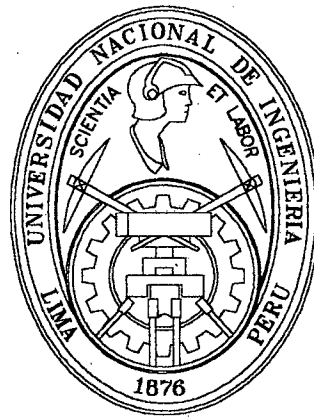


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
EN ZONAS DE ALTURA  
APLICACIÓN A LA CARRETERA  
CUSCO - ABANCAY TRAMO IV**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:  
IVAN ABEL PAEZ TEMBLADERA**

**LIMA – PERÚ  
2001**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

***Dedicatoria***

*Con profundo cariño y permanente gratitud a mis padres Agustín y Adela, por el gran apoyo que me brindaron en todo momento.*

## **Agradecimientos**

*Al Ing. Samuel Mora Q., que con sus enseñanzas en las aulas hizo posible mi entusiasmo y afianzamiento en esta especialidad de la Ingeniería Civil.*

*Al Ing. José Rodríguez C., que con sus ilustrados consejos permitieron moldear la elaboración de la presente tesis.*

*Al Ing. Luis Paredes H., por transmitirme sus experiencias y conocimientos en el tema, para poder plasmarlo en blanco y negro.*

*Al Consorcio Energoprojekt - Oist, representado por el Ing. Dragoslav Vasic, por apoyarme y facilitarme el espacio de trabajo para la culminación de la presente tesis.*

*Nunca consideres el estudio como un deber, sino como una oportunidad para penetrar en el maravilloso mundo del saber.*

**-Albert Einstein**



## INDICE

### INTRODUCCION

#### **CAPITULO I GENERALIDADES.....001**

1.1 Ubicación de la Obra.....	001
1.2 Climatología de la zona.....	004
1.3 Estudio de tráfico.....	006
1.3.1 Introducción.....	006
1.3.2 Descripción del estudio.....	007
1.3.3 Estudio de trafico pre-construcción.....	012
1.3.4 Estudio de trafico post-construcción.....	015
1.4 Características técnicas de la obra.....	026

#### **CAPITULO II ASFALTOS DE PAVIMENTACION.....031**

2.1 Generalidades.....	032
2.2 Clasificación de los asfaltos de pavimentación.....	035
2.2.1 Cemento asfáltico.....	035
2.2.2 Asfalto diluido.....	035
2.2.3 Asfalto emulsionado.....	035
2.2.4 Asfalto modificado.....	036
2.3 Cemento asfáltico.....	037
2.3.1 Sistemas de clasificación.....	038
2.4 Propiedades de los asfaltos.....	042
2.4.1 Propiedades químicas.....	042
2.4.2 Propiedades físicas.....	043

2.5 Ensayos de caracterización.....	046
2.5.1 Punto de ablandamiento.....	047
2.5.2 Penetración.....	047
2.5.3 Ductilidad.....	048
2.5.4 Punto de inflamación.....	049
2.5.5 Pureza.....	050
2.5.6 Perdida por calentamiento.....	051
2.5.7 Susceptibilidad térmica.....	052
2.5.8 Ensayo de oliensis.....	057
2.5.9 Punto de fractura Fraas.....	057
2.6 Nomograma para relacionar ensayos de asfaltos (Bitumen Test Data Chart).....	058
2.6.1 Identificación de asfaltos.....	058
2.6.2 Temperatura de aplicación.....	061
<b>CAPITULO III PAVIMENTOS ASFALTICOS EN ZONAS DE ALTURA.....</b>	<b>066</b>
3.1 Introducción.....	067
3.2 Condiciones de servicio del pavimento.....	069
3.2.1 Baja temperatura.....	069
3.2.2 Alto gradiente termico.....	069
3.2.3 Alta radiación solar.....	070
3.2.4 Agua superficial y agua subterránea.....	070
3.3 Comportamiento de la mezcla asfáltica.....	071
3.3.1 Deformación permanente.....	071
3.3.2 Fisuración por fatiga.....	073
3.3.3 Fisuración por baja temperatura.....	075
3.4 Durabilidad del asfalto y de la mezcla asfáltica.....	076
3.4.1 Introducción.....	076

3.4.2	Envejecimiento de los asfaltos.....	077
3.5	Consideraciones del clima utilizados por los métodos de diseño.....	078
3.5.1	Procedimiento de diseño del Instituto del Asfalto MS-1/1991.....	078
3.5.2	Procedimiento de diseño Guía AASHTO-93.....	079

## **CAPITULO IV DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE.....082**

4.1	Introducción.....	083
4.2	Características de los materiales a emplearse.....	083
4.2.1	Agregados pétreos.....	083
4.2.2	Relleno mineral.....	084
4.2.3	Cemento asfáltico.....	085
4.3	Criterio de selección del cemento asfáltico.....	087
4.3.1	Temperaturas de servicio del pavimento.....	087
4.3.2	Modulo de rigidez del asfalto y de la mezcla asfáltica.....	089
4.3.3	Aplicabilidad de los cementos asfálticos estudiados.....	098
4.4	Diseño de mezcla.....	101
4.4.1	Consideraciones previas para el diseño de la MAEC.....	101
4.4.2	Dosificación de la mezcla asfáltica y consideraciones Superpave Nivel 1.....	102
4.4.3	Método Marshall ASTM D-1559.....	108
4.4.4	Formula de trabajo.....	112

## **CAPITULO V PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONTROL DE CALIDAD.....121**

5.1	Proceso constructivo.....	122
5.1.1	Producción en planta.....	122
5.1.2	Colocación de la mezcla asfáltica.....	128
5.2	Control de calidad.....	149

5.2.1	En planta.....	149
5.2.2	En pista.....	150
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>167</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>172</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>174</b>
<b>PANEL FOTOGRAFICO.....</b>		<b>287</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En el Perú se considera que a partir de los 3,500 m.s.n.m. los pavimentos asfálticos tienen un comportamiento propio de Zonas de Altura, en estos casos los pavimentos se encuentran influenciados por una mayor radiación ultravioleta proveniente de los rayos solares, por el gradiente térmico, por los vientos que alcanzan ráfagas de significativa intensidad y por las precipitaciones pluviales, estas condiciones combinadas influyen adversamente en el comportamiento del pavimento.

Las condiciones ambientales deben merecer especial cuidado para el diseño y elaboración de las mezclas asfálticas tanto en la etapa de su colocación como de su mantenimiento para garantizar de esta manera que el pavimento pueda resistir con mayor posibilidad de éxito las acciones combinadas del clima y el tránsito.

En este trabajo se presenta una descripción y análisis del comportamiento de los pavimentos en zonas de altura, la influencia de los factores antes indicados y la selección de los materiales requeridos aplicado a la carretera Cusco - Abancay Tramo IV donde el 47% del tramo total se encuentra inmerso dentro de las consideraciones de los pavimentos asfálticos en zonas de altura.

En el Capítulo I que trata sobre Generalidades se describe específicamente aspectos relacionados con la ubicación y características de la obra en mención.

En Capítulo II se trata sobre los Asfaltos utilizados para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, se describe también su comportamiento y los criterios para conocer si un asfalto dado es adecuado para la fabricación de mezclas asfálticas en zonas de altura.

El asfalto es usado en la construcción desde la antigüedad hasta nuestros días, en la actualidad el asfalto es producido en refinerías de petróleo lo que permite su producción con diferentes características de acuerdo a las distintas aplicaciones que se le quiera dar, dentro de ellos se encuentran los asfaltos para pavimentación.

En el Capítulo III se trata sobre Pavimentos Asfálticos en Zonas de Altura, un pavimento en estas condiciones está expuesto a factores agresivos como Temperatura baja, Gradiente térmico, Radiación Solar, y Agua superficial y subterránea, la actuación de estos factores provocan el deterioro prematuro y acelerado del pavimento por consiguiente afectan su durabilidad.

En el Capítulo IV se trata sobre el Diseño de la Mezcla Asfáltica en Caliente, es importante establecer las características de los materiales y es de interés particular en esta obra la selección del cemento asfáltico a utilizarse para el buen comportamiento del pavimento en servicio.

El diseño de la mezcla asfáltica se realiza mediante la norma ASTM D1559-82 "Resistencia al Flujo Plástico de Mezclas Bituminosas usando el Método Marshall, y se está considerando los criterios recientes de la tecnología SUPERPAVE Nivel 1 que se refiere al diseño de Mezclas y las nuevas Especificaciones EG-2000 del MTC.

En el capítulo V se describe el Proceso Constructivo y procedimientos de Control de Calidad, la producción en plantas asfálticas, el manejo y control del asfalto y de los agregados para lograr una buena producción de mezcla asfáltica, la colocación de la mezcla en la superficie previamente preparada, el proceso de compactación y acabado de la superficie realizando para ello los controles de calidad correspondientes.

Cabe resaltar que un pavimento no es bueno solo porque se dispone de buenos materiales y equipos sofisticados, también, es imprescindible el uso de técnicas constructivas correctas.

Finalmente en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, cuya pretensión es promover la reflexión acerca de aspectos importantes que no deben ser soslayados al efectuar el diseño, preparación, colocación y mantenimiento de las mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos asfálticos en zonas de altura.

# **Capítulo I**

## **GENERALIDADES**

## **I GENERALIDADES**

### **1.1 UBICACIÓN DE LA OBRA**

La obra corresponde al tramo IV de la carretera Cusco – Abancay, el cual se inicia en el Km 145+110 a una altitud de 3345.36 m.s.n.m. y continua en ascenso hasta el Km 159+800 -Abra de Socllacasa- a una altitud de 3983 m.s.n.m. en donde empieza a descender en una topografía sinuosa y accidentada - 462 curvas horizontales en total - hasta el Km 196+084 a una altitud de 2473.04 m.s.n.m. lugar donde se ubica la ciudad de Abancay.

Este tramo forma parte de la Red Vial Nacional y esta clasificado como Ruta Nacional 3S que se incia en la Oroya, pasa por Huancayo, Huancavelica, Ayacucho, Abancay, Cusco, Puno y termina en Desaguadero en la frontera con Bolivia.

Además, este tramo también forma parte de la Ruta N° 26 que se inicia en el Puerto de San Juan pasa por Nazca, Challhuanca, Cusco llegando hasta Puerto Maldonado en el Departamento de Madre de Dios. En el plano 1.1 se puede observar el mapa vial correspondiente.

La carretera Nazca-Cusco es una vía alterna a la carretera Nazca-Arequipa-Cusco-Abancay, la cual fue por muchos años el acceso en mejores condiciones de transitabilidad para Cusco, Abancay y Madre de Dios.

El presente tramo tiene una longitud de 49+849.84 Kms de los cuales el 47% se encuentra por encima de los 3500 m.s.n.m. iniciándose en el Km 148+000 y finalizando en el Km 173+000, el presente tramo se considera como un pavimento en zonas de altura , en el capítulo III se trata mas detalladamente al respecto, el plano 1.2. muestra el tramo total en cuestión.

En el final del tramo se encuentra la provincia de Abancay que es capital del departamento de Apurimac, el nombre del departamento proviene del quechua y significa “el que habla como señor”.





