Rectangular.
 - 2.5.1.3. Muros de Ala o Cabezales.
 - 2.5.1.4. Localización de Alcantarillas
 - 2.5.1.4.1. Alineamiento.
 - 2.5.1.4.2. Pendiente.
 - 2.5.1.4.3. Elevación.

- 2.5.2. Drenaje Subterráneo.
- 2.6. Diseño Estructural del Pavimento.
 - 2.6.1. Comprobación del Diseño por el Método de la AASHO
 - 2.6.2. Cálculo de Espesores.
 - 2.6.3. Mejoramiento de la Subrasante: Características-Especificaciones.
 - 2.6.4. Sub-base: características-especificaciones.
 - 2.6.5. Base: características-especificaciones.
- 2.7. Resumen de Ensayos realizados en la Etapa de Construcción.

CAPITULO III

TRATAMIENTO SUPERFICIALES BITUMINOSOS; DOBLE RIEGO

- 3. Generalidades.
 - 3.1. Conceptos básicos.
 - 3.2. Características Básicas.
 - 3.2.1. Riego de Imprimación
 - 3.2.1.1. Ligante.
 - 3.2.1.2. Dosificación.
 - 3.2.1.3. Sistema de Riego del Ligante.
 - 3.2.1.3.1. Barrido.
 - 3.2.1.3.2. Aplicación del Ligante.
 - 3.2.2. Tratamiento Superficial Doble Riego.
 - 3.2.2.1. Ligante.
 - 3.2.2.2. Agregados.
 - 3.2.2.3. Dosificación.

- 3.2.2.3.1. Datos de Cálculo.
- 3.2.2.4. Extensión del Agregado
- 3.2.2.5. Compactación.
- 3.2.2.6. Proceso Constructivo Teórico.
 - 3.2.2.6.1. Preparación de la calzada.
 - 3.2.2.6.2. Barrido.
 - 3.2.2.6.3. Aplicación del Ligante.
 - 3.2.2.6.4. Extensión del Agregado.
 - 3.2.2.6.5. Compactación.
- 3.2.3. Control de Obra.
 - 3.2.3.1. Almacenamiento y Acopios.
 - 3.2.3.1.1. Almacenamiento y Ligantes.
 - 3.2.3.1.2. Depósito de Agregados.
 - 3.2.3.2. Control de Materiales.
 - 3.2.3.3. Control de Dosificaciones.
- 3.2.4. Fallas y Defectos de los Tratamientos Superficiales.
 - 3.2.4.1. Surcos Longitudinales.
 - 3.2.4.2. Peladas.
 - 3.2.4.3. Rápido Desgaste de los Agregados.
 - 3.2.4.4. Desprendimiento de Agregados.
 - 3.2.4.5. Exudación.

CAPITULO IV

CONTROL DE EJECUCION DE OBRA

4.1. Cálculo del Volumen a Transportar

4.1.1. Cálculo del Volumen de Sub-base

- 4.1.2. Cálculo del Volúmen de Base.
- 4.2. Cálculo de Transporte de Volúmenes.
 - 4.2.1. Cálculo del Transporte de Sub-base.
 - 4.2.2. Cálculo del Transporte de Base.
- 4.3. Proceso Constructivo para la Conformación de las Capas de Pavimento.
 - 4.3.1. Cálculo de la Distancia de Distribución de los Materiales para la Obtención de la Mezcla.
 - 4.3.1.1. Cálculo de la Distancia para la Sub-base.
 - 4.3.1.2. Cálculo de la Distancia para la Base.
 - 4.3.2. Inspección de la Subrasante.
 - 4.3.3. Acopio de Materiales.
 - 4.3.4. Mezclado.
 - 4.3.5. Humedecimiento.
 - 4.3.6. Distribución y Conformación.
 - 4.3.7. Compactación.
- 4.4. Confección de Planillas e Informes.
 - 4.4.1. Planillas.
 - 4.4.2. Informes Trimestrales.
- 4.5. Organización.
 - 4.5.1. Personal y Equipo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO PRIMERO
GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones consciente de que para el desarrollo Socioeconómico del país, es necesario contar en el menor tiempo posible con un sistema vial acorde a las necesidades actuales de servicio vehicular, y con el propósito de unirnos con los países vecinos por medio de una vía terrestre, como es la carretera Panamericana; procedió a suscribir el contrato para continuar con el mejoramiento de esta vía, en el sector Sur del país, concretamente en el tramo "VELACRUZ-CATACUCHA" de 20.37 Kms incluidos los accesos Norte y Sur a la ciudad de Catacocha, quedando pendiente la construcción del paso lateral de la vía, con la compañía Constructora COSURCA, el 26 de Agosto de 1987.

Hay que anotar que la vía antigua en cuanto a ruta reunía buenas condiciones, pero que debía mejorarse sustancialmente para ponerla acorde con los requerimientos actuales y futuras de tráfico y desarrollo; lo cual fué motivo de que ésta constituyó la base para el nuevo diseño, con modificaciones que mejoraron sus características geométricas, así como su ancho de obra básica.

Debiendo señalar que el trazado original del Proyecto por atravesar una zona montañosa, con topografía muy irregular, tiene sus limitaciones justificadas en cuanto a características geométricas, especialmente en radios de curvatura y tangentes intermedias.

En los sectores en los que mejora la topografía pasando al tipo ondulado, el trazado así mismo mejora notablemente.

En los tramos caracterizados por topografía montañosa el proyecto en si se ha diseñado ajustándose a dicha topografía, con tangentes adecuadas intercaladas con curvas de transición (espirales) en unos casos y por circulares en otros.

Una vez que el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones dispuso de los Estudios para éste Proyecto, procedió a Licitarse el mismo, luego inicia el

proceso de contratación con la compañía COSURCA. Por lo cual esta compañía Contratista se obligó para con el Estado, y por éste directamente con el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones a ejecutar, terminar y entregar las obras de construcción de la carretera "VELACRUZ-CATACOCCHA", a nivel de Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB), en una longitud de 20.37 Kms. El valor original aproximado y no fijo para éste contrato es de S/. 306'435.092, con derecho a reajuste de precios. El plazo original para la terminación es de 18 meses, siendo su vencimiento el 26 de Diciembre de 1988. Sin embargo por razones de fuerza mayor y de orden técnico, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones procedió a dar al contratista tres ampliaciones de plazo, mediante las Ordenes de Cambio respectivas; por lo que la fecha final de terminación de los trabajos fué hasta el 26 de Diciembre de 1990.

1.2. IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA DEL PROYECTO.

La función principal del mejoramiento y construcción de este tramo de la Panamericana Sur como es la carretera "VELACRUZ-CATACOCCHA", es la de dar mayor comodidad al tráfico vehicular y con ello "romper" situaciones de autoconsumo e integrar áreas productivas a la Economía Nacional.

Esta importante vía nos permite circular en forma rápida, cómoda, segura y económica con la ciudad

de Catacocha, y si se continúa con la construcción de esta vía hasta el puente Internacional en Macará, nos integraríamos de esta forma con el vecino País del Perú y el resto de América.

1.3. UBICACION DEL PROYECTO.

La carretera "VELACRUZ-CATACCOCHA", que en la actualidad se encuentra terminada y prestando un eficiente servicio al usuario acorde con las necesidades de la época, se encuentra ubicada al Sur del País, en la Provincia de Loja, Cantón Faltas; uniendo la Parroquia de Velacruz con la ciudad de Catacocha. Tiene su inicio en la intersección (la Y) con la vía principal que conecta Loja con la Costa en el sitio Velacruz.

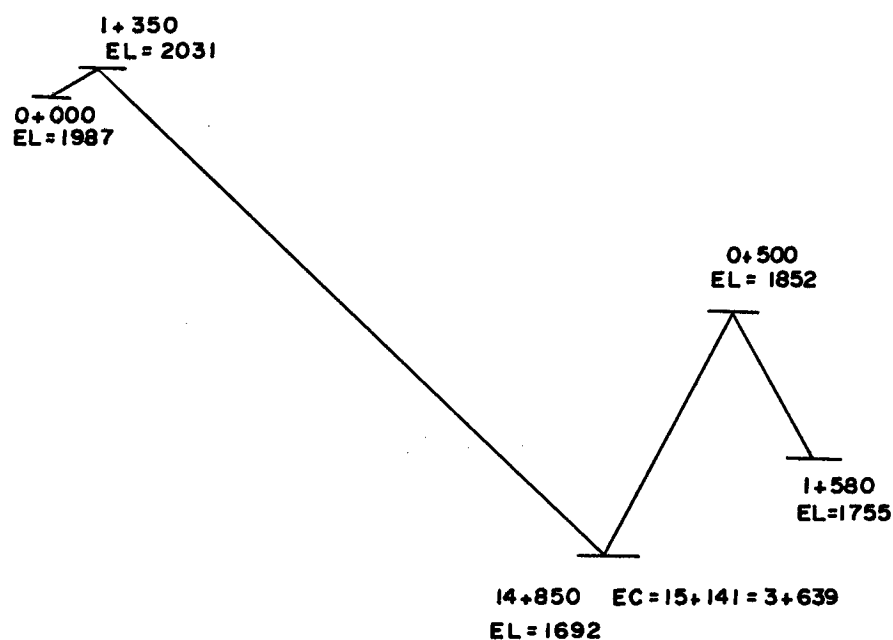
En el siguiente mapa se incluye parte de la Provincia de Loja, y se presenta la ubicación del Proyecto. Ver fig. I - 1.

La situación geográfica del Proyecto es la siguiente:

Km 0+000 (VELACRUZ)	Km 20.37 (CATACCOCHA)
Latitud (N) 03°58'31"	04°02'49"
Longitud (E) 79°30'37"	79°38'52"

La altitud varía entre 1987 m.s.n.m.; en el Km 0+000 donde empieza el tramo y 1755 m.s.n.m.; en el Km 20.37 fin del tramo.

Las cotas en los puntos de inflexión del tramo es la que a continuación se detalla:



1.4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, continuando con su labor de reconstrucción de la red vial del País, ha estimado conveniente realizar la contratación para la construcción y mejoramiento de la carretera VELACRUZ-CATOCOCHA, considerando como punto principal, el de integrar zonas productivas a la Economía Nacional.

Siendo por otro lado ésta obra parte de la red vial básica del País, pues se trata de un tramo de la Panamericana Sur, y el Ministerio de Obras públicas y Comunicaciones consciente de esta realidad trata con este tipo de obras de cumplir con los requerimientos de tráfico vehicular actual y futuro en condiciones de mayor comodidad y seguridad.

Esta vía de es de gran importancia también por encontrarse en un sitio estratégico para la Integración con el resto de América y de manera especial con el vecino País del Sur, que irán en beneficio directo de las actividades económicas y sociales y por ende mayor desarrollo del País.

Así mismo este Proyecto que hoy es una realidad vino a llenar una larga aspiración de Loja en cuanto a vialidad, que es el eje para el mejoramiento del resto de actividades como la agricultura, ganadería, industria, comercio, etc. y con ello las perspectivas de que mejoren los servicios básicos para esta Región de la Provincia.

Por todas estas razones la inversión que ha hecho el Ministerio de Obras públicas y Comunicaciones en la construcción de esta carretera están por demás justificadas.

CAPITULO SEGUNDO
DATOS DE CONSTRUCCION

2.1. REPLANTEO.

Es la fase primera de la ejecución de un proyecto, que sirve para localizar en el terreno el eje del Proyecto horizontal, relacionándolo con el polígono base que se utilizó para el levantamiento, cuyos datos de los vértices deben constar en el plano topográfico, debidamente referenciados. Debiendo realizar estos trabajos la Dirección de Construcciones, específicamente las Fiscalizaciones.

2.1.1. Trabajo de Oficina.

Consiste en el acopio de todos los datos que se hallan consignados en los planos del Proyecto, de tal forma que al realizar los trabajos de campo, se

tenga todo lo necesario. Para tal efecto se preparan las libretas que contengan los datos de replanteo de curvas horizontales circulares o compuestas, ubicación de referencias, abscisado del eje para la reposición de laterales y colocación de Blue-Tops para el tendido de las diferentes capas del pavimento con el respectivo bombeo en las tangentes, sobreancho y peralte en las curvas; y la localización de los BMs.

2.1.2. Trabajo de Campo.

Para poder realizar esta actividad en las mejores condiciones, es necesario contar con personal calificado, es decir, que cada uno desempeñe su actividad específica encomendada, siendo fundamental además su experiencia. De igual forma el equipo topográfico con que se cuente para el replanteo debe estar en óptimas condiciones.

Este trabajo de campo se lo realiza generalmente mediante la integración de un equipo, dirigido por un ingeniero que supervisará el trabajo de los Topógrafos y Niveladores, quienes a su vez dirigirán el trabajo de los Perfileros Cadeneros y Nacheteros.

2.1.2.1. Localización en Base a Referencias.

Esta actividad sirve para reponer el eje del proyecto. Las referencias se hallan debidamente ubicadas en los planos del Proyecto, describen su ubicación en el terreno; esto es la localización de los elementos principales tanto en tangentes como en curvas horizontales como es el caso del PC y PT en curvas circulares, TE y ET en curvas espirales, los PIS ó puntos de intersección de tangentes; así como los BMS que son puntos de cota comprobada.

Generalmente se buscan éstas referencias y BMS en el terreno con la ayuda de las libretas de campo, en las cuales debe constar toda la información y datos recopilados de los planos del Proyecto. Una vez encontradas las mismas se procede con la ayuda del Teodolito y Nivel a medir las distancias con cinta y plomada hasta llegar al eje; éste procedimiento se debe realizar partiendo de todas las referencias para evitar acumulación de errores. Una vez repuesto el eje, se procede a nivelar el mismo y analizar si se han producido variaciones en las cotas, de haberlo se corrige los datos de corte o relleno del Proyecto Vertical, con los cuales se actualizan la laterales con las que se da inicio a la construcción de la vía.

2.1.2.2. Localización en Tangentes.

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas o alineaciones principales. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se lo llama PI, y el ángulo de deflexión (α) es el formado por la prolongación de una tangente y la siguiente. La longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se lo llama: punto obligado de tangente (POT).

2.1.2.3. Localización en Curvas.

Las curvas que enlazan las tangentes pueden ser de dos tipos: Simples ó Compuestas, según se trate de un solo arco de circunferencia, de dos ó más sucesivos de diferente radio, ó arcos de circunferencia, con curvas de transición en los extremos.

2.1.2.3.1. Curvas Circulares Simples.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento puede ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la fig. II-1 y se calculan como sigue en el ejemplo II-1.

Las partes que conforman esta figura son:

Radio de la curva = $OA = OB = R$

Angulo al centro (deflexión) = α

Cuerda Principal = $AB = C$

Cuerda parcial = $AC = a$

Tangente = $AV = VB = T$

External = $CV = E$

Flecha = $cp = F$

Longitud de la curva = Arco $ACB = L$

Principio de curva = PC

Principio de tangencia = PT

Vértice o $PI = V$

Los valores matemáticos de cada una de sus partes se determina por las siguientes expresiones:

$$1. T = R. \text{ tang } \alpha/2$$

$$2. L = (\pi. R. \alpha)/180$$

$$3. E = R (\text{Sec } \alpha/2 - 1)$$

$$4. Dx = 90. Lx/\pi. R$$

$$5. a = 2R. \text{ Sen } (Dx2 - Dx1)$$

En la fórmula Nro. 5 se tiene que la cuerda de replanteo es función directa del radio y de los ángulos

de replanteo.

Donde:

DX2 = Angulo de replanteo correspondiente a la abscisa en análisis (grados, minutos y segundos)

DX1 = Angulo de replanteo correspondiente a la abscisa anterior (grados, minutos y segundos).

A continuación se presenta el ejemplo II-1, para el cálculo del replanteo de una curva circular simple:

Ejemplo II-1

Curva horizontal derecha Bro. 15 (variante)

$$\alpha = 32.02$$

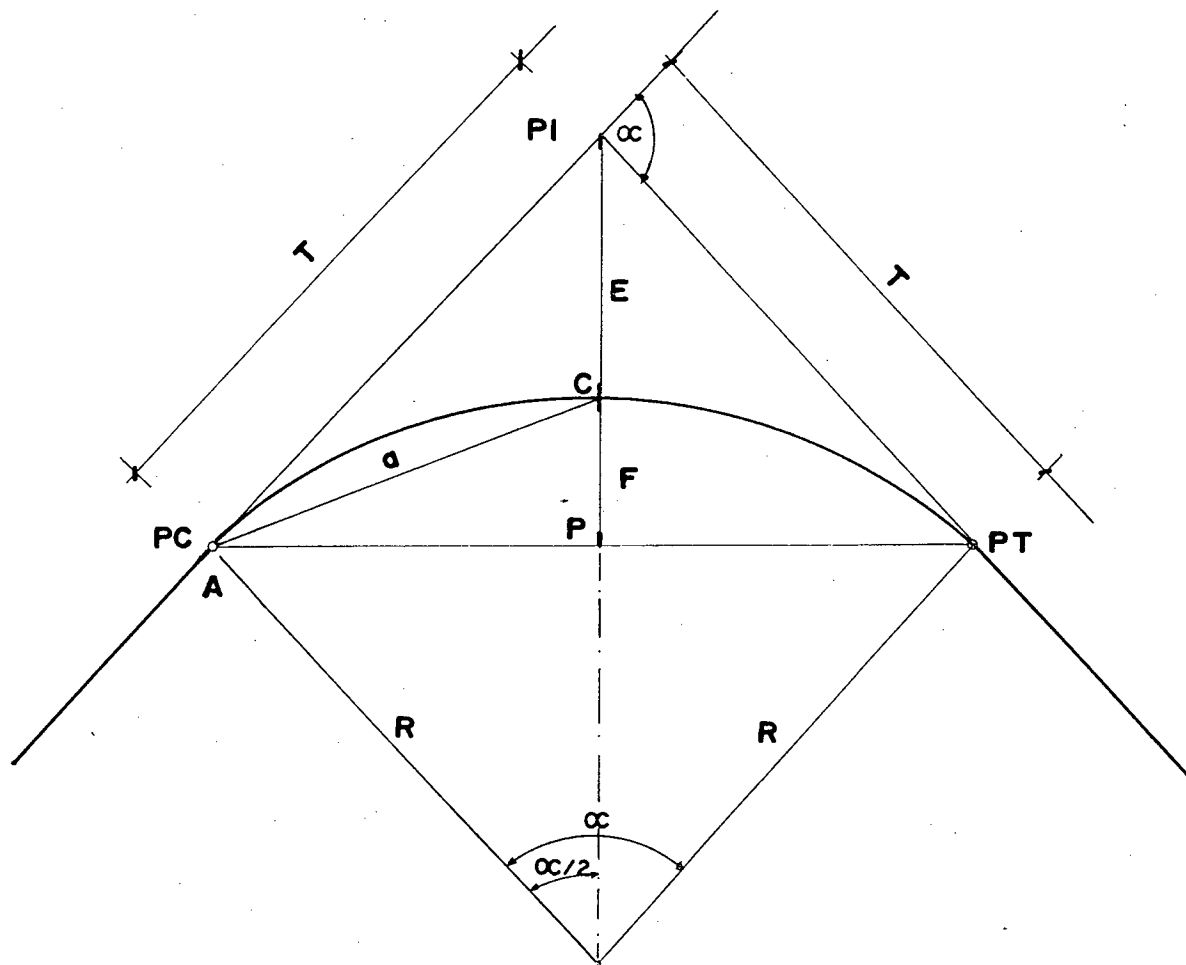
$$R = 200 \text{ m} \qquad \text{PC} = 2 + 362.57$$

Aplicando las fórmulas descritas anteriormente tendremos:

$$T = 57.41 \qquad \text{PI} = 2 + 419.98$$

$$Lc = 111.82 \qquad \text{PC} = 2 + 362.57$$

$$Ex = 8.08 \qquad \text{PT} = 2 + 474.39$$



ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR

FIG. II-1

Los ángulos y cuerdas para el replanteo son:

	Longitud Arco	Ángulos Replanteo	Cuerdas Replanteo
PC =2+362.57			7.43
2+370	7.43	01-03-51	10.00
+380	17.43	02-29-48	10.00
+390	27.43	03-55-44	10.00
+400	37.43	05-21-40	10.00
+410	47.43	06-47-37	10.00
+420	57.43	08-13-34	10.00
+430	67.43	09-39-30	10.00
+440	77.43	11-05-27	10.00
+450	87.43	12-31-23	10.00
+460	97.43	13-57-20	10.00
+470	107.43	15-23-16	4.39
PT= 2+474.39	111.82	16-01-00($\alpha/2$)	

Este es el procedimiento cuando existe visibilidad para replantear toda la curva desde el PC, cuando esto no es posible se realizan los POC intermedios dentro de la curva; este caso se tiene cuando las visuales son largas en curvas muy grandes o pueden existir obstáculos que impidan la visibilidad de uno de los puntos, para ello el procedimiento es el siguiente:

a) Desde el PC o PT se localiza el POC a partir del

cual se continuará el replanteo de la curva.

- b) Se levanta el aparato y se estaciona en el POC.
- c) Se encera el teodolito visando a la estación donde fue levantado, luego se lo transita.
- d) Se coloca en el limbo horizontal el valor del ángulo de replanteo correspondiente a la abscisa siguiente.
- e) Se mide la cuerda parcial desde la estación anterior alineándose en esta dirección. Así se continúa hasta llegar al PT o PC.

2.1.2.3.2. Curvas de Transición.

Quando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva, requiere hacerlo en forma gradual, tanto en el cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición.

Se define como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que

corresponde para la curva circular.

La aceleración centrífuga de un vehículo que se mueve a velocidad uniforme (V), vale V^2/R_c ; para este caso, la aceleración varía de manera continua desde cero para la tangente hasta V^2/R_c para la curva circular de radio R_c .

La curva de transición debe proyectarse de manera que la variación de la curvatura γ , por lo tanto, la variación de la aceleración centrífuga, sean constantes a lo largo de ella.

Si la longitud de la curva de transición es L_c , la variación de la aceleración centrífuga por unidad de longitud vale: $V^2/R_c L_c$; en un punto cualquiera de la curva, situado a una distancia L del origen de la transición, la aceleración centrífuga valdrá: $V^2 L/R_c L_c$; por otra parte, si la curvatura en el punto considerado es $1/R$ la aceleración centrífuga en ese mismo punto valdrá V^2/R ; por lo cual:

$$\frac{V^2 L}{R_c L_c} = \frac{V^2}{R}$$

Simplificando: $R L = R_c L_c$

pero: $R_c L_c = K^2$

En donde:

$K =$ es una magnitud constante, ya que R_c
y L_e también lo son.

Entonces:

$$R L = K^2$$

La expresión anterior es la ecuación de la curva conocida como clotoide o espiral de Euler, que cumple con la condición de que el producto del radio y la longitud a un punto cualquiera es constante. Tiene la propiedad de que cuando aumenta o reduce su parámetro K , todas las medidas lineales cambian en la misma proporción, permaneciendo los elementos que determinan su forma sin cambio alguno.

Como la clotoide de curvatura $1/R$ es proporcional a su longitud, se tiene en ella a la curva mas apropiada para efectuar transiciones.

Existen otras curvas que pueden servir para el mismo fin cuando el ángulo de deflexión θ_e es pequeño, como la parábola cúbica, cuya curvatura es proporcional a la proyección de la longitud sobre la tangente en su origen, o la lemniscata de Bernoulli, cuya curvatura es proporcional a la distancia polar.

Aquí se considera la clotoide por ser el caso

más general y presenta ventajas apreciables en lo que se refiere a suavidad de marcha, velocidad sin riesgos y formas de desarrollar gradualmente el peralte.

2.1.2.3.2.1. Longitud mínima de la espiral de transición.

Las transiciones tienen por objeto permitir un cambio continuo en la aceleración centrífuga de un vehículo, así como de la sobreelevación y la ampliación. Este cambio será función de la longitud de la espiral, siendo más repentino conforme esta longitud es más corta.

Como se vió antes la aceleración centrífuga a_c en un punto cualquiera de la curva vale:

$$a_c = \frac{V^2 L}{R_c L_e}$$

Si se llama t al tiempo que necesita el vehículo para recorrer la espiral a velocidad uniforme V ; en un punto cualquiera de la curva se tendrá que: $L = V t$, sustituyendo en la expresión anterior:

$$a_c = \frac{V^2 V t}{R_c L_e} = \frac{V^3 t}{R_c L_e}$$

Por otra parte, la variación de la aceleración

centrífuga debe ser constante, o sea:

$$\frac{d a_c}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{V^3}{R_c L_e} = C$$

$$\frac{V^3}{R_c L_e} = C \quad L_e = \frac{1}{C} \frac{V^3}{R_c}$$

En donde:

- Le = Longitud mínima de la espiral, en m
- V = Velocidad del vehículo, en m/seg
- Rc = Radio de la curva circular, en m
- C = Coeficiente de variación de la aceleración centrífuga, o coeficiente de comodidad, en m/seg²/seg.

Expresando a la velocidad Km/h, la expresión anterior resulta:

$$L_e = 0.072 \frac{V^3}{C R_c}$$

En donde:

- Le = Longitud mínima de la espiral, en m
- V = Velocidad de diseño, expresada en Km/h
- R = Radio de la curva, expresada en m
- C = Coeficiente, que varía entre 1 y 3. Adoptándose generalmente en el País un

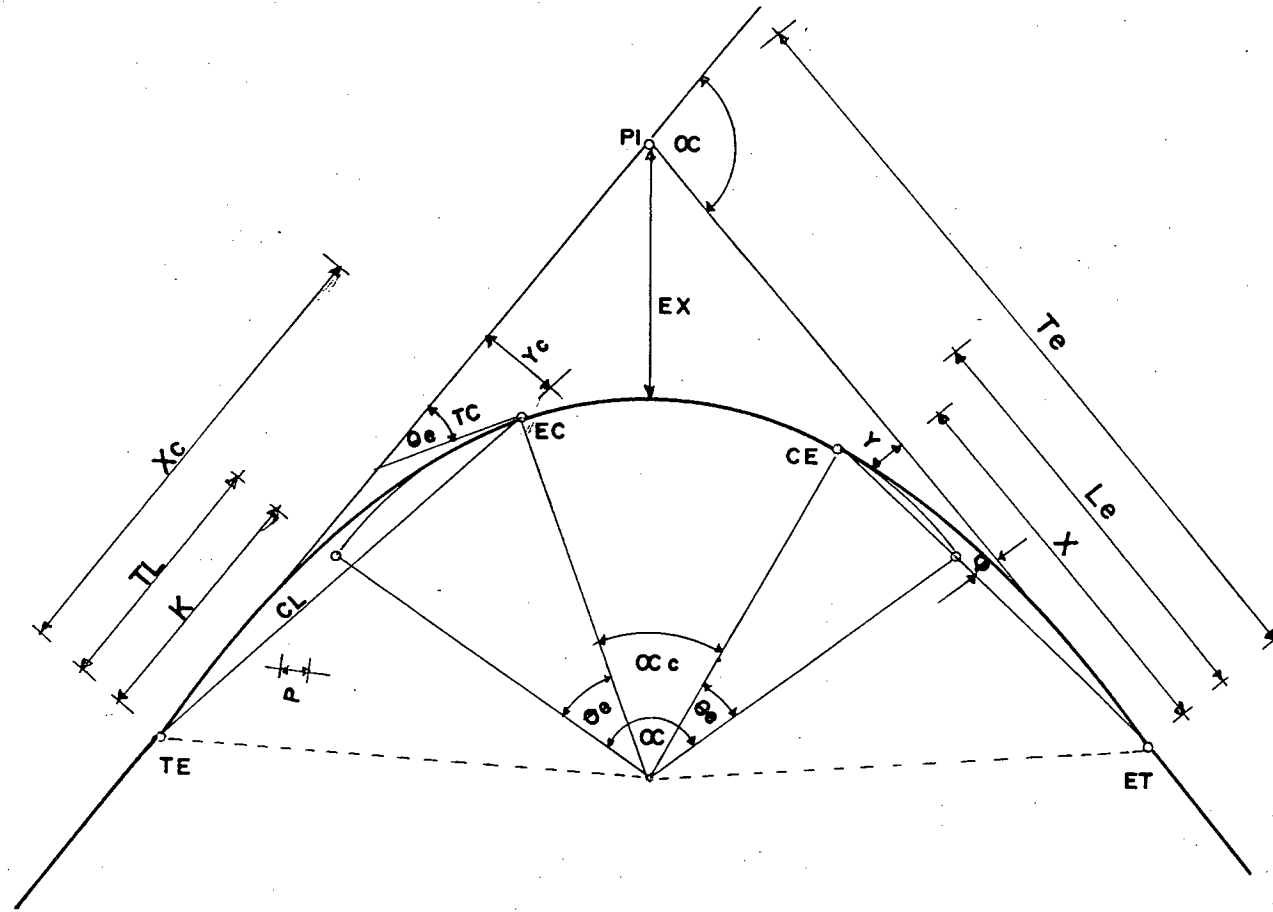
valor de $C = 2$.

Las longitudes de las espirales del Proyecto han sido determinadas previamente durante la fase de estudios.

2.1.2.3.2.2. Elementos de la curva circular con espirales.

En la fig. II-2, se indica cada una de las partes que componen a la curva circular con espirales. La nomenclatura de los elementos es:

- PI = Punto de intersección de las tangentes principales
- TE = Punto común de la tangente y espiral
- EC = Punto común de la espiral y circular
- CE = Punto común de la circular y espiral
- ET = Punto común de la espiral y la tangente
- Rc = Radio de la curva circular
- Le = Longitud de la espiral
- Lc = Longitud de la curva circular
- LT = Longitud total de la curva
- Te = Segmento de la tangente principal entre TE y PI
- Ex = External de la curva total
- TL = Longitud de la tangente larga de la espiral
- TC = Longitud de la tangente corta de la espiral
- CL = Cuerda de la espiral entre TE y EC
- K_xP = Coordenadas del PC con respecto al TE



ELEMENTOS DE LA CURVA ESPIRAL

FIG. 11-2

- α = Ángulo de deflexión en el PI
 θ_e = Ángulo de las tangentes entre los extremos de la espiral
 α_c = Ángulo de la curva circular
 ϕ = Ángulo de deflexión desde TE al Ec
 X_c, Y_c = Coordenadas del punto EC con respecto al TE
 X, Y = Coordenadas de un punto cualquiera de la espiral con respecto al TE.

Las fórmulas de cálculo que se emplean para determinar los valores de las partes de la espiral son:

1. $\theta_e = 90 L_e / (R_c \cdot \pi)$ (grados, minutos, segundos)
2. $X_c = L_e (1 - \theta_e^2/10 + \theta_e^4/216 - \theta_e^6/9360)$ (m)

Empleando dos términos de la serie, se obtiene un valor de X_c muy aproximado, y es el empleado en los cálculos normalmente:

$$X_c = CL \cos (\theta_e/3) \text{ (m)}$$

3. $Y_c = L_e (\theta_e/3 - \theta_e^3/42 + \theta_e^5/1320 - \theta_e^7/75600)$ (m)

Se obtiene un valor muy aproximado empleando solamente dos términos de la serie:

$$Y_c = CL \sen (\theta_e/3)$$

$$4. CL = \sqrt{Xc^2 + Yc^2}$$

$$5. P = Yc - Rc (1 - \cos \theta_e) \quad (m)$$

$$P = Le^2/24 Rc \quad (m)$$

$$6. K = Xc - Rc \sin \theta_e \quad (m)$$

$$7. Te = (Rc + P) \tan \alpha/2 + K \quad (m)$$

$$8. \alpha_c = \alpha - 2\theta_e \quad (\text{grados, minutos, segundos})$$

$$9. Lc = \pi Rc \alpha_c/180 \quad (m)$$

$$10. Ext = (Rc + P) (\sec \alpha/2 - 1) + P \quad (m)$$

$$11. LT = 2 Le + Lc \quad (m)$$

Replanteo de la espiral desde TE a EC o ET a CE

$$12. g = \theta_e/3 (Lx^2/Le^2) \quad (\text{grados, minutos, seg.})$$

Replanteo de la circular del EC a CE o
viciversa.

$$13. g = \alpha_c/2 Lc (Lx)$$

Donde:

g = ángulo de replanteo

Lx = longitud del arco acumulado

A continuación en el ejemplo II-2, se presenta el cálculo para el replanteo de una curva circular con espirales.

Ejemplo II-2

Curva horizontal izquierda N°. 20 (variante)

$$\alpha = 55 - 04$$

$$R = 60 \qquad TE = 3 + 175.43$$

$$Le = 40$$

Aplicando las fórmulas descritas anteriormente tendremos:

$$\theta_e = 19 - 05 - 55$$

Abcisado

$$P = 1.11$$

$$TE = 3 + 175.43$$

$$K = 19.93$$

$$EC = 3 + 215.43$$

$$T = 51.78$$

$$CE = 3 + 233.09$$

$$Ex = 8.91$$

$$ET = 3 + 273.09$$

$$\alpha_c = 16 - 52$$

$$PI = 3 + 227.21$$

$$Lc = 17.66$$

$$LT = 97.66$$

Los ángulos y cuerdas para replantear los ramales de las curvas espirales son:

	Long. Arco Acumulado	Ángulos Replan. Acumulados	Cuerdas a medir
TE = 3 + 175.43			
+ 185.43	10.00	0 - 23 - 52	10.00
+ 195.43	20.00	01 - 35 - 30	10.00
+ 205.43	30.00	03 - 34 - 52	10.00
EC = 3 + 215.43	40.00	06 - 21 - 58($\theta_e/3$)	10.00

Los ángulos y cuerdas para replantear el tramo central que es tipo circular tomando en cuenta que se debe iniciar "encerando" el aparato en el TE con los $2/3$ del θ_e (θ_e = ángulo deflexión curva espiral).

$$2/3 \theta_e = 12 - 43 - 57$$

	Long. Arco Acumulado	Ángulos Replan. Acumulados	Cuerdas a medir
EC = 3 + 215.43			
+ 220	4.57	02 - 10 - 56	4.57
+ 230	14.57	06 - 57 - 28	9.98
CE = 3 + 233.09	17.66	08 - 26 - 00(ac/2)	3.11

Este es el procedimiento para calcular y replantear este tipo de curvas, cuando existe visibilidad suficiente.

2.2. CONSIDERACIONES DE PERALTE, SOBREAÑO Y BOMBEO.

2.2.1. Peralte.

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado radialmente hacia afuera, por efecto de la fuerza centrífuga. Esta fuerza debe ser contrarrestada por las fuerzas componentes del peso del vehículo, debido al peralte en las curvas y por la fuerza de fricción desarrollada entre los neumáticos y la calzada. Véase fig. II-3.