**Figura 1.1 - Vista panorámica de la carretera Cusco – Abancay, al fondo la ciudad de Abancay**

## 1.2 CLIMATOLOGIA DE LA ZONA

La carretera Cusco Abancay Tramo IV, atraviesa desde su inicio en Occoruro y hasta su final en la ciudad de Abancay diversos microclimas, cerca de Occoruro se encuentra la estación metereológica Curahuasi (13°33' S, 72°44' W, 2763 msnm) cuyos datos metereológicos solo son validos debajo de los 3000 msnm, a partir de esta altitud se considera los datos de la estación metereológica Anta Ancachuro (13°28' S, 72°13' W, 3340 msnm) ubicada en la provincia de Anta, Departamento de Cusco, estos valores se consideran correctos por existir similitud climática con esta zona encima de los 3000 msnm y por no existir estación metereologica cercana a la obra en esta altitud; continuando el recorrido de la carretera se desciende a la ciudad de Abancay donde se encuentra la estación metereológica Abancay (13°36' S, 72°52'W, 2750 msnm).

En el cuadro siguiente se presenta los datos metereológicos de las estaciones mencionadas en un periodo de 10 años:

DPTO.	PROV.	DISTRITO	LONG. S	LAT. W	ALTITUD msnm	TEMPERATURA DEL AIRE, °C		PRECIPITACION ANUAL mm
						ALTA MEDIA	BAJA MEDIA	
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY	72°52'	13°36'	2750	27.88	8.35	590
	ABANCAY	CURAHUASI	72°44'	13°33'	2763	25.51	3.50	550
CUSCO	ANTA	ANTA	72°13'	13°28'	3340	21.60	-8.80	730

**Cuadro 1.1 – Estaciones metereológicas**

Según el Senamhi, el clima puede clasificarse de acuerdo a los siguientes criterios:

<b>Por temperatura</b>	
Muy frío	Temperatura media anual inferior a 0°C.
Frío	Temperatura media anual entre 0 y 10°C.
Templado	Temperatura media anual entre 10 y 20°C.
Cálido	Temperatura media anual entre 20 y 25°C.
Muy cálido	Temperatura media anual superior a 25°C.

<b>Por amplitud de la temperatura</b>	
Oceánico	Amplitud térmica anual inferior a 10°C.
Moderado	Amplitud térmica anual entre 10 y 20°C.
Continental	Amplitud térmica anual superior a 20°C.

<b>Por precipitación</b>	
Desértico	Cantidad anual de precipitación inferior a 250 mm.
Árido	Cantidad anual de precipitación entre 250 y 500 mm.
Moderadamente lluvioso	Cantidad anual de precipitación entre 500 y 2000 mm.
Excesivamente lluvioso	Cantidad anual de precipitación superior a 2000 mm.

**Cuadro 1.2 - Clasificación de climas**

En esta parte del país, los meses de Diciembre a Abril son de mayor precipitación y entre Mayo a Noviembre los más secos, en la época lluviosa, los huaycos, inundaciones y derrumbes son fenómenos que afectan constantemente esta vía de comunicación. A continuación se presenta un resumen de los diversos climas de acuerdo a los datos de las estaciones meteorológicas:

DPTO.	PROV.	DISTRITO	Por temperatura	Por amplitud de la Temperatura	Por Precipitación
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY	Templado	Moderado	Moderadamente lluvioso
	ABANCAY	CURAHUASI	Templado	Moderado	Moderadamente lluvioso
CUSCO	ANTA	ANTA	Frío	Moderado	Moderadamente lluvioso

**Cuadro 1.3 – Climas presentes para el ámbito de cada estación**

Respecto a la radiación ultravioleta, es preciso señalar que en zonas de altura, a unos 3000 m.s.n.m., la intensidad relativa de la radiación ultravioleta es aproximadamente cinco veces mayor que la producida a nivel del mar y es la causa principal del endurecimiento de los asfaltos en servicio.

### 1.3 ESTUDIO DE TRAFICO

#### 1.3.1 Introducción

Los estudios de Tráfico tienen como objetivo principal conocer el número de vehículos que circulan por los diferentes tramos de una carretera, estableciendo para esto la Estación de Control.

La información obtenida en los Estudios de Tráfico es de gran utilidad para:

**LA DETERMINACIÓN DE ESTUDIOS PRIORITARIOS DE CARRETERAS.-** Por que conociendo el volumen de tránsito (Número de Vehículos Diarios) y el tipo de superficie de rodadura, se podrá hacer el estudio de la prioridad de Construcción, Mejoramiento y Rehabilitación de carreteras..

**LA PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE.-** La cual es consecuencia de las necesidades del informe que nos brinda el Estudio de Tráfico.

**LA DETERMINACIÓN DE ITINERARIOS DE RUTAS DE EMPRESAS DE TRANSPORTE.-** Como una consecuencia de la demanda de pasajeros, o polos de atracción comercial, industrial o turística.

**CALCULO DE PUENTES.-** Para el cual es necesario conocer el volumen diario y la clasificación de vehículos, conociendo el tipo de camiones y de acuerdo al tren de cargas se hace el diseño estructural del Puente.

**REHABILITACIÓN DE CARRETERAS.-** En el sistema de Planificación Vial, es necesario tener presente los Estudios de Tráfico, el índice medio Diario (I.M.D.), el peso de los vehículos, el año de construcción y estado de la vía, e que conlleva a un cuadro de prioridades de rehabilitación. Dichos estudios sirven de base para el dimensionamiento de las vías y para el diseño del pavimento (Inventario Vial).

**CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS CARRETERAS.-** Para esto es necesario hacer estudios de tráfico en el Área de Influencia de la carretera, conociendo el volumen de tránsito y la clasificación de éste, se efectúa un Estudio Socio Económico de la zona y teniendo presente el índice de incremento anual, se obtendría informes de gran utilidad.

**DISEÑO DEL TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA.-** Se hará conociendo el volumen de tránsito diario y la clasificación de tránsito, el espesor del pavimento estará de acuerdo al tipo de vehículos de mayor peso y al porcentaje que estos circulan por la vía.

**CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.-** Para tener la Red Vial en buen estado de conservación, es decir que se encuentra transitable en toda época y que pueda recorrerse a una velocidad promedio no menor de 45 KPH, además de contar con los suficientes recursos económicos, se debe tener como información básica los Estudios de Tráfico actualizados y el índice de incremento anual, a fin proyectar que la conservación se haga con miras al futuro.

**IMPLANTACIÓN DE PEAJE.-** Esto se efectuará en el lugar conveniente de acuerdo al estudio y a la clasificación del tránsito, se calculará si económicamente es justificable en la actualidad, y con el incremento de tráfico anual se calculará el número de años de inversión de capital para que la carretera deje ingresos económicos destinados en la construcción o conservación de otras.

**UBICACIÓN DE SERVICENTROS.-** Conociendo el volumen de tránsito que circulan por la carretera, cualquier entidad que está interesada en ubicar un abastecimiento de combustible, de acuerdo a las informaciones que se obtengan del estudio de tránsito, podrá hacerlo teniendo idea del ingreso aproximado que obtendría diariamente y conociendo a su vez la distancia existente entre otro servicentro.

**UBICACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE HOTELES Y ALBERGUES.-** A partir de la información del estudio se podrá obtener la cantidad de vehículos de pasajeros y así se puede predecir la ubicación satisfactoria para un hotel o albergue.

**CONSTRUCCIÓN DE VARIANTES.-** El Estudio de Tránsito de un sector de carreteras, nos determina la necesidad de auxiliar a una vía que se encuentra en estado de saturación, es en este momento que se planifican las variantes, o pueden predecirse con anticipación haciendo el cálculo del año de saturación de dicha vía y empezando a efectuar los estudios, teniendo presente el índice de crecimiento anual del tránsito.

### **1.3.2. Descripción del Estudio**

#### **a) Conceptos previos**

Para empezar citaremos algunos conceptos importantes más usados en el Estudio de Tráfico:

- Ruta.- Es la vía real o imaginaria que une dos puntos, puede comprender una o varias carreteras.
- Carretera.- Parte o todo de una ruta, comprende entre los límites viales.
- Transito.- Flujo de vehículos que circulan por una carretera.
- Estación de Control o aforo.- Lugar o punto de una carretera donde se realiza estudios de transito y/o tráfico.
- Estación permanente.- Lugar donde se realiza control de tránsito, mediante contadores automáticos, indicando el volumen que pasa cada hora y cada día, durante todo el año.
- Estación mayor control.- Lugar donde se efectúa control de tránsito durante 5 días (3 laborales y 2 no laborales) con una frecuencia de seis veces al año como máximo.
- Estación de cobertura.- Lugar donde se realiza el estudio de tránsito durante 24 horas consecutivas (un día laborable) con frecuencia de una a tres veces por año.
- Estación de peaje.- Son estaciones para cobro de peaje, depende de la dirección de Peaje y la obtención de información que obtienen respecto a volumen de tránsito no es principal.
- Volumen de tránsito.- Numero de vehículos que pasan por un determinado lugar de la carretera en un periodo específico de tiempo, por ejemplo No. de vehículos por día.
- Índice Medio Diario.- Es el volumen de tránsito promedio para 24 horas, de una muestra de un periodo dado.
- Índice Diario Mensual.- Es el volumen promedio de tránsito de 24 horas, en el tiempo de un mes.
- Índice Diario Anual.- Es el volumen promedio de tránsito de 24 horas, tomado durante todo el año.

## **b) Ubicación de las estaciones**

La ubicación de los diferentes tipos de estaciones se hace con el criterio siguiente:

- Las estaciones permanentes estarán localizadas donde los volúmenes de tráfico son altos, por ejemplo las salidas de las ciudades y puntos estratégicos.
- En las garitas de peaje, obteniéndose como información marginal el volumen de tráfico.
- Las estaciones de mayor control, están ubicadas en sectores con altos volúmenes de tránsito y que sean representativos de los diferentes tipos de tráfico (agrícola, industrial, ganadero, pasajeros)
- Las estaciones de cobertura, están ubicadas a manera de relleno, sirven para obtener la información en carreteras de menor volumen de tránsito.

### c) Metodología de calculo del IMD

Para calcular el I.M.D. en las estaciones permanentes y de peaje, se efectúa de la siguiente manera:

- Teniendo todos los volúmenes de tránsito diario durante el mes, se calculan los promedios de tránsito diarios para cada día de la semana, por ejemplo: Los promedios de tránsito de los días Lunes, Martes y Miércoles, etc.
- Se suman estos promedios de tránsito de Lunes a Domingo y se divide entre el número de días o sea 7, obtenemos así el  $IMD_{\text{mensual}}$ .
- Para cada mes del año hacemos la misma operación, luego, sumamos los IMD mensuales y los dividimos entre el número de meses (12) obtenemos así el I.M.D. anual.

$$IMD_A = \frac{IMD_M}{12} \quad (1.1)$$

Para calcular el I.M.D. en las estaciones de mayor control, se efectúa de la siguiente manera:

- Las estaciones de mayor control, trabajan 3 días laborables, un Sábado y Domingo, luego obtenemos el promedio del volumen de tránsito, de esos tres días laborables y le damos peso 5 por ser éste el número de días laborables de la semana luego hallamos el promedio diario de la semana, de la siguiente manera:

$$IMD_M = \frac{(Pdl) \times 5 + d_s + d_d}{7} \times F.C.E. \quad (1.2)$$

Donde:

Pdl = Promedio de volumen de tránsito de días laborables.

$d_s$  = Volumen de tránsito del día Sábado

$d_d$  = Volumen de tránsito del día Domingo

F.C.E. = Factor de corrección por eje =  $2b/a$

b = Número de vehículos que han pasado

a = Total de ejes que corresponden a esos vehículos.