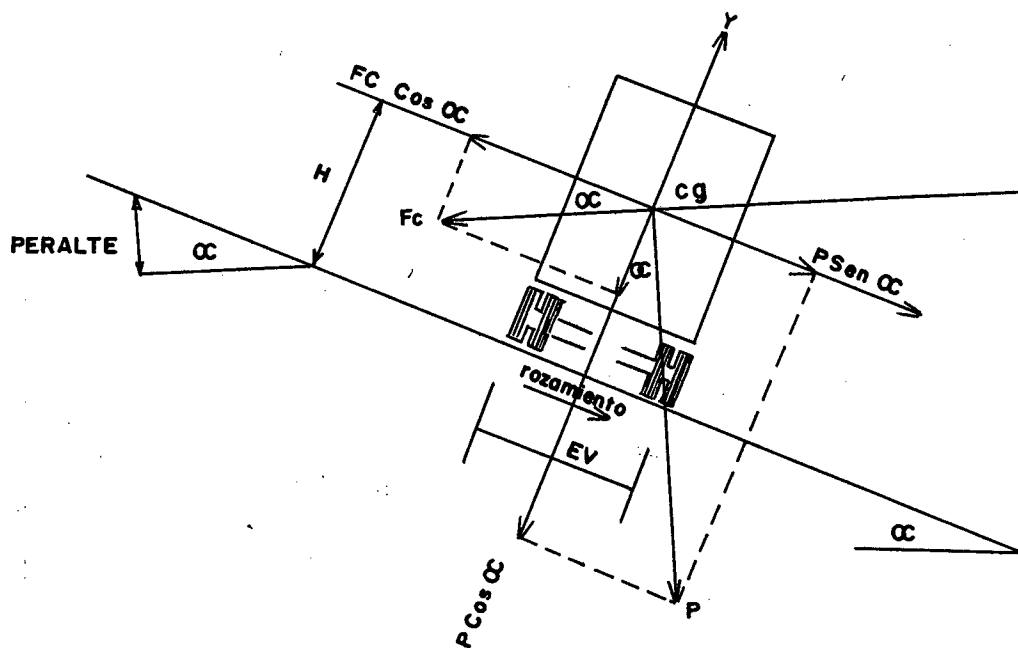


Fig. II-3 Estabilidad del vehiculo en curvas

Descomposición del peso del vehiculo y la fuerza centrífuga.

La fuerza centrífuga se expresa por:

$$F_c = \frac{m V^2}{R} = \frac{P V^2}{g R}$$

$$m = P/g$$

Donde:

F_c = fuerza centrífuga

P = peso del vehiculo

V = Velocidad (m/seg)

g = aceleración de la gravedad (9.8 m/seg)

R = radio de la curva (m)

De las fuerzas de equilibrio del vehículo se tiene:

La componente de la fuerza centrífuga: $F_c \cos \alpha$, que actúa sobre el vehículo, debe ser contrarrestada por las fuerzas: $P \operatorname{sen} \alpha$ y f ($P \cos \alpha + F_c \operatorname{sen} \alpha$). Despreciando la fuerza f ($F_c \operatorname{sen} \alpha$) por ser pequeña, y por lo tanto, dando un margen de seguridad a la efectividad del peralte, tenemos que:

$$\frac{V^2}{g R} = \operatorname{tang} \alpha + f$$

Si designamos a $\operatorname{tang} \alpha$ por e y expresmos la velocidad en Km/h, tenemos:

$$\frac{V^2}{127 R} = e + f$$

Donde:

V = velocidad expresada en Km/h

R = radio de la curva (m)

e = peralte de la curva expresada en m/m

2.2.1.1. Coeficiente de Fricción lateral.

El coeficiente de fricción lateral (f) para el cual es inminente el deslizamiento, depende de la velocidad del vehículo, tipo de condición de las llantas y las características de la superficie de la calzada.

El valor de (f) recomendado por la AASHO es el máximo que ofrece un razonable margen de seguridad. La variación de éste coeficiente con la velocidad directriz, se la considera lineal, adoptándose la siguiente relación empírica:

$$f = 0.19 - 0.000626V, \text{ en la cual}$$

V = velocidad directriz, expresada en Km/h

2.2.1.2. Perálte Máximo.

El perálte máximo se la adopta cuando el radio de curvatura es el mínimo permisible, de acuerdo al tipo de vía que se trate, siendo su valor límite de acuerdo a las normas que el Ministerio de Obras Públicas aplica el 10%, existiendo para el resto de radios una tabla de peraltes que va disminuyendo conforme aumenta el radio de curvatura.

El perálte debe distribuirse de tal manera que existe una relación lógica entre el coeficiente de

fricción lateral y la magnitud de dicho peralte.

El perálte es de tal magnitud que por si solo sin sobrepasar el máximo valor aceptable, es capaz de contrarrestar toda la fuerza centrífuga desarrollada por la velocidad de circulación del vehículo para volúmenes de tráfico bajos, sin intervenir el coeficiente de fricción, así como varía en forma inversamente proporcional al radio de curvatura.

2.2.1.3. Desarrollo del Peralte.

El desarrollo del perálte requiere de una longitud de transición o longitud de desarrollo necesaria para efectuar el cambio de la sección transversal de la calzada desde el estado de sección normal al estado de sección completamente peraltado o viceversa.

Existen tres métodos para calcular el desarrollo del perálte:

- a) Girando la calzada alrededor del eje.
- b) Girando la calzada alrededor del borde interior.
- c) Girando la calzada alrededor del borde exterior.

Por ser los dos primeros métodos los más uti-

lizados en las figuras II-4 y II-5; se indica la longitud de desarrollo del perálte con giro en el eje y borde interno respectivamente. Además en la fig. II-6; se presenta la perspectiva de una curva circular con espirales para apreciar el desarrollo del peralte.

Para su cálculo de desarrollo del perálte, para el caso de giro alrededor del eje, se utilizará las fórmulas siguientes:

$$\frac{e. \frac{a V}{2}}{Ld} = i$$

es decir:

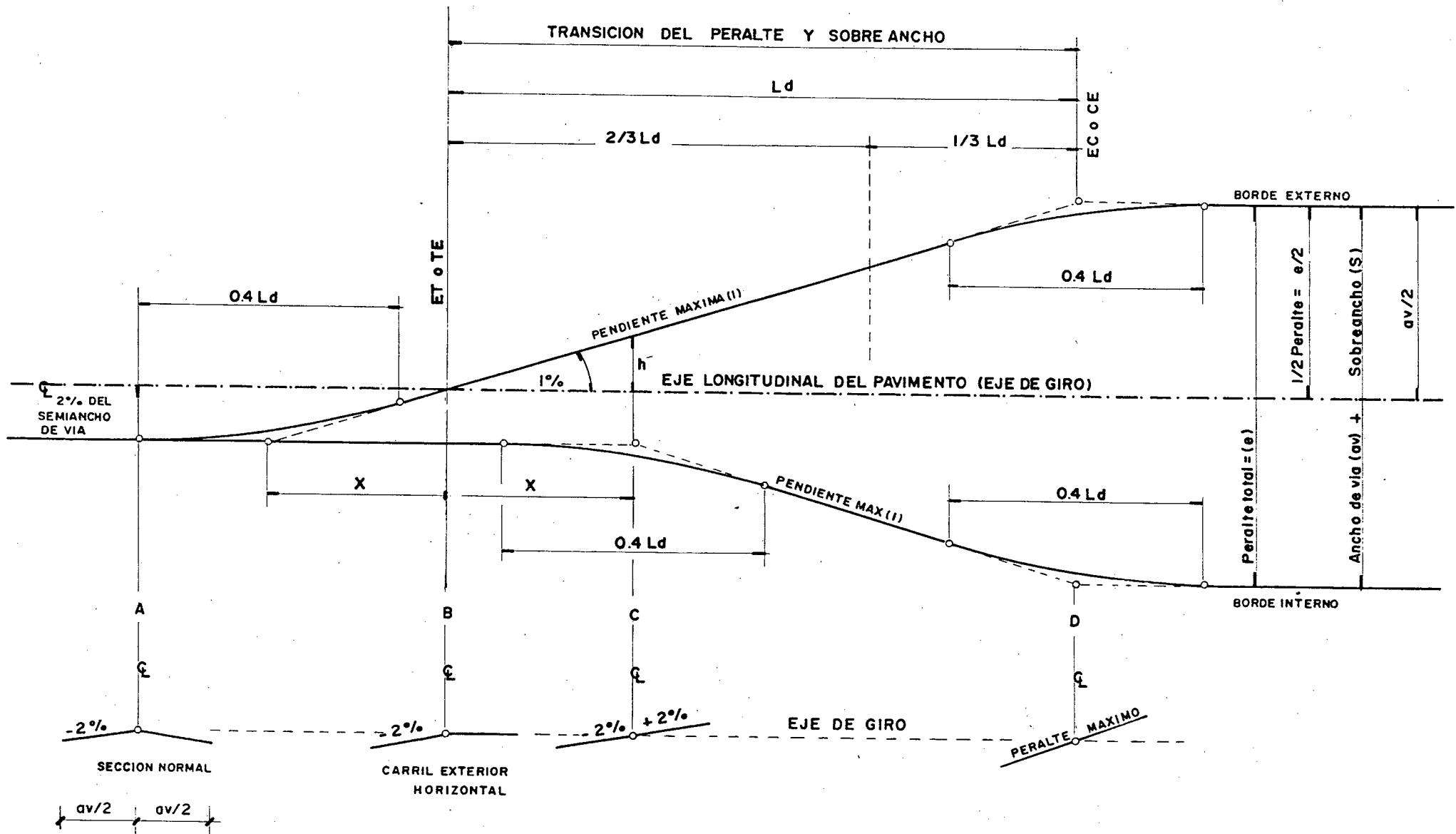
$$Ld = \frac{e. a V}{2 i}$$

Por deducción:

$$\frac{e. \frac{a V}{2}}{Ld} = \frac{h}{X}$$

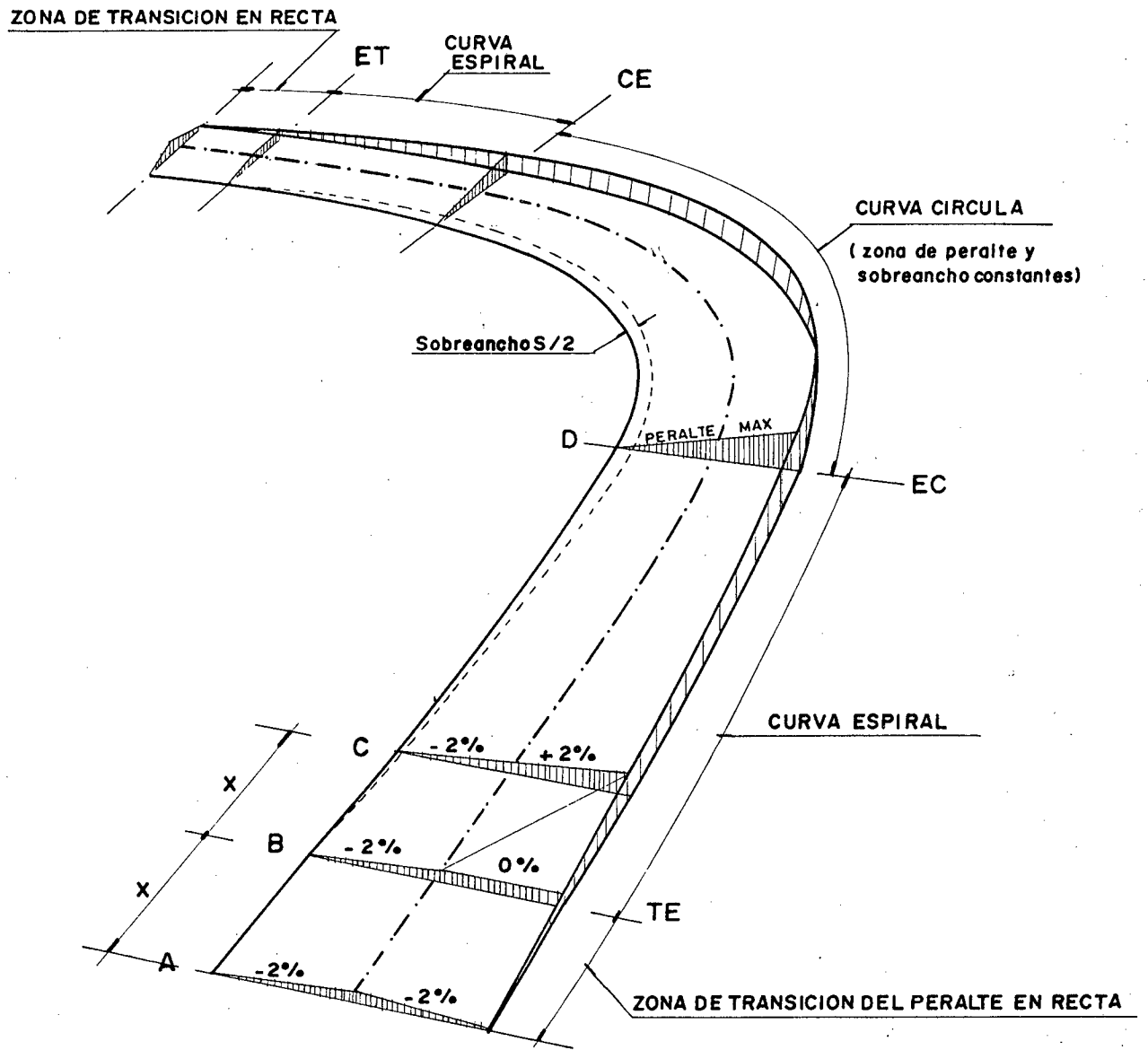
Si:

$$h = n. \frac{a V}{2}$$



DESARROLLO LONGITUDINAL DEL PERALTE CON GIRO EN EL EJE

FIG. 11-4



PERSPECTIVA DE UNA CURVA ESPIRAL CIRCULAR

Por lo tanto:

$$X = \frac{n \cdot Ld}{e} = \frac{n \cdot a \cdot V}{2 i}$$

Donde:

- a V = ancho de la vía en sección normal (m)
- e = perálte (%)
- h = altura correspondiente al giro del plano de la pista o carril exterior hasta alcanzar una gradiente transversal igual a la de sección normal, mediante el empleo de la gradiente longitudinal i , a una distancia X (m).
- i = gradiente longitudinal para desarrollo del perálte en (%).
- Ld = longitud de desarrollo del perálte (m).
- n = gradiente transversal en sección normal o bombeo en (%).
- X = Longitud necesaria dentro de la tangente, para realizar el giro del plano de la pista o carril exterior hasta colocarlo a un nivel con la horizontal mediante el empleo de la gradiente longitudinal i (m).

Las gradientes longitudinales de i que se aplicarán para el desarrollo del perálte se indica en la tabla.

TABLA II-1

Gradientes Longitudinales para el Desarrollo del Peralte

Velocidad de Diseño (km/h)	Gradiente longitudinal i necesaria para el desarrollo del peralte (%)
30	0.75
40	0.70
50	0.65
60	0.60
70	0.55
80	0.50
90	0.47
100	0.43
110	0.40

La longitud máxima para el desarrollo del peralte, es la que corresponde a la distancia recorrida por un vehículo en el tiempo de dos segundos, a la velocidad de diseño es decir:

$$L_{\text{mín}} = 0.56 V$$

Donde:

$$V = \text{velocidad de diseño (Km/h)}$$

El valor de la longitud de desarrollo en curvas circulares simples puede ser múltiplo de tres por facilidad de cálculo por cuanto en éste tipo de curvas dicha longitud de desarrollo se divide en tres partes. Así, los 2/3 de L_d se localiza dentro de la tangente y

el 1/3 de L_d dentro de la curva circular. Para el caso de que se usen espirales el perálte se desarrolla dentro de la longitud de la espiral en toda su magnitud. Véase fig. II-7.

La distribución del perálte en la longitud de desarrollo se calcula con las siguientes fórmulas:

Curvas Circulares

Curvas de Transición

$$P = \frac{e \cdot L_x \cdot A_c}{L_d}$$

$$P = \frac{e \cdot L_x \cdot A_c}{L_e}$$

Donde:

P = perálte parcial calculado para cada abscisa y lado en análisis (m).

e = valor del perálte para aquella curva (%).

L_e, L_d = longitud de desarrollo del perálte (m).

L_x = longitud parcial de la longitud de desarrollo para cada abscisa (m).

A_c = semiancho total de la vía para cada abscisa y lado en análisis (m).

2.2.2. Sobreancho.

El sobreancho y ensanchamiento de las curvas horizontales permite que la circulación de vehículos en las curvas sea comparable a lo que sucede

LONGITUD DE "Le" y "X"
 PARA DESARROLLO DEL PERALTE
 GIRO ALREDEDOR DEL EJE

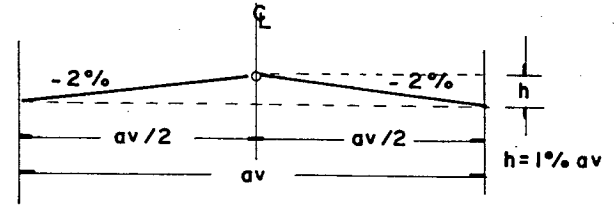
V= 50 KPH		av= 6.50		i max = 0.65%		
RADIO m	PERALTE %	ANCHO VIA	Ds m	Le m	X m	
80 - 100	10	6.50	0.65	51	10	
101 - 120	9		0.59	45	10	
121 - 150	8		0.52	39	10	
151 - 190	7		0.46	36	10	
191 - 230	6		0.39	39	11	
231 - 290	5		0.33	33	13	
291 - 390	4		0.26	33	17	
391 - 560	3		0.20	33	22	
561 - 970	2		6.50	0.13	33	33
971 ó más	sec nor					

V= 60 KPH		av= 7.20		i max = 0.60%		
RADIO m	PERALTE %	ANCHO VIA	Ds m	Le m	X m	
110 - 140	10	7.20	0.72	60	12	
141 - 180	9		0.65	54	12	
181 - 220	8		0.58	48	12	
221 - 270	7		0.50	42	12	
271 - 340	6		0.43	36	12	
341 - 420	5		0.36	36	14	
421 - 560	4		0.29	36	18	
561 - 790	3		0.22	36	24	
791 - 1320	2		7.20	0.14	36	36
1321 ó más	sec. nor					

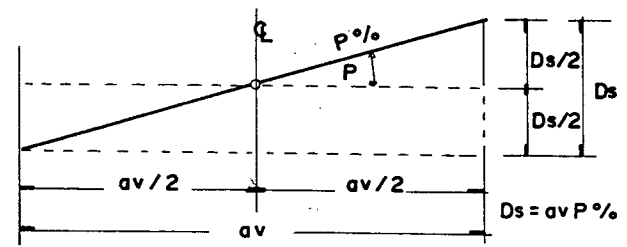
PENDIENTE LONGITUDINAL
 MAXIMA PARA EL DESARROLLO
 DEL PERALTE

VELOCIDAD DE DISEÑO	PEND. LONG. MAX (i)
30 KPH	0.82 %
40	0.72
50	0.65
60	0.60
70	0.55
80	0.50
90	0.47
100	0.43
110	0.40
120	0.38
130	0.36

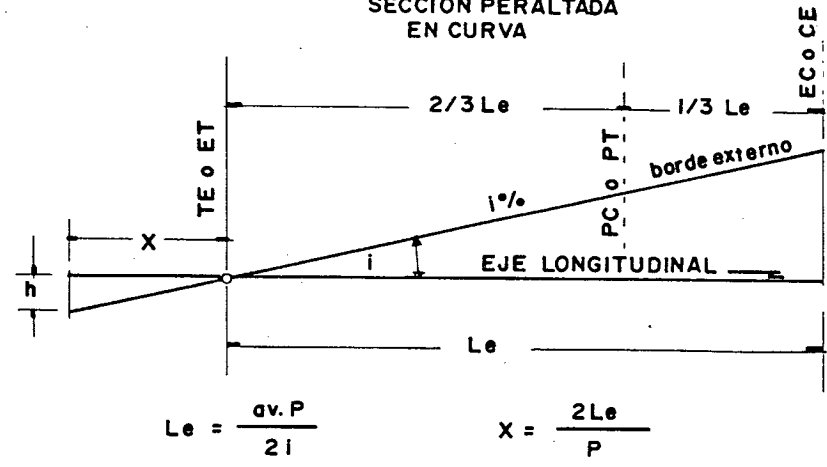
VISTA TRANSVERSAL



SECCION NORMAL
 EN TANGENTE



SECCION PERALTADA
 EN CURVA



DESARROLLO LONGITUDINAL DEL PERALTE

LONGITUD MINIMA Le
 RECOMENDABLE

VELOC. DE DIS. KPH	Le min m
30	30
40	30
50	40
60	40
70	40
80	50
90	50
100	60
110	60
120	70
130	80

FIG. II-7

en las tangentes; por las siguientes razones:

- 1) El vehículo al describir la curva, ocupa un mayor ancho ya que las ruedas traseras no siguen exactamente la misma trayectoria que los delanteros debido a la rigidez de la base del vehículo.
- 2) La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril, debido a la menor facilidad de apreciar la posición relativa de los vehículos dentro de la curva, ésta dificultad aumenta con la velocidad pero disminuye a medida que los radios de la curva son mayores.
- 3) Mejora el radio de curvatura.

El reparto del ensanchamiento para cada clasificación de curvas horizontales se calcula con las siguientes fórmulas:

Curvas Circulares

$$E = \frac{S}{L_d} L_x$$

Curvas de Transición

$$P = \frac{S/2}{L_e} L_x$$

$$A_c = \frac{a V + E}{2}$$

Donde:

E = ensanchamiento parcial calculado para cada abscisa y lado en análisis (m).

S = valor del sobreancho para aquella curva (m).

Ld, Le = longitud de desarrollo del peralte (m).

Lx = longitud parcial de la longitud de desarrollo para cada abscisa (m).

Ac = semiancho total de la vía para cada abscisa y lado en análisis (m).

$$\frac{a \sqrt{V}}{2} = \text{Semiancho total de la vía en tangente (m)}$$

En las figuras II-8 y II-9, se presenta la distribución del sobreancho para cada clase de curva. de ellas se desprende:

- 1) En curvas circulares simples, el ensanchamiento debe hacerse solamente en el borde interno, porque los vehículos al entrar en la curva tratan de cortar ésta, ocupando sólo el lado interno.

En las curvas de transición, el ensanchamiento se reparte por igual entre el borde interno y externo de la curva, debido a que la trayectoria a seguir en los dos casos es diferente.

DESARROLLO DEL SOBREENCHO Y PERALTE

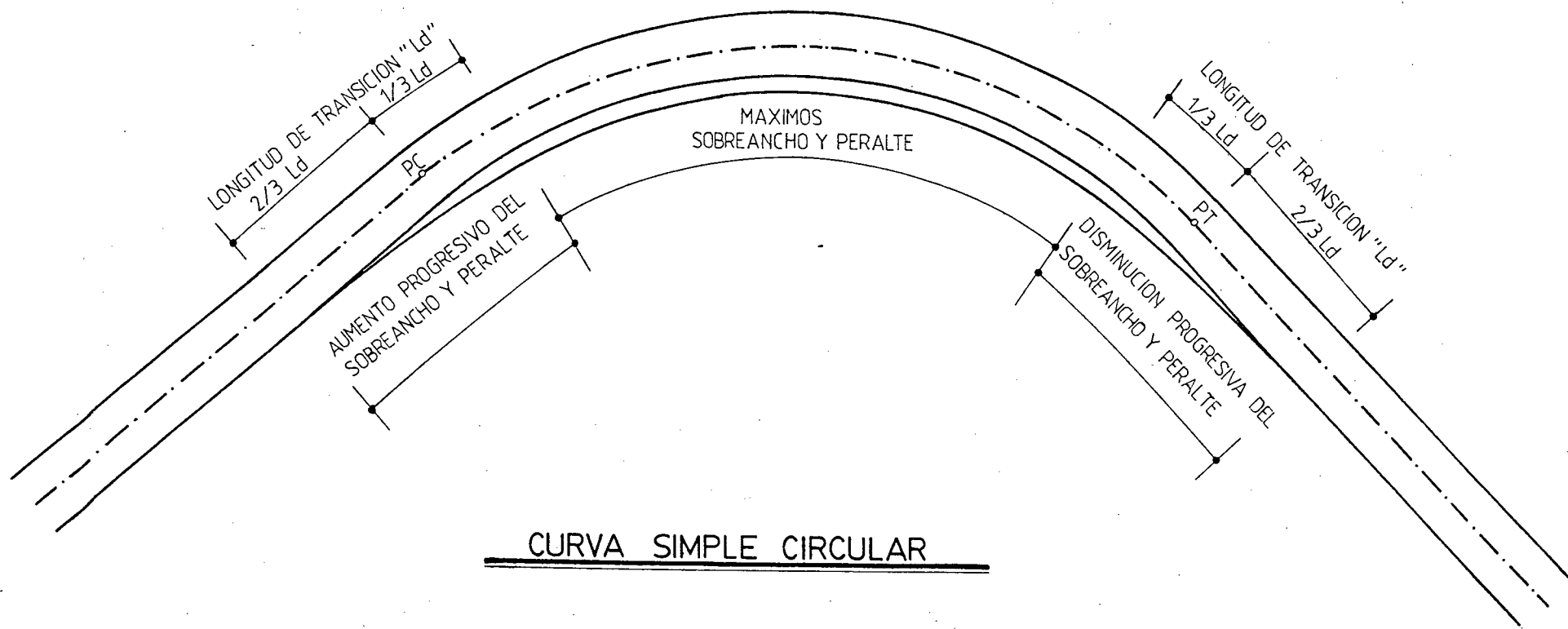


FIG II-8

DESARROLLO DEL SOBREANCHO Y PERALTE

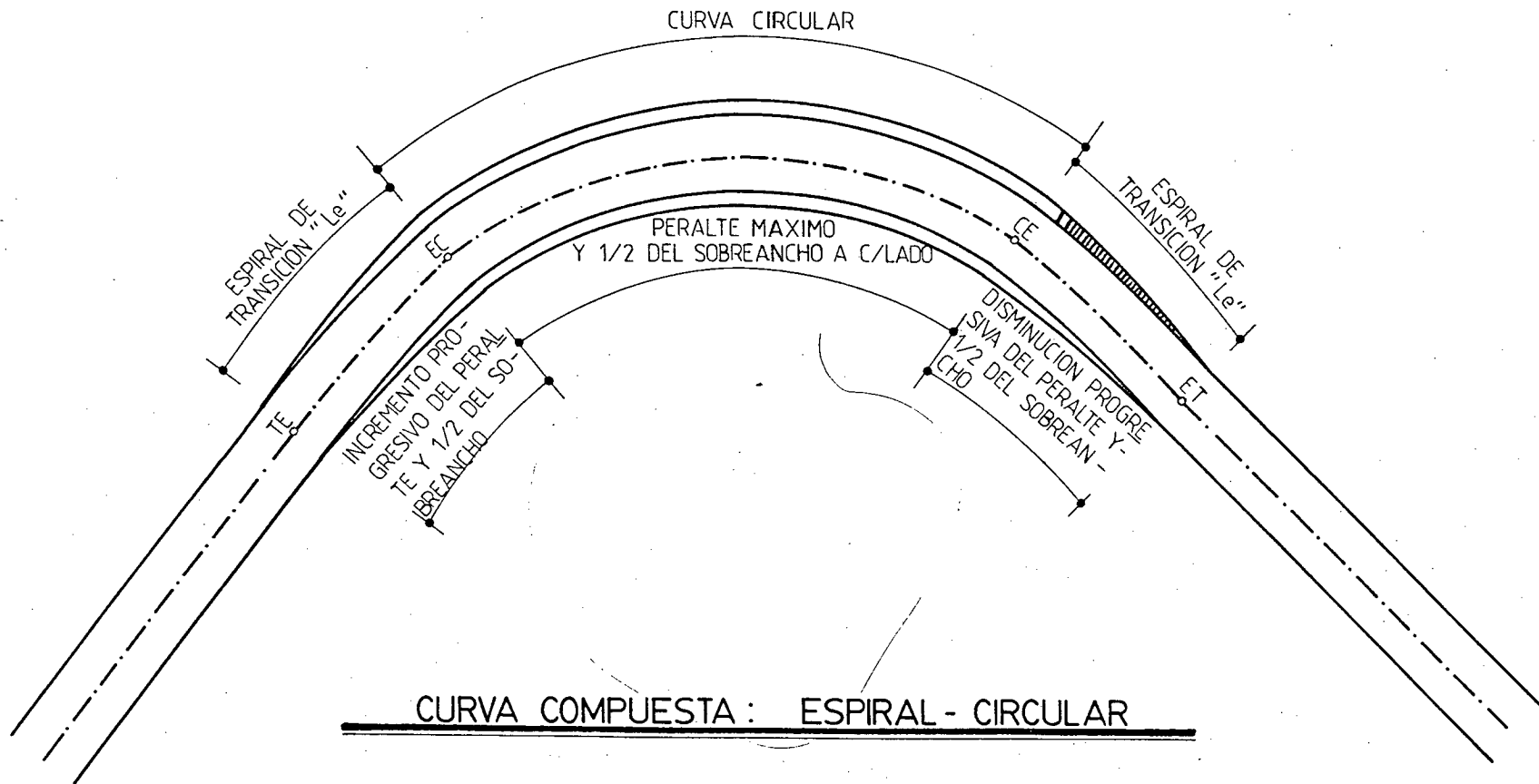


FIG II-9

- 2) En los alineamientos sin curvas de transición, el sobreancho debe realizarse progresivamente a lo largo de la longitud de desarrollo del perálte, esto es $2/3$ de L_d en la tangente y $1/3$ de L_d dentro de la curva.

Para el caso de alineamientos en curvas de transición, el sobreancho se distribuye a lo largo de la longitud de la espiral.

2.2.3. Bombeo.

El bombeo, es la gradiente transversal que se le da a la calzada, con el fin de drenar hacia los lados el agua que cae en el camino por causas de lluvias.

El bombeo varía según el camino y superficie de éste, generalmente está comprendido entre el 2 y 4%. A continuación en el ejemplo II-3 se presenta el cálculo de la longitud de desarrollo, sobreancho y perálte de la curva circular simple.

Ejemplo II-3

A continuación calculamos la longitud de desarrollo, sobreancho y perálte de una curva circular simple:

Datos:

$$V = 50 \text{ Km/h}$$

$$aV = 9.60 \text{ m}$$

$$n = 2.5\%$$

$$e = 6\%$$

$$S = 0.70 \text{ m}$$

Cálculos:

1. Cálculo de la longitud de desarrollo del perálte.

$$L_d = \frac{e \cdot aV}{2 \cdot i}$$

Según la tabla II-1, para una velocidad de diseño de 50 Km/h, $i = 0.65$

entonces:

$$L_d = \frac{6 \times 9.60}{2(0.65)} = 44.31$$

Como L_d debe ser múltiplo de 3, por facilidad de cálculo se tiene $L_d = 45$.

Entonces:

$$2/3 L_d = 2/3 (45)$$

$$= 30 \text{ m}$$

$$1/3 L_d = 1/3(45)$$

$$= 15 \text{ m}$$

Luego para determinar las abscisas inicial y final de la longitud de desarrollo tenemos:

Para el Pc $2 + 362.57$

$$\begin{aligned} \text{Abscisa inicial de Ld} &= \text{Abscisa del FC} - 2/3 \text{ Ld} \\ &= 2 + 362.57 - 30 \\ &= 2 + 332.57 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Abscisa final de Ld} &= \text{Abscisa del FC} + 1/3 \text{ Ld} \\ &= 2 + 362.57 + 15 \\ &= 2 + 377.57 \text{ m} \end{aligned}$$

Para el PT $2 + 474.39$

$$\begin{aligned} \text{Abscisa inicial de Ld} &= \text{Abscisa del PT} - 1/3 \text{ Ld} \\ &= 2 + 474.39 - 15 \\ &= 2 + 457.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Abscisa final de Ld} &= \text{Abscisa del PT} + 2/3 \text{ Ld} \\ &= 2 + 474.39 + 30 \\ &= 2 + 504.39 \end{aligned}$$

2. Cálculo de X.

$$X = \frac{n \cdot Ld}{e} = \frac{n \cdot aV}{2i}$$

$$X = \frac{2.5 (45)}{6}$$

$$X = 18.75 \text{ m}$$

3. Cálculo del sobreancho.

$$E = \frac{S}{Ld} Lx \qquad Ac = \frac{aV}{2} + E$$

Lado derecho (borde externo)

Abscisa 2 + 340

$$\begin{aligned} Lx &= \text{Abcisa en análisis} - \text{Abcisa inicial de Ld(PC)} \\ &= 2 + 340 - 2 + 332.57 \end{aligned}$$

$$Lx = 7.43 \text{ m}$$

Por definición el sobreancho se reparte solamente en el borde interno, entonces para el borde externo

$$S = 0 \text{ y } E = 0.$$

$$Ac = 9.60/2 + 0$$

$$Ac = 4.80 \text{ m}$$

Por lo tanto 4.80 m es constante para toda la curva en el borde exterior.

Lado izquierdo (borde interno)

Abscisa 2 + 340

$$E = 0.70/45 (7.43) \qquad Ac = 9.60 + 0.12$$

$$E = 0.12 \text{ m} \qquad Ac = 4.92 \text{ m}$$

En el cuadro No. II-1, se resumen los cálculos:

4. Cálculo del Perálte:

$$P = \frac{e}{Ld} Lx + Ac$$

Lado derecho (borde externo)

Abscisa 2 + 340

$$P = \frac{(6/100)}{45} (7.43)(4.92)$$

$$P = -0.05 \text{ m}$$

El signo (-) indica que el borde interno debe bajarse respecto de el eje.

La determinación del perálte en el borde externo para los puntos o abscisas que están dentro de la longitud X_1 pero fuera de Ld_1 se hace empleando la misma fórmula para calcular el peralte. El valor calculado es estimado negativo por razones analíticas que se desprenden de la fig. respectiva así:

Abscisa 2 + 330

$$Lx = \text{Abscisa inicial de } Ld \text{ (PC)} - \text{Abscisa en análisis.}$$

$$= 2 + 332.57 - 2 + 330$$

$$= 2.57 \text{ m}$$

$$F = \frac{(2/100)}{45} (2.57)(4.80)$$

$$F = - 0.02 \text{ m}$$

y para el borde interno se calcula con la fórmula:

$$h = n \cdot aV/2$$

$$h = (2.5/100)9.60/2$$

$$h = - 0.12 \text{ m}$$

De igual manera el valor numérico determinado es (-) por definición de perálte. Como se puede ver en la fig. II-7 éste valor de h es constante para el borde interno hasta una longitud X dentro de la longitud de desarrollo del peralte.