- Una vez obtenido el IMD para los meses programados se tiene:

$$IMD_A = \frac{IMD_M}{n} \quad (1.3)$$

Donde:

$IMD_A$  = Índice Medio Diario Anual

$IMD_M$  = Índice Medio Diario Mensual

n = Número de veces que se ha detectado el  $IMD_M$

Para calcular el I.M.D. en las estaciones de cobertura, se efectúa de la siguiente manera:

- En los sectores donde se ha programado Estaciones de Cobertura de ajusta los valores del IMD con factores de corrección obtenidos de una Estación de Mayor Control, con características similares a la cobertura estudiada tales como: Tipo de carreteras, superficie de rodadura, servicio que presta, tipo de transporte, variación climática, terreno similar, etc.
- Para el cálculo del  $IMD_M$  de cobertura se ajusta el  $IMD_m$  con el factor de corrección de una Estación de Mayor Control escogida y obtenemos:

$$IMD_M = IMD_m \times F.C.$$

Donde:

$IMD_m$  = Índice Medio Diario Mensual de Estación de Cobertura

$IMD_M$  = Índice Medio Diario Mensual de la Estación de Cobertura corregido.

F.C. = Factores de Corrección obtenido de una estación de Mayor Control de similares características, para el mes que se ha realizado la cobertura.

#### d) Ejecución del Estudio

En esta etapa se implementa del equipo necesario para la brigada, la instrucción del personal en el manejo del equipo, utilización de formatos, coordinación de las brigadas.

**Método de conteo.**- En los estudios de tránsito se utiliza el método de conteo mecánico y conteo manual el primero se emplea para obtener el total de vehículos que pasan por un punto dado y el segundo para discriminar los diferentes tipos de vehículos que componen el flujo de tránsito.

*El conteo mecánico* se efectúa con dispositivos llamados “Contadores de Tránsito” que pueden ser de tres tipos:

- Contador Streeter Amet Junior.- Es un aparato que detecta el paso de los vehículos por medio de neumáticos en forma de mangueras colocadas transversalmente en la calzada, la presión de las llantas del vehículo sobre la manguera acciona un registrador con numerador visual, necesitándose una persona que apunte las cantidades acumuladas
- Contador Streeter Amet Rch.- El sistema de captación es el mismo, diferenciándose en el sistema de registro el cual está compuesto por un impresor, un reloj y una cita de papel, al término de cada hora se imprime el total de pares de ejes.
- Contador Streeter Amet Mr.- En estos contadores el sistema de captación puede ser neumático, como los anteriores, o de inductancia neumática, la captación en el segundo de los casos se realiza por medio de un campo magnético formado por un cuadro de alambres instalado en el pavimento, el paso de un vehículo ocasiona un cambio en la inductancia magnética del campo y es contabilizado y registrado en una cinta de papel, este registro es el volumen de vehículos totalizados para cada hora.

*El conteo manual* lo realiza una persona provista de un tablero con un formulario, donde va apuntando el paso de los vehículos, ayudándose, en el caso de ser grande el volumen de tránsito con un contador manual.



### 1.3.3. Estudio de Tráfico Pre-Construcción

**a) Datos de estudios anteriores.-** Se ha revisado varios estudios realizados con anterioridad y series de datos recolectadas por el MTC para tener un mejor conocimiento sobre los datos de tráfico disponible en las distintas fuentes de información previa al inicio del programa de recolección de datos en campo. Los estudios y fuentes revisados incluyeron:

- Estudio de Tráfico realizado por LAGESA S.A. en 1994.(Ver anexo 1.a)
- Transito 1982, realizado por la oficina de Planeamiento, Normas y Especificaciones Técnicas de la Dirección General de Caminos y actualmente se encuentra descontinuada a partir de ese año. Este estudio abarca rutas principales a nivel nacional.(Ver anexo 1.b)

Basados en la revisión de la información disponible, fue llevado a cabo un programa de conteos volumétricos antes de la rehabilitación de la carretera.

En la presente obra, el estudio de tráfico pre-construcción se efectuó sobre el tramo Curahuasi – Abancay, éste se basó fundamentalmente en los trabajos de campo, por no existir información histórica en los últimos años, no existe tráfico desviado, pues no existen vías paralelas.

**b) Conteos Volumétricos.-** La ubicación de la estación se encuentra en el Km 153+300 y el conteo se realizó en forma manual en una sola estación, los conteos volumétricos sirven para establecer el tráfico normal, dicha información se utiliza para hallar el IMD.

Los conteos se efectuaron entre el Jueves 17 y el Domingo 20 de Junio de 1999 durante las veinticuatro horas del día, registrándose todo vehículo que cruzase la estación, por sentido y por clase de vehículo. Los resultados de los conteos se presentan en los cuadros N° 1 al 4 del anexo 1.c.

**b) Cálculo del IMD.-** Para el ajuste al IMD anual, no se dispuso información histórica reciente del tramo vial dado que el MTC no definió ninguna estación de control con este fin, en ese sentido, se tomo para cada vehículo el promedio semanal ponderado como el Índice Medio Diario (IMD), esto basado precisamente en lo limitado del tráfico y no existir estaciones de cobertura en la zona.

Por lo tanto, se puede aplicar la ecuación 1.3 donde  $n=1$ , entonces  $IMD_A = IMD_M$ , finalmente se utiliza la ecuación 1.2 modificada según:

$$IMD_{anual} = \frac{\left( \frac{d_{utj} + d_{utv}}{2} \right) \times 5 + d_s + d_d}{7} \times F.C.$$

Donde:

$IMD_{anual}$	=	Índice Medio Diario anual por tipo de vehículo
$d_{utj}$	=	Volumen promedio de día útil Jueves
$d_{utv}$	=	Volumen promedio de día útil Viernes
$d_s$	=	Volumen promedio de día Sábado
$d_d$	=	Volumen promedio del día Domingo
F.C.	=	Factor de Corrección Estacional (Mes de Junio) del peaje de Saylla = 1.051217.

Como ejemplo, para el caso de autos tenemos:

$$IMD_{anual} = \frac{\left( \frac{22+31}{2} \right) \times 5 + 35 + 22}{7} * 1.051217 = 28$$

Efectuando los cálculos para cada tipo de vehículo tenemos el siguiente cuadro de clasificación vehicular. (Ver también Fig. 1.2)

FECHA	TRAFICO LIGERO		TRAFICO PESADO			TOTAL	
	Auto	Camioneta	Ómnibus	C2	C3		C+3 Ejes
Jueves 17.06.99 - dutj	22	42	12	35	24	26	161
Viernes 18.06.99 - dutv	31	34	19	52	24	19	179
Sábado 19.06.99 - ds	35	34	20	52	28	23	192
Domingo 20.06.99 - dd	22	27	19	48	23	26	165
<b>I.M.D.( x 1.051217)</b>	28	38	17	48	26	24	<b>181</b>
	66		115				
<b>Porcentaje</b>	15	21	9	27	14	13	100
	36		64				

**Cuadro 1.4 - Clasificación Vehicular del IMD**

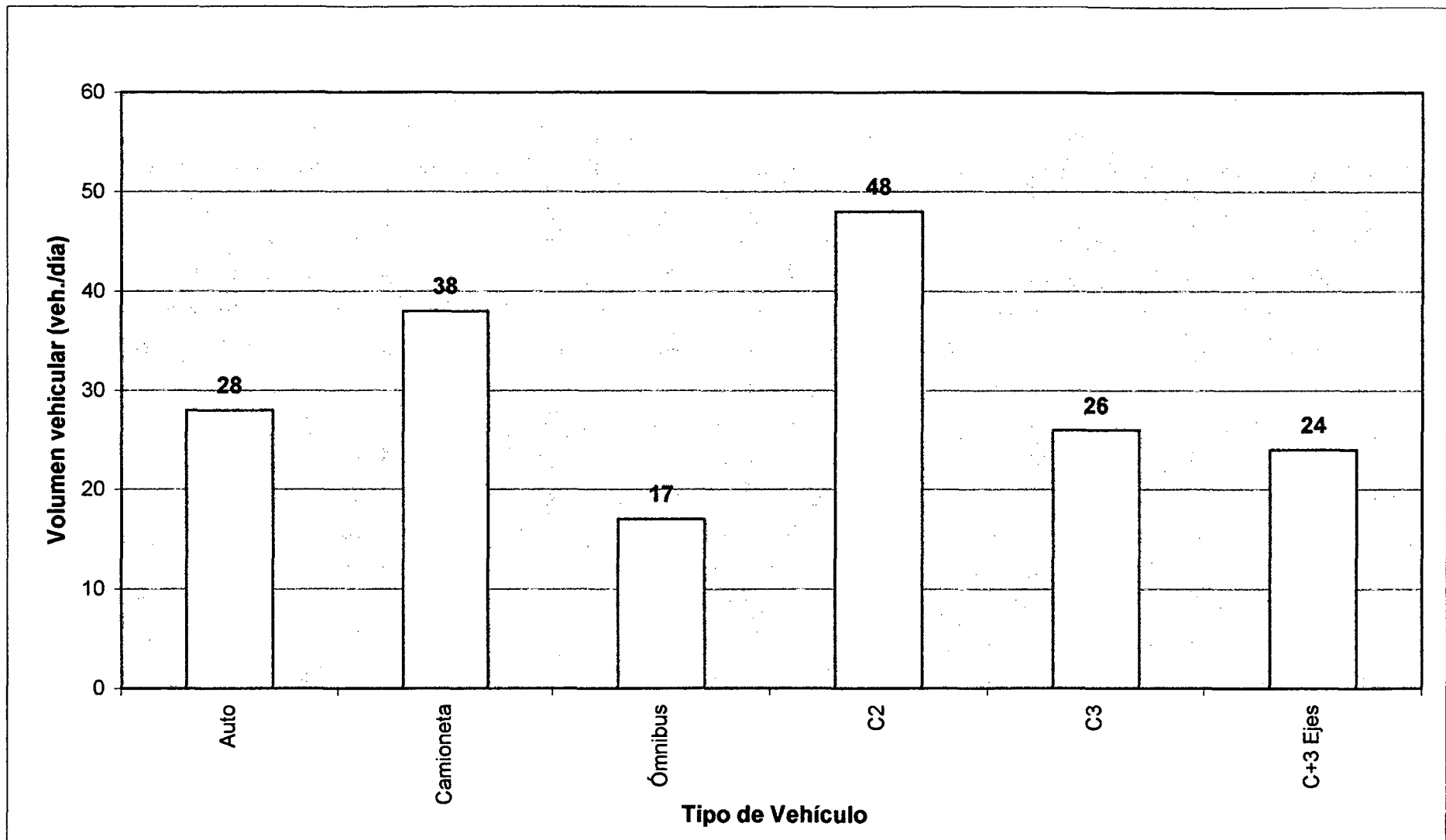


Figura 1.2 - Grafico de clasificación vehicular pre-construcción en valores absolutos

**c) Estudio de velocidad.-** Para el estudio de velocidad de los vehículos se estableció una estación adicional al del conteo de tráfico distante a 2 Km y se tomaron los tiempos de recorrido de los diferentes tipos de vehículos en cada sentido de circulación, los resultados se muestran a continuación:

Vehículo	Sentido	Vel.Mínima	Vel. Promedio	Vel. Máxima
Autos	Cusco - Abancay	35	37.5	40
	Abancay - Cusco	35	37.5	40
Camionetas	Cusco - Abancay	35	37.5	40
	Abancay - Cusco	35	37.5	40
Ómnibus	Cusco - Abancay	25	29	33
	Abancay - Cusco	25	30	35
Vehic. Pesados	Cusco - Abancay	15	17.5	20
	Abancay - Cusco	15	17.5	20

**Cuadro 1.5 – Resultados del Análisis de velocidad**

### 1.3.4. Estudio de Tráfico Post-Construcción

#### a) Objetivo

El objetivo del estudio es el de medir el volumen de tráfico y la velocidad promedio de recorrido inmediatamente después de terminados los trabajos de rehabilitación de tal manera que comparando los resultados del conteo y medición de la velocidad efectuados antes de iniciar las obras se pueda efectuar la evaluación Ex-Post.