A continuación en el ejemplo II-4, calculamos el sobreebanco y perálte de una curva circular con espirales:

Datos:

$$aV = 9.60 \text{ m}$$

$$n = 2.5\%$$

$$V = 50 \text{ Km/h}$$

$$e = 10\%$$

$$S = 1.00 \text{ m}$$

$$L_e = 40 \text{ m}$$

CUADRO II-1

CALCULO DEL SOBREENCHO, PERALTE Y BOMBEO EN CURVAS
CIRCULARES SIMPLES

ABSCISA	LONGITUD (Lx)	SOBREENCHO		+ SOBREENCHO		1/2 VIA PERALTE	
		IZQ.	DERE.	IZQ.	DERE.	IZQ.	DERE.
2+320							
+330							
2+332.57	0.00	0.00	0.00	4.80	4.80	- 0.12	0.00
+340	7.43	0.12	0.00	4.92	4.80	- 0.05	0.05
+350	17.43	0.27	0.00	5.07	4.80	- 0.12	0.11
+360	27.43	0.43	0.00	5.23	4.80	- 0.19	0.18
PC 2+362.57	30.00	0.47	0.00	5.27	4.80	- 0.21	0.19
+370	37.43	0.58	0.00	5.38	4.80	- 0.27	0.24
2+377.57	45.00	0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+380		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+390		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+400		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+410		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+420		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+430		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+440		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+450		0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
2+459.39	45.00	0.70	0.00	5.50	4.80	- 0.33	0.29
+460	44.39	0.69	0.00	5.49	4.80	- 0.32	0.28
+470	34.39	0.53	0.00	5.33	4.80	- 0.24	0.22
PT 2+474.39	30.00	0.47	0.00	5.27	4.80	- 0.21	0.19
+480	24.39	0.38	0.00	5.18	4.80	- 0.17	0.16
+490	14.39	0.22	0.00	5.02	4.80	- 0.10	0.09
+500	4.39	0.07	0.00	4.87	4.80	- 0.03	0.03
2+504.39	0.00	0.00	0.00	4.80	4.80	- 0.12	0.00
+510							

1. Cálculo de X

$$\begin{aligned}
 X &= n \cdot L_e / e \\
 &= 2.5 (40) / 10 \\
 &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Cálculo del Sobreancho

$$E = \frac{S/2}{L_e} L_x \qquad A_c = aV/2 + E$$

Abscisa 3 + 185.43

Lado derecho (borde interno) = Lado izquierdo (b. ext)

$$\begin{aligned} L_x &= \text{Abscisa en análisis} - \text{Abscisa TE} \\ &= 3 + 185.43 - 3 + 175.43 \\ &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E = \frac{1.00/2}{40} \quad (10) \qquad A_c = 9.6/2 + 0.13$$

$$E = 0.13 \text{ m} \qquad A_c = 4.93 \text{ m}$$

3. Cálculo del peralte:

$$P = \frac{e}{L_e} L_x + A_c$$

Abscisa en análisis 3 + 185.43

$$P = \frac{(10/100)}{40} (10) (4.93)$$

$$P = 0.12 \text{ m}$$

Borde externo = + 0.12

Borde interno = - 0.12

CUADRO II-2

**CALCULO DEL SOBREENCHO, PERALTE Y BOMBEO EN CURVAS
CIRCULARES CON ESPIRALES**

ABSCISA	LONGITUD (Lx)	ANCHO 1/2 VIA			
		SOBREENCHO		PERALTE	
		IZQ.	DERE.	IZQ.	DERE.
+170					
TE 3+175.43	0.00	0.00	0.00	4.80	4.80
+185.43	10.00	0.13	0.13	4.93	4.93
+195.43	20.00	0.25	0.25	5.05	5.05
+205.43	30.00	0.38	0.38	5.18	5.18
EC 3+215.43	40.00	0.50	0.50	5.30	5.30
+220		0.50	0.50	5.30	5.30
+230		0.50	0.50	5.30	5.30
CE 3+233.09	40.00	0.50	0.50	5.30	5.30
+243.09	30.00	0.38	0.38	5.18	5.18
+253.09	20.00	0.25	0.25	5.05	5.05
+263.09	10.00	0.13	0.13	4.93	4.93
ET 3+273.09	0.00	0.00	0.00	4.80	4.80
+280					

2.3. NIVELACION.

Luego de haber sido localizado el eje del proyecto definitivo, en base a las referencias en el terreno se procede a realizar la nivelación geométrica de todos los puntos materializados del eje, obteniéndose de esta forma el perfil del terreno, estableciendo con ello los cortes o rellenos en base a las cotas del proyecto vertical de la subrasante o cota roja.

El control del proyecto vertical, se lo realiza a través de una serie de BMs de cota conocida, que se

establecen durante el trabajo de campo; dejando éstos BMs a una distancia máxima de 500 m.

En nuestro caso se utilizó la nivelación geométrica compuesta, que es un conjunto de nivelaciones simples, relacionándolas entre sí mediante varios cambios de estación como en la simple. La primera lectura atrás se la hace sobre un punto de cota conocida BM, las otras lecturas intermedias serán leídas entre la lectura atrás y la lectura adelante que es la última realizada antes de cambiar de estación. Todo punto de cambio tiene dos lecturas una adelante desde la estación anterior y otra atrás desde la estación nueva con aproximación a la milésima.

Su comprobación del cálculo, se lo hace mediante la siguiente expresión:

$$\text{Lecturas adelante} - \text{lecturas atrás} = \text{cota inicial} - \text{cota final.}$$

Toda nivelación debe ser comprobada mediante otra nivelación y para el caso existen los siguientes procesos:

- 1.- Cerrar la nivelación llegando por el mismo o por otro camino, desde el último punto nivelado hasta el punto de partida.

Cota de llegada = cota de partida y su error la diferencia entre éstos.

- 2.- Nivelar entre dos puntos de cota conocida cuando ésto sea posible.
- 3.- Cerrar la nivelación en tramos pequeños, ésto se usa cuando se nivela a lo largo de perfiles longitudinales lo cual en caso de errores evita la repetición de toda la nivelación.

Los errores máximos permitidos en nivelación son:

$$\text{error} = \pm 0.01 \sqrt{K}$$

K = longitud de nivelación de ida y vuelta (Km)

error = error máximo admisible (1.6 mm)

El proceso, forma de anotar los datos en la libreta y la de realizar los cálculos para la determinación de cotas y comprobación de datos se ilustra en el siguiente ejemplo II-5.

2.3.1. Reposición de Laterales.

Se denominan laterales a las estacas que sirven para determinar los puntos de intersección de los taludes con el terreno natural, como otros puntos de cambio de gradiente del perfil transversal de una vía, tanto en los cortes como en los rellenos.

EJEMPLO II-5

PUNTO	ATRAS INTERN.ADELANTE		H+I	C O N T R A S		
				TERRENO	PROYECTO	C
RM #7	0.937		1932.325	1931.388		
2+879.33		0.739		31.59	22.13	9.46
+890		1.220		31.10	21.52	9.58
PC+2+701.39		3.028		29.30	29.07	0.23
Cambio	0.041		3.2992	1929.074	1929.033	28.81
+720		0.330		28.74	28.51	0.23
+730		0.571		28.50	28.20	0.30
+740		0.788		28.29	27.90	0.30
+750		1.127		27.95	27.60	0.35
+760		1.580		27.49	27.30	0.19
+770		2.131		26.94	26.98	0.04
+780		2.468		26.62	26.63	0.02
PT+2+792.11		2.782		26.29	26.16	0.13
+820		3.620		24.45	25.36	0.09
Cambio	0.032		3.784	1925.322	1925.29	
+840		0.787		24.53	24.36	0.18
+860		0.842		24.48	23.23	1.25
+910		0.120		25.20	20.38	4.82
PC+918.08		2.601		22.72	19.92	2.80
Cambio	0.138		3.727	1921.733	1921.595	
+930		2.749		18.98	19.24	0.26
+940		3.061		18.67	18.67	0.00
+950		3.633		18.10	18.10	0.00
Cambio	0.274		3.752	1918.255	1917.981	
+960		0.667		17.59	17.53	0.86
+970		1.072		17.18	17.18	0
PT+983.66		1.580		16.67	16.78	0.11
3+000		2.119		16.14	16.19	0.005
+020		2.689		15.57	15.52	0.05
TE+043.24		3.259		15.00	14.74	0.26
Cambio	0.671		3.472	1915.454	1914.783	
3+063.24		0.848		14.61	14.07	0.54
+073.24		1.089		14.36	13.74	0.62
CE+083.24		1.303		14.15	13.40	0.75
+090		1.463		13.99	13.17	0.82
+100		1.650		13.80	12.84	0.96
CE+107.69		1.914		13.54	12.58	0.96
+117.69		2.269		13.18	12.25	0.93
+127.69		2.679		12.77	11.91	0.86
+137.69		3.136		12.32	11.58	0.74
ET+147.69	0.084		3.528	1912.01	1911.926	11.24
Cambio						0.69
mojon #1	1.913		3.368	1910.555	1908.642	
Mojon # 2			3.199		1907.336	
	4090	24032	28122			

Continúa Cuadro .../...

.../...

	Comprobación		
Mojon #2	3.549		1907.36
	3.641	0.102	
	3.098	0.082	
	3.981	0.087	
	3.922	0.056	
	3.956	0.070	
	3.411	0.077	
Bm #7		1.059	2031.388
	25,558.000	24025 1533	

$$\begin{aligned}
 28122 - 4.090 &= 1931.388 - 1907.356 \\
 24.032 &= 24.032 \\
 \text{error} &= 0.000
 \end{aligned}$$

Las laterales deber ser colocadas en cada estación, y a cada lado del eje de la vía, referenciándose la lateral superior a una distancia adecuada, para poderla reponer en caso de que sean destruidas en el momento de la construcción; las estacas laterales son por lo tanto señales transversales al eje del proyecto que indican los sitios desde donde debe empezarse un corte o hasta donde debe extenderse un relleno.

El procedimiento a seguirse es el siguiente:

- 1.- De los datos del proyecto vertical o nivel de Subrasante y los de nivelación, se determinan los cortes o rellenos en el eje para cada punto o abscisa por diferencia así:

Si la cota del terreno es mayor que la del

proyecto, la diferencia obtenida es corte y si la cota del terreno es menor que la del proyecto, la diferencia es relleno.

2.- Se localiza en el terreno las perpendiculares de cada una de las abscisa con respecto al eje del proyecto, materializándolas mediante balizas, para luego proseguir con la reposición de las laterales.

Reposición lado Izquierdo.- A partir del eje medimos la distancia correspondiente a la media vía, teniendo en cuenta el bombeo en tangentes y sobreancho y perálte en curvas; siguiendo la alineación de la perpendicular con la mira de nivelación y con el nivel de mano se determina el desnivel en éstos dos puntos. Si la diferencia es positiva es corte, si es negativa tenemos relleno; a éste valor obtenido le sumamos o restamos el corte o relleno que se tiene en el eje del proyecto; de igual manera sumamos o restamos el valor del perálte, ó bombeo según el caso, éstos valores de corte o relleno lo anotamos en la libreta de laterales, que corresponden a los datos a media vía.

Para localizar la estaca de borde (donde termina el talud), se mide la distancia horizontal, se determina el desnivel valor al que se le suma al corte o relleno del punto que corresponde a la media vía, en el momento que cumple las relaciones:

$$D = (b/2 + m \cdot h)$$

Donde:

D = distancia total a partir del eje

b/2 = ancho de media vía

m = pendiente del talud (%)

h = desnivel total

Materializando este punto con una estaca, se coloca otra estaca testigo indicando el corte o relleno y el talud correspondiente.

En lugares donde la pendiente es muy pronunciada, se utiliza reglas provistas del respectivo nivel, con las que se va tomando lecturas de distancia y desnivel en forma parcial hasta llegar a ubicar y materializar los puntos deseados.

Lado Derecho.— Igual que el caso anterior, se mide la distancia a media vía se determina los desniveles y distancias correspondientes y por tanteos localizamos el pie de la lateral, luego de que se cumple dicha relación, materializando dicho punto.

Así mismo a distancias prudenciales de las laterales se acostumbra dejar referencias de las mismas, para reponer en caso de destrucción de estas en el movimiento de tierras, esto generalmente a 3 m.

En el ejemplo II-6, se indica la forma de anotar en el terreno la reposición de laterales, en una variante del Proyecto.

2.4. CALCULO DE VOLUMENES.

El cálculo de los volúmenes se hace en base a las áreas medias en las secciones de construcción, determinando las cantidades de material que hay que desalojar o rellenar mediante operaciones matemáticas o utilizando calculadoras programadas.

2.4.1. Determinación de Areas.

Para fines de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de relleno. Para lograr lo anterior, es necesario calcular el área de las distintas, secciones transversales en cada abscisa del proyecto existiendo para ello algunos métodos.

2.4.1.1. Método Gráfico.

Consiste en hacer el dibujo a escala, de los datos de cada una de las laterales, para luego ir formando figuras geométricas como: triángulos, rectángulos o trapecios cuyas áreas son fáciles de calcular. Se determina el área de cada figura y por último se suma todas esas áreas parciales para obtener

EJEMPLO 11-6

	Ref. 3.00	13.30	4.80	+960	4.80	7.41	
	c = 17.80	c = 17.00	c = 11.17	c = 9.15	c = 6.77	c = 5.22	
S = 0.00	Ref. 3.00	11.41	4.80	0.60 TE 5+972.93	4.80	5.80	
P = 0.00	c = 14.12	c = 13.72	c = 9.02	c = 6.32	c = 5.12	c = 3.59	c = 2.00 + 012
S = 0.12	Ref. 3.00	9.28	4.92	+982.93	1.20	4.92	5.27 S = 0.12
P = -0.13	c = 10.42	c = 8.72	c = 6.22	c = 3.75	c = 3.68	c = 1.00	c = 0.70 P = 0.13
S = 0.25	Ref. 3.00	7.85	5.05	+992.93	3.90	5.05	5.55 S = 0.25
P = 0.26	c = 7.20	c = 5.60	c = 3.41	c = 1.89	c = 1.15	c = 1.00	c = 1.00 P = 0.26
S = 0.37	Ref. 3.00	6.88	5.17	1.60 6+002.93	5.17	5.60	S = 0.37
P = -0.40	c = 5.22	c = 3.42	c = 2.63	c = 0.73	c = 0.93	c = 0.90	c = 0.86 P = 0.40
S = 0.50	Ref. 3.00	5.80	5.30	EC+012.93	5.30	5.63	S = 0.50
P = -0.53	c = 2.40	c = 1.00	c = 0.85	c = 0.79	c = 0.75	c = 0.68	P = 0.53
	Ref. 3.00	5.58	5.30	+020	4.50	5.30	5.51
	c = 0.86	c = 0.56	c = 0.56	c = 0.69	c = 0.69	c = 0.52	c = 0.42
	Ref. 3.00	5.69	5.30	+040	5.30	6.00	
	c = 0.88	c = 0.78	c = 0.78	c = 1.20	c = 1.33	c = 1.40	T = 50%
	Ref. 3.00	7.91	5.30	+060	5.30	6.77	
	c = 7.23	c = 5.23	c = 4.68	c = 1.81	c = 1.94	c = 1.94	
	Ref. 3.00	9.87	5.30	3.00 +070	2.70	5.30	6.35
	c = 10.00	c = 9.14	c = 7.64	c = 6.84	c = 3.47	c = 2.00	c = 2.15 c = 2.10
S = 0.50	Ref. 3.00	9.85	5.30	4.40 CE 5+076.21	3.00	5.30	6.42 S = 0.50
c = 0.53	c = 10.00	c = 9.10	c = 7.50	c = 7.59	c = 3.72	c = 2.15	c = 2.25 c = 2.25 P = 0.53
S = 0.37	Ref. 3.00	9.30	5.17	2.10 +086.21	2.60	5.17	6.22 S = 0.37
c = -0.40	c = 8.96	c = 8.26	c = 6.48	c = 5.40	c = 3.26	c = 2.00	c = 2.10 c = 2.10 P = 0.40
S = 0.37	Ref. 3.00	8.85	5.05	+096.21	5.05	6.13	S = 0.25
P = 0.26	c = 8.70	c = 7.60	c = 6.09	c = 1.9	c = 2.16	c = 2.16	P = 0.26

el área total de la sección transversal.

2.4.1.2. Método del Planímetro.

Por la rapidéz en su operación y, por la precisión que proporciona el planímetro es el instrumento muy útil en la determinación de éstas áreas.

Consiste en dibujar a escala la sección transversal y con el planímetro calibrado a la misma escala del dibujo se recorre el perímetro de la sección por lo menos dos veces, siendo el área igual al promedio del área marcada por el planímetro.

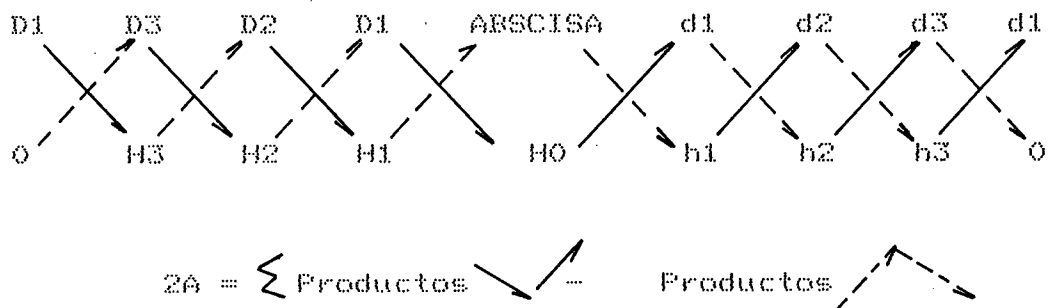
2.4.1.3. Método de las Cruces.

Es el más utilizado, y se basa en dividir las secciones en diferentes figuras geométricas, facilitando el cálculo de las áreas. Las distancias D_n con respecto al eje de la vía, H_n son alturas de corte o relleno.

D2	D1	ABSCISA	d1	d2
H2	H1	Ho	h1	h2

$$2A = D2 H1 + (D1 + d1)Ho + d2 h1$$

Esta es la forma generalizada de los cortes. Para el caso del método de las cruces se deberá añadir los valores $D1/0$ en el lado izquierdo y $d1/0$ en el lado derecho (extremos). Valores correspondientes a media vía.



En secciones mixtas para obtener el área, se debe encontrar el denominado punto de paso, o sea el punto común donde comienza una área en corte y una área en relleno, su cálculo se realiza por separado.

En el ejemplo II-7 calculamos una lateral mixta aplicando el proceso anotado.

Otro método más rápido para el cálculo del área es utilizar la calculadora programada, que a continuación se describe la forma de grabar el programa en memoria.

IIFO 3800F

MODE EXP

P1, P2, P3 ó P4

Ent

```

Kin 3
Ent
Kin 4
  X
Kcut 1
  -
Kcut 2
  X
Kcut 3
  =
  M +
Kcut 3
Kin 1
Kcut 4
Kin 2
MR
"/"
  2
  =
Shift RTN
Mode .

```

2.4.2. Cálculo de Volúmenes entre las secciones.

Obtenidas las áreas de las secciones transversales de cada una de las abscisas del proyecto, se procede al cálculo de los volúmenes del movimiento de tierras, comprendidos entre cada dos secciones consecutivas.

Para obtener el volumen aproximado de corte o de relleno, se puede considerar los diferentes tipos de volúmenes geométricos que puede existir entre estas dos secciones consecutivas así:

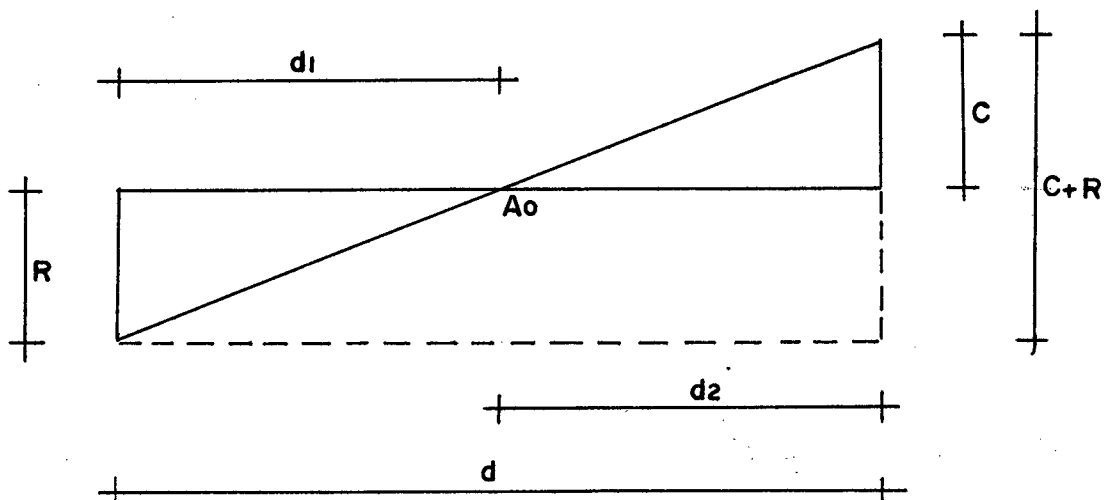
- Volumen entre dos secciones de corte o relleno.
- Volumen entre dos secciones, una en corte y una en relleno.
- Volumen entre dos secciones, una en corte o relleno y una sección mixta.

El método más práctico para determinar el volumen entre dos secciones consecutivas, en corte o relleno, es multiplicando el promedio de estas áreas de las secciones por la distancia que las separa. Pudiendo ser de que el volumen a calcularse sea este puro corte o puro relleno.

$$V = (A1 + A2)/2 (d)$$

Para calcular el volumen entre dos secciones una en corte y la otra en relleno, el método a seguirse es sencillo: se representa con una línea horizontal la distancia entre las dos secciones, se traza perpendiculares en los extremos de ésta línea, sobre ella se representa el corte y hacia abajo el relleno, a

continuación se une con una recta los extremos tanto en corte como el de relleno, la intersección de esta recta con la horizontal representa el área neutra o cero.



$$\frac{d}{(C+R)} = \frac{d_1}{R} = \frac{d_2}{C} \quad ; \text{ despejando } d_1 \text{ y } d_2$$

$$d_1 = \frac{R d}{(C+R)}$$

$$d_2 = \frac{C d}{(C+R)}$$

Aplicando la fórmula de las áreas medias tene-

mos:

$$V_C = \frac{(C+0)}{2} d2 = \frac{C}{2} d2$$

$$V_R = \frac{(R+0)}{2} d1 = \frac{R}{2} d1$$

Reemplazando d1 y d2:

$$V_C = \frac{\frac{C}{2} (C \times d)}{(C + R)} = \frac{\frac{d}{2} \times C^2}{(C + R)}$$

$$V_R = \frac{\frac{R}{2} (R \times d)}{(C + R)} = \frac{\frac{d}{2} \times R^2}{(C + R)}$$

En donde: V_C = Volumen de corte en m^3

V_R = Volumen de relleno en m^3

Para calcular el volumen entre dos secciones mixtas o a media ladera, estas secciones pueden presentar dos casos a saber:

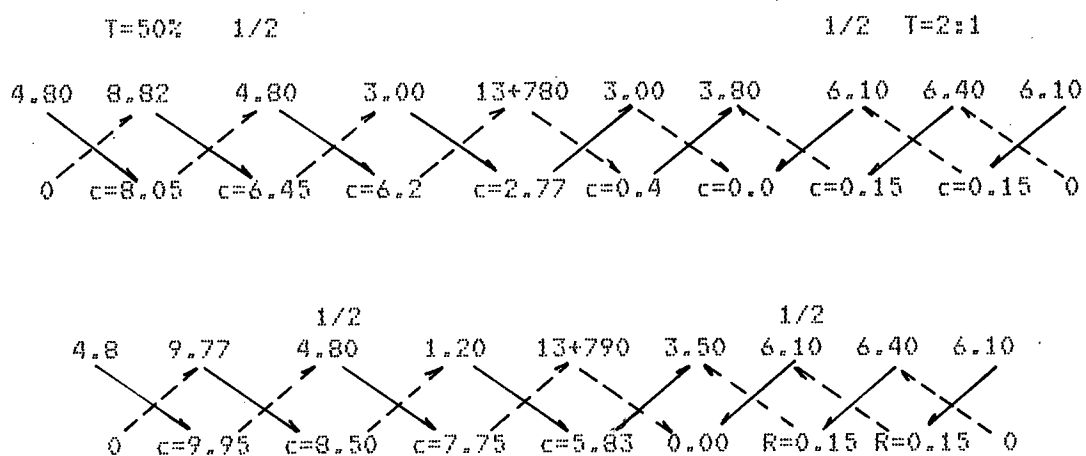
1. El punto de transición de corte o relleno, coincide con el eje central del camino, esto en la práctica acontece muy rara vez.
2. El punto de transición de corte o relleno, no coincide con el eje central, el mismo

que sucede con frecuencia en el cálculo de volumen.

Cuando se presenta este caso es necesario dibujar a una escala conveniente cada una de las secciones y con ello determinar los puntos de transición que pueden existir en estas secciones mixtas.

A continuación en el ejemplo II-7, se presenta el cálculo del área y volumen de la sección transversal mixta cuyas laterales son:

Ejemplo II-7



Área de Corte (1)

Positivos

$$4.80 \times 8.05 = 38.64$$

$$8.82 \times 6.45 = 56.89$$

Área de relleno (1)

Positivos

$$6.10 \times 0.15 = 0.92$$

$$6.40 \times 0.15 = 0.96$$

$$\begin{aligned}
 4.80 \times 6.20 &= 29.76 \\
 3.00 \times 2.77 &= 8.31 \\
 2.77 \times 3.00 &= 8.31 \\
 0.40 \times 3.80 &= \underline{1.52} \\
 &+ 143.43
 \end{aligned}$$

Negativos

$$\begin{aligned}
 0.00 \times 8.82 &= 0.00 \\
 8.05 \times 4.80 &= 38.64 \\
 6.45 \times 3.00 &= 19.35 \\
 6.20 \times 0.00 &= 0.00 \\
 0.40 \times 0.00 &= \underline{0.00} \\
 &- 57.99
 \end{aligned}$$

$$AC_1 = \frac{143.43 - 57.99}{2}$$

$$AC_1 = 42.72 \text{ m}^2$$

Área de Corte (2)

Positivos

$$\begin{aligned}
 4.80 \times 9.95 &= 47.76 \\
 9.77 \times 8.50 &= 83.05 \\
 4.80 \times 7.75 &= 37.20 \\
 1.20 \times 5.83 &= 7.00 \\
 5.83 \times 3.50 &= \underline{20.41} \\
 &+ 195.42
 \end{aligned}$$

$$6.10 \times 0.00 = \underline{0.00}$$

$$+ 1.88$$

Negativos

$$\begin{aligned}
 0.00 \times 6.40 &= 0.00 \\
 0.15 \times 6.10 &= 0.92 \\
 0.15 \times 3.80 &= \underline{0.57} \\
 &- 1.49
 \end{aligned}$$

$$AR_1 = \frac{1.88 - 1.49}{2}$$

$$AR_1 = 0.20 \text{ m}^2$$

Área de relleno (2)

Positivos

$$\begin{aligned}
 6.10 \times 0.15 &= 0.92 \\
 6.40 \times 0.15 &= 0.96 \\
 6.10 \times 0.00 &= \underline{0.00} \\
 &+ 1.88
 \end{aligned}$$

Negativos

$$0.00 \times 9.77 = 0.00$$

$$9.95 \times 4.80 = 47.76$$

$$8.50 \times 1.20 = 10.20$$

$$7.75 \times 0.00 = \underline{0.00}$$

$$- 57.96$$

Negativos

$$0.00 \times 6.40 = 0.00$$

$$0.15 \times 6.10 = 0.92$$

$$0.15 \times 3.50 = \underline{0.53}$$

$$- 1.45$$

$$AC_2 = \frac{195.42 - 57.96}{2}$$

$$AC_2 = 68.73 \text{ m}^2$$

$$AR_2 = \frac{1.88 - 1.45}{2}$$

$$AR_2 = 0.22 \text{ m}^2$$

Cálculo del Volumen.

El método de cálculo utilizado es el de las áreas medias, que ha sido adoptado por las instituciones del país, especialmente en estudios, construcción y mantenimiento de carreteras.

Volumen en Corte

$$V_c = \frac{(A_{c1} + A_{c2}) (d)}{2}$$

$$V_c = \frac{(42.72 + 68.73) (10)}{2}$$

$$V_c = 557.20 \text{ m}^3$$

Volumen de relleno

$$V_R = \frac{(A_{R1} + A_{R2}) (d)}{2}$$

$$V_R = \frac{(0.20 + 0.22) (10)}{2}$$

$$V_R = 2.10 \text{ m}^3$$

2.4.3. Medición de Derrumbes.

Los deslizamientos de tierra provenientes de la inestabilidad de los talúdes, que se acumulan en la calzada, es necesario determinar la cantidad de volumen a desalojar, para ello es necesario tomar perfiles transversales antes del desalojo y después de ello. Estos datos son dibujados en papel milimetrado a escala, con lo cual se establece el volumen desalojado. El proceso a seguirse es el siguiente:

1. Se localiza los puntos o abscisas del eje de la vía a una distancia necesaria antes y después del tramo afectado, referenciándolos debidamente.

2. Se toman perpendiculares con relación al eje localizado en todas las abscisas, materializándolas con balizas.

3. Se nivela éstas abscisas para determinar su cota antes de la limpieza.

4. Se toman los perfiles transversales en las perpendiculares de las abscisa tanto al lado derecho como al izquierdo del eje, acumulando las distancias a partir del eje, sumando o restando las alturas desde la cota inicial. El último punto del perfil transversal se lo debe referenciar fuera del área de construcción para tener la certeza de que los perfiles sean tomados en

las mismas alineaciones.

5. El registro de las perfiles finales se realiza después de la limpieza, siguiendo los pasos antes anotados, registrándose en la libreta dichos datos.

Estos datos se dibujan en papel milimetrado para luego por los métodos conocidos determinar la sección limpiada y determinar su volumen total a pagarse.

2.5. DRENAJES.

El drenaje es otra consideración que debe tomarse en cuenta en el diseño de una carretera, pero que sin duda merece una cuidadosa atención con el objeto de asegurar el buen comportamiento de la calzada a través de su vida útil, con un costo mínimo de mantenimiento.

El estudio del drenaje abarca dos aspectos principales que son:

2.5.1. Drenaje Superficial.

El drenaje superficial indispensable para evitar la inundación de la calzada, por efectos del agua que escurre proveniente de la lluvia, de cauces

naturales o de aguas almacenadas.

El diseño del drenaje superficial está relacionado con el diseño de: cunetas de coronación, cunetas de plano, canales, alcantarillas y puentes. Para lo cual se efectúan los siguientes estudios:

- a) **Hidrología.**- Para la estimación de los caudales máximos de escurrimiento a drenarse.
- b) **Diseño Hidráulico.**- Para la elección del tipo y tamaño de las estructuras de drenaje, y con ello servir a los escurrimientos estimados.

2.5.1.1. Diseño de Cunetas.

2.5.1.1.1. Cuentas de Coronación.

En terrenos inestables, o en secciones en desmonte se construyen este tipo de cunetas que sirven para interceptar las aguas que se precipitan hacia las laderas de la calzada, las mismas que al no correr por éstas lo harían por el talud, ocasionándole problemas de erosión.

Es importante que éstas cunetas no sigan una dirección paralela al eje de la vía sino que formen con dicho eje un ángulo entre 10 y 30 grados para evitar que se produzcan deslizamientos del talud. Deben ser

revestidas con Hormigón simple y con dimensiones de 0.60 a 0.80 de solera y, de 0.40 a 0.60 de profundidad.

2.5.1.1.2. Cunetas de Plano.

Su finalidad principal, la de recoger tanto las aguas de la superficie de la calzada como las aguas provenientes de escurrimiento de taludes y terrenos adyacentes. Estas aguas deberán ser evacuadas en longitudes cortas hacia un colector principal, con pendientes suficientes para que circule a una velocidad mínima de 0.5 m/seg y una velocidad máxima de 1.5 m/seg.

Las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas, canales y alcantarillas que se considera se llenan plenamente, se determinan en base al caudal que va a pasar por ellas, haciendo uso de los dos métodos siguientes:

- Mediante la aplicación del método Racional Americano cuya expresión general es la siguiente:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

En donde: Q = Caudal de diseño (m^3/s)

C = Coeficiente de escorrentia

I = Intensidad de precipitación
(mm/h)

A = Area de drenaje (m^2)

- Haciendo uso de la fórmula de Manning:

$$Q = AV$$

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

Donde:

Q = Caudal de diseño en m^3/seg

V = velocidad en m/seg

R = radio hidráulico = $\frac{\text{área de la sección}}{\text{perímetro mojado}}$ en m

S = pendiente longitudinal en m/m

n = coeficiente de rugosidad

A = Área de la sección de la corriente en m^2

Los coeficiente de "n" se dan en el siguiente cuadro:

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n"

<u>Tipo de recubrimiento</u>	<u>Coficiente n</u>
Tierra lisa	0.020
Césped con más de 15 cm de profundidad agua	0.040
Césped con menos de 15 cm profundidad agua	0.060
Revestimiento rugoso de piedra	0.040
Cunetas revestidas de hormigón	0.016

En la fig. II-10 y II-11, se presenta el detalle de cuneta y tipos adoptados en el Proyecto.

2.5.1.2. Diseño de Alcantarillas.

La función de la alcantarilla es permitir el paso de la corriente de agua a través del camino.