**b) Conteos Volumétricos.-** En este tramo se ubicó una estación de clasificación de tráfico en la que se realizó conteos clasificados continuos.

Estación : C-1  
 Ubicación : Ccanabamba  
 Progresiva : 173+680  
 Duración : 5 días  
 Fechas : Del viernes 12 al martes 16 de octubre del 2001

El conteo efectuado antes de iniciar las obras se realizó en el desvío a Cachora, y en el conteo materia de este ítem la ubicación fue en Huaracolla (Ccnabamba) por razones logísticas, sin embargo los vehículos que pasan por el desvío a Cachora son los mismos que los captados en Ccanabamba por ser un tramo de característica homogénea en volumen y composición.

Los datos recolectados en el campo se presentan en los Cuadros N° 1 al 15 del anexo 1.d.

**c) Cálculo del IMD.-** El Índice Medio Diario Anual se calculó con la siguiente fórmula:

$$IMD_{anual} = \frac{\left( \frac{d_{util} + d_{utm} + d_{utv}}{3} \right) \times 5 + d_s + d_d}{7} \times F.C.$$

Donde:

$IMD_{anual}$	=	Índice Medio Diario anual por tipo de vehículo
$d_{util}$	=	Volumen promedio de día útil Lunes
$d_{utm}$	=	Volumen promedio de día útil Martes
$d_{utv}$	=	Volumen promedio de día útil Viernes
$d_s$	=	Volumen promedio de día Sábado
$d_d$	=	Volumen promedio del día Domingo
F.C.	=	Factor de Corrección Estacional

**d) Factor De Corrección Estacional.-** El volumen de tráfico además de las variaciones horarias y diarias varía según las estaciones climatológicas del año, por lo tanto es necesario efectuar una corrección para eliminar las fluctuaciones del volumen de tráfico durante el año. Para expandir la muestra tomada se utiliza los factores de corrección estacional FC. En este caso disponemos de series históricas de volumen de tráfico provenientes de los registros del cobro de peaje en la Unidad de Peaje de Saylla. La información se refiere a los meses de mayo a diciembre del año 2000 y de enero a abril del año 2001. En el Cuadro N° 1.6 se muestra los factores de corrección estacional. Para el cálculo se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$FCE \text{ mes } i = IMD_A / IMD_M i$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{IMD}_A &= \text{Índice medio diario anual} \\ \text{IMD}_{M i} &= \text{Índice medio diario del mes } i \end{aligned}$$

MES	VOLUMEN PROMEDIO MENSUAL		IMD	FCE	
	VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS		VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS
ENERO *	9393	9398	18791	1.036	1.005
FEBRERO *	9132	8370	17502	1.065	1.129
MARZO *	9917	8691	18608	0.981	1.087
ABRIL *	9734	8758	18492	0.999	1.079
MAYO	10602	9138	19740	0.917	1.034
JUNIO	9800	9326	19126	0.993	1.013
JULIO	10111	9850	19961	0.962	0.959
AGOSTO	9956	10153	20109	0.977	0.930
SETIEMBRE	10066	9824	19890	0.966	0.962
OCTUBRE	9300	10048	19348	1.046	0.940
NOVIEMBRE	8899	9918	18817	1.093	0.952
DICIEMBRE	9816	9877	19693	0.991	0.956
IMDA	9727	9446	19173		

\* AÑO 2001

FUENTE: SINMAC, UNIDAD DE PEAJE DE SAYLLA

**Cuadro 1.6 – Factores de Corrección Estacional de los años 2000 y 2001**

Los factores de corrección estacional adoptados son los siguientes:

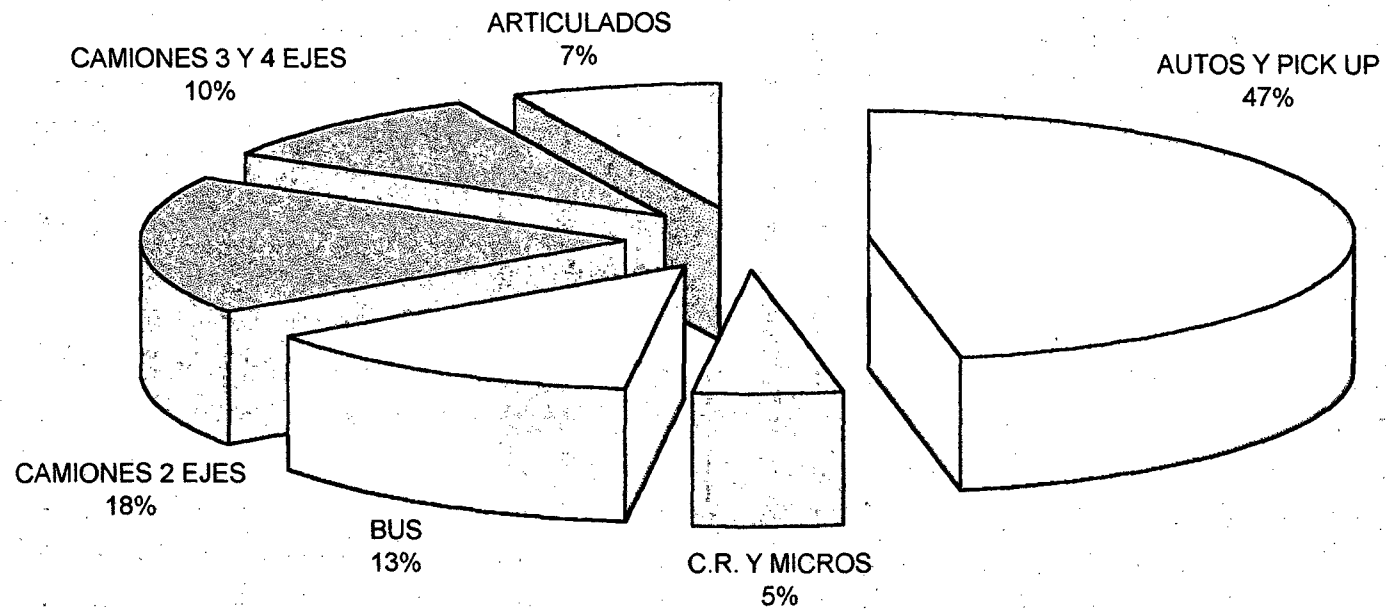
$$\text{FC vehículos ligeros} = 1.046$$

$$\text{FC vehículos pesados} = 0.940$$

**e) Resultados.-** El Índice Medio Diario Anual en este tramo es de 301 compuesto por 52% de vehículos ligeros, 13% de ómnibus y 35% de vehículos de transporte de carga. Ver Figura N° 1.3 y 1.4

Entre los ómnibus se han registrado vehículos de 2 ejes (94%) y de 3 ejes (6%). Los camiones están compuestos por 52% de camiones de 2 ejes, 27 % de 3 ejes, 1% de 4 ejes y 20 % de semi-articulados y articulados

En el Cuadro N° 1.7 se presentan los volúmenes de tráfico por día, dirección de circulación y tipo de vehículo en valores absolutos y relativos.



**Figura 1.3 - Grafico de clasificación vehicular post-construcción en valores relativos**

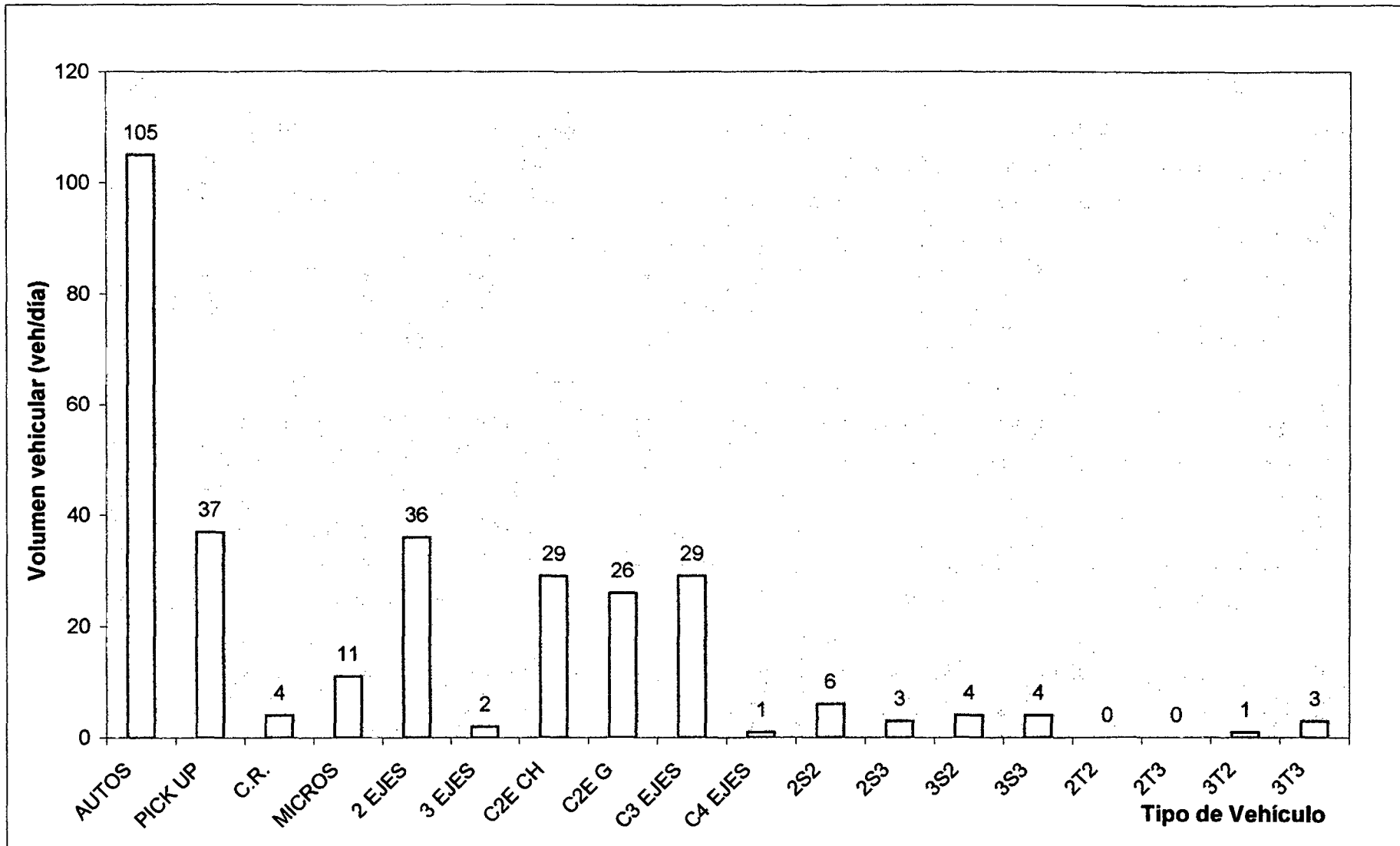


Figura 1.4 - Grafico de clasificación vehicular post-construcción en valores absolutos