Cuando no existen registros de caudal y mediciones de velocidad necesarios para efectuar el cálculo más exacto, la determinación de la sección transversal de las alcantarillas se lo hace mediante el uso de la fórmula modificada de Talbot:

$$A = 0.183 CH^{2/4} \times \frac{I}{100}$$

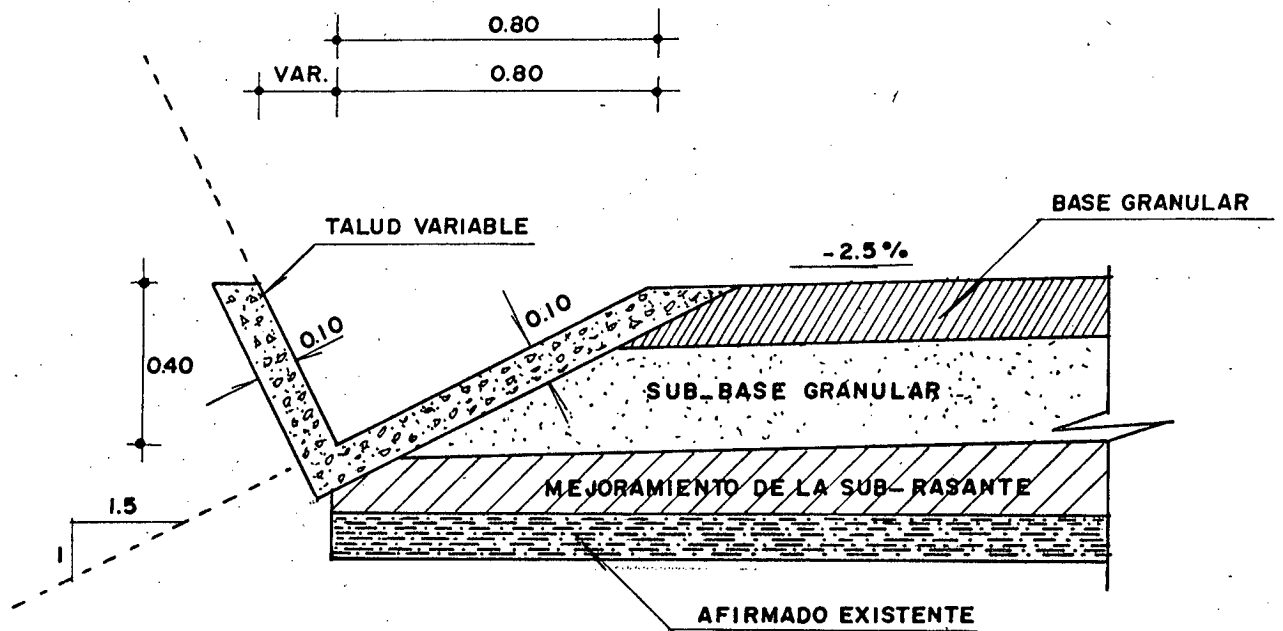
Donde:

A = sección transversal de la alcantarilla en m^2

H = Área a drenarse en Ha

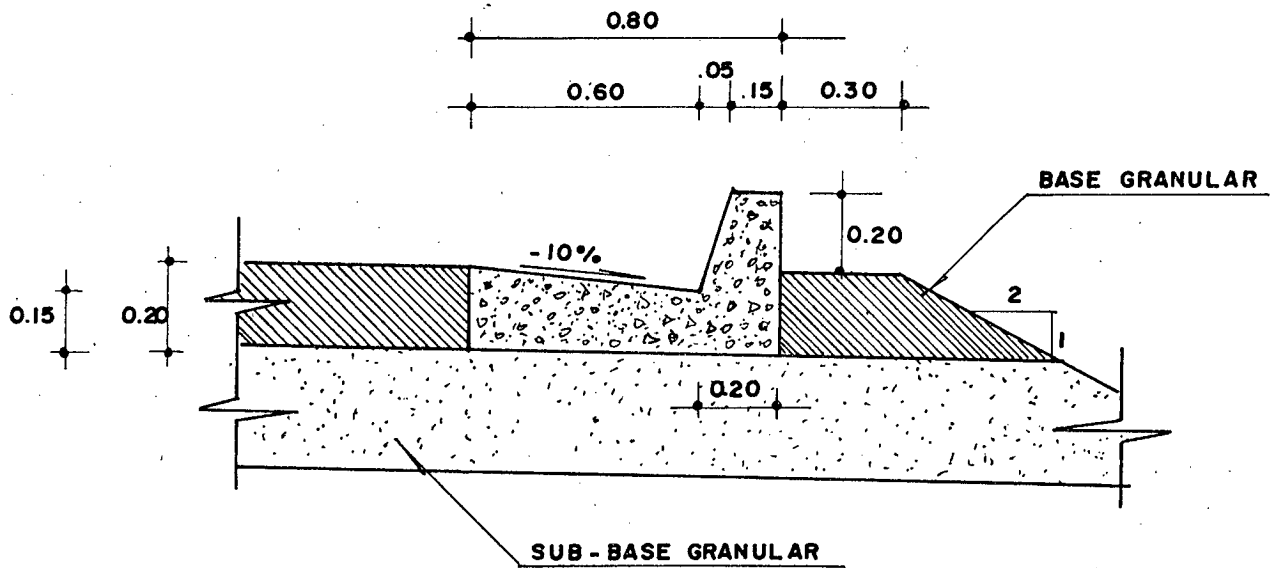
I = intensidad de la precipitación pluvial en mm/h

c = coeficiente que depende del tipo de terreno, conforme se indica en el siguiente cuadro.



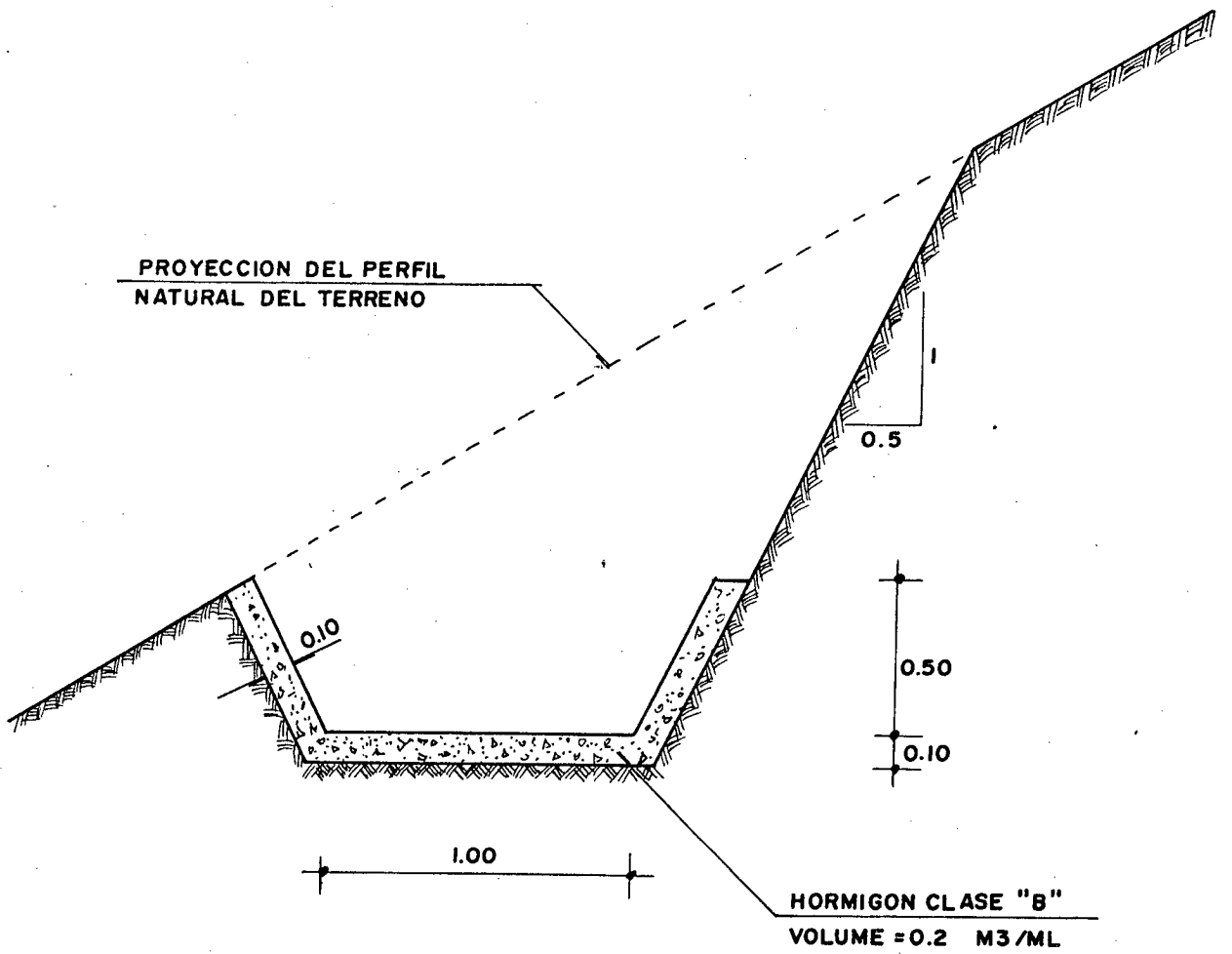
DETALLE DE CUNETA EN CORTE

ESCALA _____ 1: 20



DETALLE DE CUNETA EN RELLENO

ESCALA _____ 1: 20



CUNETA DE CORONACION REVESTIDA

ESCALA _____ 1:25

FIG. 11-11

<u>Clase de terreno</u>	<u>Coefficiente</u>
Terrenos con suelos rocosos y pendientes abruptas	0.9 - 1
Terrenos quebrados con pendientes fuertes	0.80
Terrenos quebrados con pendientes moderadas	0.60
Terrenos de valles irregulares, muy anchos en comparación con su largo	0.50
Terrenos agrícolas ondulados, en las que el largo del valle es de 3 a 4 veces el ancho	0.30
Terrenos a nivel no afectados por acumulación de nieve o inundaciones fuertes	0.20

Las alcantarillas comúnmente utilizadas son:

2.5.1.2.1. Alcantarillas de Acero Corrugado.

Se las utiliza cuando existen pendientes fuertes, con el fin de reducir la velocidad de salida por su mayor coeficiente de rugosidad. Su uso se limita a consideraciones de durabilidad, por efecto de aguas o suelos agresivos. Son estructuralmente flexibles, lo que permite que la carga vertical sea transmitida como fuerza horizontal hacia el relleno circundante, de esta manera la carga se distribuye uniformemente alrededor de toda la circunferencia de la estructura.

El éxito de éstas estructuras flexibles depende en gran parte de la correcta compactación del material de relleno y así tener suficiente resistencia para soportar los impactos y las vibraciones producidas por el tránsito pesado. Sin embargo, la deflexión anular de un conducto (definida como el cambio en el diámetro debido al aplastamiento bajo una carga), puede producir el derrumbamiento si la disminución del diámetro vertical es mayor que el 20%.

La ventaja principal de éste tipo de alcantarillas es el corto tiempo de colocación.

2.5.1.2.2. Alcantarillas de Hormigón de Sección Rectangular.

Se las utiliza especialmente para grandes caudales a drenarse o donde haya restricciones al remanso.

Pueden ser de dos tipos: la tipo cajón y las aperticadas. Las primeras se recomiendan cuando existen velocidades importantes para evitar la erosión sobre las fundaciones y facilitar su mantenimiento. Las de tipo pórtico se usan cuando la velocidad de escurrimiento es pequeña.

Las alcantarillas son elementos estándar del proyecto, con planos tipo y dimensiones y

características normalizadas a las cuales el proyectista debe generalmente adoptar las dimensiones de acuerdo a esos tipos.

2.5.1.3. Muros de Ala o Cabezales.

Estos elementos estructurales se los utiliza como muros de acceso y salida de las alcantarillas; la construcción de los muros son importantes ya que cumplen una función específica, así pues, las de entrada dirigen la corriente hacia la alcantarilla para que trabaje a su máxima capacidad, disminuyendo las pérdidas; y las de salida disminuyendo la energía cinética de la corriente para evitar socavaciones aguas abajo del cauce.

2.5.1.4. Localización de las alcantarillas.

Los factores más determinantes para una mayor eficiencia y seguridad de las alcantarillas son:

2.5.1.4.1. Alineamiento.

Este alineamiento debe acomodarse a la topografía del terreno, es decir que su eje trate de coincidir con el lecho de la corriente, permitiendo una entrada y salida directa del agua.

2.5.1.4.2. Pendiente.

La pendiente debe ser en lo posible, la misma que la del lecho de la corriente en sus vecindades; ya que una pendiente reducida produce sedimentación y una pendiente exagerada erosión a la salida, socavando la estructura.

2.5.1.4.3. Elevación.

Las alcantarillas deben instalarse con una cota tal que su fondo coincida con la del lecho de la corriente, cuando podamos ver que el lecho ha llegado a su estado de equilibrio.

En todo caso no se las debe ubicar sobre un terraplén lo cual a corto plazo producirá la destrucción tanto del relleno como de la alcantarilla misma; por lo que siempre se prefiere desviar los cauces, mediante las alcantarillas esviajadas a zonas de corte para cimentar en forma segura éstas obras de arte.

2.5.2. Drenaje Subterráneo.

La construcción de los subdrenes obedece principalmente a la evacuación de las posibles infiltraciones hacia los estratos inferiores del nivel del proyecto, así como de aguas subterráneas que

podrían afectar a la estructura del pavimento, ocasionando la destrucción inmediata de la carretera.

El sitio donde se empleará el subdren es señalado por la fiscalización; se realiza la excavación de la zanja (mínimo para el presente proyecto 1.80 m) de profundidad con un ancho mínimo (0.80 m), se colocará como subdren tubo perforado de hormigón de diámetro 20 cm sobre una capa de material pétreo que tenga la misma configuración circular de espesor 10 cm. El relleno de la zanja para tapar el tubo perforado deberá ser de material filtrante hasta una altura mínima de 1.50 m a partir del borde inferior del tubo, compactado de manera tal que en lo posterior no se produzca hundimientos, se remata el relleno de la zanja con material impermeable que puede ser arcilla del nivel de subrasante de espesor de 30 cm hacia adentro. Estos subdrenes descargan sus aguas en las entradas de las alcantarillas o en salidas especiales para el efecto; estas obras al igual que las anteriores se deben ejecutar siguiendo estrictamente los diseños que para el caso existen en los planos correspondientes.

La construcción de las obras de subdrenajes se debe iniciar concluido el movimiento de tierras.

La utilización del material filtrante debe ser autorizado previo a los ensayos de granulometría por parte de la fiscalización.

A falta de tubos perforados pueden colocarse tubos de hormigón simple sin huecos, dejando juntas abiertas de 2.5 cm entre tubo y tubo.

2.6. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

El diseño del pavimento se lo hace en base a las diferentes cargas, tráfico, materiales y condiciones que tendrá la vía; estos parámetros llevarán a la determinación de un espesor conveniente para que la vía brinde un buen servicio.

El pavimento puede ser rígido o flexible, para su diseño se considera básicamente la calidad del suelo de la vía por lo que la mayoría de los métodos tienen como punto de partida la capacidad de soporte (CBR) o el índice de grupo de la subrasante.

En nuestro país, de conformidad con las normas adoptadas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, que es la Entidad Rectora de la Vialidad utiliza el método AASHO, con las modificaciones introducidas en el año 1986.

En general, los pavimentos están formados por capas de resistencia decrecientes con la profundidad. Se componen generalmente de: carpeta de rodamiento, base, sub-base, además de una capa de mejoramiento todo este conjunto se encuentra apoyado sobre la subrasante.

Para el diseño del pavimento en todos los tramos del proyecto, se ha contemplado la utilización de la capa de afirmado con sus espesores ponderados. Su dimensionamiento se realizó siguiendo el método AASHO, utilizado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

La aplicación de éste método requiere la determinación de los siguientes parámetros:

- Período de Diseño 10 años
- Confiabilidad R = 80-90%
- Desviación Estándar General $\sigma = 0.45$
- Índice de Servicio Inicial $P_o = 4.0$
- Índice de Servicio Final $P_f = 2.0$
- Pérdida de Nivel de Servicio
deseada $P_{sT} = 4-2 = 2$

En relación al período de diseño, se escogió el de 10 años, el mismo que responde a una serie de factores como costos de construcción, operación de los vehículos, mantenimiento anual y el de mantenimiento periódico hasta su reconstrucción.

Para obtener los diseños definitivos se efectuó investigaciones sobre: Factores de carga, carga de diseño, capacidad de soporte de la subrasante, capacidad de soporte del afirmado existente, Factor Regional de los números estructurales de diseño, con

éstos elementos se obtuvo los espesores del pavimento mediante dos alternativas:

- a) Con capa de rodadura de cemento asfáltico.
- b) Con capa de rodadura de D.T.S.B.

Luego de diversas consideraciones económicas, se escogió la alternativa b) cuyos resultados se indican en el cuadro II-3, las que fueron aceptadas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

CUADRO II-3

CAPA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	A B S C I S A S				
	0+000 5+500	5+500 10+500	10+500 17+159.6	0+500 9+500	9+500 11+712.32
D.T.S.B.	DTSB	DTSB	DTSB	DTSB	DTSB
Base Granular Clase I	20.0	15.0	25.0	15.0	15.0
Sub-base Granular Clase 3	30.0	20.0	35.0	25.0	15.0
Mejoramiento y/o Re- gularización de la Subrasante	27.0	25.0	30.0	15.0	20.0
Afirmado existente mejoramiento y/o Re- gularización de la Subrasante	15.0	10.0	15.0	25.0	10.0
Espesor Total del Pavimento	92.0	70.0	105.0	80.0	60.0

2.6.1. Comprobación del Diseño por el Método de la AASHO.

Factores de Diseño.— Básicamente éste método de diseño utiliza los diagramas que han sido simplificados en forma de nomogramas, los que se hallan en las figuras II-12 (nomograma AASHO,400-1) y II-3 (nomograma AASHO 400-1).

Para el uso de estos nomogramas se requiere de información sobre cinco factores que son:

1. Índice de Suficiencia o de Servicio (P).— es un número que nos da la condición del pavimento y que varía de 0 a 5, reduciéndose gradualmente conforme el uso y el mantenimiento de la vía. Este número es obtenido mediante fórmula basado en determinadas características físicas del pavimento tales como: huellas, surcos, fisuras, etc.

El primer requerimiento para el diseño es el de seleccionar el índice de servicio que se desea tenga el pavimento al término del período para el cual fué diseñado. Normalmente para carreteras principales debe ser escogido un índice final $P = 2.5$ y un $P = 2.0$ para carreteras secundarias.

2. Valor Soporte de la Subrasante.— Una vez efectuado el ensayo CBR y determinado el valor soporte

de 3 muestras compactadas a diferentes densidades en el mismo suelo, se grafica el valor soporte o CBR vs Densidad Seca respectiva de saturar. De la curva resultante se determina el CBR de diseño de acuerdo al tipo de suelo, según el siguiente criterio: (manual del MOF--001-E 1974).

Para suelos A-1, A-3 y A-2, con I_p menor que 5, el CBR de diseño es el que corresponde al 95% de la máxima densidad seca del ensayo de compactación preliminar.

Para suelos A-2 con I_p mayor o igual a 5 y suelos A-4, A-5, A-6 y A-7 con I_p menor que 25 el CBR de diseño es el correspondiente al 90% de la máxima densidad seca del ensayo de compactación.

Debido a que por lo general en la práctica se realiza un diseño de pavimento para cierto tramo de vía, debe elegirse un valor CBR representativo de ese tramo, tomándose en cuenta todos los valores existentes en el mismo, siendo el CBR de diseño del tramo, el correspondiente a, o menor de aproximadamente el 90% de todos los valores resultantes de las pruebas de la sección.

3. Tráfico.— El tráfico promedio Diario Anual (T.P.D.A.) que se utiliza en el diseño, es una combinación de vehículos livianos, buses, camiones dos

ejes y camiones más de tres ejes.

Para establecer las cargas que actúan sobre el pavimento se debe determinar primero el volumen de tráfico actual, clasificándolo en los diferentes tipos de vehículos anotados.

En el diseño, los vehículos livianos no se los toma en cuenta por su peso pequeño en comparación a los pesados. Para calcular el tráfico futuro al final del período de diseño se utiliza la fórmula:

$$T_p = t_a (1 + i)^n$$

Donde:

T_p = Tráfico proyectado al final del período del diseño.

t_a = Tráfico promedio diario anual al primer año de servicio.

i = Tasa de crecimiento del tráfico.

n = Período de diseño en años.

Para usar éste tráfico en el diseño, en primer lugar se lo debe convertir a un número de ejes equivalentes de 18000 lbs.

Este número de ejes equivalentes se lo obtiene multiplicando el número de vehículos pesados en el carril de diseño por el factor de carga.

El número de vehículos pesados en el carril de diseño es igual a:

$$\frac{\text{TFDA (1)} + \text{TFDA (n)}}{2} \times 365 \times n \times d$$

Donde:

TFDA (1) = Tráfico Promedio Anual al primer año de servicio.

TFDA (n) = Tráfico Promedio Anual al final del período de diseño.

d = Porcentaje de distribución de tráfico por carril (0.5).

n = Período de diseño en años.

El factor de Cargas es la sumatoria de cargas equivalentes de 18000 lbs por vehículo, que es igual a:

$$\text{Vehículo} = \% \times \text{Fe}$$

Donde:

% = El porcentaje que representa cada vehículo del total.

Fe = Factor de equivalencia de ejes de 18000 lbs. por vehículo. Se los obtiene del ábaco de la figura II-14.

4. Factor Regional.— El método de diseño AASHO contempla una escala que ajuste el número estructural

(NE) a las condiciones climáticas y ambientales.

Para el Ecuador y tomando en cuenta que la intensidad de lluvia es el factor de mayor influencia, se ha establecido la relación que se indica en el cuadro II-4.

CUADRO II-4

Precipitación Pluvial Anual	Factor Regional
Menor de 250	0.25
de 250 - 500	0.50
500 - 1000	1.00
1000 - 2000	1.50
2000 - 3000	1.75
Más de 3000	2.00

5. Propiedades Estructurales de los Materiales.— La solución del procedimiento de diseño de la AASHO está en términos de un número estructural (NE) que expresa la resistencia estructural necesaria que debe tener un pavimento para una combinación del valor soporte del suelo, de la carga total equivalente a un eje simple de 18000 lbs., del índice final de suficiencia y del factor regional.

Este número estructural (NE), se lo obtiene de los ábacos de los nomogramas de las figuras II-12 y II-13 de la forma siguiente:

Entramos con los datos del CER y el tráfico de

diseño, unimos éstos dos puntos e interceptamos el valor del número estructural ponderado (NE); luego con éste valor y el dato del factor regional interceptamos el NE corregido.

El NE obtenido en ésta forma representa el espesor total del pavimento y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas, mediante el uso de coeficientes adecuados que representen la resistencia relativa del material a emplearse en cada capa. Estos valores de los coeficientes se hallan en el anexo del cuadro II-3.

Esta conversión se obtiene con la siguiente ecuación:

$$NE = a_1h_1 + a_2h_2 + a_3h_3 + \dots$$

Donde:

NE = Número estructural abstracto que expresa la resistencia del pavimento total.

a_1, a_2, a_3 = Coeficiente estructurales de la resistencia relativa del material a usarse en cada capa del pavimento.

h_1, h_2, h_3 = Espesor correspondiente a cada capa.

Cuando los suelos de la subrasante son débiles

con un CBR menor al 3%, se utiliza con frecuencia la capa de mejoramiento. Esta capa se evalúa a través del CBR de diseño que está respaldado por suficientes antecedentes que permiten una ampliación. El proceso para determinar el coeficiente (a4) es el siguiente: conocido el valor del CBR del material que se va a colocar como subrasante mejorada y con el valor del CBR de la subrasante, se determina en el ábaco del monograma de la figura II-15, el valor del coeficiente estructural (a4) del material de mejoramiento.

2.6.2. Cálculo de Espesores.

Indice de Servicios:

$F = 2.0$ por tratarse de un tramo de carretera secundaria.

Factor Regional:

En base al análisis de la intensidad de precipitación pluvial media anual para todo el proyecto, son tomados los anuarios meteorológicos para el periodo 1962-1980, publicados por el INAMHI, es de 926.9 mm, para lo cual del cuadro II-4, se obtiene que el $FR = 1.0$.

Capacidad de Soporte de la Subrasante (CBR):

De los estudios realizados por los Ingenieros Consultores Bastidas Hnos., se obtiene los valores del CBR de diseño y además los valores de CBR de la capa de mejoramiento, para cada sub-tramo:

<u>ABSCISA</u>	<u>CBR</u>
0+000 - 5+500	
Subrasante	2.7 para el 82% de seguridad
Capa de Mejoramiento	18% del material a usarse
5+500 - 10+500	
Subrasante	7.6 para el 80% seguridad
Capa de Mejoramiento	20% del material a usarse
10+500 - 17+500	
Subrasante	1.9 para el 80% seguridad
Capa de Mejoramiento	12% del material a usarse

Análisis del Tráfico:

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), que se utiliza en éste diseño fué contabilizado por la Cía. Consultora de los Estudios en el año 1986 y cuyo detalle es el siguiente:

Si proyectamos el TPDA al primer año de servicio 1987 y al final del período de diseño de 10 años 1997, se obtienen aplicando la fórmula respectiva los siguientes valores:

TIPO DE VEHICULO	NUMERO DE VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENTO
Livianos	564	4.6%
Buses	90	1.6%
Camiones 2E	175	3.5%
Camiones + 3E	10	3.5%
TPDA	839	

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL TPDA	
	1987	1997
Livianos	590	925
Buses	91	107
Camiones 2E	181	255
Camiones + 3E	10	14

Por lo tanto el Promedio Diario Anual de vehículos pesados es:

Año: 1987 = 282

Año: 1997 = 376

El número de vehículos pesados en el carril de diseño será:

$$1987-1997: \frac{282 + 376}{2} \times 365 \times 10 \times 0.5 = 600425 = 6 \times 10^5$$

Factor de Carga:

Con números estructurales asumidos 3 y 4 por tratarse de caminos de segundo orden en el Abaco II-14, tenemos:

VEHICULOS PESADOS	%	FACTOR DE EQUIV. CARGAS EQUIV. 1800Lbs.			
		SN = 3	SN = 4	SN = 3	SN = 4
Buses	33	1.37	1.34	0.452	0.442
Camiones 2E	64	3.07	2.99	1.965	1.914
Camiones+3E	3	2.19	2.09	0.066	0.063
		Factor de Carga :		2.483	2.419

Número de ejes equivalentes de 18000 lbs:

Para período de diseño de 10 años (1997)

$$NE = 3.0 : 6 \times 10^6 \times 2.483 = 14.90 \times 10^6 = 15 \times 10^6$$

$$NE = 4.0 : 6 \times 10^6 \times 2.419 = 14.514 \times 10^6 = 15 \times 10^6$$

Número Estructural del Pavimento (SNy)

- Para el primer tramo: 0+000 - 5+500

Ingresamos el nomograma de la Fig. II-12 con:

Confiabilidad	0.82
Desviación Estandar General	0.45
Pérdida del Nivel de Servicio (PST)	2.00
Ejes equivalentes de 18000 lbs	15×10^6
CBR de la subrasante	2.7%

Factor Regional 1.0

Se obtiene un SNy

Para un período de diseño de 10 años: SNy=3.85

- Para el segundo tramo: 5+500 - 10+500

Confiabilidad 0.80

Desviación Estandar General 0.45

Pérdida del Nivel de Servicio (PST) 2.00

Ejes equivalentes de 18000 lbs 15×10^6

CBR de la subrasante 7.6%

Factor Regional 1.0

Se obtiene un SNy

Para un período de diseño de 10 años: SNy=3.05

- Para el tercer tramo: 10+500 - 17+500

Confiabilidad 0.80

Desviación Estandar General 0.45

Pérdida del Nivel de Servicio (PST) 2.00

Ejes equivalentes de 18000 lbs 15×10^6

CBR de la subrasante 1.9%

Factor Regional 1.0

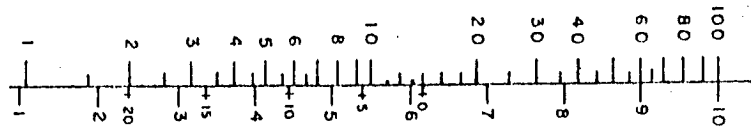
Se obtiene un SNy

Para un período de diseño de 10 años: SNy=4.20

SUB-TRAMO 0 + 000 - 5 + 500

DISEÑO PARA LOS 10 AÑOS

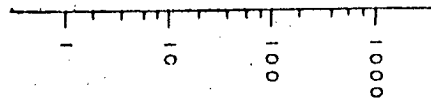
CBR DE DISEÑO (ECUADOR)



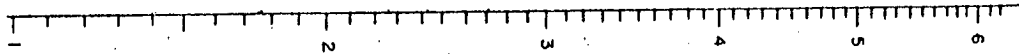
S-VALOR DE SOPORTE DEL SUELO-(AASHO)

+ INDICE DE GRUPO

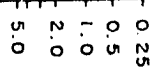
APLICACIONES DE CARGA DE EJES
SIMPLES EQUIVALENTES AL DE 8.180 KGS.
(CIENTOS DE MILES)



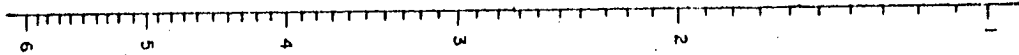
NE NUMERO ESTRUCTURAL



R-FACTOR REGIONAL



NE-NUMERO ESTRUCTURAL CORREGIDO

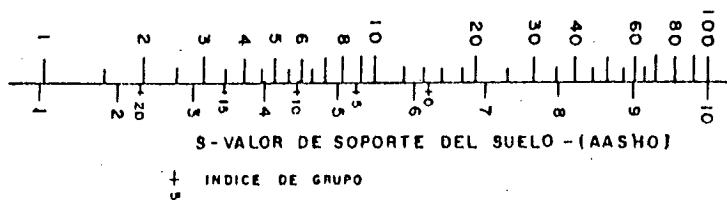


EL NOMOGRAMA ES IGUAL AL INDICADO EN "AASHO INTERIM GUIDE" 1972
PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS, EXCEPTO LA ESCALA
DE VALORES CBR CUYA CORRELACION SE INDICA EN EL APENDICE IX-1

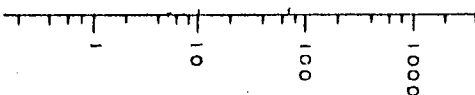
FIGURA

NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, $P = 2,0$
(NOMOGRAMA AASHO 400-1)

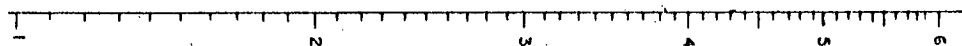
CBR DE DISEÑO (ECUADOR)



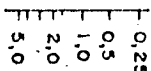
APLICACIONES DE CARGA DE EJES
SIMPLES EQUIVALENTES AL DE 8.180 KGS.
(CIENTOS DE MILES)



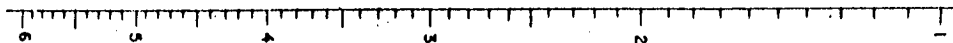
NE NUMERO ESTRUCTURAL



R - FACTOR REGIONAL



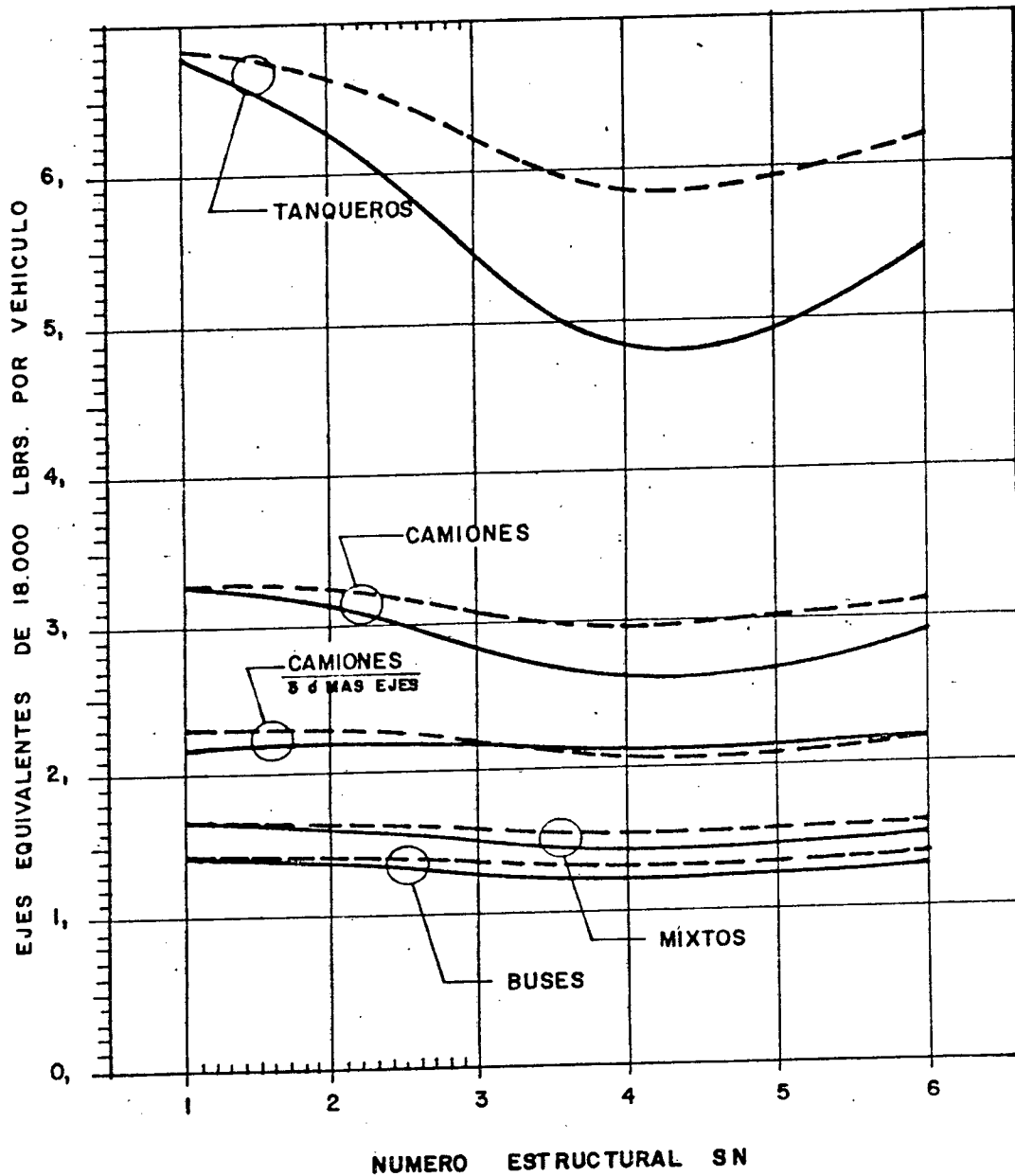
NE-NUMERO ESTRUCTURAL CORREGIDO



EL NOMOGRAMA ES IGUAL AL INDICADO EN "AASHO INTERIM GUIDE" 1972
PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS, EXCEPTO LA ESCALA
DE VALORES CBR CUYA CORRELACION SE INDICA EN EL APENDICE IX-1

NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, $P = 2,0$
(NOMOGRAMA AASHO 400-1)

PROMEDIO DE FACTORES DE CARGA EQUIVALENTE
 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
 METODO AASHO



INDICE DE SERVICIO = 2,5 —————
 INDICE DE SERVICIO = 2,0 - - - - -

FIG. II-14

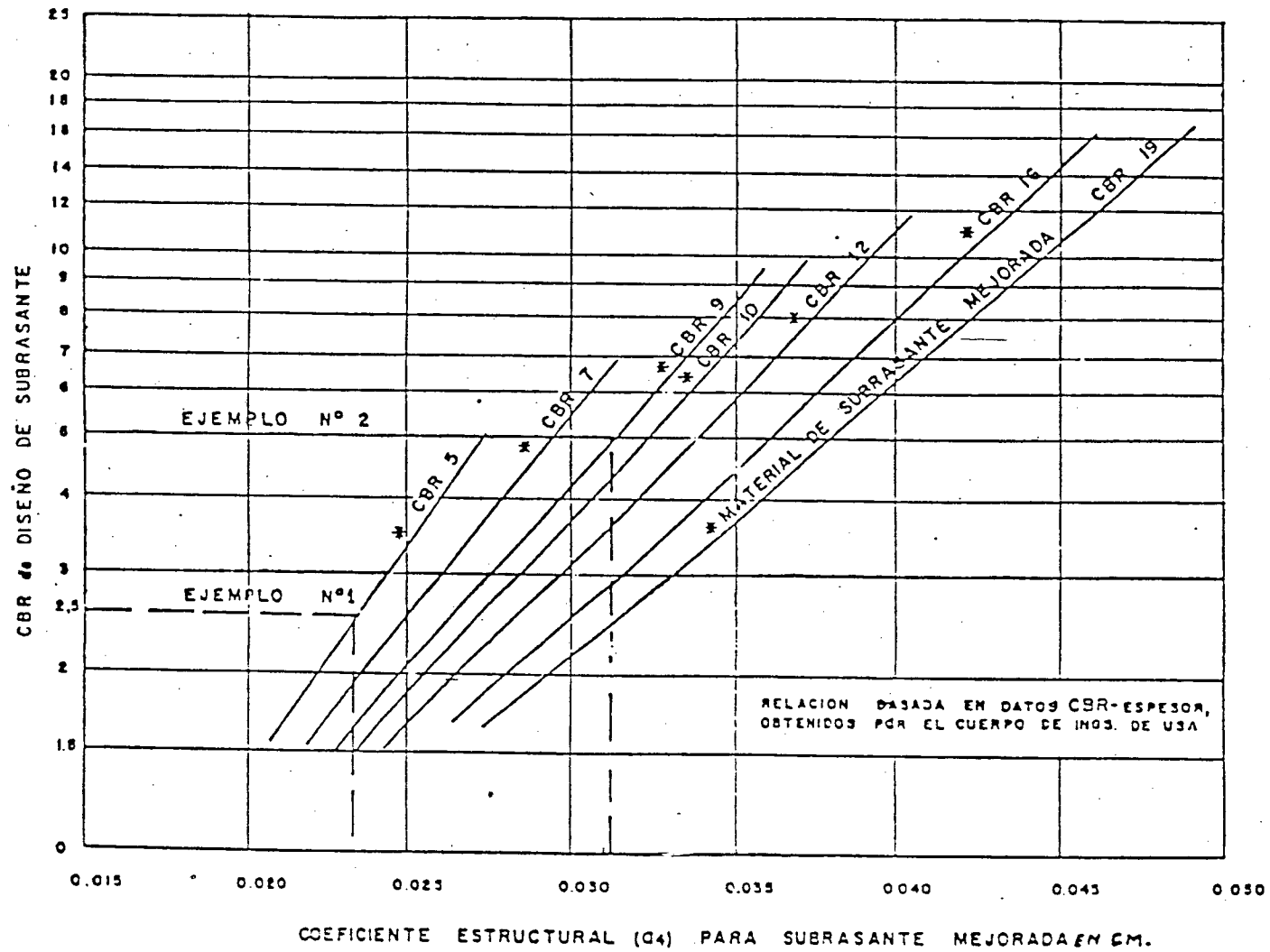


FIGURA N°19 Correlación entre CBR de Diseño y Coeficiente Estructural Equivalente Para Subrasante Mejorada

COEFICIENTE DE CAPAS
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
METODO AASHO

CUADRO N° 3.1

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEFICIENTE (cm)
<u>CAPA DE SUPERFICIE</u>		
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1000 LBS	0,134 - 0,173
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 800 LBS	0,079 - 0,118
CARPETA BITUMINOSA MEZCLADA EN EL CAMINO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 300 - 800 LBS	0,059 - 0,098
<u>CAPA DE BASE</u>		
ACRECADOS TRITURADOS, GRADUADOS UNIFORMEMENTE	PI 0-4, CBR > 100%	0,047 - 0,055
GRAVA GRADUADA UNIFORMEMENTE	PI 0-4, CBR 30-80%	0,028 - 0,051
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1000 LBS	0,098 - 0,138
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 800 LBS	0,059 - 0,098
ACRECADO GRUESO ESTABILIZADO CON CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 78 - 46 kg/cm ²	0,079 - 0,138
ACRECADO GRUESO ESTABILIZADO CON CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 kg/cm ²	0,059 - 0,119
SUELO-CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 6 - 32 kg/cm ²	0,047 - 0,079
<u>CAPA DE SUB-BASE</u>		
ARENA-GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	PI 0-6, CBR 30+%	0,035 - 0,043
SUELO-CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 11 - 32 kg/cm ²	0,059 - 0,071
SUELO-CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 3 kg/cm ²	0,059 - 0,071
<u>MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE</u>		
ARENA O SUELO SELECCIONADO	PI 0-10	0,020 - 0,035
SUELO CON CAL	3% MINIMO DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0,028 - 0,039
<u>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO</u>		
TRIPLE RIEGO		■ 0,40
DOBLE RIEGO		■ 0,25
SIMPLE RIEGO		■ 0,15
	- 8 USAR ESTOS VALORES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TRATAMIENTOS BITUMINOSOS, SIN CALCULAR ESPESORES	

CAPAS	COEF. ESTRUCT.	ESPESOR (cm)	NE. CAL	NE REQ
DTSB	a1 = 0.25	h1 = DTSB	0.25	
BASE	a2 = 0.055	h2 = 20	1.10	
SUB-BASE	a3 = 0.043	h3 = 30	1.29	
MEJORAMIE	a4 = 0.031	h4 = 40	1.24	
			3.88	3.85

* Nos imponemos los espesores y por tanteos determinamos los NE calculados para cada capa, hasta llegar a obtener el NE requerido.