DIA	DIRECCION	VEHICULOS LIGEROS				OMNIBUS		CAMIONES				CAMIONES SEMI-ACOPLADOS				CAMIONES ACOPLADOS				TOTAL	%
		AUTOS	PICK UP	C.R.	MICROS	2 EJES	3 EJES	2E CH	2E G	3 EJES	4 EJES	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
LUNES	ABANCAY-CUZCO	50	13	1	5	19	1	4	7	14		2	2						1	119	43%
	CUZCO-ABANCAY	51	11		7	21	1	16	20	18			2	3	5				2	157	57%
	AMBAS	101	24	1	12	40	2	20	27	32		2	4	3	5				3	276	100%
MARTES	ABANCAY-CUZCO	37	14	1	4	19	1	15	6	12	3	2	2	3	1			2	1	123	46%
	CUZCO-ABANCAY	43	14	1	5	18	1	17	20	14		4	2	2	1		1		1	144	54%
	AMBAS	80	28	2	9	37	2	32	26	26	3	6	4	5	2		1	2	2	267	100%
VIERNES	ABANCAY-CUZCO	55	34	5	4	19	2	20	25	14	1	2	1	2					1	185	51%
	CUZCO-ABANCAY	68	23	4	4	19		22	12	15		6		2	4	1			1	181	49%
	AMBAS	123	57	9	8	38	2	42	37	29	1	8	1	4	4	1			2	366	100%
SABADO	ABANCAY-CUZCO	50	25	2	8	21	3	18	22	19	1	4	2	3	5			1	4	188	56%
	CUZCO-ABANCAY	51	23	4	5	21	1	10	8	13	1	4	1		2				1	145	44%
	AMBAS	101	48	6	13	42	4	28	30	32	2	8	3	3	7			1	5	333	100%
DOMINGO	ABANCAY-CUZCO	50	10	2	8	21	1	12	13	15	1	5		3	4			1	3	149	52%
	CUZCO-ABANCAY	48	9	1	5	19	2	17	3	17	1	2	4	4	1			1	2	136	48%
	AMBAS	98	19	3	13	40	3	29	16	32	2	7	4	7	5			2	5	285	100%
I.M.D.	ABANCAY-CUZCO	48	20	2	5	20	2	14	14	14	1	3	1	2	2			1	2	150	49%
	CUZCO-ABANCAY	53	16	2	5	20	1	17	14	15	0	3	2	2	3	0	0	0	1	155	51%
	AMBAS	101	36	4	11	39	2	31	28	30	2	6	3	4	4	0	0	1	3	305	100%
FCE (veh. Lig.)	1,046	FCE (veh. Pes.)				0.94															
I.M.D.A.	ABANCAY-CUZCO	50	20	2	6	18	1	13	13	14	1	3	1	2	1			1	2	148	49%
	CUZCO-ABANCAY	55	17	2	5	18	1	16	13	15		3	2	2	3				1	153	51%
	AMBAS	105	37	4	11	36	2	29	26	29	1	6	3	4	4			1	3	301	100%
%	AMBAS	35%	12%	1%	4%	12%	1%	10%	9%	10%	0%	2%	1%	1%	1%			0%	1%	100%	

FUENTE: Ing. Doris Cardenas

Cuadro 1.7 - Valores del Indice Medio Diario Anual por dirección y tipo de vehículo, en valores absolutos y relativos

En las Figuras N° 1.5 y 1.6 se muestran gráficos con las variaciones diarias y horarias.

**f) Comparación entre el volumen de tráfico antes y después de la rehabilitación.-**

Entre el año 1999 y el 2001 el tráfico se ha incrementado en 67%, los flujos vehiculares que han tenido mayor incremento son automóviles con 275.0% y el de ómnibus con 111.8 %. En camiones, comprendiendo todos los tipos, el incremento ha sido modesto del orden del 13.6%

En el Cuadro siguiente N° 1.8 se puede observar la variaciones del volumen de tráfico (IMD<sub>A</sub>) entre los conteos efectuados el año 1999 (pre construcción) y 2001 (post construcción) y entre los conteos del año 1999 y las proyecciones al año 2001 efectuadas utilizando las tasas de crecimiento del Estudio Definitivo (LAGESA S.A., 1994).

Como puede apreciarse el IMD<sub>A</sub> calculado para el año 2001 es mayor que el IMD<sub>A</sub> proyectado en base al año 1999, esto indica que además de un crecimiento vegetativo del tráfico normal se ha producido un tráfico inducido por las mejoras efectuadas en el tramo. Adicionalmente debe de haberse producido tráfico derivado de la carretera Arequipa – Cuzco por ser la vía Nazca-Abancay-Cuzco de menor longitud y por lo tanto generar ahorros en tiempo y operación de los vehículos.

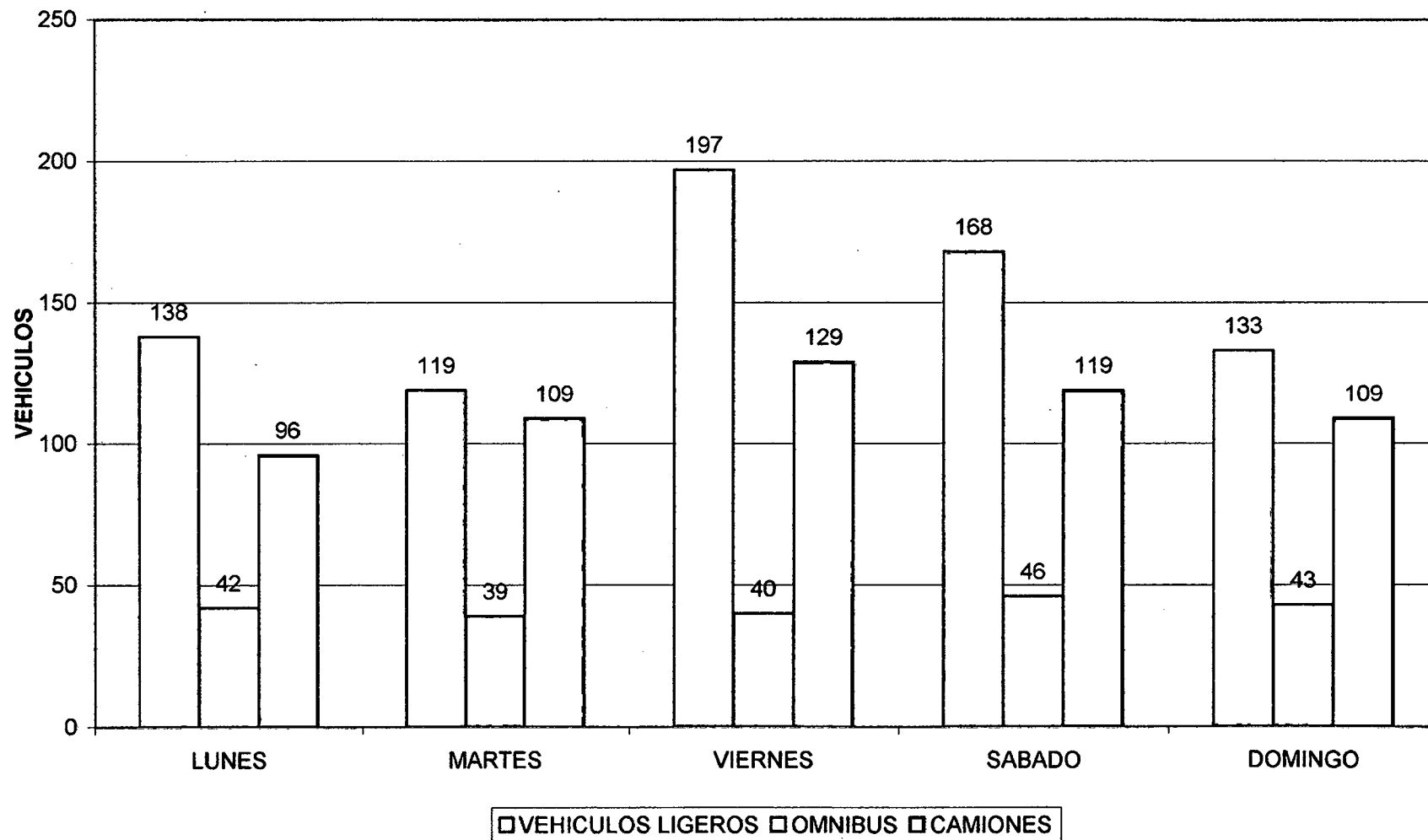
VEHICULOS	CONTEOS AÑO1999	PROYECCION AL AÑO 2001 (*)	CONTEOS AÑO 2001	DIFERENCIA CONTEOS 1999-PROYECCION 2001		DIFERENCIA CONTEOS 1999-2001	
				VEHICULOS	%	VEHICULOS	%
AUTOS	28	29	105	1	3.6%	77	275.0%
PICK UP	38	40	37	2	5.3%	-1	-2.6%
C.R.	-	-	4	0	-	4	-
MICROS	-	-	11	0	-	11	-
BUS 2 EJES	17	18	36	1	5.9%	19	111.8%
BUS 3 EJES	-	-	2	0	-	2	-
CAMION 2 EJES	48	53	55	5	10.4%	7	14.6%
CAMION 3 EJES	26	29	29	3	11.5%	3	11.5%
CAMION 4 EJES	-	-	1	0	-	1	-
ARTICULADOS	24	27	21	3	12.5%	-3	-12.5%
<b>TOTAL</b>	<b>181</b>	<b>196</b>	<b>301</b>	<b>14</b>	<b>7.7%</b>	<b>122</b>	<b>67.4%</b>

(\*) Las Tasas crecimiento promedio anual del tráfico son las calculadas en el estudio definitivo.

Pick up=2.06%, Bus=2.03%

Camiones 2 ejes=4.63% y Camiones 3 ejes=5.94%.