SUB-TRAMO 5 + 500 - 10 + 500

DISENO PARA LOS 10 AÑOS

CAPAS	COEF. ESTRUCT.	ESPESOR (cm)	NE. CAL	NE REQ
DTSB	a1 = 0.25	h1 = DTSB	0.25	
BASE	a2 = 0.055	h2 = 15	0.825	
SUB-BASE	a3 = 0.043	h3 = 20	0.860	
MEJORAMIE	a4 = 0.043	h4 = 25	1.065	
			3.010	3.05

SUB-TRAMO 10 + 500 - 17 + 500

DISENO PARA LOS 10 AÑOS

CAFAS	COEF. ESTRUCT.	ESPEJOR (cm)	NE.	CAL	NE	REQ
DTSB	a1 = 0.25	h1 = DTSB	0.25			
BASE	a2 = 0.055	h2 = 25	1.375			
SUB-BASE	a3 = 0.043	h3 = 35	1.505			
MEJORAMIE	a4 = 0.026	h4 = 40	1.040			
				4.17		4.20

2.6.3. Mejoramiento de la subrasante:

Características-Especificaciones.

Debe seleccionarse para esta capa el mejor suelo natural disponible. A menos que el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones apruebe el uso de otro tipo de suelo, el suelo seleccionado será de tipo A4, o de calidad superior y deberá ser mejor que el suelo de subrasante.

ENSAYOS Y TOLERANCIAS.

Su tamaño máximo debe ser de 10 cms., lo que pase por el tamiz No. 200 será como máximo el 30%, índice plástico deberá ser del 10% como máximo, el CBR máximo de diseño será del 10%, con la excepción de suelos naturales con apreciable cantidad de material grueso o suelos calcáreos de alta calidad para los que podrá usarse un CBR en diseño de 20%, su compactación (AASHO - T180) para + 95% de su máxima densidad, debe compactarse en capas de 25 cm.

2.6.4. Sub-Base: Características-Especificaciones.

Es una capa de pavimento flexible que consiste de material seleccionado, tal como gravas naturales que son estables, pero que no tienen las características adecuadas para ser partes constituyentes de una base.

El propósito fundamental de una sub-base es permitir la construcción de pavimentos a costos relativamente bajos y servir de capa de drenaje del pavimento.

Desde el punto de vista de procedimientos de construcción es indistinto referirse a la sub-base o a la base, pues los procedimientos para construir una y otra en sus diferentes fases, son las mismas.

ENSAYOS Y TOLERANCIAS.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones para nuestras carreteras considera en forma general tres tipos de sub-bases que son: sub-base clase 1, clase 2, clase 3; que se diferencian esencialmente entre sí por su granulometría.

La característica de una sub-base granular clase 3 modificada 402-1(3)E, que es la que se utilizó para éste Proyecto, cumplirá los requerimientos para

clase 3, que constan en el manual de Especificaciones Generales NCP-001-F-1976 excepto la granulometría y CBR que corresponderán a los que se indican a continuación:

Granulometría	
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100
No. 4	30 - 70
No. 200	0 - 15

La porción de los agregados retenidos en el tamiz No. 4 se denominará agregados gruesos y la parte que pase dicho tamiz, se llamará agregados finos. La parte que pase el tamiz No. 200 se denominará relleno mineral o ligante. Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50% a 500 revoluciones, determinado según el ensayo de Abrasión.

La porción del agregado que pase el tamiz No. 40 deberá tener un límite líquido menor que 25 y un índice de plasticidad menor que 6.

Un valor del CBR mayor a 30% y su compactación del 100% según AASHTO T-180.

Deberá compactarse en capas de 15 m (máximo)

2.6.5. Base: Características-Especificaciones.

Es la capa más importante del pavimento, pues recibirá la mayoría de los esfuerzos cargas y presiones producidas por el tráfico.

Cumple con la función de soportar las cargas rodantes y transmitir las a las capas inferiores del pavimento, distribuyéndolas de manera que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

Cuando el material no cumple con las fajas granulométricas especificadas puede ser mejorado mediante mezclas con otros materiales.

Dentro de éstas mezclas, las partículas más gruesas suministran fricción y resistencia al impacto, las intermedias acuanamiento de la estructura y los más finos el sostén de delgadas películas de agua, que desarrollan una fuerte cohesión.

COLOCACION.

Debe compactarse en capas no mayores de 10 cm en ocasiones se requiere algún material ligante (arcillas) para dar una mejor cohesión entre las partículas en el caso de Bases NP. La compactación debe hacerse hasta lograr la máxima densidad de acuerdo al método usado, pero siempre que no afecte su

resistencia, especialmente cuando las condiciones de porcentaje de humedad varían. Generalmente al compactar el material o por desperdicios se reduce un 20% de volumen aproximadamente.

CONTROL (Recomendable)

Límites y Granulometría	cada 1000 m ³
CBR (Mínimo 40%)	cada 2000 m ³
Densidad	cada 100 m
Espesor	cada 100 m

ENSAYOS Y TOLERANCIAS.

Los materiales componentes de la base serán seleccionados y comprobada su granulometría mediante los ensayos AASHO T 11 y T 27, los mismos que se llevarán a cabo inmediatamente después del mezclado en la planta o del mezclado final en el camino, según el caso.

La porción de los agregados retenidos en el tamiz No. 4 se denominará agregados gruesos y la parte que pase dicho tamiz se llamará agregados finos. El relleno mineral o ligante se considerará el que pase por el tamiz No. 200

Los agregados gruesos, deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 40% a 500

revoluciones, determinado según ensayo AASHO T 96 (abrasión).

La porción del agregado que pase el tamiz No.40 incluyendo el relleno ligante, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor que 25 y un índice de plasticidad menor que 6.

Los siguientes ensayos se realizarán para controlar la calidad de construcción de las capas de Bases:

- 1.- Granulometrías: AASHO T 11 y T 27.
- 2.- Contenido de partículas finas plásticas: AASHO T 176.
- 3.- Densidad máxima y humedad óptimo (Proctor) AASHO T 180 método D al 100%.
- 4.- Densidad de campos: AASHO T 147 ó T 191 o usando equipo nuclear debidamente calibrado.

REQUERIMIENTOS DE GRADUACION.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones especifica para nuestra vialidad cuatro tipos de Bases granulares que se diferencian por su

granulometría, siendo éstas: base clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4.

En el proyecto se utilizó la Base granular triturada clase 1 (2") máx.

TAMIZ	% QUE PASA
2"	100
1 1/2"	70 - 100
1"	55 - 85
3/4"	50 - 80
3/8"	35 - 70
No. 4	25 - 50
No. 10	20 - 40
No. 40	10 - 25
No. 200	2 - 12

Los datos para el tendido y el control de espesores del pavimento (Blue-tops), son colocados por el constructor y chequeados por la Fiscalización; con el correspondiente control de densidades de campo (método del cono de arena).

Hay que anotar que el material para la trituración y obtención del agregado grueso para las capas de Sub-Base y Base, la explotación se la realiza de la mina localizada en el Km 6+600 y la obtención del material fino para la mezcla se lo realiza de la mina localizada en el Km 9+000.

2.7. RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION.

A continuación se indican los ensayos que se deben realizar y chequear en forma continua en la etapa de construcción de las diferentes capas del pavimento.


- Ensayo del CBR, según norma AASHO T193-63, cada 2000 M².

- Ensayo de granulometría, según AASHO T11 y T27 y límites según norma AASHO T89 y T90; luego de que el material ha sido mezclado en planta, como cuando ha sido distribuido en el camino, cada 1000M².

- Ensayo de Abrasión, según AASHO T96, tan pronto como se obtengan muestras representativas de cualquier fuente propuesta de materiales.

- Proctor (ensayo de densidad máxima y humedad óptima), según AASHO T180, método D; debe recapearse una muestra representativa del rollo en la carretera, cada vez que haya indicio de cambio en el material.

- Ensayo de densidad de campo, según AASHO T147 o T191, cada 100m de material compactado, en los lugares más críticos como son los extremos de la calzada, en una forma alternada.

 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS departamento de geotecnia Supervision Geotecnia Zona 6	PROYECTO <u>VELACRUZ - CATACUCHA</u>	PROFUNDIDAD _____	LAB. N° _____
	SECTOR _____	USO _____	ENSAYADO POR _____
	KILOMETRO <u>6+000</u>	YACIMIENTO _____	CALCULADO POR _____
	MUESTRA N° <u>1B</u>	FECHA DE RECEPCION _____	FECHA _____

TAMIZ N°	PESO Retenido Parcial	PESO Retenido Acumulado	% RETENIDO	% PASA	% PASA Especificado
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA					
3"					
2"					
1 1/2"					
1"		2650	13	87	
3/4"		6310	31	69	
1/2"		9505	46	54	
3/8"		10870	52	48	
N° 4		13660	66	(34)	
pasa N° 4		7000	(34)		

N°	PESO Retenido Parcial	PESO Retenido Acumulado	% RETENIDO	% PASA	% PASA Especificado
SERIE FINA					
N° 4					
8					
10		98.50			
15					
20					
30					
40		210.00			
50					
60					
100					
200		265.00			
pasa N° 200		51.83			

Peso Inicial Húmedo 320.00 gr.
 Peso Inicial Seco 316.83 gr.

LP = 21.47
 LL = 22.60
 IP = 1.13
 W% = 1.00

SUCS = _____
 AASHO = _____

D10 _____
 D30 _____
 D60 _____
 Cu _____
 Cc _____

CAPSULA N°	N° DE GOLPES	Peso Cap. + suelo húm.	Peso Cap. suelo seco	PESO CAPSULA	W %
------------	--------------	------------------------	----------------------	--------------	-----

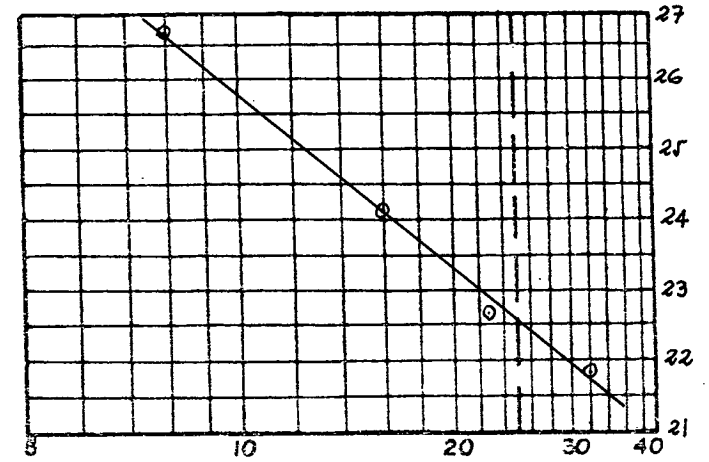
HUMEDAD NATURAL					
A4		127.55	127.23	31.70	0.33
H1		126.87	125.51	31.55	1.45

LIMITE LIQUIDO					
210	32	12.89	11.66	6.00	21.73
M	23	12.62	11.41	6.04	22.63
9	16	13.62	12.12	5.89	24.08
U	8	17.67	15.20	5.94	26.67

LIMITE PLASTICO					
C		6.91	6.74	5.96	21.79
222		7.55	7.27	5.93	20.90
217		7.37	7.13	5.99	21.05

ENSAYO DE ABRASION

Peso Original 5000
 Peso Retenido Tamiz N°12 3940
 Peso que pasa Tamiz N°12 1010
 Porcentaje de desgaste 18%
 Número de bolas 12
 Graduación A
 Ensayado por _____
 Calculado por _____





LABORATORIO DE SUELOS

Proyecto VELACRUZ - CATACUCHA
 Sector _____
 Kilómetro 3 + 150
 Muestra No _____
 Profundidad _____

Yacimiento ROLLO
 Fecha de recepción _____
 Ensayado por _____
 Fecha _____
 Calculado por _____

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO AUMULADO	o/o RETENIDO	o/o QUE PASA	o/o ESFOLIFICADO
			100	100
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"	12.054	37	63	
1/2"				
3/8"				(30-70)
Nº 4	14.370	44	56	
Pasa el Nº 4	18.540	56		
Nº 8				
Nº 10				
Nº 16				
Nº 20				
Nº 30				
Nº 40	217			
Nº 50				
Nº 60				
Nº 80				
Nº 100				(0-15)
Nº 200	437			
Pasa el 200	123			
TOTAL	32.910			

Peso total antes del lavado 560
 Peso total después del lavado 437

CUARTEO:
 Peso antes del lavado _____
 Peso después del lavado _____

ENSAYO DE ABRASION

Peso original _____
 Peso retenido tamiz Nº 12 _____
 Peso que pasa tamiz Nº 12 _____
 Porcentaje de desgaste _____
 Número de bolas _____
 Graduación _____
 Ensayado por _____
 Calculado por _____

CLASIFICACION

Límite líquido _____
 Índice plástico _____
 Índice de Grupo _____
 Clasificación P. R. A. _____
 Clasificación unificada _____
 Calculado por _____
 Chequeado por _____

OBSERVACIONES:

Lab. de Mecánica de Suelos

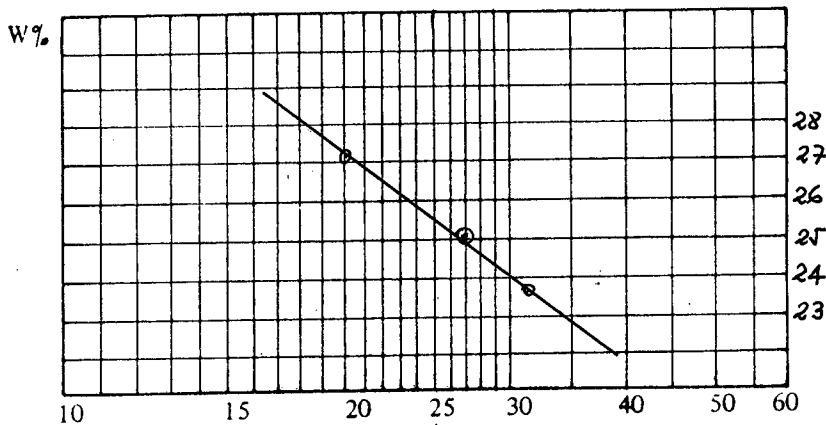
LIMITE DE CONSISTENCIA

FECHA: _____ **KM: 3 + 150** PROCESO No. _____

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE LA CAPSULA		3	31	2	16
A	Peso de la Cápsula (g)	4.43	4.38	4.41	4.43
B	Peso de la Cáp. + Suelo H. (g)	27.46	27.56	27.70	27.12
C	Peso de la Cáp. + Suelo Seco (g)	23.01	23.12	23.03	22.28
D= C-A	Peso del Suelo Seco (g)	18.58	18.74	18.72	17.85
E= B-C	Peso del Agua (g)	4.45	4.44	4.67	4.84
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Contenido de Humedad (%)	23.95	23.69	25.08	27.11
NUMERO DE GOLPES		38	32	27	20

DIAGRAMA



L.L. 25.40 %

LIMITE PLASTICO: No. DE GOLPES

NUMERO DE LA CAPSULA		21	35	5	
A	Peso de la Cápsula (g)	4.38	4.38	4.44	
B	Peso de la Cáp. + Suelo Húm (g)	5.33	5.22	5.28	
C	Peso de la Cáp. + Suelo Seco (g)	5.17	5.08	5.13	
D=C-A	Peso del Suelo Seco (g)	0.79	0.70	0.69	
E=B-C	Peso del Agua (g)	0.16	0.14	0.15	
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Contenido de Humedad (%)	20.55	20.00	21.73	
$\Sigma Wi/n$	Contenido Medio de Hum. (%)				

L.P. 20.66 %

LIMITE DE CONTRACCION

NUM. DE LA CAPSULA		V	Vol. de cáp. (cm ³)		
A	P. de la Cáp. (g)	F	P. del mercurio (g)		
B	Cáp. + Suelo H. (g)	$V_0 = F/13.55$	Vol. del suelo S. (cm ³)		
C	Cáp. + Suelo S. (g)	$U = \frac{V - V_0}{D} \times 100$			
D= C-A	P. del Suelo S. (g)				
E= B-C	Peso del agua (g)	$L_c = W - U$	L. de contracción (%)		
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Conten. de H. (g)	$R_c = D/V_0$	Raz de Contrac. (%)		

L.R. 4.74 %

ENSAYO	CALCULO	VERIFICO
--------	---------	----------



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

ENSAYOS DE COMPACTACION

FECHA: _____

PROC. _____
MUESTRA Nº _____

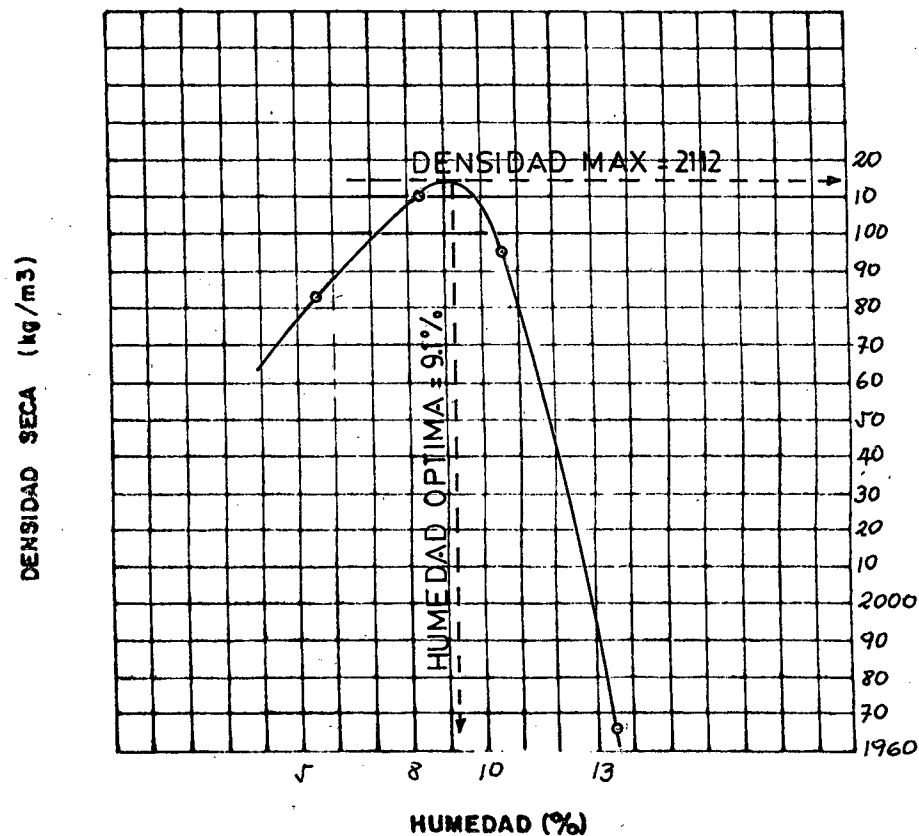
OBRA: _____
LOCALIZACION: _____
MUESTRA Nº: _____
PROFUNDIDAD: _____

METODO DE ENSAYO: MODIFICADO
GOLPES POR CAPA: 56 MOLDE: DIAMETRO: 6"
Nº DE CAPAS: 5 VOLUMEN: 2.110
PESO MARTILLO: 10 Lbs. PESO: 6.550
ALTURA CAIDA: 18"

FECHA: _____ LABORAT.: _____
CALCULO: _____

DATOS PARA LA CURVA				
MUESTRA Nº	1	2	3	4
P. Molde+Suelo (gr.)	11200	11381	11441	11267
Peso Molde (gr.)	6650	6550	6550	6550
Peso Suelo (gr.)	4650	4831	4891	4717
Cont. Prom. Agua %	5.76	8.46	10.65	13.71
Dens. Huma. (gr.) cm.3	2.204	2.289	2.318	2.235
Dens. Seca (gr.) cm.3	2.083	2.110	2.095	1.965

CONTENIDO DE AGUA								
MUESTRA Nº								
Recipiente No. (Tara)	32	36	21	22	29	35	5	2
Tara + Suelo H. (gr.)	58.04	54.64	54.02	54.96	48.18	47.39	49.77	48.41
Tara + Suelo S. (gr.)	55.53	52.18	50.66	51.49	45.47	43.84	45.06	43.86
Peso Tara	10.75	10.70	10.74	10.70	10.62	10.53	10.64	10.75
Conte. de Agua %	5.60	5.93	8.42	8.51	10.65	10.65	13.68	13.74
Conte. Prom. Agua %	5.76		8.46		10.65		13.71	



ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

Carretera VELACRUZ - CATACUCHA

Fecha

Localización del ensayo USO : SUB - BASE

Ensayado por

Compactación requerida 100%

Chequeado por

Hueco N°	30	31					
Estación	3+100	3+200					
Situación							
Profundidad desde la rasante							
Espesor, de la capa de							
Placa y cono N°							
Frasco N°							
Peso arena + Frasco (antes) = P 1	4675	4652					
Peso arena + Frasco (después) P 2	2110	2158					
Peso arena usada P3 = P 1 - P 2	2565	2494					
Corrección por Volúmen del Cono P 4	1.732	1.732					
Arena en el hueco P 5 = P 3 - P 4	833	762					
Calibración de la Arena = F	1.650	1.650					
Volúmen del hueco $V = \frac{P5}{F}$	505	462					
Peso suelo húmedo + recipiente P6	1102	1005					
Peso del recipiente P7	5	5					
Peso suelo húmedo P8 = P6 - P7	1102	1000					
Densidad húmeda $D = \frac{P8}{V}$	2182	2165					
Peso de la porción mayor 3/4							
De mayor de 3/4% (muestra total)							
Peso específico de mayor de 3/4							
Densidad húmeda de menor 3/4							
Recipiente N°	2	5					
Peso suelo húmedo + recipiente P8	70.46	70.71					
Peso muestra seca + recipiente P9	68.64	69.26					
Peso recipiente P10	10.75	10.64					
Peso muestra seca + P11 = P9 - P10	57.89	58.62					
Peso agua P12 = P6 - P9	1.82	1.45					
Contenido de humedad %	3.14	2.47					
Densidad seca de lo menor de 3/4 P13	2116	2112					
Max Densidad AASHO Modificada P14	2111	2111					
Compactación (%) P15 = $\frac{P13}{P14}$	100%	100%					



LABORATORIO DE SUELOS

Proyecto VELACRUZ - CATACOCCHA
 Sector ABRASION
 Kilómetro 6+150
 Muestra No 1-A
 Profundidad SUB - BASE

Yacimiento MINA
 Fecha de recepción _____
 Ensayado por _____
 Fecha _____
 Calculado por _____

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO	o/o RETENIDO	o/o QUE PASA	o/o ESPECIFICADO
3"				
2½"				
2"				
1½"				
1"	1.250			
¾"	1.250			
½"	1.250			
3/8"	1.250			
Nº 4				
Pasa el Nº 4				
Nº 8				
Nº 10				
Nº 16				
Nº 20				
Nº 30				
Nº 40				
Nº 50				
Nº 60				
Nº 80				
Nº 100				
Nº 200				
Pasa el 200				
TOTAL	5.000			

Peso total antes del lavado _____
 Peso total después del lavado _____

CUARTEO:

Peso antes del lavado _____
 Peso después del lavado _____

ENSAYO DE ABRASION

Peso original 5.000
 Peso retenido tamiz Nº 12 4.040
 Peso que pasa tamiz Nº 12 960
 Porcentaje de desgaste 19%
 Número de bolas 12
 Graduación A
 Ensayado por _____
 Calculado por _____

CLASIFICACION

Límite líquido _____
 Índice plástico _____
 Índice de Grupo _____
 Clasificación P. R. A. _____
 Clasificación unificada _____
 Calculado por _____
 Chequeado por _____



LABORATORIO DE SUELOS

Proyecto VELACRUZ - CATACUCHA
 Sector _____
 Kilómetro 6 + 300
 Muestra No _____
 Profundidad USO: BASE

Yacimiento ROLLO
 Fecha de recepción _____
 Ensayado por _____
 Fecha _____
 Calculado por _____

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO	o/o RETENIDO	o/o QUE PASA	o/o ESPESIFICADO
3"				
2½"				
2"				100
1½"	3.000	11	89	70-100
1"	9.288	33	67	55-85
¾"	11.021	39	61	50-80
½"	12.491	44	56	
3/8"	13.491	48	52	35-70
Nº 4	15.018	53	47	25-50
Pasa el Nº 4	13.168	47		
Nº 8				
Nº 10	64	6	41	20-40
Nº 16				
Nº 20				
Nº 30				
Nº 40	223	20	27	10-25
Nº 50				
Nº 60				
Nº 80				
Nº 100				
Nº 200	391	36	11	2-12
Pasa el 200	126	11		
TOTAL	28.181			

Peso total antes del lavado 517
 Peso total después del lavado 391

CUARTEO:

Peso antes del lavado _____
 Peso después del lavado _____

ENSAYO DE ABRASION

Peso original _____
 Peso retenido tamiz Nº 12 _____
 Peso que pasa tamiz Nº 12 _____
 Porcentaje de desgaste _____
 Número de bolas _____
 Graduación _____
 Ensayado por _____
 Calculado por _____

CLASIFICACION

Límite líquido _____
 Índice plástico _____
 Índice de Grupo _____
 Clasificación P. R. A. _____
 Clasificación unificada _____
 Calculado por _____
 Chequeado por _____

Lab. de Mecánica de Suelos

LIMITE DE CONSISTENCIA

 FECHA: BASE

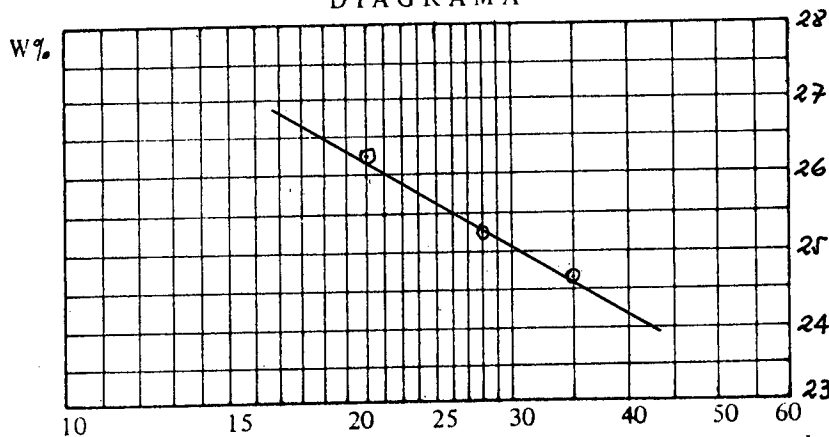
 KM: 6+300

PROCESO No. _____

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE LA CAPSULA		28	17	31	11
A	Peso de la Cápsula (g)	4.93	4.47	4.38	4.53
B	Peso de la Cáp. + Suelo H. (g)	26.22	26.30	26.54	26.80
C	Peso de la Cáp. + Suelo Seco (g)	21.90	21.90	21.43	21.89
D=C-A	Peso del Suelo Seco (g)	17.47	17.43	17.55	17.36
E=B-C	Peso del Agua (g)	4.32	4.40	4.61	4.91
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Contenido de Humedad (%)	24.73	25.24	26.27	28.28
NUMERO DE GOLPES		35	28	21	14

DIAGRAMA



LIMITE PLASTICO No. DE GOLPES

NUMERO DE LA CAPSULA		22	16	10	
A	Peso de la Cápsula (g)	4.48	4.43	4.35	
B	Peso de la Cáp. + Suelo Húm (g)	6.04	6.07	5.99	
C	Peso de la Cáp. + Suelo Seco (g)	5.75	5.78	5.68	
D=C-A	Peso del Suelo Seco (g)	1.27	1.35	1.33	
E=B-C	Peso del Agua (g)	0.29	0.29	0.31	
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Contenido de Humedad (%)	22.83	21.48	23.31	
$\bar{E} = \frac{W_i}{n}$	Contenido Medio de Hum. (%)				

LIMITE DE CONTRACCION

 L.P. 22.54 %

NUM. DE LA CAPSULA		V	Vol. de cáp. (cm ³)		
A	P. de la Cáp. (g)	F	P. del mercurio (g)		
B	Cáp. + Suelo H. (g)	$V_0 = F/13.55$	Vol. del suelo S. (cm ³)		
C	Cáp. + Suelo S. (g)	$U = \frac{V - V_0}{D} \times 100$			
D=C-A	P. del Suelo S. (g)				
E=B-C	Peso del agua (g)	$L_c = W - U$	L. de contracción (%)		
$W = \frac{E}{D} \times 100$	Conten. de H. (g)	$R_c = D/V_0$	Raz de Contrac. (%)		

 L.R. 3.16 %

ENSAYO

CALCULO

VERIFICO



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

ENSAYOS DE COMPACTACION

FECHA: _____

PROC. _____

MUESTRA N° _____

OBRA: _____

LOCALIZACION: _____

MUESTRA N°: _____

PROFUNDIDAD: _____

METODO DE ENSAYO: PROCTOR "MODIFICADO"
 GOLPES POR CAPA: 56 MOLDE: DIAMETRO: 6"
 N° DE CAPAS: 5 VOLUMEN: 2110
 PESO MARTILLO: 10 Lbs. PESO: 6550
 ALTURA CAIDA: 18"

FECHA: _____

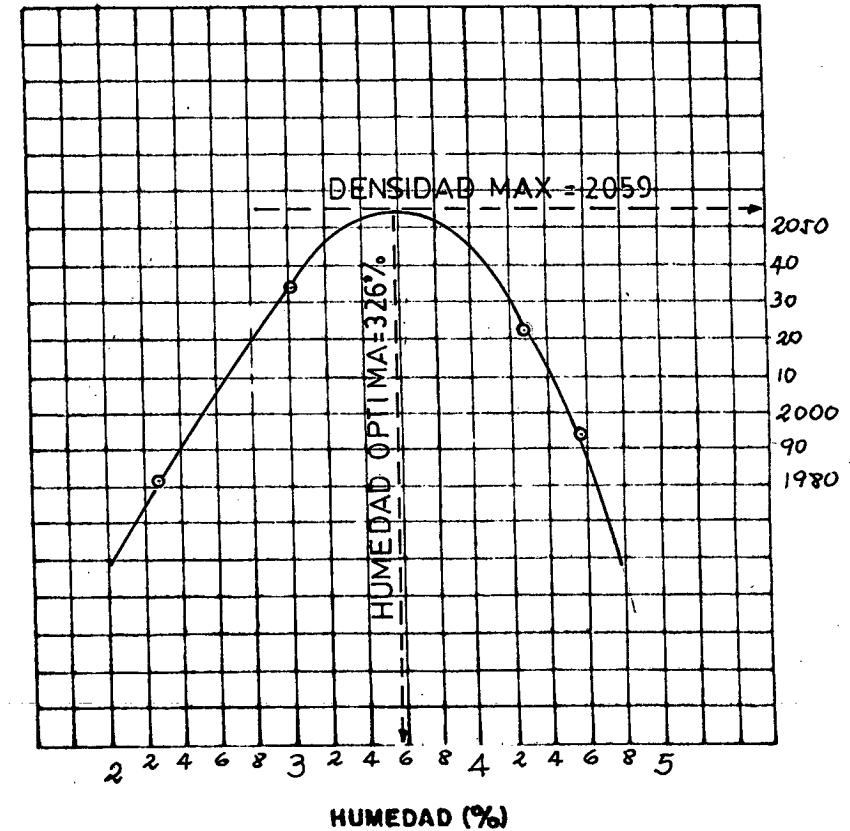
LABORAT: _____

CALCULO: _____

DATOS PARA LA CURVA				
MUESTRA N°	1	2	3	4
P. Molde+Suelo (gr.)	10933	11180	11260	11250
Peso Molde (gr.)	6550	6550	6550	6550
Peso Suelo (gr.)	4383	4630	4710	4700
Cont. Prom. Agua %	4.75	7.31	10.37	11.76
Dens. Hume. (gr.) cm.3	2077	2194	2232	2227
Dens. Seca (gr.) cm.3	1982	2045	2022	1993

CONTENIDO DE AGUA								
MUESTRA N°								
Recipiente No. (Tara)	13	12	33	24	25	29	7	28
Tara + Suelo H. (gr.)	61.20	61.68	56.77	54.60	56.90	56.79	54.49	53.93
Tara + Suelo S. (gr.)	58.88	59.90	53.58	51.65	52.55	52.40	49.81	49.45
Peso Tara	10.62	10.64	10.61	10.61	10.73	10.62	10.78	10.55
Conte. de Agua %	2.32	2.28	3.19	2.95	4.35	4.32	4.68	4.48
Conte. Prom. Agua %	2.30		3.07		4.34		4.58	

DENSIDAD SECA (kg/m³)



HUMEDAD (%)

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

Carretera VELACRUZ - CATACUCHA

Fecha USO : BASE

Localización del ensayo AGUA RUSIA

Ensayado por

Compactación requerida 100 %

Chequeado por

Hueco N°						
Estación	57600	57700				
Situación						
Profundidad desde la rasante						
Espesor, de la capa de						
Placa y cono N°						
Frasco N°						
Peso arena + Frasco (antes) = P 1	5905	5892				
Peso arena + Frasco (después) P 2	3400	3305				
Peso arena usada P3 = P 1 = P 2	2505	2587				
Corrección por Volúmen del Cono P 4	1692	1692				
Arena en el hueco P 5 = P 3 = P 4	813	895				
Calibración de la Arena = F	1561	1561				
Volúmen del hueco $V = \frac{P5}{F}$	521	573				
Peso suelo húmedo + recipiente P6	1160	1265				
Peso del recipiente P7	5	5				
Peso suelo húmedo P8 = P6 = P7	1155	1260				
Densidad húmeda $D = \frac{P8}{V}$	2217	2200				
Peso de la porción mayor 3/4						
De mayor de 3/4% (muestra total)						
Peso específico de mayor de 3/4						
Densidad húmeda de menor 3/4						
Recipiente N°	22	1				
Peso suelo húmedo + recipiente P8	60.91	56.17				
Peso muestra seca + recipiente P9	57.70	53.05				
Peso recipiente P10	10.70	10.59				
Peso muestra seca + P11 = P9 = P10	47.00	42.46				
Peso agua P12 = P6 = P9	3.21	3.12				
Contenido de humedad %	6.83	7.35				
Densidad seca de lo menor de 3/4 P13	20.75	20.49				
Max Densidad AASHO Modificada P14	20.59	20.59				
Compactación (%) P15 = $\frac{P13}{P14}$	100%	100%				

CAPITULO TERCERO
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
BITUMINOSOS

3. GENERALIDADES.

3.1. CONCEPTOS BASICOS.

En sentido amplio el término tratamiento superficial podría comprender todo tipo de trabajo realizado con un ligante bituminoso solo, o acompañado con agregado pétreo, usualmente menor de 2.5 cm de espesor, sobre prácticamente cualquier tipo de superficie de camino.

En general los tratamientos bituminosos, correctamente contruidos, son soluciones económicas, de fácil y rápida ejecución, y de relativamente larga vida de servicio para las condiciones que han sido proyectadas.

Estos tratamientos abarcan desde simples aplicaciones de materiales bituminosos hasta aplicaciones alternadas de agregado y asfalto.

En general, la función fundamental de éstos revestimientos es: sellar y aumentar la vida de la superficie de los caminos.

El empleo más generalizado de los tratamientos superficiales es el de: constituir la capa de desgaste de un pavimento de caminos de poco tránsito que disponga de bases flexibles de estabilidad adecuada.

Estos tratamientos también tienen buen comportamiento en caminos de tránsito medio y pesado; constatándose que el éxito depende más en estos casos del espesor, de la capacidad de soporte y del drenaje de la Base.

La función principal de los tratamientos es: la de servir como capa que, ofreciendo como ventaja adicional un rodamiento más suave a los vehículos, librándolos del polvo, impida la entrada de agua a la estructura del pavimento.

3.2. CARACTERISTICAS BASICAS.

En la ejecución de los tratamientos bituminosos superficiales se puede seguir un procedimiento básico

que lo podemos resumir así:

3.2.1. Riego de Imprimación.

Se define como riego de imprimación la aplicación de un ligante asfáltico sobre una superficie no bituminosa; con el objeto de prepararla para recibir cualquier otro tratamiento asfáltico.

Su objetivo es establecer una continuidad entre la superficie no tratada y el posterior tratamiento asfáltico que se superpone sobre la citada superficie, de forma que el ligante bituminoso penetre ligeramente por gravedad, impregne la superficie ennegreciéndola y la dote de una impermeabilidad uniforme, sin polvo, ni partículas minerales sueltas, haciendo posible la extensión de los tratamientos asfálticos superiores en condiciones adecuadas.

La consecución de éstos objetivos a veces no resulta fácil de lograr cuando se trata de imprimir materiales granulares con altos contenidos en finos, especialmente si éstos son arcillosos.

3.2.1.1. Ligante.

Teniendo en cuenta lo anterior los asfaltos líquidos a utilizarse deben tener fluidéz, para que sea fácilmente aplicable de una manera

uniforme y penetre tanto como sea posible impregnando la superficie. Los más utilizados son:

MC-0, MC-1 o MC-2, RC-0, o RC-1, SC-1 o SC-2.

En el proyecto "Velacruz-Catacocha", por tratarse de una Base de granulometría abierta, se utilizó el ligante asfáltico de curado rápido (RC-2), con una concentración de solvente (Kérex) del 25% como riego de imprimación.

Además dicho ligante líquido debe cumplir con las especificaciones indicadas en el cuadro III-1.

Sin embargo estas características deberán acoplarse al tipo de Base a tratar, pudiendo imprimirse las Bases más permeables con mayor facilidad que las impermeables.

Es así que en capas de Base de granulometría muy abierta se recomienda el uso de ligante asfáltico de curado rápido RC-70.

3.2.1.2. Dosificación.

La cantidad de ligante a emplear suele fijarse, como aquella capaz de ser absorbida por la Base a imprimir. Esta imprimación afecta a un espesor de 1 a 2 centímetros de la capa tratada, durante un período de

Cuadro III-1 ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO RAPIDO.

	Método	Método	G R A D O S					
	de ensayo AASHO	de ensayo ASTM	RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C	T-79	D-1310	-	-	26.7	26.7	26.7	26.7
Viscosidad furol a 25°C, seg.			75-150	-	-	-	-	-
" " 50°C, seg.			-	75-150	-	-	-	-
" " 60°C, seg.	T-72	D-88	-	-	100-200	250-500	-	-
" " 82.2°C, seg.			-	-	-	-	125-250	300-600
Destilación:								
Destilado (porcentaje del total destilado a°C):								
A 190 °C			15+	10+	-	-	-	-
A 225 °C			55+	50+	40+	25+	8+	-
A 260 °C	T-78	D-402	75+	70+	65+	55+	40+	25+
A 316 °C			90+	88+	87+	83+	80+	70+
Residuo de destilación a 360°C, porcentaje en volumen por diferencia			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Ensayos sobre residuo de destilación:								
penetración, 25°C, 100 gr. 5 seg.	T-49	D-5	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad, 25°C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en CCl ₄ , %	T-44	D-4	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Condiciones generales	el material no contendrá agua							

24 horas.

Para llegar a definir ésta cantidad, es frecuente hacer varias pruebas en zonas representativas con diferentes cantidades de ligantes asfáltico residual, y distintas diluciones de solvente (kerex) para comprobar su absorción y cobertura superficial del ligante.

En la práctica, las cantidades normalmente empleadas oscilan alrededor de 1.00 - 2.25 litros por metro cuadrado de acuerdo a la naturaleza del material a imprimirse, y a la temperatura de aplicación especificada, en el cuadro III-2.

En este proyecto se utilizó una dosificación que oscila entre 1.27 a 1.38 lts/m².

En caso de ser necesario aplicar una capa de material secante, consistirá en una arena limpia y que cumpla con las especificaciones granulométricas expuestas en el cuadro III-3.

En cualquier caso, la cantidad de asfalto líquido a emplearse debe ser la mínima compatible con el cumplimiento de la premisa de total absorción del ligante.

CUADRO III-2

Temperaturas de Aplicación para Asfaltos diluidos

Tipo y grado de asfalto	Temperatura de empleo recomendada	
	Para mezcla	Para riego
Betunes asfálticos		
40 - 50	150-180 °C	
60 - 70	135-165 °C	140-175 °C
85 - 100	135-165 °C	140-175 °C
120 - 150	135-165 °C	140-175 °C
200 - 300	95-135 °C	125-160 °C
Asfaltos líquidos de tipo RC		
RC - 0	10- 50 °C	18- 58 °C
RC - 1	25- 52 °C	45- 83 °C
RC - 2	25- 52 °C	60- 99 °C
RC - 3	50- 80 °C	77-115 °C
RC - 4	65- 95 °C	83-125 °C
RC - 5	80- 110°C	100-140 °C
Asfaltos líquidos de tipo MC		
MC - 0	10- 50 °C	21- 60 °C
MC - 1	25- 52 °C	43- 85 °C
MC - 2	38- 93 °C	60-102 °C
MC - 3	65- 95 °C	80-121 °C
MC - 4	80-110 °C	88-129 °C
MC - 5	94-121 °C	104-144 °C
Asfaltos líquidos de tipo SC		
SC - 0	10- 50 °C	21- 60 °C
SC - 1	25- 93 °C	43- 85 °C
SC - 2	65- 93 °C	60-102 °C
SC - 3	80-121 °C	80-121 °C
SC - 4	80-121 °C	88-129 °C
SC - 5	94-135 °C	104-144 °C
Emulsiones asfálticas		
RC - 1		24- 54 °C
RC - 2		43- 71 °C
MC - 2	38- 71 °C	38- 71 °C
SS - 1	24- 54 °C	24- 54 °C
SS - 1h.....	24- 54 °C	24- 54 °C

CUADRO III-3

**Requerimientos de graduación para agregados de
capas de sello**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa por los tamises de malla cuadrada, métodos AASHTO T-11 y T-27			
	Agregado natural	Agregado triturado A B C		
1/2" (12.7mm)	-	-	-	100
3/8" (9.5mm)	100	100	100	90-100
Nº4 (4.75mm)	85-100	85-100	60-100	10-30
Nº8 (2.38mm)	-	0-25	0-10	0-8
Nº50 (0.30mm)	0-20	-	-	-
Nº200 (0.075mm)	0-5	0-2	0-2	0-2

3.2.1.3. Sistema de Riego del Ligante.

El objetivo que se intenta conseguir en la aplicación del ligante es que su distribución sea uniforme, tanto transversal como longitudinalmente y pretender obtener una película de ligante de espesor constante.

Para ello el procedimiento utilizado para la aplicación del ligante es por medios mecánicos, que realizan la extensión del mismo, bien por gravedad, o a presión.

El sistema de riego suele estar constituido por un carro tanque de almacenamiento de ligante, del cual se alimentan los dispositivos o pulverizadores que

extienden el producto sobre la superficie a tratar.

El vehículo deberá disponer de una amplia gama de velocidades, que permita no sólo poder efectuar el riego de los ligantes (3-6 Km/h), sino también asegurar el desplazamiento de una obra a otra.

La cisterna de riego, suele ser de forma elíptica, y su capacidad es variable, entre 2000 y 10000 litros.

Del depósito, el ligante va a los difusores o pulverizadores. El sistema de alimentación puede realizarse por los siguientes procedimientos:

1. A presión constante.
2. A volumen constante.
3. A dosificación constante.

El primer sistema exige la utilización de un pequeño compresor cuya misión, es la de reponer las pérdidas de altura por vaciado del tanque.

La alimentación a volumen constante es el procedimiento más extendido, y la impulsión se efectúa mediante una bomba volumétrica.

Todo el ligante distribuido por la bomba a la flauta va a la carretera. En éste caso, es posible

variar la dosificación, bien haciendo variar la velocidad de rotación de la bomba, o bien variando la velocidad de avance del camión.

El sistema de dosificación constante es el más moderno, y su máximo interés reside en la independencia de la dosificación con la velocidad del distribuidor, en virtud del acoplamiento de una bomba volumétrica en las ruedas motoras de la unidad tractora.

El principal elemento para el riego de un ligante sobre una calzada es la flauta o barra distribuidora.

Los tipos más corrientes son:

- Flauta CADENAT o MAINE et LOIRE.
- Flauta LEROUX o EUR et LOIR.
- Flauta ETHYRE.

La flauta tip ETHYRE, es con la cual está equipada el distribuidor de ligante en el Proyecto. Está constituida por una serie de difusores colocados sobre una barra cuyo eje es normal a la dirección de marcha del distribuidor. La separación de los difusores es, aproximadamente de 10-15 cm; y sus aberturas forman con el eje de la barra ángulos entre 15° y 30°, que llegan en algunos casos hasta 60°. Trabaja a presiones comprendidas entre 0.35 y 3.5 Kg/cm². La altura de la

barra sobre el suelo varía entre 15 y 30 cm.

En las normas francesas, la regularidad de la distribución se obtiene a partir del coeficiente:

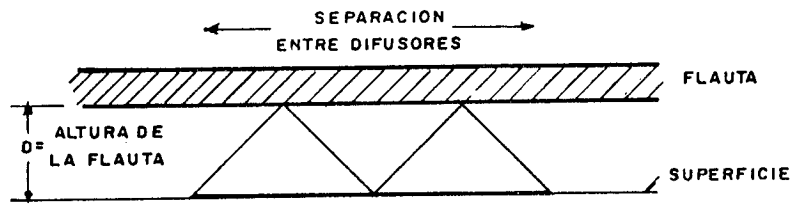
$$r = \frac{D - d}{D + d}$$

Donde:

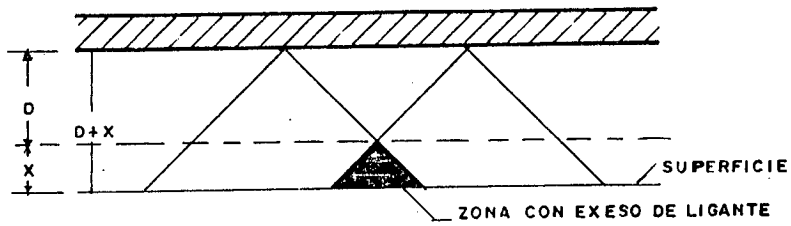
D y d, dotaciones máximas y mínimas obtenidas en 10 comprobaciones, ninguna de las cuales deberá hacerse dentro de los 50 m siguientes a una parada de la cisterna. El valor de dicho coeficiente deberá ser inferior a 0.20 como garantía de la regularidad de distribución mencionada.

Los difusores de la flauta requieren, para asegurar caudales uniformes, una limpieza continua.

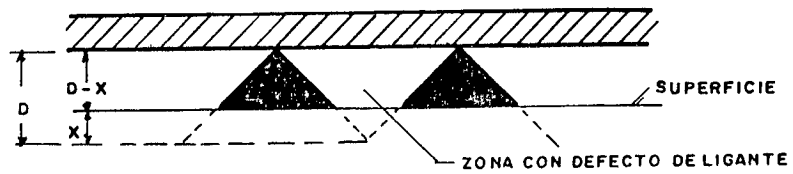
El tarado de los mismos y la altura sobre al pavimento son factores importantes para una correcta superposición de las abanicos de ligante sobre la superficie de la cerretera, si el reajuste no es adecuado existe el peligro de que aparezcan rayas sobre el pavimento, esto cuando la altura de la flauta es excesivamente baja y en otros casos exceso de ligante cuando la altura es demasiado elevada. Ver fig. III-1.



CASO A) ALTURA CORRECTA DE LA FLAUTA



CASO B) ALTURA DEMASIADO ELEVADA



CASO C) ALTURA DE LA FLAUTA EXCESIVAMENTE BAJA

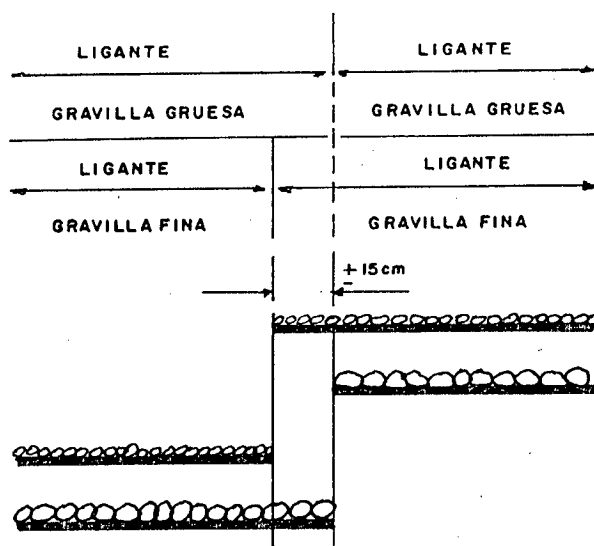


FIGURA III-1

Los errores en la distribución longitudinal tienen como causa defectos del distribuidor o de los operarios, en tanto que los que se refieren a la distribución transversal tienen su origen en la flauta distribuidora.

3.2.1.3.1. Barrido.

El barrido es indispensable para asegurar una buena adhesión del tratamiento a la superficie. Es necesario evitar que una película de polvo se interponga entre la superficie de la calzada y el revestimiento.

El barrido es igualmente necesario, incluso, en las calzadas ya tratadas con ligantes bituminosos con el fin de limpiarlas de manchas y suciedad y sobre todo para limpiar el polvo de las orillas.

Esta operación se realizará mediante barredora con escoba rotativa de fibras de NYLON o vegetales de palmeras.

El barrido debe realizarse con la suficiente antelación para no interferir el resto de las operaciones, pero no debe preceder en más de media jornada, (un día a lo sumo si la carretera es de bajo TPDA y el tiempo soleado) al riego de ligante, para evitar que el polvo pueda manchar de nuevo la

superficie a regar.

3.2.1.3.2. Aplicación del Ligante.

El ligante se aplicará, pues, sobre una calzada preparada y barrida. Se lo hará sobre una superficie seca o muy ligeramente húmeda y a una temperatura ambiental mayor a 15°C a la sombra y cuando el tiempo no sea lluvioso ni con la amenaza de que ésto ocurra.

La aplicación del ligante se hace por medio de tanqueros irrigadores provistos de una flauta de aplicación en su parte trasera, alimentada por una bomba.

Como la velocidad de avance del camión irrigador es pequeña (3-6 KM/h) le es imposible al conductor leer esta velocidad con precisión en el indicador de velocidades del vehículo. Para solucionar ésto, se suele acoplar al vehículo la denominada quinta rueda o rueda tacométrica (graduación de 2 a 10 - 12 Km/h).

Conocido el ancho de aplicación, el operador podrá, por la lectura de ábacos suministrados por el constructor determinar la velocidad de avance y la velocidad de la bomba para obtener la dosificación prevista y dentro de los rangos de temperatura

especificados.

Cuando tenga lugar una parada en la obra, y con el fin de asegurar un buen reparto longitudinal de ligante, es preciso que la cisterna circule a su velocidad normal, por lo que debe retroceder algunos metros.

Si después de 24 horas de la aplicación del ligante no se ha producido la absorción total o zonas que presenten exceso de ligantes, se procederá a colocar una capa de arena.

El tránsito no será permitido hasta que el ligante haya penetrado totalmente o después de que haya sido cubierto con arena, para impedir que el ligante se adhiera a los neumáticos.

3.2.2. Tratamiento Superficial Doble Riego.

Consiste en dar dos aplicaciones sucesivas y alternadas de una película continua de ligante asfáltico y agregado sobre una superficie previamente preparada (Base imprimada). El agregado pétreo de la primera aplicación es de tamaño grueso mientras que de la segunda distribución es de graduación más fina.

El agregado fino de la segunda aplicación tiene como función llenar los huecos dejados por el agregado

grueso y dar una mejor trabazón de éstos.

Su objetivo, es conseguir una superficie de rodadura antideslizante y limpia, protección contra el desgaste bajo efectos del tráfico, impermeabilizar el pavimento y ofrecer una superficie lisa de apariencia agradable a la vista.

El ligante bituminoso desempeña la doble función de impermeabilizar la superficie y sujetar o fijar los agregados extendidos sobre la carretera.

Los agregados proporcionan la rugosidad necesaria para evitar el deslizamiento de los vehículos, y por otra parte posibilitan la evacuación de las aguas superficiales.

La textura rugosa que se obtiene da lugar a una cierta sonoridad de la rodadura, que dependerá del tamaño del agregado.

3.2.2.1. Ligante.

El ligante desempeña un papel fundamental, ya que es el único vínculo de unión de los agregados entre si y entre éstos y el soporte.

Las condiciones a exigir serán:

- Buena adhesividad con los agregados.
- Fluidéz inicial; que permite un fácil recubrimiento de los agregados.
- Viscosidad apropiada; en relación con el tamaño del agregado, y con las características geométricas del trazado de la carretera, para evitar escurrimientos.

Los ligantes frecuentemente utilizados en éstos tipos de tratamientos son los siguientes:

- a. Primera aplicación: Cemento asfáltico (150-200)
Asfalto diluido de curado rápido
Rc-3 y Rc-4.
Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida (CRR-1) o (CRR-2).
- b. Segunda aplicación: Asfalto diluido de curado rápido Rc-1 y Rc-2.
Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida (CRR-1) y (CRR-2).

3.2.2.2. Agregados.

Teniendo en cuenta su posición en la calzada en contacto directo con los neumáticos y exposición a la intemperie, es evidente que las características de los mismos adquieren especial

importancia en éste tipo de obra.

Durante la ejecución del tratamiento, el agregado está en un principio, sometido a la acción de los compactadores y posteriormente, deberá soportar la acción de los vehículos. Por consiguiente, el agregado deberá ser resistente a la fragmentación, ya que una rotura del mismo, modifica la estructura del revestimiento y al disminuir sus dimensiones medias, puede remontar el ligante, existiendo riesgos de exudación y deslizamiento.

Los agregados deberán ser limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otros materiales extraños. Procederán de trituración de piedra, cantera o grava natural, en cuyos casos deberán contener como mínimo, un 75% en peso de elementos triturados que presenten 2 o más caras fracturadas.

El coeficiente de desgaste medido por el ensayo de abrasión será inferior a 40%. La adhesividad de los agregados según el ensayo de inmersión en agua será superior al 95%.

Al someterlo a la acción del ensayo de peladura con los tipos de asfalto a utilizarse este valor no debe superar el 5% de desprendimiento.

El agregado pétreo deberá tener una cubicidad mayor de 0.40.

Sometido el ensayo de durabilidad, por ataque de los sulfatos, durante cinco ciclos no experimentará una pérdida de peso superior al 12%.

En el momento de su extensión el agregado no deberá contener más de un 4% de humedad.

Las granulometrías propuestas se ajustarán a las siguientes fajas granulométricas del cuadro III-4.

CUADRO III-4

Porcentaje en peso que pasen por lo tamices de malla cuadrada, métodos AASHO T11 y T27							
TAMIZ	Grad A	Grad B	Grad C	Grad D	Grad E	Grad F	Grad G
1 1/2" (38.1 mm)	100						
1" (25.4 mm)	90-100	100					
3/4" (19.0 mm)		90-100	100				
1/2" (12.7 mm)	0-15	20-55	90-100	100	100		
3/8" (9.5 mm)		0-15	40-75	90-100	90-100	100	100
# 4 (4.75 mm)			0-15	0-20	10-30	75-100	85-100
# 8 (2.38 mm)			0-5	0-5	0-8	0-10	60-100
# 200 (0.075 mm)	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-10

3.2.2.3. Dosificación.

La primera operación consistirá en la caracterización de agregados y ligante, comprobando la envuelta y sobre todo la adhesividad, para pasar a continuación a la determinación de las cantidades

adecuadas de ambos componentes.

La dosificación teórica de agregado y ligante que se propone, tiene su fundamento en el método de la Regla del Décimo, que se considera en el manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras del MOP de Colombia que a continuación se expone:

Sean:

D = tamaño máximo del agregado mm (deja pasar el 90%)

d = tamaño mínimo del agregado mm (deja pasar el 10%)

ϕ = $(D + d)/2$, tamaño medio mm

Q = volumen de agregados necesarios (L/m^2)

L = cantidad de ligante asfáltico necesario (L/m^2)

En condiciones normales, siendo $\phi > 10$ mm, la dosificación teórica viene dada por:

$$Q = 0.9 \phi \text{ (L/m}^2\text{)} \text{ y } L = 0.10 Q \text{ (L/m}^2\text{)}$$

para $\phi < 10$ mm, éstas cantidades serán:

$$Q = 3 + 0.7 \phi \text{ (L/m}^2\text{)} \text{ y } L = 0.10 Q \text{ (L/m}^2\text{)}$$

Estas cantidades dejan un margen de actuación para tener en cuenta las condiciones concretas de cada

obra, referidas al volumen de tránsito o al estado del pavimento, así como las condiciones y características de los agregados empleados.

3.2.2.3.1. Datos de Cálculo.

En base al resumen de resultados de los ensayos de granulometría de los agregados pétreos del cuadro III-5 se obtiene la siguiente dosificación:

CUADRO III-5

RESUMEN DE RESULTADOS A LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROCEDENCIA ÁRIDO: Cantera "El Congo" Km 6, del Proyecto "Velacruz-Catacocha"			
GRANULOMETRIAS MEDIAS			
T A M I Z		A G R E G A D O S	
Nº	mm	1"	1/2"
1"	25.4	100	
3/4"	19.1	91	
1/2"	12.7	39	100
3/8"	9.52	9	95
Nº 4	4.76	4	25
Pasa al Nº 4	****		
Nº 8	2.38		4
Nº 16	1.19		
Nº 30	0.59		
Nº 50	0.297		
Nº 100	*****		
Nº 200	0.074	0.17	0.17
Pasa al Nº 200	*****		

APLICACION PARA EL MATERIAL DE 1".

Interpolamos los porcentajes pasantes:

$$\begin{array}{rcl} (\%) & 91 & 39 = 52 \\ (\text{mm}) & 19.1 & 12.7 = 6.40 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 6.40 \text{ mm} & 52\% & \\ X & 1\% & X = 0.12 \end{array}$$

Tamaño máximo del agregado (pasa el 90%):

$$D = 19.1 - 0.12$$

$$D = 18.98 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{rcl} (\%) & 9 & 4 = 5.0 \\ (\text{mm}) & 9.52 & 4.76 = 4.76 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 4.76 \text{ mm} & 5\% & \\ X & 1\% & X = 0.95 \end{array}$$

Tamaño mínimo del agregado (pasa el 10%):

$$d = 9.52 + 0.95$$

$$d = 10.47 \text{ mm}$$

Tamaño medio: $\phi = (18.98 + 10.47)/2 = 14.73 \text{ mm}$

como $\phi > 10 \text{ mm}$, entonces:

Cantidad de agregados:

$$Q = 0.9 Q(L/m^2)$$

$$Q = 0.9 (14.73) = 13.26 L/m^2$$

$$= 13.26 \times 1.329 = 17.62 \text{ Kg/m}^2$$

Para esta transformación se ha considerado el peso volumétrico suelto 1329 Kg/m^3 , debiendo tomarse en cuenta que normalmente el peso volumétrico será mayor a este valor.

Cantidad de ligante:

$$L = 0.10 \times Q(L/m^2)$$

$$L = 0.10 \times 13.26 = 1.33 L/m^2$$

Dado que la formulación teórica de ligante va siempre acompañada del ajuste en obra, deberán tenerse en cuenta como reglas prácticas, las siguientes consideraciones:

- Sobre superficies agrietadas, porosas o absorbentes, en climas fríos y tránsitos bajos, conviene aumentar la cantidad.

- Sobre superficies muy cerradas o exudadas, en climas cálidos y tránsitos altos es aconsejable disminuir la cantidad.

- En tiempo cálido es conveniente aumentar la cantidad de la primera aplicación del ligante, y por lo tanto disminuir la cantidad de la segunda aplicación, en proporciones que pueden oscilar entre 15 y 25%.

- En tiempo frío, al contrario y en las mismas proporciones.

Los incrementos de la dosificación pueden variar entre 5 al 15% de ligante residual.

3.2.2.4. Extensión del Agregado.

La extensión del agregado deberá seguir inmediatamente a la del ligante y, en general, definirá el rendimiento de la obra. La distancia entre las dos operaciones, no deberá sobrepasar el minuto, lo que corresponde, teniendo en cuenta las velocidades de los riegos, a una distancia comprendida entre 20 y 30 m.

Las repartidoras de agregados normalmente utilizadas en la ejecución de tratamientos superficiales pertenecen a los siguientes tipos:

- Montadas sobre camión.
- Empujadas por camión.
- Autopropulsadas.

En nuestro caso se utilizó la repartidora autopropulsada, que reciben los agregados sobre una tolva en su parte posterior, directamente de los camiones transportadores y, por medio de una cinta, se trasladan automáticamente a la tolva delantera donde caen sobre la superficie de la calzada desde una altura de unos 15 cm, distancia óptima para que al caer no salten, y obtener juntas transversales netas en las paradas.

3.2.2.5. Compactación.

La compactación deberá comenzar desde la extensión de los agregados. Para ésta operación suelen emplearse los compactadores de neumáticos lisos, en donde la carga por rueda es del orden de 1.5 Tn o más, y presiones de inflado del orden de los 7 Kg/cm².

La velocidad de compactación suele ser del orden de 8 Km/h, aunque se recomienda que en las dos primeras pasadas la velocidad no sobrepase los 2-3 Km/h

El número de pasadas suficientes para la Formación del mosaico suele ser del orden de 3 a 5.

Hay que hacer notar que la formación del mosaico no es una operación inmediata, pues éste no se forma realmente hasta el paso de los vehículos. Puede

decirse que es al cabo de los dos días, cuando el mosaico adquiere su forma definitiva.

Deberá evitarse la compactación excesiva (máximo una pasada), mediante rodillo metálico, pues fracturaría el agregado.

A las operaciones de compactación deben seguir operaciones de barrido, que tienen por objeto eliminar el excesivo de gravilla, que puede producir rotura de parabrisas de los vehículos. Para ésto se emplean barredoras con fibras de nylon, acero o en obras importantes, barredoras aspiradoras.

La apertura al tránsito de la carretera deberá hacerse con la precaución de que los vehículos no circulen a elevadas velocidades, lo que ocasionaría una excesiva pérdida de agregados.

3.2.2.6. Proceso Constructivo Teórico.

En términos generales, la secuencia de operaciones a llevar a cabo en un tratamiento superficial doble se compone de:

- a. Preparación de la superficie sobre la que se va a realizar el tratamiento.
- b. Barrido de la calzada.
- c. Primer riego del ligante asfáltico.

- d. Extensión de la primera capa del agregado.
- e. Compactación ligera (eventual, pasada de cilindro metálico liso).
- f. Segundo riego de ligante asfáltico.
- g. Extensión de la segunda capa de agregados.
- h. Compactación.
- i. Apertura al tránsito.
- j. Barrido del exceso de agregados.

A continuación se pasa revista en detalle a las operaciones indicadas.

3.2.2.6.1. Preparación de la Calzada.

La superficie a tratar se presentará completamente seca, limpia y totalmente desprovista de material suelto o flojo. De la misma manera; las fisuras, grietas, etc., deberán ser tratadas con la suficiente antelación antes del riego.

3.2.2.6.2. Barrido.

Como ya se ha comentado atrás, las instrucciones para el barrido son básicamente las mismas que para el riego de imprimación.

3.2.2.6.3. Aplicación del Ligante.

Igualmente para la aplicación

del ligante se deben seguir las mismas instrucciones indicadas anteriormente, en el riego de imprimación.

No se debe permitir, que en ningún caso, se agote completamente el ligante del distribuidor al final de una aplicación.

No debe comenzarse a distribuir el ligante en cada nueva jornada de trabajo sin antes haber probado la uniformidad de riego observando que todos los difusores funcionen normalmente.

3.2.2.6.4. Extensión del Agregado.

El extendido del agregado es una operación clave se trata de extender con la máxima regularidad posible; tanto en sentido longitudinal como transversal, una dosificación del agregado precisa y fijada por adelanto.

El agregado debe extenderse lo antes posible, después de regado, el ligante, lo que significa que la repartidora del mismo ha de situarse muy cerca del carro-tanque irrigador, a una distancia comprendida entre 20 y 30 m. Esto se deberá seguir con tanta rigurosidad cuanto que el ligante tienda a escurrirse hacia las cunetas.

Si la extensión del agregado no es del todo

uniforme, será corregido empleando personal obrero, el cual distribuirá a mano pequeñas cantidades del mismo en los lugares en que la distribución haya sido defectuosa.

Se debe cuidar, durante la extensión, que la cantidad de material dentro de la tolva del distribuidor sea constante, para regularizar la operación. Para esto se alimentará la misma en forma continua. En esta forma se evitará la segregación del agregado durante la extensión.

3.2.2.6.5. Compactación.

Como ya se ha comentado, es aconsejable emplear compactador de neumáticos, que permita fijar el agregado sin romperlo, tal como tiende a hacerlo el cilindro metálico.

Si el agregado es suficientemente duro y poco frágil, resiste bien, sin fraccionarse, se utilizará un cilindro metálico liso de un triciclo de 12 toneladas. Pero si la calzada está deformada, el cilindro liso se debe prohibir porque su efecto es muy irregular, fractura los agregados situados en las crestas y no toca los situados en las partes bajas.