**Cuadro 1.8 – Comparación del volumen de tráfico antes y después de la rehabilitación de la carretera**



**Figura 1.5 - Variaciones diarias de los vehículos**

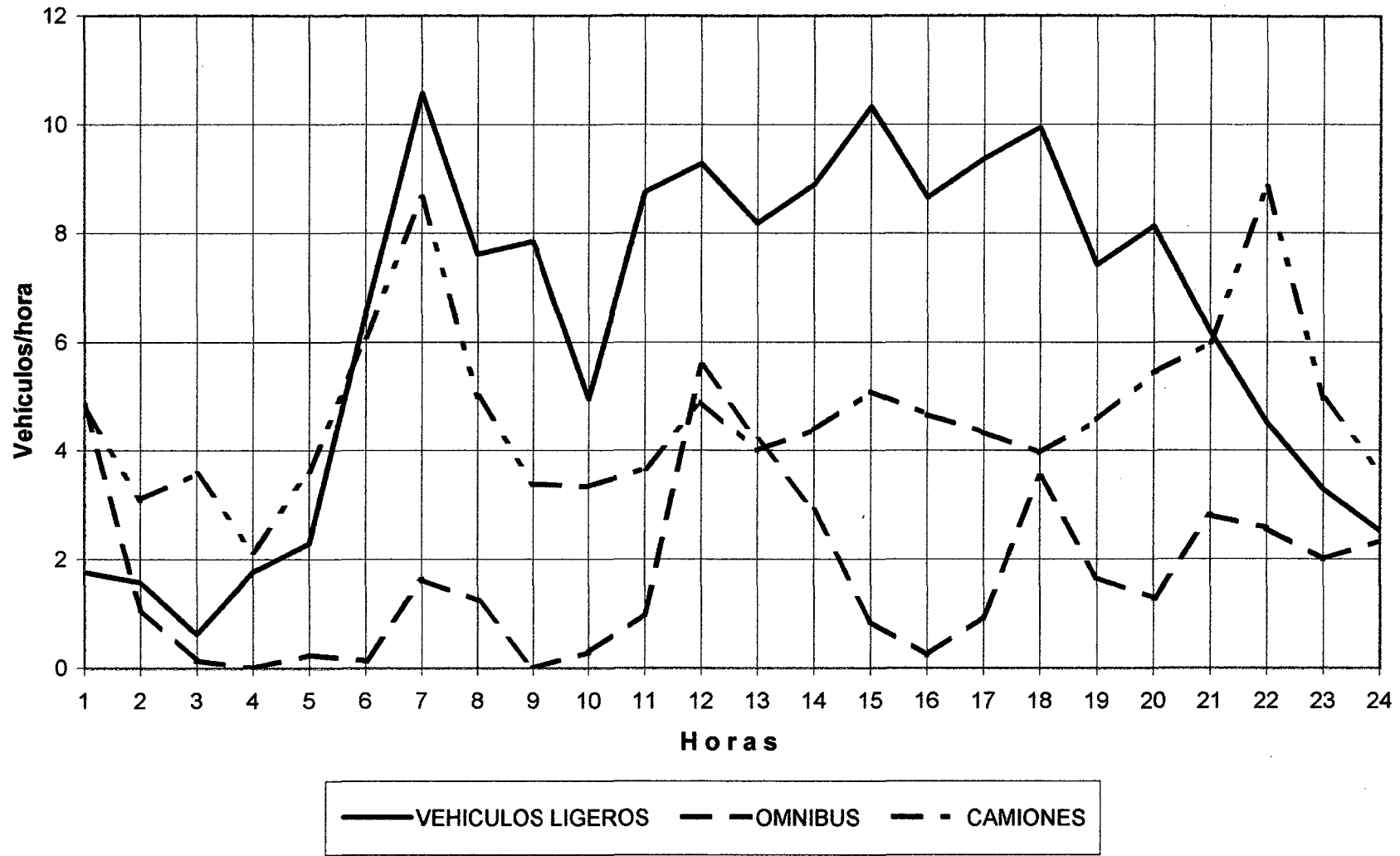


Figura 1.6 - Variaciones Horarias de los vehículos

**g) Estudio de velocidad.-** El objeto del estudio de velocidad es conocer las características de velocidad promedio de recorrido de los vehículos.

El método utilizado ha sido el de las placas en el cual se mide el tiempo del segmento de carretera previamente determinado, apuntando las placas de los y características de los vehículos y luego en gabinete mediante cálculos matemáticos se determina la velocidad conociendo el tiempo empleado y la distancia entre las estaciones de control.

Los vehículos fueron clasificados en:

- Autos
- Camionetas pick up
- Camionetas rurales (C.R.) y Micros
- Ómnibus
- Camiones de 2 y 3 ejes
- Camiones semi-articulados y articulados

Para el cálculo de la velocidad se procedió a computar y evaluar los resultados obtenidos en los trabajos de campo, hallándose las velocidades mediante la diferencia de tiempos de paso de los vehículos en las estaciones de control inicial y final.

La ubicación de las estaciones de control son dos:

- 1ra Estación : V-1  
Ubicación : Progresiva 173+500
- 2da Estación : V-2  
Ubicación : Progresiva 189+290
- Fecha : Miércoles 17 de octubre del 2001
- Duración : De 06:00 horas a 18:00 horas en ambas direcciones

Los resultados del estudio se encuentra en los cuadros N° 16 al 22 del anexo 1.e se presentan los resultados del trabajo de campo.

En el siguiente cuadro se muestra los valores de la velocidad promedio de recorrido por tipo de vehículo.

VEHICULOS	VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO EN KM/HORA
AUTOS	47.6
CAMIONETAS PICK UP	48.4
CAMTAS. RURALES Y MICROS	41.7
OMNIBUS	42.8
CAMIONES DE 2 Y 3 EJES	34.8
ARTICULADOS	24.1
TODOS LOS CAMIONES	32.4

**Cuadro 1.9 – Velocidad promedio por tipo de vehículo y dirección**

**h) Comparación entre la velocidad promedio de recorrido antes y después de la rehabilitación del tramo.-** Como puede apreciarse en el Cuadro siguiente, la velocidad promedio de recorrido se ha incrementado en todos los tipos de vehículos, siendo mas significativa en el caso de camiones en los cuales, considerando todos los tipos de camiones la velocidad aumenta en 85%.

En el caso de ómnibus el incremento es de 43% y en autos y camiones de 27% y 29% respectivamente.

VEHICULOS	PRE CONSTRUCCIÓN AÑO 1999 KM/HORA	POST CONSTRUCCIÓN AÑO 2001 KM/HORA	INCREMENTO DE LA VELOCIDAD KM/HORA
AUTOS	37.5	47.6	10.1
CAMT. PICK UP	37.5	48.4	10.9
C.R. Y MICROS		41.7	
ÓMNIBUS	30	42.8	12.8
CAMIONES 2 Y 3 EJES		34.8	
ARTICULADOS		24.1	
TODOS LOS CAMIONES	17.5	32.4	14.9

**Cuadro 1.10 – Comparación de la velocidad de recorrido antes-después de la rehabilitación**

## 1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA OBRA

### a) DATOS GENERALES

- Mejoramiento y Rehabilitación : A nivel de asfaltado
- Ancho de la Superficie de rodadura : 6.60 m.
- Ancho de bermas a cada lado
  - Km. 145+110 al Km. 165+000 : 1.20 m a cada lado
  - Km. 165+000 al Km. 196+084 : 0.75 m a cada lado
- Cunetas revestidas : 0.30 x 0.50m
- Taludes de corte (H: V) : 1 : 3, 1 : 4 y 1 : 10
- Taludes de relleno (H:V) : 1.5 : 1

### b) DISEÑO GEOMÉTRICO

- Velocidad Directriz : 40 KPH
- Radio Mínimo (Excepcional) : 19 m.
- Pendiente Máxima : 7.124 %
- Pendiente Máxima (Excepcional) : 9.613 %
- Bombeo : 2 %

### c) PAVIMENTO

- Carpeta asfáltica : MAEC, e = 0.05 m.
- Bermas : MAEC, e = 0.05 m.
- Firme o Base Granular : e = 0.20 m.
- Cimiento o Sub-base : e = 0.15 m.

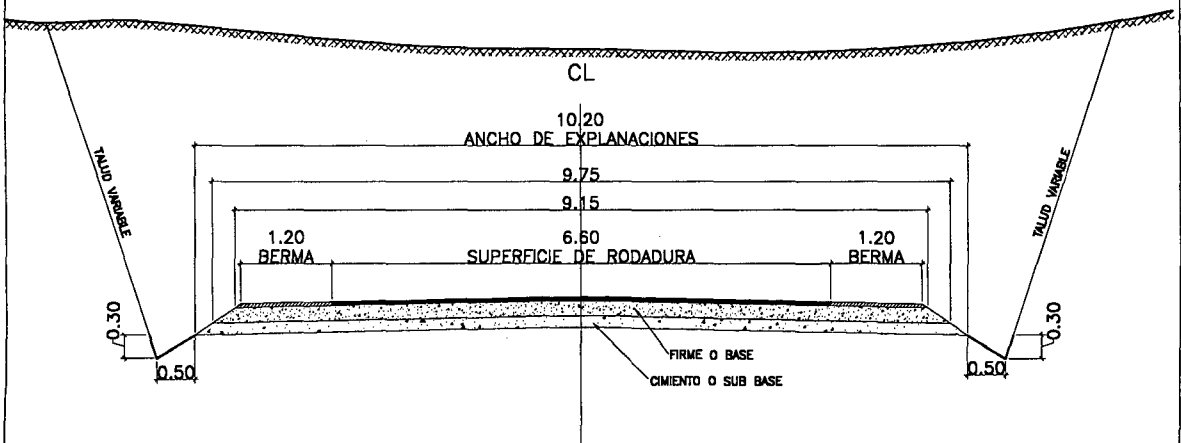
En el cuadro N° 1.11 se muestra un resumen de las características generales de la obra y en los planos N° 1.3, 1.4 y 1.5 se observan las secciones típicas del pavimento.

DESCRIPCION		SECCION I	SECCION II	SECCION III	
		145+110 - 165+000	165+000 - 191+060	191+060 - 196+084	
PROYECTO GEOMETRICO	PLANTA	LONGITUD (Km)	19883.60	25100.24	4886.00
		ALTITUD (m.s.n.m.)			
		N° CARRIL	2	2	2
		VELOCIDAD. DIRECTRIZ (Km/h)	40	40	40
		TOPOGRAFIA (TIPO)	Poco accidentada	Muy accidentada	Ladera suave
		FAJA DE DOMINIO (m)	50	50	50
		RADIO MIN. (m)	norm. 60 excep. 19	norm. 60 excep. 19	norm. 60 excep. 20
	PERFIL LONGITUDINAL	PENDIENTE MAXIMA			
		%	7.124	9.613	8.460
		LONGITUD (m)	233.6	270.0	304.0
		PENDIENTE 4-7.5%			
	LONGITUD (m)	15280.00	14746.95	4866.00	
	SECCION TRANSVERSAL	SUPERFICIE DE RODADURA (m)	6.60	6.60	6.60
BERMA DERECHA(m)		1.20	0.75	0.75	
BERMA IZQUIERDA(m)		1.20	0.75	0.75	
EXPLANACIONES	VOLUMEN TOTAL (m3)	397305.50	373115.58	31569.30	
	MATERIAL SUELTO (MS) %	48.50	62.12	100.00	
	ROCA SUELTA (RS) %	50.08	33.06	-	
	ROCA FIJA (RF) %	1.42	4.82	-	
PAVIMENTO	CIMIENTO O SUB BASE (m)	0.15	0.15	-	
	FIRME O BASE (m)	0.20	0.20	0.20	
	CARPETA ASFALTICA (m)	0.05	0.05	0.05	
	ESPESOR TOTAL (m)	0.40	0.40	0.25	