La compactación deberá realizarse lo más rápidamente posible después de la extensión del

agregado, tanto más rápidamente cuando menos buenas sean las condiciones atmosféricas.

Generalmente, son suficientes tres o cuatro pasadas de compactador, aunque si se espera una rápida circulación desde la apertura al tránsito, pueden ser convenientes dos o tres pasadas más.

El peso por rueda suele ser alrededor de 1.5-2.0 toneladas, con presiones de inflado de 5-7 Kg/cm².

La velocidad de los compactadores tendrá que ser del orden de los 8 Km/h, aunque las 2-3 primeras pasadas deberán ser más bajas, del orden de los 2-3 Km/h.

Una vez realizada la compactación, puede abrirse el tramo al tránsito, aunque es necesario poner un límite de velocidad a los vehículos (40 Km/h), para que los esfuerzos tangenciales de las ruedas no levanten la gravilla.

Como cierta cantidad de agregado queda suelto, es conveniente proceder a su barrido para evitar posibles roturas de parabrisas, operación que suele realizarse, bien con barredoras mecánicas o bien con barredoras aspiradoras.

A las veinticuatro horas de ejecutado el

tratamiento, se realizará un barrido ligero y al cabo de 2 a 3 días, un barrido, más enérgico.

3.2.3. Control de Obra.

3.2.3.1. Almacenamiento y Acopios.

3.2.3.1.1. Almacenamiento de Ligante.

Se debe contar con suficientes tanques para almacenar el ligante, que serán herméticos y con posibilidades de calorifugación en caso de peligro de heladas y para limpiezas.

Periódicamente se vigilará que en el fondo del tanque no se produzcan lodos de asfalto provocados por la sedimentación; cuando éstos existen, se eliminarán por la válvula de descarga, dejando el tanque limpio antes de recibir un nuevo volumen.

No contendrán residuos de agua, fuel oil, ligantes incompatibles y otros contaminantes antes de almacenar el ligante de que se trate.

3.2.3.1.2. Depósitos de Agregados.

Los agregados serán apilados en áreas que cuenten con facilidad de drenaje, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Se prepara el terreno para evitar contaminaciones de tierra, vegetación, etc.

- Se los protegerá de la humedad y polvo mediante canchones o se los cubrirá con plásticos de polietileno.

- Se procurará que la altura no sea excesiva para evitar segregaciones.

- Se dispondrá los caminos de circulación en el área de depósitos, separando la zona de carga para alimentación de obra, de la reposición del depósito, reduciendo al mínimo la contaminación por polvo.

3.2.3.2. Control de Materiales.

Comprobación de las características de los materiales, (agregados y ligante), tanto en depósitos como inmediatamente antes de su puesta en obra en relación con:

a. Ligante Asfáltico.

- Punto de inflamación métodos (AASHO T79 y ASTM D 1310).

- Viscosidad métodos (AASHO T201 y ASTM D 2170).

- Destilación métodos (AASHO T78 y ASTM D

402).

- Ensayos sobre el residuo de destilación.
- Peso específico (AASHO T 43 y ASTM D 70).

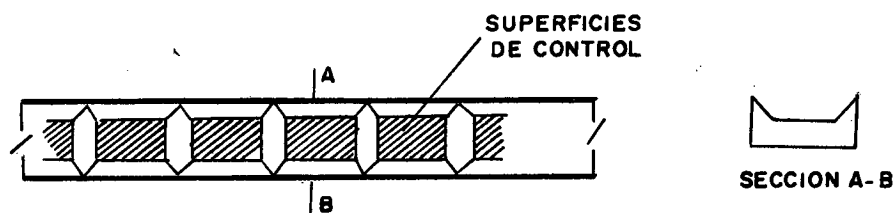
b. Agregados.

- Granulometría.
- Ensayo de abrasión.
- Resistencia a los sulfatos.
- Índice de aplanamiento.
- Adhesividad o peladura.
- Limpieza, caras fracturadas, humedad.

3.2.3.3. Control de Dosificaciones.

Independientemente de la inspección visual continua, que debe llevarse a cabo por personal experimentado, resulta de especial importancia hacer éstas comprobaciones con una cierta periodicidad, especialmente en los dobles riegos, puesto que, como se ha indicado en éstos casos cabe variar las cantidades de las ampliaciones y pueden corregirse los defectos de la primera y segunda aplicación.

Ligante: empleo de la regla transversalmente a la calzada. Ver figura III-2.



ESQUEMA DE REGLA

(control del ligante)

FIG. III-2

Agregados: bandejas metálicas o de cartón en todo el ancho de la sección transversal o colocados en forma aleatoria.

En el Proyecto "Velacruz-Catacocha", el control de dosificaciones se efectuó de la siguiente manera:

Ligante:

Básicamente, la forma de controlar en obra la rata o dosificación del ligante es la siguiente:

- Se registra la lectura del volumen y abscisa con la que parte el tanque del carro irrigador del ligante al inicio del tramo (V_0).
- De igual forma se registra la lectura del volumen y

abscisado al final del tramo (V_f).

- El volumen regado del tramo (V_R) será:

$$V_R = V_o - V_f$$

- El largo de la faja regada (L) es la diferencia de abscisas inicial y final del tramo.
- Conocido el ancho de la flauta, o el ancho de la faja regada (B), obtendríamos el área de la faja regada (A) así:

$$A = L \times B$$

- Por último determinamos la rata de aplicación:

$$R = \frac{V_R}{A} \quad (\text{Lm}^2)$$

Donde:

R = rata o dosificación (Lm^2)

V_R = volumen regado (ltrs)

A = área de la faja regada (m^2).

Agregados:

Conocido el volumen de la volqueta (V_R) y el área (A) que puede cubrir dicho volumen,

podemos determinar la rata de agregados a aplicar:

$$R = \frac{(V_R)}{A} \quad (m^3/m^2)$$

Donde:

R = rata o dosificación de agregados (m^3/m^2)

V_R = volumen de la volqueta (m^3)

A = área a regarse (m^2).

3.2.4. Fallas y Defectos de los Tratamientos Superficiales.

Los principales defectos y fallas que pueden asomar en los tratamientos superficiales podrían agruparse en la forma siguiente:

3.2.4.1. Surcos Longitudinales.

Usualmente, éste efecto proviene de una mala ejecución, debido a:

- Defectuosa aplicación del ligante por altura incorrecta de la flauta, o ligante excesivamente viscoso.
- Superposición de las juntas longitudinales de un riego de varias capas.

- Defecto en los pulverizadores o en la dosificación de agregados en las juntas.

3.2.4.2. Peladas.

Se presentan como dosificación irregular de los agregados con zonas en exceso y otras con defecto, lo que puede deberse a:

- Superficie irregular con baches o con bacheo mal ejecutado, o simplemente falta de un barrido adecuado.
- Dosificación insuficiente de ligante.
- Funcionamiento defectuoso de los pulverizadores o variación de altura de la flauta.

3.2.4.3. Rápido Desgaste de los Agregados.

Que puede ser debido a:

- Agregados excesivamente blandos.
- Rotura o fragmentación de los agregados en la compactación.

3.2.4.4. Desprendimiento de Agregados.

Normalmente en la capa superficial debe existir algun exceso de agregados, pero ésto en determinados casos, es excesivo, pudiendo ser debido a:

- Tratamiento inadecuado para las condiciones de tránsito en la carretera.
- Exceso de agregado, agregados sucios o falta de ligante, todo ello si se presenta inmediatamente después de la ejecución. En caso de que suceda pasado un cierto tiempo después de ejecutado el riego, cabe pensar en la existencia de una mala adhesividad entre el ligante y agregado.

3.2.4.5. Exudación.

En tiempo cálido y bajo los efectos de la circulación pesada, los agregados tienen tendencia a incrustarse en la superficie si ésta es demasiado rica en ligante y se reblandece por el calor, mientras que el ligante sube a la superficie.

Se detecta por la presencia de manchas de ligante en la carretera pudiendo deberse a:

- Superficie demasiado rica de ligante en la imprimación.

- Cantidad alta de ligante en el tratamiento.

CAPITULO IV
CONTROL DE EJECUCION
DE OBRA

La ejecución y correcto control de los trabajos deben tener una secuencia lógica, en las diferentes etapas de construcción, de modo que deberá producirse la aprobación de una de dichas etapas para iniciar la que le sigue, y así sucesivamente.

Antes de la ejecución de un trabajo por parte del contratista, éste deberá comunicar a la Fiscalización, quien con su personal de apoyo se trasladará oportunamente y colocará los datos necesarios de construcción.

Para la colocación y obtención de datos se usan métodos que se basan en la topografía, adoptando figuras conocidas para la medición y el cálculo, lo cual nos dará el conocimiento exacto de la cantidad de

obra ejecutada para su respectivo pago.

4.1. CALCULO DE VOLUMENES A TRANSPORTAR.

4.1.1. Cálculo del Volumen de Sub-base.

La construcción de la sub-base cuyo espesor es 30 cm para el proyecto "Velacruz-Catacohca", se realizó en dos etapas. La primera se inició constituyendo un espesor de 15 cms. y la segunda etapa que se llama de completamiento es de 15 cm.

El cálculo del área parcial para determinar el volumen de planillaje se lo puede realizar, mediante dos criterios:

- a. De los datos de las laterales de los blue-tops, se puede obtener el área parcial para cada abscisa; mediante el método de las cruces ya enunciado anteriormente.
- b. El segundo criterio que es el de los anchos medios, que se lo aplicó en el proyecto con la consideración de un talúd para sub-base de:

$$V = 1$$

$$H = 1.5$$

y para la base de:

$$V = 1$$

$$H = 1$$

Todo esto previamente chequeado la subrasante o mejoramiento.

En la fig. IV-1 se tiene la sección transversal de la capa de sub-base de la vía en tangente.

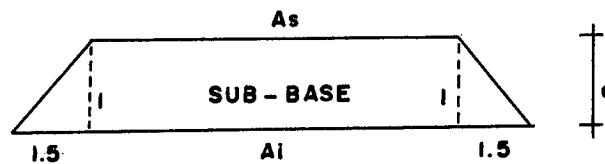


Fig. IV-1. Sección transversal normal de la sub-base.

Donde:

A_i = ancho inferior de la vía (en tangente = 9.60 m)

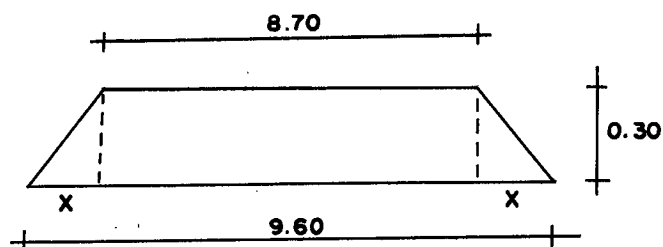
A_s = ancho superior de la vía (en tangente = 8.70 m)

e = espesor de la sub-base (30 cm).

A continuación se muestra la forma de calcular al ancho superior área y volumen de sub-base. El cálculo del ancho superior se realiza en base al talód recomendado, debiendo en las curvas aumentarse el correspondiente sobreancho.

$$A_s = A_i - 2x$$

$$x = 1.5 (e)$$



$$x = 1.5 e$$

$$x = 1.5 (0.30)$$

$$x = 0.45$$

$$A_s = 9.60 - 2 (0.45)$$

$$A_s = 8.70 \text{ m}$$

El área correspondiente a la sección transversal para cada abscisa es:

$$A = \frac{A_i + A_s}{2} e$$

$$A = \frac{(9.60 + 8.70)}{2} (0.30)$$

$$A = 2.75 \text{ m}^2$$

El volumen se calcula empleando el método aproximado.

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} L$$

$$V = \frac{2.75 + 2.85}{2} (10)$$

$$V = 29.0 \text{ m}^3$$

En el anexo A₁ se indica el proceso de cálculo del volumen de sub-base, para el espesor igual a 30 cm, en el tramo Km 2+000 - 3+000 de la vía.

4.1.2. Cálculo del Volumen de Base.

De igual forma la construcción de la base, cuyo espesor es de 20 cm para el proyecto, se realizó su compactación en dos capas de 10 cm.

Básicamente el proceso de cálculo de volúmenes de base es igual al empleado para la sub-base.

En la fig. IV-2, se tiene la sección transversal; de la capa de base de la vía de tangente.

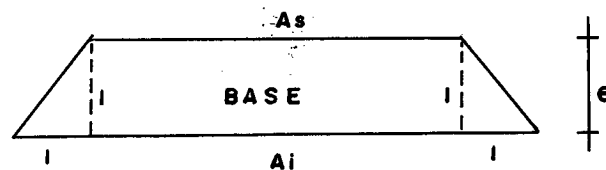


Fig. IV-2. Sección transversal de la base

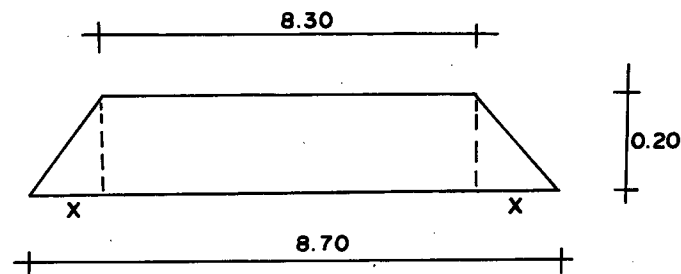
A continuación, se presenta la forma de calcular el ancho, área y volumen de la capa de base.

Donde:

A_i = ancho inferior de la vía (en tangente = 8.70 m)

A_s = ancho superior de la vía (en tangente = 8.30 m)

e = espesor de la base (20 cm)



$$x = 1.0 (e)$$

$$x = 1.0 (0.20)$$

$$x = 0.20 \text{ m}$$

$$A_s = 8.70 - 2 (0.20)$$

$$A_s = 8.30 \text{ m}$$

El área correspondiente a la sección transversal por cada abscisa es:

$$A = \frac{8.70 + 8.30}{2} (0.20)$$

$$A = 1.70 \text{ m}^2$$

El volumen es:

$$A = \frac{1.70 + 1.77}{2} \cdot (9.76)$$

$$A = 16.93 \text{ m}^2$$

En el anexo B, se indica el proceso de cálculo del volumen de base, para un espesor de 20 cm, en el tramo del Km 1+005.38 - 2+005.38 de la vía.

4.2. CALCULO DEL TRANSPORTE DE VOLUMENES.

RUBRO: 302 - 10(2) E:

En la etapa de construcción el transporte juega un papel muy importante; pues hay que transportar el material de las minas, canteras plantas de trituración y acopios de materiales hacia el sitio mismo de la construcción.

En el ejemplo siguiente se muestra el método de cálculo de transporte de Sub-base y Base.

4.2.1. Cálculo del Transporte de Sub-base.

Datos:

Diseño de la mezcla:

50% de material triturado mina del Km = 6+580

50% de material fino mina del Km = 8+350

Tramo a colocarse la Sub-base: Km 2+000 - 3+000

Cálculos:

Transporte de Material Triturado.

- a. Se determina primero el centro de gravedad del tramo que se va a colocar la Sub-base. En éste trecho existen las siguientes ecuaciones de distancias que se toman en cuenta para hallar su longitud real, así:

ABSCISAS	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL
2+000	953.36	
2+953.36 AT = 2+961.75 AD	13.30	
2+975.05 AT = 2+983.65 AD	16.35	983.01
3+000		

Centro de gravedad del tramo sería:

$$c.g. = 983.01 / 2 = 491.51 \text{ m}$$

- b. La distancia de acarreo desde la mina ubicada en el Km: 6+580 al inicio del

tramo a colocarse la Sub-base, en éste caso el Km: 3+000 tomando en cuenta todas las ecuaciones de distancias existentes en éste trecho será:

ABSCISAS	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL
3+000		
	284.86	
3+284.86 AT =		
3+284.98 AD		
	154.56	
3+439.54 AT =		
3+423.95 AD		
	1603.07	
5+027.02 AT =		
5+026.50 AD		
	541.33	
5+567.83 AT =		
5+565.25 AD		
	751.13	
6+316.38 AT =		
6+283.39 AD		
	296.61	3631.56
6+580		

Distancia del Transporte Total: será igual a la suma de la distancia al centro de gravedad y la distancia de la mina al inicio del tramo que se coloca la Sub-base así:

$$LT = 491.51 \text{ m} + 3631.56 \text{ m}$$

$$LT = 4123.10 \text{ ml} = 4.12 \text{ Km}$$

Cálculo del Volumen a Transportar:

Volumen de Sub-Base del tramo = 2884.35 m^3 (Anexo A)

$$2884.35 (0.50) = 1442.18 \text{ m}^3$$

El transporte de Material Triturado de Sub-base será:

$$1442.18 \text{ m}^3 (4.12 \text{ Km}) = 5941.78 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

Transporte de Material Fino:

a. La distancia al centro de gravedad ya se lo calculó en el caso anterior para el material triturado, siendo el mismo tramo, su valor es 491.51 m.

b. La mina se encuentra dentro de la vía en el Km 8+350, por lo que la distancia para transportar éste material hasta el inicio del tramo tomando en cuenta las ecuaciones de distancia existentes en el trecho será:

Distancia de Transporte Total: es igual a la suma de la distancias al centro de gravedad y de la mina al inicio del tramo a colocarse la Sub-base, así:

$$LT = 491.51 \text{ m} + 5408.26 \text{ m}$$

$$LT = 5899.77 \text{ m} = 5.90 \text{ Km}$$

Cálculo del Volumen a transportar:

$$2884.35 (0.50) = 1442.18 \text{ m}^3$$

ABSCISAS	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL
3+000		
	284.86	
3+284.86 AT =		
3+284.98 AD		
	154.56	
3+439.54 AT =		
3+423.95 AD		
	1603.07	
5+027.02 AT =		
5+026.50 AD		
	541.33	
5+567.83 AT =		
5+565.25 AD		
	751.13	
6+316.38 AT =		
6+283.39 AD		
	624.11	
6+907.50 AT =		
6+908.60 AD		
	505.12	
7+413.72 AT =		
7+414.27 AD		
	158.53	
7+573.40 AT =		
7+577.40 AD		
	308.60	
7+886.00 AT =		
7+886.12 AD		
	221.08	
8+107.26 AT =		
8+094.13 AD		
	255.87	5408.26
8+350		

El transporte de material Fino de Sub-Base será:

$$1442.18 \text{ m}^3 (5.90 \text{ Km}) = 8508.86 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

4.2.2. Cálculo del Transporte de Base.

Datos:

Diseño de la mezcla:

70% de material triturado

30% de material fino

El tramo a colocarse la Base es: 1+00.38-
2+005.38

Cálculos:

Transporte de Material de Base Triturado:

La mina se encuentra dentro de la vía en el
Km: 6+580.

- a. Correcciones por ecuaciones del tramo de construcción Km 1+005.38 - Km: 2+005.38, en el cual no existen ecuaciones, por lo que la distancia al centro de gravedad será:

$$c.g. = 2+005.38 - 1+005.38 / 2 = 500 \text{ m}$$

/

- b. La distancia de transporte entre la mina Km: 6+580 al inicio del tramo a colocarse la Base Km: 2+005.38, considerando las ecuaciones de distancia ya analizadas anteriormente tendremos:

TRAMO	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL
2+005.38 - 3+000	977.63	
3+000 - 6+580	3631.56	4609.19

Distancia de Transporte Total: será igual a la suma de distancias al centro de gravedad y de la mina al inicio del tramo que se colocará la Base, así:

$$LT = 500 \text{ m} + 4609.19 \text{ m}$$

$$LT = 5109.19 \text{ m} = 5.11 \text{ Km}$$

Cálculo del Volumen a Transportar:

$$\text{Volumen de Base del Tramo} = 1837.52 \text{ m}^3 \text{ (Anexo B)}$$

$$1837.52 \text{ m}^3 (0.70) = 1286.29 \text{ m}^3$$

El transporte de material triturado de Base será:

$$1286.26 \text{ m}^3 (5.11 \text{ Km}) = 6572.81 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

Transporte de Material de Base Fino:

La mina se encuentra dentro de la vía en el Km: 8+350.

a. La distancia al centro de gravedad es la misma que la calculada en el caso anterior,

esto es 500 ml.

- b. Así mismo la distancia de ésta mina del Km: 8+350 al inicio del tramo a colocarse la base Km: 2+005.38, considerando las ecuaciones de distancia tomando en cuenta lo ya establecido anteriormente, será:

TRAMO	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL
2+005.38 - 3+000	977.63	
3+000 - 8+350	5408.26	6385.89 ml

Distancia de Transporte Total: es igual a la sumatoria de distancias al centro de gravedad y de la mina al inicio del tramo a colocarse la Base así:

$$LT = 500 \text{ m} + 6385.89 \text{ ml}$$

$$LT = 6885.89 \text{ ml} = 6.89 \text{ Km}$$

Cálculo del Volumen a Transportar:

$$1837.52 \text{ m}^3 (0.30) = 551.26 \text{ m}^3$$

El transporte de material Fino de Base será:

$$551.26 \text{ m}^3 (6.89 \text{ Km}) = 3798.15 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

4.3. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA CONFORMACION DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO.

4.3.1. Cálculo de la Distancia de Distribución de los materiales para la obtención de la mezcla.

En el ejemplo siguiente se muestra el método de cálculo de la distancia de separación de los montones de material.

4.3.1.1. Cálculo de la Distancia para la Sub-base.

Tramo: Km 2 + 000 - 2 + 201.08

Datos:

Diseño de la Mezcla:

50% de Finos

50% de Triturados

Para asegurar que el espesor sea el correcto, se incrementa un 25% del material a transportar, para evitar correcciones posteriores por defecto. O se puede también determinar el porcentaje de compactación, realizando un proctor del rollo para el tramo en estudio, que sería lo más representativo.

ABSCISAS	ANCHO (X) (m)	AREA (A) (m ²)
2+000	9.75	2.93
+1013.18	9.55	2.87
+0.20	9.41	2.82
+037.20	9.15	2.75
+047.20	9.49	2.85
+057.20	9.81	2.94
+067.20	10.15	3.05
+071.52	10.15	3.05
+081.52	9.81	2.94
+091.52	9.49	2.85
+101.52	9.15	2.75
+133.68	9.15	2.75
+143.68	9.45	2.84
+153.68	9.75	2.93
+163.68	10.05	3.02
+173.68	10.35	3.11
+181.08	10.35	3.11
+191.08	10.05	3.02
2+201.08	9.75	2.93
TOTAL	184.81	55.51
PROMEDIO	9.73	2.92

Nomenclatura:

\bar{V} = Volumen medio del tramo (M³)

\bar{A} = Area media del tramo (M²)

L = Longitud del tramo en (M)

\bar{V}_T = Volumen medio a transportar (M³)

\bar{X} = Ancho promedio en (M)

\bar{h} = Altura media del tramo (M)

h1 = Altura del agregado triturado (M)

h2 = Altura del agregado fino (M)

Wv = Capacidad de la volqueta (M³)

L1 = Distancia entre montones (M)

V1 = Volumen a transportar de agregado
triturado (M³)

V_2 = Volumen a transportar de agregado fino
(M^3)

L_t = Separación de montones de agregado
triturado (M)

L_f = Separación de montones de agregado fino
(M)

$$\bar{V} = \bar{A} \times L$$

$$\bar{V}_T = \bar{V} + 25\% \bar{V}$$

$$\bar{V}_t = 1.25 \bar{V}$$

$$\bar{h} = \frac{\bar{V}_T}{\bar{X}L}$$

$$h_1 = 0.50 \bar{h}$$

$$h_2 = 0.50 \bar{h}$$

$$L_1 = \frac{V_v}{\bar{X} h_1}$$

$$\# \text{ de viajes} = L/L_1$$

$$V_t = \# \text{ de viajes} \times V_v$$

Datos:

$$\bar{X} = 9.73 \text{ m}$$

$$\bar{A} = 2.92 \text{ m}^2$$

$$L = 201.8 \text{ m}$$

Cálculos:

$$\bar{V} = 2.92 (201.8)$$

$$\bar{V} = 589.26 \text{ m}^3$$

$$\bar{V}_T = 1.25 (589.26)$$

$$\bar{V}_T = 736.57 \text{ m}^3$$

$$\bar{h} = \frac{736.57}{9.73 (201.8)}$$

$$\bar{h} = 0.38 \text{ m}$$

DISEÑO DE SUB-BASE:

50% de material triturado $h_1 = 0.50 \bar{h} = 0.50(0.38) = 0.19 \text{ m}$

50% de material fino $h_2 = 0.50 \bar{h} = 0.50(0.38) = 0.19 \text{ m}$

Se necesita saber a que distancia deben colocarse los montones de material para cada tipo de volqueta y agregado.

Material triturado:

Volqueta Mack A 853

Capacidad $V_v = 10 \text{ m}^3$

$$L_1 = \frac{10 \text{ m}^3}{9.73 (0.19)}$$

$$L1 = 5.41 \text{ m}$$

$$\# \text{ viajes} = \frac{201.8 \text{ m}}{5.41}$$

$$\# \text{ viajes} = 37$$

Nota: Es similar para el agregado fino.

4.3.1.2. Cálculo de la Distancia para la Base.

Tramo del Km: 1+005.38 - 1 + 208.55

datos:

Diseño de la mezcla:

70% de material triturado

30% de material fino

$$\bar{X} = 9.12$$

$$\bar{a} = 1.82$$

$$L = 203.17 \text{ m}$$

$$\bar{V} = 1.82 (203.17)$$

$$\bar{V} = 369.77 \text{ m}^3$$

$$\bar{V}_T = 1.25 (369.77)$$

$$\bar{V}_T = 462.21 \text{ m}^3$$

$$\bar{h} = \frac{462.21}{9.12(203.17)}$$

$$\bar{h} = 0.25 \text{ m}$$

DISEÑO DE BASE

70% material triturado $h_1 = 0.70 \bar{h} = 0.70(0.25) = 0.17 \text{ m}$

30% material fino $h_2 = 0.30 \bar{h} = 0.30(0.25) = 0.08 \text{ m}$

Separación de los montones de material:

Volqueta Mack A 853

Capacidad $V_v = 10 \text{ m}^3$

Triturados

Finos

$$L_t = \frac{10 \text{ m}^3}{9.12(0.17) \text{ m}^2}$$

$$L_f = \frac{10 \text{ m}^3}{9.12(0.08) \text{ m}^2}$$

$$L_t = 6.45 \text{ m}$$

$$L_f = 13.71 \text{ m}$$

$$\# \text{ viajes} = \frac{203.17 \text{ m}}{6.45 \text{ m}}$$

$$\# \text{ viajes} = \frac{203.17 \text{ m}}{13.71 \text{ m}}$$

$$\# \text{ viajes} = 31.50$$

$$\# \text{ viajes} = 14.8$$

4.3.2. Inspección de la Subrasante.

Antes de autorizar el transporte de los materiales, la Fiscalización procede a comprobar la humedad existente en la Subrasante. Se aconseja que ésta sea de aproximadamente el 70% de humedad óptima como mínimo y el 100% como máximo para evitar la absorción de humedad de los materiales y deformaciones por el tráfico.

4.3.3. Acopio de Materiales.

Se efectuará por orden de tamaños, empezando por el transporte y depósito de los materiales gruesos que se acopiarán sobre un borde de la calzada.

A medida que el acopio progrese se irán distribuyendo los montones para formar rollos de forma regular y ancho suficiente como para extender sobre ellos los materiales finos. La uniformidad de la distribución asegurará la correcta proporción de la mezcla.

4.3.4. Mezclado.

Una vez acopiados los materiales en un área de trabajo que puede variar entre 100 y 500 m², se procede al mezclado hasta dejar un rollo centrado

sobre el eje de la vía.

Se tomarán muestras de los cortes transversales cada 100 m. En cada corte se analizará la uniformidad del mezclado ensayando las muestras por separado (1 de cada lado del rollo), para verificar que la granulometría se enmarque dentro de la faja granulométrica especificada. Se verificará el mezclado cuando los valores obtenidos del par de muestras no difieran entre sí más del 4%. Se tomarán muestras para el ensayo de compactación (Proctor), para determinar su densidad máxima y humedad óptima, cuyos valores se comparan con los obtenidos en el Diseño de Laboratorio.

4.3.5. Humedecimiento.

Este se efectuará mediante el riego de agua con el camión regador y la motoniveladora. Para lograr mayor uniformidad en el humedecimiento, los riesgos se efectuarán sobre capas extendidas a ambos lados del rollo central en un espesor de material suelto de 5 cm y con un ancho igual a la longitud de la barra de riego.

Previamente se debe calcular la cantidad de agua a regarse. En el ejemplo siguiente se muestra el cálculo de agua necesario en la conformación de la capa de Base. Para ello se efectuarán las siguientes

determinaciones:

- a. Capacidad del tanque regador y el tiempo de descarga. Suponemos que el camión tiene una capacidad de 5000 lts con un tiempo de descarga de 5 minutos.
- b. Peso del material de la mezcla en estado suelto (Kg/m^3).
- c. Humedad existente en el material.

Realizando el ensayo de compactación (Proctor) respectivo de la mezcla, obtenemos 2059 Kg/m^3 de densidad máxima y 3.24% de humedad óptima. (datos tomados del ensayo de compactación del ensayo adjunto).

Cantidad de agua: Humedad óptima	3.24%
Porcentaje de humedad (determinado por pesadas del material antes y después de secado)	<u>1.0 %</u>
Humedad a incorporar	2.24%

El peso por metro lineal de Base compactada será:

$$0.20 \text{ m} \times 8.70 \text{ m} \times 2059 \text{ Kg/m}^3 = 3583 \text{ Kg/m}$$

El peso del material suelto será:

Espesor por capa = 0.10 m

Longitud de la barra de riego = 2.25 m

Peso del material de la mezcla

en estado suelto = 1780 Kg/m³

$0.10 \times 2.25 \text{ m} \times 1780 \text{ Kg/m}^3 = 400 \text{ Kg/m}$

Cantidad de agua a regar por metro lineal de capa:

$400 \text{ Kg/m} \times 0.0224 \text{ lt/Kg} = 8.96 \text{ lt/m}$

$\frac{5000 \text{ Lt}}{8.96 \text{ lt/m}} = 558 \text{ m}$

Velocidad de riego = $\frac{558 \text{ m}}{5 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min/h}}{1000 \text{ m/Km}} = 7 \text{ Km/h}$

Los camiones deben iniciar y terminar los riegos a la velocidad de régimen establecida. Por éste motivo la marcha debe iniciarse unos diez metros antes de la sección de riego.

4.3.6. Distribución y Conformación.

En el caso de la Base, se la construye en capas compactadas de espesor no menor de 10 cm ni mayor de 15 cm de acuerdo a los niveles de los blue-tops previamente colocados en la calzada, cuyos datos se los obtiene de las cotas del proyecto vertical, ésto se debe chequear que se cumpla en cada capa

construida, lo cual permitirá obtener una superficie lisa y uniforme de conformidad con la alineación, gradiente y sección transversal típica indicada en los planos.

4.3.7. Compactación.

Seguidamente después de terminar la distribución y conformación del material mezclado, las capas de Base se deberá compactar en su ancho total por medio de rodillos de cilindros lisos, de preferencia del tipo vibratorio y compactadores de rueda neumáticos. Esta compactación debe progresar gradualmente desde los costados hacia el centro de la capa, en sentido paralelo al eje del camino, trasladando en cada pasada la mitad del ancho de la pasada anterior, ésta actividad se la realiza conjuntamente con la conformación, humedecimiento y emparejamiento, hasta que toda la capa haya sido compactada a la densidad especificada cuyo valor mínimo debe ser el 100% de la máxima densidad obtenida en el laboratorio según el ensayo AASHTO T-180 método D (con molde de 6" de diámetro, 56 golpes/capa y suelo que pase el tamiz de 3/4"). Se indica el método D, cuando se requiere ser reemplazado el material grueso que hubiere quedado retenido sobre el tamiz (3/4), con la finalidad de mantener el mismo porcentaje de material grueso (pasante el tamiz 2" y retenido en el tamiz Nº 4), en la muestra original de campo. Una vez

que se haya completado una capa se procede a chequear este trabajo mediante la toma de densidades de campo y la comprobación de los perfiles longitudinales y transversales.

En caso de obtener en éstos chequeos valores inferiores a la densidad mínima especificada, ó que la superficie no concordará con lo estipulado en las secciones típicas de los planos, la Fiscalización requiere del contratista que prosiga con la compactación y las operaciones conexas hasta obtener la densidad y superficie señaladas.

Niveladas las estacas se procede al perfilado, cuidando que la hoja de la motoniveladora se ubique lo más oblicua posible para no arrastrar partículas gruesas evitando que se produzcan deformaciones en forma de surcos longitudinales.

Se recomienda un riego superficial previo al perfilado para humedecer unos dos ó tres centímetros superiores facilitando ésta operación.

Se establecerá el rendimiento de los equipos de compactación en número de pasadas y en horas de trabajo, para cada sección de distribución. Para ello se irán efectuando determinaciones progresivas hasta obtener la máxima densidad y humedad óptima del ensayo de compactación.

Conocido éste rendimiento, no se permitirá la extensión de nuevos rollos hasta tanto no se tenga la seguridad de completar la densificación especificada, así como los espesores requeridos.

En caso de existir correcciones de los espesores por defecto, deberá escharificarse previamente la zona fallada en cinco centímetros antes de distribuir el material necesario para la corrección.

Se controlará la lisura de la superficie mediante la aplicación de una regla de longitud mínima de tres metros, los defectos que se acusen no serán superiores entre 1 y 1.5 centímetros.

La calzada se mantendrá cerrada al tránsito por veinticuatro horas antes de ser imprimada. Durante tiempo seco se mantendrá la humedad mediante riegos superficiales.

4.4. CONFECCION DE PLANILLAS E INFORMES.

4.4.1. Planillas.

Cada organismo comitente dispone de formularios tipos para la ejecución de las planillas parciales respectivas.

A partir de los respectivos anexos de medición realizados para cada rubro en particular, el Fiscalizador obtendrá las cantidades de trabajo ejecutado para cada ITEM.

Estas hojas de medición, deben ser llenadas en la columna de cantidades para que posteriormente, multiplicadas por los precios unitarios de los distintos rubros que constan en el contrato de la obra, se obtengan los montos parciales ejecutados, para todos y cada uno de los rubros trabajados, los que, sumados, darán el total acumulado de los trabajos y si se deduce a éste valor los descuentos que de acuerdo a la documentación contractual se practican sobre las cantidades planilladas, se obtendrá el importe neto a percibir por el contratista. En el anexo se indica el contenido de una planilla tipo del proyecto.

4.4.2. Informe Trimestral.

Los informes trimestrales, deben ser elaborados por los respectivos fiscalizadores de obra de manera que en cualquier momento las autoridades puedan tener una idea clara concisa y exacta de lo que acontece en cada una de las obras.

Normalmente existen formularios para la redacción de los respectivos informes, donde se

detallan cada una de las actividades que se realizan en las obras camineras.

El Fiscalizador deberá proceder al llenado de cada uno de estos formularios en forma trimestral del avance de obra ejecutada de los diferentes rubros esto es: avance gráfico, labores de Fiscalización en el replanteo del Proyecto, control del tiempo, reporte de novedades de los trabajadores, asuntos económicos, comunicaciones importantes cursadas en el trimestre, ordenes de cambio, equipos y vehículos que dispone la Fiscalización, comentarios y conclusiones.

4.5. ORGANIZACION.

La Fiscalización de los trabajos de construcción de una carretera, requiere de la constitución de un grupo interdisciplinario de personas dedicadas para este objetivo.

Este equipo debe actuar con espíritu de compañerismo y con criterio, así como respetar las jerarquías impuestas por las distintas funciones dentro de la Fiscalización.

La relación que a diario mantiene la Fiscalización con el contratista exige al personal de la misma, condiciones humanas que le permitan ser claros, firmes y respetuosos y ser conscientes de que

su correcto desempeño depende el éxito de la obra, constituyéndose para sus superiores el fiel reflejo de su capacidad.

4.5.1. Personal y Equipo.

- Supervisor de Construcciones.

Responsable ante: Jefe del Departamento de Fiscalización y Supervisión Vial.

Supervisa a:

- Ingeniero Ayudante de la Supervisión (cuando exista)
- Fiscalizador de Proyectos.
- Asistente Administrativo 3
- Chofer
- Auxiliar de Servicios Generales 2.

Función Básica: Dirección, Supervisión y Coordinación de la construcción de carreteras, caminos vecinales y puentes por contrato en la zona.

- Fiscalizador de Construcciones.

Responsable ante: Supervisor de Construcciones.

Supervisa a: Ingeniero Ayudante de

Fiscalización.

- Topógrafos.
- Laboratorista de Suelos.
- Asistente Administrativo 2
- Choferes.
- Proveedores.
- Guardianes.

Función Básica: Fiscalización de las obras en Construcción.

- Ingeniero Ayudante de Fiscalización.

Responsable ante: Fiscalizador de Construcciones.

Función Básica: Colaboración en las actividades del Fiscalizador y control de las obras en el campo.

- Topógrafo.

Responsable ante: Fiscalizador de Construcciones.

Supervisa a: - Perfileros.
- Cadeneros y
- Macheteros

Función Básica: Labores de Topografía y cumplir las demás actividades asignadas por

el Fiscalizador de
Construcciones o el
Ingeniero Ayudante.

- **Perfilero.**

Responsable ante: Topógrafo.

Función Básica: Labores auxiliares de
Topografía y demás
actividades asignadas por
el topógrafo.

- **Cadeneros.**

Responsable ante: Topógrafo.

Función Básica: Ayudar en la localización
de ejes y laterales;
transporte de los aparatos
de topografía localizar y
comprobar puntos, medir y
marcar estacas.

- **Macheteros.**

Responsable ante: Topógrafo.

Función Básica: Limpieza, desbroce y
preparación de estacas,
transporte y cuidado de los
equipos y cumplir con las

demás actividades asignadas por el topógrafo.

- Laboratorista de Suelos.

Tiene a su cargo el directo control del aspecto físico de la obra, debiendo realizar sus tareas en el lugar del trabajo. Cuenta para ello con el equipo indispensable de cuyo mantenimiento y cuidado es responsable directo.

Responde ante : Fiscalizador de Construcciones.

Supervisa a: Laboratorista de Suelos de menor nivel, Inspector de obras de arte.

Función Básica: Supervisión y ejecución de labores de análisis de muestras de suelos y materiales bituminosos y control de hormigones.

- Inspector de Obras de Arte.

Responsable ante: Laboratorista de Suelos.

Función Básica: Labores auxiliares de Mecánica de Suelos y materiales de construcción.

- Choferes (Fiscalización de Construcciones)

Responde ante: Fiscalizador de Construcciones.

Función Básica: Conducción del o los vehículos que posee la Fiscalización y dar mantenimiento periódico para su utilización eficaz.

- Proveedor.

Responsable ante: Fiscalizador de Construcciones.

Función Básica: Abastecimiento de viveres y preparación de éstos para el personal que labora en la Fiscalización.

- Guardian.

Responsable ante: Fiscalizador de Construcciones.

Función Básica: Cuidar oficinas, dependencias y enseres que posee la Fiscalización y su personal, así como la limpieza.

ANEXOS

ANEXO A

SUB-BASE: RIBRO NO 402 - 1(3)

ABSCISA	ESPESOR (m)	ANCHOS		AREA (m ²)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)
		INFERIOR (m)	SUPERIOR (m)			
2 +000	0.30	10.20	9.30	2.93		
					13.18	38.22
+013.18	0.30	10.00	9.10	2.87	6.82	19.40
+020	0.30	9.86	8.96	2.82	17.20	47.90
+037.2	0.30	9.60	8.70	2.75	10.00	28.00
+047.20	0.30	9.94	9.04	2.85	10.00	28.95
+057.20	0.30	10.26	9.36	2.94	10.00	29.95
+067.20	0.30	10.60	9.70	3.05	4.32	13.18
+071.52	0.30	10.60	9.70	3.05	10.00	29.95
+081.52	0.30	10.26	9.36	2.94	10.00	28.95
+091.52	0.30	9.94	9.04	2.85	10.00	28.00
2 +101.52	0.30	9.60	8.70	2.75	32.16	88.44
+133.68	0.30	9.60	8.70	2.75	10.00	27.95
+143.68	0.30	9.90	9.00	2.84	10.00	28.85
+153.68	0.30	10.20	9.30	2.93	10.00	29.75
+163.68	0.30	10.50	9.60	3.02	10.00	30.65
+173.68	0.30	10.80	9.90	3.11	7.40	3.01
+181.08	0.30	10.80	9.90	3.11	10.00	30.65
+191.08	0.30	10.50	9.60	3.02	10.00	29.75
+201.08	0.30	10.20	9.30	2.93	10.00	28.85
+211.08	0.30	9.90	9.00	2.84	10.00	27.95
+221.08	0.30	9.60	8.70	2.75	0.98	2.70
+222.06	0.30	9.60	8.70	2.75	10.00	27.50
+232.06	0.30	9.60	8.70	2.75	10.00	28.70

Continúa Cuadro .../...

..../....						
+242.06	0.30	10.40	9.50	2.99		
					10.00	30.50
+252.06	0.30	10.80	9.90	3.11		
					48.15	149.75
+300.21	0.30	10.8	9.90	3.11		
					10.00	30.50
+310.21	0.30	10.40	9.50	2.99		
					10.00	29.30
+320.21	0.30	10.00	9.10	2.87		
					10.00	28.10
+330.21	0.30	9.60	8.70	2.75		
					9.79	26.92
+340.00	0.30	9.60	8.70	2.75		
					20.00	56.20
+360	0.30	10.01	9.11	2.87		
					10.00	29.05
+370	0.30	10.24	9.34	2.94		
					10.00	29.50
+380	0.30	10.30	9.40	2.96		
					80.00	236.80
+460	0.30	10.30	9.40	2.96		
					14.38	42.06
+474.38	0.30	10.07	9.17	2.89		
					5.62	16.13
+480	0.30	9.94	9.04	2.85		
					20.00	56.00
+500	0.30	9.60	8.70	2.75		
					47.87	131.64
+547.87	0.30	9.60	8.70	2.75		
					10.00	27.85
+557.87	0.30	9.84	8.94	2.82		
					10.00	28.45
+567.87	0.30	10.01	9.11	2.87		
					10.00	29.20
+577.87	0.30	10.34	9.44	2.97		
					10.00	30.10
+587.87	0.30	10.60	9.70	3.05		
					44.62	136.09
+632.49	0.30	10.60	9.70	3.05		
					10.00	30.10
+642.49	0.30	10.34	9.44	2.97		
					10.00	29.20
+652.49	0.30	10.01	9.11	2.87		
					10.00	28.45
+662.49	0.30	9.84	8.94	2.82		
					10.00	27.85
+672.49	0.30	9.60	8.70	2.75		
					7.51	20.65
+680	0.30	9.60	8.70	2.75		
					10.00	27.85
+690	0.30	9.84	8.94	2.82		
					12.07	34.04
+702.07	0.30	9.86	8.96	2.82		
					7.93	22.44
+710	0.30	9.92	9.02	2.84		
					10.00	28.55

Continúa Cuadro/....

.../...						
+720	0.30	10.00	9.10	2.87	100.00	287.00
+820	0.30	10.00	9.10	2.81	10.53	30.01
+830.53	0.30	9.87	8.97	2.83	9.47	26.61
+840	0.30	9.74	8.84	2.79	10.00	27.70
+850	0.30	9.60	8.70	2.75	10.00	27.85
+860	0.30	9.84	8.94	2.82	12.67	36.55
+872.67	0.30	10.27	9.37	2.95	11.69	35.07
+884.36	0.30	10.60	9.70	3.05	11.69	35.07
+896.05	0.30	10.27	9.37	2.95	3.95	11.57
+900	0.30	10.14	9.24	2.91	10.00	28.60
2 +910	0.30	9.80	8.90	2.81	10.00	27.80
+920	0.30	9.60	8.70	2.75	55.05	151.39
+975.05	0.30	9.60	8.70	2.75	8.60	23.65
+983.65	0.30	9.60	8.70	2.75	16.35	44.96
3 +000	0.30	9.60	8.70	2.75		

VT = 2884.35 m³

ANEXO B

BASE CLASE I-A: RUBRO 403-1 (1)E

ABSCISA	ESPESOR (m)	ANCHOS INFERIOR (m)	SUPERIOR (m)	AREA (m ²)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)
						17.35
1 +005.38	0.20	9.06	8.66	1.77		
+015.38	0.20	9.44	9.04	1.85	10.00	18.10
+025.38	0.20	9.80	9.40	1.92	10.00	18.85
+032.81	0.20	9.80	9.40	1.92	7.43	14.23
+040.24	0.20	9.80	9.40	1.92	7.43	14.27
+050.24	0.20	9.44	9.04	1.85	10.00	18.85
+060.24	0.20	9.06	8.66	1.77	10.00	18.10
+070.24	0.20	8.70	8.30	1.70	10.00	17.35
+080	0.20	9.06	8.66	1.77	9.76	16.93
+090.30	0.20	9.43	9.03	1.85	10.30	18.64
+100	0.20	9.80	9.40	1.92	9.70	18.28
+110	0.20	9.80	9.40	1.92	10.00	19.20
+120	0.20	9.80	9.40	1.92	10.00	19.10
+120	0.20	9.69	9.29	1.90	7.21	13.52
+127.21	0.20	9.43	9.03	1.85	12.79	23.02
+140	0.20	8.96	8.56	1.75	20.00	34.50
+160	0.20	8.70	8.30	1.70	38.55	65.54
+198.55	0.20	8.70	8.30	1.70	10.00	17.30
+208.55	0.20	9.00	8.60	1.76	10.00	17.90
+218.55	0.20	9.30	8.90	1.82	10.00	18.30
+228.55	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	19.10
+238.55	0.20	9.90	9.50	1.94	10.00	19.10
+246.63	0.20	9.90	9.50	1.94	8.08	15.68
+256.63	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	19.10
					10.00	18.50
					Continúa Cuadro .../...	

....						
+266.63	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	17.90
+276.63	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.30
1 =286.63	0.20	8.70	8.30	1.70		
1 +283.02	0.20	8.70	8.30	1.70		
					20.19	34.32
+303.21	0.20	8.70	8.30	1.70		
					10.00	17.30
+313.21	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.90
+323.21	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	18.50
+333.21	0.20	9.60	9.20	1.88		
					10.00	19.10
+343.21	0.20	9.90	9.50	1.94		
					14.62	28.36
+357.83	0.20	9.90	9.50	1.94		
					10.00	19.10
+367.83	0.20	9.60	9.20	1.88		
					10.00	18.50
+377.83	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	17.90
+387.83	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.30
+397.83	0.20	8.70	8.30	1.70		
+397.51	0.20	8.70	8.30	1.70		
					24.60	41.82
+422.11	0.20	8.70	8.30	1.70		
					10.00	17.30
+432.11	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.90
+442.11	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	18.50
+452.11	0.20	9.60	9.20	1.88		
					10.00	19.10
+462.11	0.20	9.90	9.50	1.94		
					20.67	40.10
+482.78	0.20	9.90	9.50	1.94		
					10.00	19.10
+492.78	0.20	9.60	9.20	1.88		
					10.00	18.50
+502.78	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	17.90
+512.78	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.30
+522.78	0.20	8.70	8.30	1.70		
					7.28	12.38
+530.06	0.20	8.70	8.30	1.70		
					10.00	17.30
+540.06	0.20	9.00	8.60	1.76		
					10.00	17.90
+550.06	0.20	9.30	8.90	1.82		
					10.00	18.50

Continúa Cuadro

.../...						
+560.06	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	19.10
+570.06	0.20	9.90	9.50	1.94	17.15	33.27
+587.21	0.20	9.90	9.50	1.94	10.00	19.10
+597.21	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	18.50
+607.21	0.20	9.30	8.90	1.82	10.00	17.90
+617.21	0.20	9.00	8.60	1.76	10.00	17.30
+627.21	0.20	8.70	8.30	1.70	154.82	263.19
+782.03	0.20	8.70	8.30	1.70		
+781.81	0.20	8.70	8.30	1.70	10.00	17.30
+791.81	0.20	9.00	8.60	1.76	10.00	17.90
+801.81	0.20	9.30	8.90	1.82	10.00	18.50
+811.81	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	19.10
+821.81	0.20	9.90	9.50	1.94	8.19	15.89
+830	0.20	9.90	9.50	1.94	26.99	52.36
+856.99	0.20	9.90	9.50	1.94	10.00	19.10
+866.99	0.20	9.60	9.20	1.88	10.00	18.50
+876.99	0.20	9.30	8.90	1.82	10.00	17.90
+886.99	0.20	9.00	8.60	1.76	10.00	17.30
+896.99	0.20	8.70	8.30	1.70	23.01	39.12
+920	0.20	8.70	8.30	1.70	13.24	22.77
+933.24	0.20	8.91	8.51	1.74	9.35	16.46
+942.59	0.20	9.10	8.70	1.78	7.41	13.30
+950	0.20	9.25	8.85	1.81	10.00	18.15
+960	0.20	9.30	8.90	1.82	40.00	72.80
2 +000	0.20	9.30	8.90	1.82	13.18	23.72
2 +005.38	0.20	9.10	8.70	1.78		

 VT = 1837.52 M3

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES
 FISCALIZACION DE LA CARRETERA VELACRUZ-CATACDOCHA
 CONTRATO SUSCRITO EL 28 DE JUNIO DE 1997
 CONTRATISTA : C O S U R C A

CERTIFICADO DE RECEPCION # 20

PERIODO: DICIEMBRE DE 1998

MONTO : \$ 9.096.073.70

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL ANTERIOR	CANTIDAD ESTE PERIODO	TOTAL FECHA	TOTAL ANTERIOR	IMPORTE ESTE PERIODO	TOTAL FECHA
302-5(1)	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	HA.	27.530.00	33.84	0.00	33.84	931.615.20	0.00	931.615.20
302-2(1)	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	M3.	185.00	707.777.49	1.166.60	709.144.09	74.337.636.45	122.493.00	74.460.129.45
302-2(1)a	LIMPIEZA DE DERRUMBES	M3.	87.25	62.010.26	0.00	62.010.26	5.410.395.19	0.00	5.410.395.19
302-2(2)	EXCAVACION EN ROCA	M3.	353.00	156.180.79	0.00	156.180.79	55.134.642.87	0.00	55.134.642.87
302-3(1)	EXC. Y RELL.P'EST.MENORES	M3.	376.00	17.262.37	180.42	17.442.79	6.490.651.12	67.837.92	6.558.489.04
302-3(1)	EXC.P'CONCRETAS Y ENCAUZAMIENTOS	M3.	369.00	18.370.09	0.00	18.370.09	6.778.563.21	0.00	6.778.563.21
302-10(1)E	TRANSPORTE SUELO SEL.P'MEJORAM.	M3-KM.	37.00	165.766.12	830.37	169.926.49	6.252.956.44	30.723.69	6.283.680.13
302-10(2)E	TRANSPORTE DE SUB-BASE Y BASE	M3-KM.	37.00	514.752.33	9.380.31	524.132.64	17.845.836.21	347.071.47	19.392.907.68
401-0(1)E	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE	M3.	274.00	64.223.84	200.09	64.423.93	17.597.332.16	54.024.66	17.652.156.82
402-1(3)E	SUB-BASE CLASE 3 MODIFICADA	M3.	462.40	62.196.89	139.60	62.336.49	28.759.041.92	64.551.84	28.824.392.96
403-1(1)E	BASE CLASE 1-A	M3.	652.00	40.213.16	865.00	41.078.96	26.218.980.32	564.581.60	26.783.481.92
502-1(3)	TRAT.SUP.BITUMINOSO TSB-2C	M2.	135.00	177.127.37	14.104.01	191.232.18	23.912.194.95	1.704.149.35	25.616.344.30
603-1(1)	HORMIGON CLASE A	M3.	12.397.00	98.97	0.78	99.75	1.226.931.09	9.669.66	1.236.600.75
603-1(2)	HORMIGON CLASE B	M3.	11.336.00	4.787.81	390.15	5.177.96	54.245.087.30	4.420.399.50	58.666.286.80
603-2(1)	HORMIGON CICLOPED	M3.	8.523.00	4.729.21	118.57	4.847.78	40.307.056.83	1.010.572.11	41.317.628.94
604-(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS	KG.	124.60	13.051.36	237.00	13.288.36	1.626.199.45	29.530.20	1.655.729.65
702-(2A)1c	TUBERIA ACERO CORR.01.22 CAL.12	ML.	24.530.00	1.097.77	19.15	1.116.92	26.928.298.10	469.749.50	27.398.047.60
702-(2A)2a	TUBERIA ACERO CORR.01.03 CAL.10	ML.	48.720.00	105.35	0.00	105.35	5.157.012.00	0.00	5.157.012.00
S/N	COSTO + PORCENTAJE						5.794.500.00	0.00	5.794.500.00

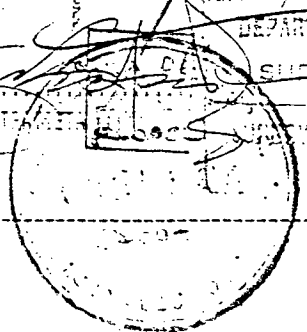
TOTALES 466.146.430.81 9.096.073.70 415.242.504.51

DEDUCCIONES:

30% ARONO AL ANTICIPO	61.297.310.40	0.00	61.297.310.40
5% FONDO DE GARANTIA	20.707.321.54	464.003.69	20.762.125.23
4% FISCALIZACION	16.245.887.24	363.042.75	16.609.730.19
30% DEPOSITO A PAGARSE	308.706.233.63	9.077.407.00	317.783.640.63

[Signature]
 ING. FISCALIZADOR

[Signature]
 DEPARTAMENTO FISCALIZACION



FISCALIZACION
 VIAL - IMPULSA - IMPULSION
 GUAYARANDA - MACARA

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

1. Este proyecto fué contratado el 26 de Agosto de 1987, para realizar los trabajos de construcción de la carretera "Velacruz-Catacocha" como son el movimiento de tierras, obras de arte y capas de pavimento hasta llegar al Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (D.T.S.B.), con una longitud de 20.37 Km incluidos los accesos Norte y Sur a la ciudad de Catacocha.
2. Se debe indicar que por razones de presupuesto en el monto del contrato, quedo pendiente la construcción del paso lateral principal de la vía; de igual forma no se terminó la construcción de las cunetas en algunos tramos de la carretera, por el

retraso en el pago de las planillas al contratista paralizándose de ésta forma dichos trabajos.

3. El plazo original para la terminación y entrega de la obra es el 26 de Diciembre de 1988, sin embargo por razones de fuerza mayor y de orden técnico, se procedió a dar al contratista tres ampliaciones del plazo mediante las ordenes de cambio respectivas, siendo la fecha de terminación de los trabajos el 26 de Diciembre de 1990.
4. Se cumplió en lo posible el diseño geométrico de los estudios, pero a causa de diferentes problemas que se encontró en la etapa constructiva, fué difícil regirse estrictamente al diseño original, ya que los estudios en partes de la vía eran irrealizables, es por esta razón que en ésta etapa en el proyecto se han efectuado algunas modificaciones o variantes en el trazado especialmente en radios de curvatura y tangentes.
5. Los caudales de diseño de alcantarillas, cunetas longitudinales, cunetas de coronación y de los puentes son determinados por el método Racional Americano.
6. Para el dimensionamiento de las capas del pavimento se ha utilizado el método AASHO-1972, con las modificaciones introducidas en el año 1986

oficialmente adoptado por el MOP.

7. Previo a la construcción se inicia con el replanteo del eje de la vía, para ello primeramente se hace una recopilación de datos, existentes en los planos y especificaciones en oficina, y la segunda se refiere al replanteo en el terreno en la cual se actualiza o se repone el eje y las laterales de construcción.
8. Para el cálculo del volumen a pagarse en las etapas de sub-base y base, se lo hizo con el criterio de los anchos medios imponiéndose un talud de relleno para la sub-base de 1.5: 1 y para la base de 1 : 1. Cálculo que también se lo puede determinar con los datos de las laterales de los blue-tops de las capas.
9. En el control de calidad de los materiales utilizados en la etapa de construcción luego de realizar los ensayos de laboratorio se ha exigido realizar cambios o correcciones así como, el mejoramiento de los procesos de explotación y producción, cuando éstos materiales no se encuadraban en el diseño y especificaciones.
10. El informe del reporte mensual del estado del tiempo en el proyecto, indica las condiciones climáticas del sector, siendo éste un parámetro que

puede definir cualquier ampliación de plazo que el contratista solicitare por la incidencia que haya tenido éste en el desarrollo normal de los trabajos.

11. Una de las tareas importantes de la Fiscalización es la colocación de datos en la vía, para que se ejecute en el menor tiempo estos trabajos, así como el control de calidad de todos los rubros que constan en el contrato.

12. Se debe indicar que los agregados pétreos explotados en la mina los producidos en la trituradora para la mezcla de las capas del pavimento, como para los usados en el D.T.S.R., son de excelente calidad es decir que los resultados de los ensayos se ajustan a los requeridos en las especificaciones. De igual manera el material fino para la mezcla se ajusta a las especificaciones de límites y granulometría.

13. En la ejecución del D.T.S.R. se efectuó un estricto control de las dosificaciones teóricas de diseño del ligante y agregados así como su compactación y barrido.

RECOMENDACIONES.

1. Respecto a la ubicación de alcantarillas, por ningún concepto se las debe colocar en una zona de relleno porque ocasionaría socavación a la salida del caudal de agua, produciendo el inminente colapso del terraplen y la obra de arte, para ello se debe desviar el cauce del agua hacia un sector de terreno firme (corte), asegurando con ello que la alcantarilla se cimente en terreno natural y evitar socavamientos futuros.

Así mismo es fundamental darle una pendiente razonable, la cual está en función del tipo de terreno donde se implantará la estructura, teniendo en cuenta que ésta no produzca velocidades de salida del agua muy elevadas. Para suelos limosos y suaves de corrientes poco profundas empiezan a erosionarse para velocidades de 0.30 m/s, los de arena a velocidades de 0.30 - 0.60 m/s, los de arcilla ordinaria entre 0.60 - 1.0 m/s y los de arcilla compacta o grava entre 1.20 - 1.80 m/s

2. Es importante que se termine con la construcción de las cunetas que quedaron pendientes, de lo contrario ocasionaría daños a las capas del pavimento por efecto de las aguas provenientes de las lluvias o humedades existentes en los talúdes.

3. Para evitar posibles deficiencias o deformaciones en las capas del pavimento por no cumplirse con las cotas en sus diferentes capas se debe realizar el chequeo periódico de cada etapa mediante la nivelación de las estacas o blue-tops respectivas.
4. Se debe dar una mayor atención al barrido de la calzada previa a la aplicación del ligante, siendo esta una condición básica para que la capa de imprimación penetre y se adhiera a la base, evitando de ésta manera la presencia del polvo.
5. En cuanto se refiere al acopio de los materiales triturados para el D.T.S.R. se lo debe proteger de la acción de los agentes atmosféricos, como es el polvo, lluvia y humedad, mediante galpones o cubriéndolos con plásticos de polietileno.
6. Igualmente se debe realizar un chequeo de todos los difusores o pulverizadores de la flauta regadora se encuentren limpios para asegurar caudales uniformes.

El tarado de los mismos y la altura correcta de la flauta sobre el pavimento son factores importantes para una correcta superposición de los abanicos de ligante sobre la superficie de la vía.

7. El agregado deberá ser resistente a la

fragmentación ya que una rotura del mismo modifica la estructura del revestimiento y al disminuir sus dimensiones medias puede remontar el ligante existiendo riesgos de exudación y deslignamiento.

8. Sobre superficies agrietadas, porosas o absorbentes en climas fríos y tránsitos bajos, conviene aumentar la cantidad de ligante.
9. En bases muy cerradas o exudadas, en climas cálidos y tránsitos altos es aconsejable disminuir la cantidad de ligante.
10. Cuando se trata de D.T.S.B. en clima cálido es conveniente aumentar la cantidad de ligante de la primera aplicación y por lo tanto disminuir la cantidad de la segunda en proporciones que pueden variar entre 15 y 25 por ciento.
11. En tiempos fríos al contrario y en las mismas proporciones.
12. En cuanto se refiere al riego o cobertura del agregado se debe chequear de que las compuertas de la tolva se encuentren calibradas (abertura correcta) y de que la altura sobre la superficie de la calzada sea de unos 15 cm, distancia óptima para que al caer no salten los agregados y obtener juntas transversales netas en las paradas y así

poder extender el agregado con la máxima regularidad posible tanto en el sentido longitudinal como transversal y aplicar la dosificación precisa.

13. El agregado debe extenderse lo antes posible, después de regado el ligante, lo que significa que la repartidora de agregados debe situarse a un tiempo máximo de 1 minuto.
14. La compactación deberá realizarse lo más rápidamente posible después de aplicar el agregado, generalmente son suficientes tres a cinco pasadas para la formación del mosaico a una velocidad de 8 Km/h, aunque las dos primeras pasadas la velocidad no debe sobrepasar los 2 - 3 Km/h.
15. Deberá suprimirse la compactación mediante rodillo metálico, pues fractura el agregado y de la misma manera y por la misma razón hay que evitar el exceso de compactación. Sólo en caso de que el agregado sea lo suficientemente duro y poco frágil y si la calzada, no está deformada se puede realizar un cilindrado ligero de un triciclo de 12 toneladas. Porque si la calzada está deformada el cilindrado es irregular, fractura los agregados situados en las crestas y no toca los situados en las partes bajas.

16. A las operaciones de compactación le siguen las operaciones de barrido, que tienen por objeto eliminar el exceso de gravilla.

A las veinticuatro horas de ejecutado el tratamiento, se realizará un barrido ligero y al cabo de 2 - 3 días un barrido más enérgico.

17. Durante la realización de los trabajos de D.T.S.R. se puede autorizar el tráfico vehicular una vez que se a terminado de colocar la primera capa siempre y cuando se lo controle que no circule a altas velocidades, evitando de esta manera que el agregado se desprenda de la calzada (peladura); y, después del tiempo que considere necesario el Fiscalizador, proceder a colocar la segunda capa.

BIBLIOGRAFIA

- Duque Carvajal Antonio Ing., Informe Preliminar y Definitivo de Estudios del Proyecto "Velacruz-Catacocha", 1982.
- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Secretaría de Obras Públicas, México, 1971.
- Cueva Moreno Fío Ing., Topografía Aplicada a Levantamiento y Construcción de Proyectos, Gráficas Santiago, Loja.
- Valle Rodas Raúl, Carreteras, Calles y Aeropistas, 6ta. edición, Editorial el Ateneo, México, 1976.
- Bastinas Hnos. Ingenieros Consultores, Informe de Suelos y Materiales, Proyecto "Velacruz-Catacocha", Nemeo, Quito, 1983.
- Seminario sobre Pavimentos y Control de Calidad, Método de Diseño del Pavimento.
- Pavimentos, Manual Visualizado de ensayos para pavimentos, Universidad Católica, Ing. Patricio Salvador y José Salvador.
- Diseño de Pavimentos Flexibles, Ing. Francisco Beltrán.
- Diseño de Pavimentos, Ing. Milton Torres E.

- Especificaciones Generales de Caminos y Puentes (MOP) (001-F-1976).
- Manual de Utilización de Emulsiones Asfálticas en Carreteras, Ministerio del Transporte de Colombia, 1986.
- Manual de Asfalto (MOP), primera edición.
- García Carlos, Memoria Técnica Descriptiva de la Construcción de la Carretera "CUMBE-ORCA", 1991.
- Aldaz Julio, Informe Descriptivo de la Carretera "VELACRUZ-CATACCOCHA", 1990.

INDICE

	Págs.
Certificación.....	i
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Autoría.....	iv
Introducción.....	v
Contenidos.....	ix

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Importancia Socioeconómica del Proyecto.....	4
1.3. Ubicación del Proyecto.....	5
1.4. Justificación del proyecto.....	7

CAPITULO II

DATOS DE CONSTRUCCION

2.1. Replanteo.....	10
2.1.1. Trabajo de Oficina.....	10
2.1.2. Trabajo de Campo.....	11
2.1.2.1. Localización en Base a	
Referencias.....	12
2.1.2.2. Localización en Tangentes....	13
2.1.2.3. Localización en Curvas.....	13
2.1.2.3.1. Curvas Circulares Simples.	13

	Págs.
2.1.2.3.2. Curvas de Transición.....	18
2.1.2.3.2.1. Longitud Mínima de la Espiral de Transición....	21
2.1.2.3.2.2. Elementos de la Curva Circular con Espirales..	23
2.2. Consideraciones de Ferálte, Sobreancho y Bombeo.....	28
2.2.1. Ferálte.....	28
2.2.1.1. Coeficiente de Fricción Lateral.....	31
2.2.1.2. Ferálte Máximo.....	31
2.2.1.3. Desarrollo del Ferálte.....	32
2.2.2. Sobreancho.....	39
2.2.3. Bombeo.....	45
2.3. Nivelación.....	53
2.3.1. Reposición de Laterales.....	55
2.4. Cálculo de Volúmenes.....	60
2.4.1. Determinación de Áreas.....	60
2.4.1.1. Método Gráfico.....	60
2.4.1.2. Método Planimétrico.....	62
2.4.1.3. Método de las Cruces.....	62
2.4.2. Cálculo de Volúmenes entre las Secciones.....	64
2.4.3. Medición de Derrumbes.....	71
2.5. Drenajes.....	72
2.5.1. Drenaje Superficial.....	72
2.5.1.1. Diseño de Cunetas.....	73
2.5.1.1.1. Cunetas de Coronación.....	73

	Págs.
2.5.1.1.2. Cunetas de Plano.....	74
2.5.1.2. Diseño de Alcantarillas.....	76
2.5.1.2.1. Alcantarillas de Acero	
Corrugado.....	79
2.5.1.2.2. Alcantarillas de Hormigón	
Sección Rectangular.....	80
2.5.1.3. Muros de Ala o Cabezales.....	81
2.5.1.4. Localización de Alcantari-	
llas.....	81
2.5.1.4.1. Alineamiento.....	81
2.5.1.4.2. Pendiente.....	82
2.5.1.4.3. Elevación.....	82
2.5.2. Drenaje Subterráneo.....	82
2.6. Diseño Estructural del Pavimento.....	84
2.6.1. Comprobación del Diseño por el Método	
de la AASHO.....	87
2.6.2. Cálculo de Espesores.....	93
2.6.3. Mejoramiento de la Subrasante: Carac-	
terísticas-Especificaciones.....	104
2.6.4. Sub-base: características-especifi-	
caciones.....	105
2.6.5. Base: características-especificacio-	
nes.....	107
2.7. Resumen de Ensayos realizados en la Etapa de	
Construcción.....	111

CAPITULO III

TRATAMIENTO SUPERFICIALES BITUMINOSOS: DOBLE RIEGO

3. Generalidades.....	123
3.1. Conceptos básicos.....	123
3.2. Características Básicas.....	124
3.2.1. Riego de Imprimación	125
3.2.1.1. Ligante.....	125
3.2.1.2. Dosificación.....	126
3.2.1.3. Sistema de Riego del Ligante.....	130
3.2.1.3.1. Barrido.....	135
3.2.1.3.2. Aplicación del Ligante.....	136
3.2.2. Tratamiento Superficial Doble Riego..	137
3.2.2.1. Ligante.....	138
3.2.2.2. Agregados.....	139
3.2.2.3. Dosificación.....	141
3.2.2.3.1. Datos de Cálculo.....	143
3.2.2.4. Extensión del Agregado.....	146
3.2.2.5. Compactación.....	147
3.2.2.6. Proceso Constructivo Teórico.....	148
3.2.2.6.1. Preparación de la calzada..	149
3.2.2.6.2. Barrido.....	149
3.2.2.6.3. Aplicación del Ligante.....	149
3.2.2.6.4. Extensión del Agregado.....	150
3.2.2.6.5. Compactación.....	151
3.2.3. Control de Obra.....	153
3.2.3.1. Almacenamiento y Acopios.....	153
3.2.3.1.1. Almacenamiento y Ligantes.	153

	Págs.
3.2.3.1.2. Depósito de Agregados.....	153
3.2.3.2. Control de Materiales.....	154
3.2.3.3. Control de Dosificaciones....	155
3.2.4. Fallas y Defectos de los Tratamientos	
Superficiales.....	158
3.2.4.1. Surcos Longitudinales.....	158
3.2.4.2. Peladas.....	159
3.2.4.3. Rápido Desgaste de los Agre- gados.....	159
3.2.4.4. Desprendimiento de Agregados..	160
3.2.4.5. Exudación.....	160

CAPITULO IV

CONTROL DE EJECUCION DE OBRA

4.1. Cálculo del Volumen a Transportar.....	165
4.1.1. Cálculo del Volúmen de Sub-base.....	165
4.1.2. Cálculo del Volúmen de Base.....	168
4.2. Cálculo de Transporte de Volúmenes.....	170
4.2.1. Cálculo del Transporte de Sub-base...	170
4.2.2. Cálculo del Transporte de Base.....	174
4.3. Proceso Constructivo para la Conformación de las Capas de Pavimento.....	178
4.3.1. Cálculo de la Distancia de Distribu- ción de los Materiales para la Obten- ción de la Mezcla.....	178

4.3.1.1. Cálculo de la Distancia para la Sub-base.....	178
4.3.1.2. Cálculo de la Distancia para la Base.....	182
4.3.2. Inspección de la Subrasante.....	184
4.3.3. Acopio de Materiales.....	184
4.3.4. Mezclado.....	184
4.3.5. Humedecimiento.....	185
4.3.6. Distribución y Conformación.....	187
4.3.7. Compactación.....	188
4.4. Confección de Planillas e Informes.....	190
4.4.1. Planillas.....	190
4.4.2. Informes Trimestrales.....	191
4.5. Organización.....	192
4.5.1. Personal y Equipo.....	193
ANEXOS	190

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión.....	206
Recomendación.....	210
Bibliografía.....	215
Índice.....	218