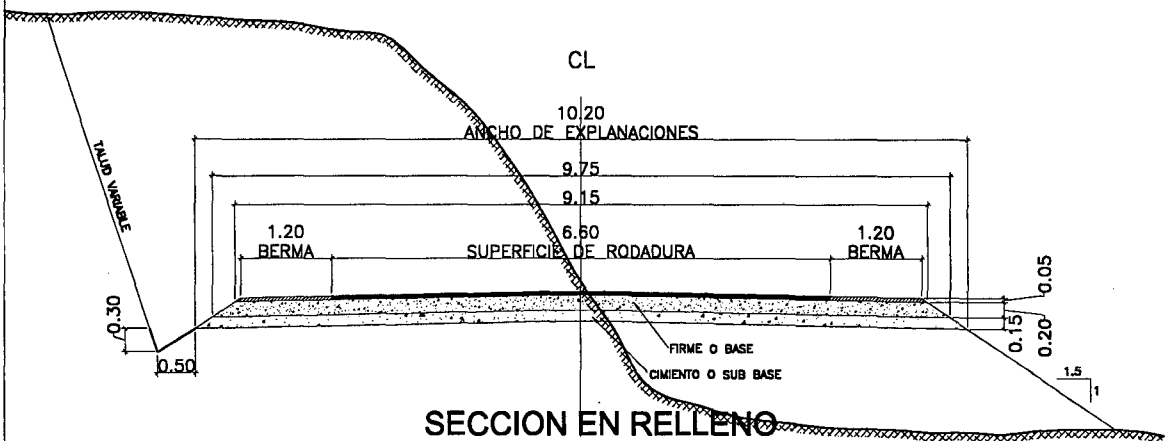
Cuadro 1.11 - Características Generales de la Obra



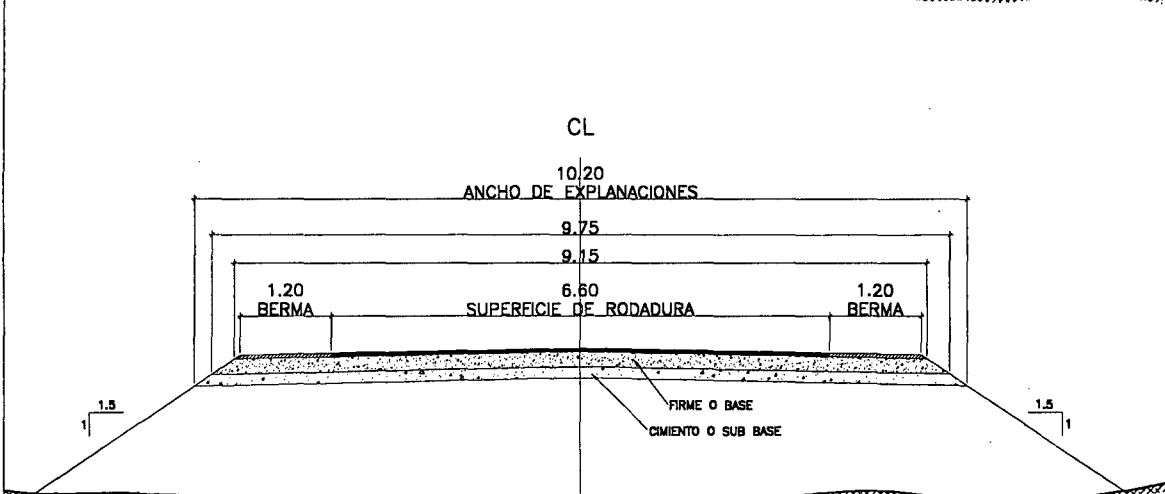
### SECCION EN CORTE



### SECCION EN MEDIA LADERA

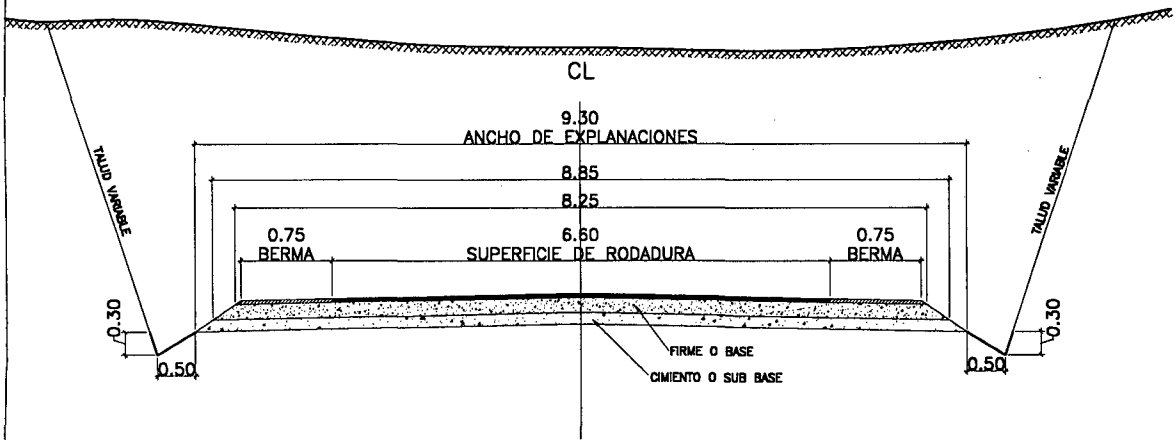


### SECCION EN RELLENO

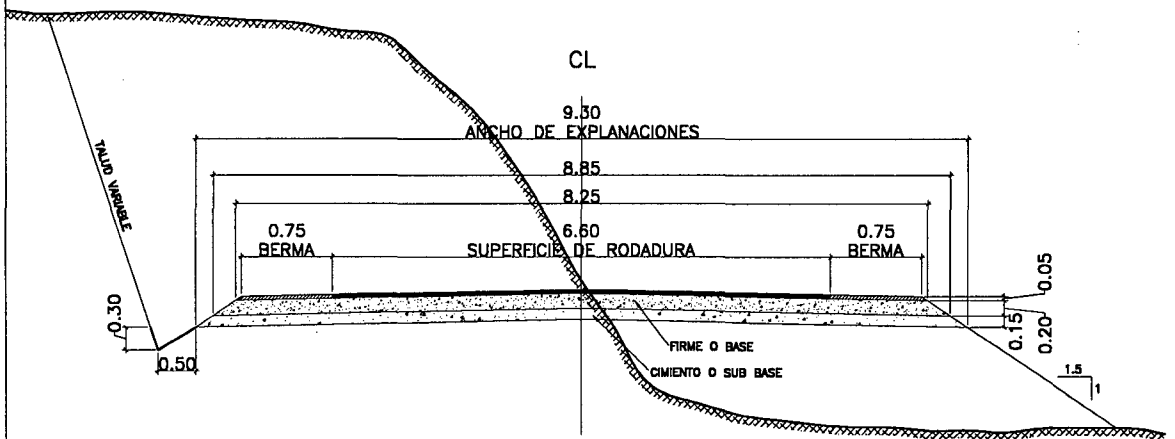


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE TRANSPORTE		
EVALUACION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN ZONAS DE ALTURA APLICACION A LA CARRETERA CUSCO-ABANCAY TRAMO IV		
SECCION TIPO I Km 145+110 - Km 165+000		
ASESOR: Ing. S. MORA QUIÑONES	TESTISTA: Bach. I. PARZ TEMBLADERA	PLANO  1.3
FECHA: NOVIEMBRE-2001	ESCALA: 1:100	

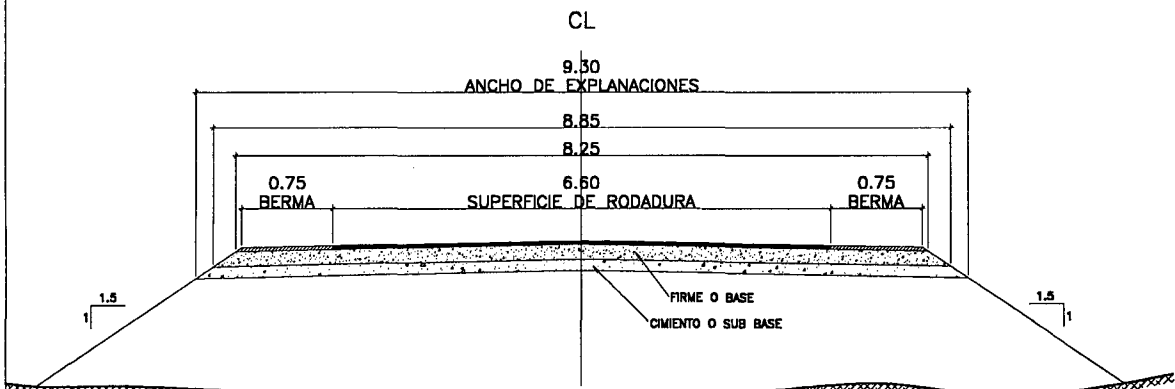
### SECCION EN CORTE



### SECCION EN MEDIA LADERA

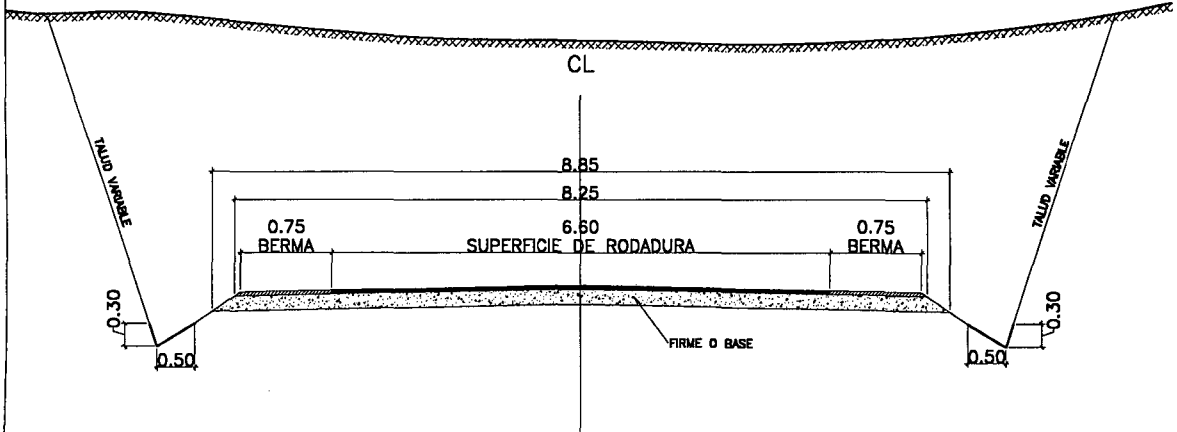


### SECCION EN RELLENO

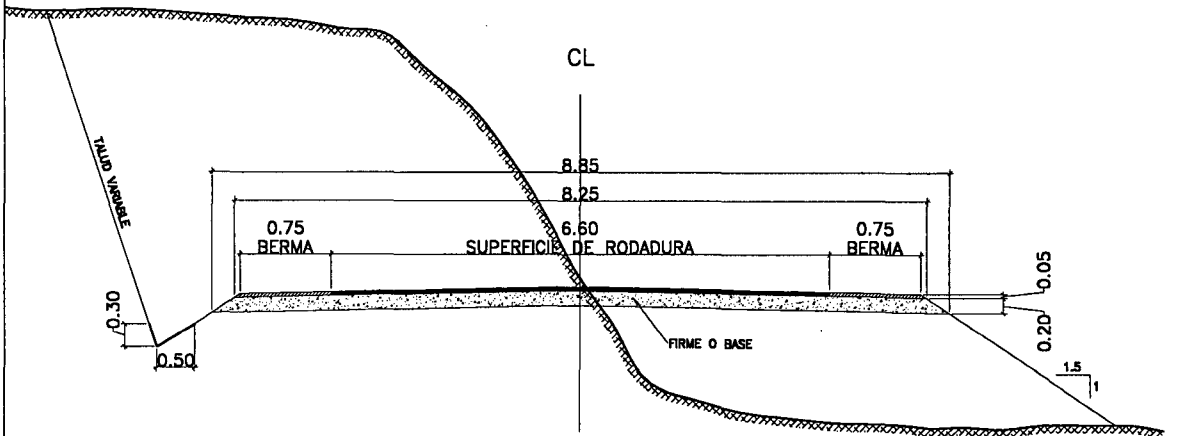


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE TRANSPORTE		
EVALUACION DE MEZCLAS ASPALTICAS EN ZONAS DE ALTURA APLICACION A LA CARRETERA CUSCO-ARANCAY TRAMO IV		
SECCION TIPO II Km 165+000 - Km 191+060		
ASESOR Ing. B. MORA QUIÑONES	TESISTA Bach. I. PAEZ TEMPLADERA	1.4
FECHA NOVIEMBRE-2001	ESCALA 1:100	

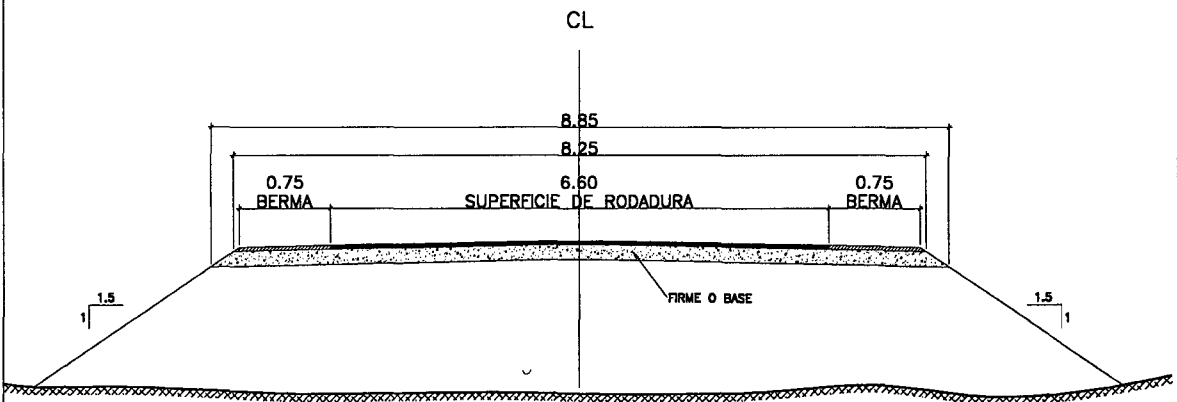
### SECCION EN CORTE



### SECCION EN MEDIA LADERA



### SECCION EN RELLENO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 DEPARTAMENTO ACADEMICO DE TOPOGRAFIA  
 Y VIAS DE TRANSPORTE

EVALUACION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN ZONAS DE ALTURA  
 APLICACION A LA CARRETERA CUSCO-ABANCAY TRAMO IV

SECCION TIPO III  
 Km 191+060 - Km 196+084

ASESOR Ing. S. MORA QUIÑONES	TESISTA Bach. I. PAEZ TEMBLADERA	PLANO
FECHA NOVIEMBRE 2001	ESCALA 1:100	1.5

Capítulo II

ASFALTOS DE  
PAVIMENTACIÓN

## II ASFALTOS DE PAVIMENTACION

### 2.1 GENERALIDADES

Es muy conocido que el término "bitumen" se originó en Sánscrito, donde la palabra "jatu" significa alquitrán y "jatubrit" significa la creación de alquitrán, palabra referida al alquitrán producido por resinas de algunos árboles. El equivalente en latín fue originalmente "gwtumen" (cercano al alquitrán) y por otros "pixtu-men" (alquitrán burbujeado), cuya palabra fue acortada subsecuentemente a "bitumen" pasada luego del francés a inglés.

Existen varias referencias al asfalto en la Biblia, aunque la terminología usada puede ser bastante confusa. En el libro del Génesis se refiere al impermeabilizante del Arca de Noe, el cual fue preparado con y sin alquitrán y de la aventura juvenil de Moisés en "Un Arca de Espadaña, pintarrajeada con lodo y con alquitrán".

Aun mas confusas son las descripciones de La Torre de Babel. La Versión Autorizada de la Biblia dice: "Ellos tenían ladrillos por rocas y lodo para mortero", la nueva versión autorizada dice: "Ellos usaron ladrillos en vez de piedra y alquitrán en vez de mortero". La traducción de Moffat en 1935 dice: "Ellos usaron ladrillos en vez de piedras y asfalto en vez de mortero"; así como en la nueva versión oficial de la Biblia en español. Tampoco es desconocido que los términos bitumen, alquitrán y asfalto son intercambiables.

El asfalto es un componente natural del petróleo crudo y que existe, al igual que el resto de fracciones de hidrocarburos conocidas, en disolución en el mismo crudo, es un material cementante de color negro, que varía ampliamente de consistencia, entre sólido y semi-sólido (sólido blando) cuando varía la temperatura. Esta constituido de una mezcla compleja de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular y cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla en caliente.

El asfalto es un producto que se ha usado en la construcción desde la antigüedad, para una mejor comprensión se presenta un resumen histórico:

*Prehistoria.* Se han encontrado esqueletos de animales prehistóricos conservados intactos hasta nuestros días en depósitos superficiales de asfalto en el pozo La Brea, en Los Angeles de California.

3200 a 540 A.C. Excavaciones arqueológicas recientes indican el amplio uso del asfalto en Mesopotamia y en el valle del Indo como aglomerante para albañilería y construcción de carreteras y capas de impermeabilización en estanques y depósitos de agua.

300 A.C. El asfalto se emplea extensamente en Egipto en los embalsamientos.

1802 D.C. En Francia se emplea roca asfáltica para pavimentación de suelos, puentes y aceras.

1838 D.C. En Filadelfia se emplea roca asfáltica importada en la construcción de aceras.

1870 D.C. (aproximadamente). Construcción del primer pavimento asfáltico en Newark, Nueva Jersey, por el profesor E.J. DeSmedt, químico belga.

1876 D.C: Construcción del primer pavimento de tipo *sheet asphalt* en Washington D.C., con asfalto de lago importado.

1902 D.C. En los Estados Unidos se obtienen de la destilación del petróleo aproximadamente 20 000 Tn de asfalto por año.

A partir de 1924. Se incrementa constantemente la producción del asfalto de petróleo en Estados Unidos llegando a 24 millones de toneladas anuales en 1964, la pavimentadora asfáltica, fue introducida por Barber Greene en 1.937, después de siete años de experimentación.

1975 D.C. Se emplea el polímero SBR en Texas-USA para modificar los asfaltos, se usa más asfalto modificado en otros estados.

*Actualmente*, la mayor parte del asfalto producido y empleado en el mundo es extraído por destilación del petróleo crudo, del cual es obtenido exento de impurezas, siendo éste completamente soluble en bisulfuro de carbono ( $C_2S$ ) o tetracloruro de carbono ( $CCl_4$ ).

En el campo de nuevos materiales ingresaron los aditivos: polímeros, fibras, agregados livianos, betunes sintéticos incoloros y mejoradores de adherencia. Los trabajos asfálticos se diversificaron: lechadas bituminosas, microaglomerados, carpetas de reducido espesor, mezclas drenantes, mezclas o lechadas en color para pisos o como seguridad vial.

En las refinerías peruanas se producen asfaltos con características distintas, dependiendo, entre otros factores, de la calidad del petróleo crudo (no todos los crudos dan un buen asfalto), el porcentaje de asfaltenos, las condiciones de operación en los procesos, las características de las unidades, la demanda de unos y otros, los sistemas de mezclado, etc.

En la figura N° 2.1 se indica un diagrama operativo de la producción de los diferentes tipos de productos obtenidos del petróleo crudo.

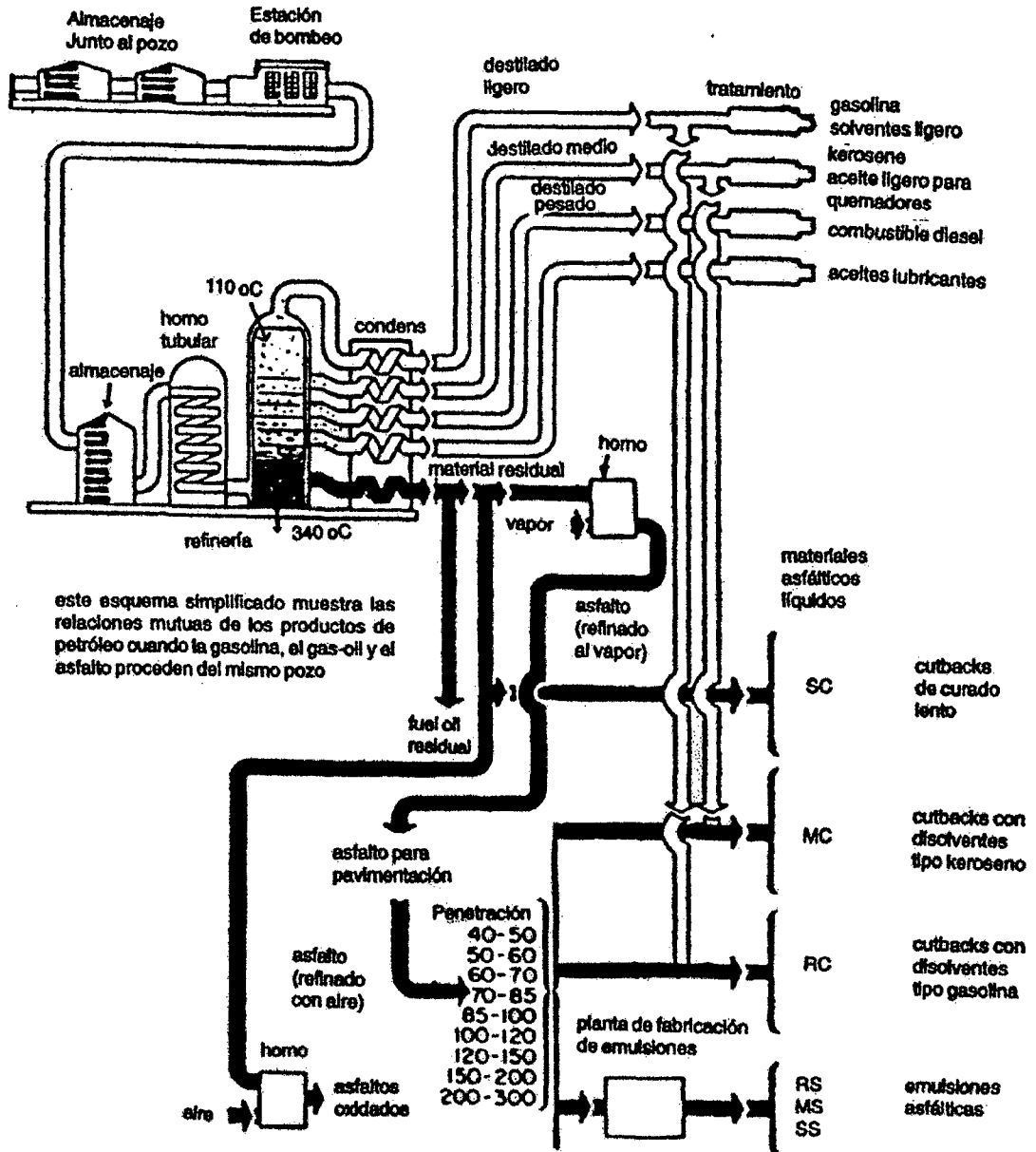


Figura 2.1 Esquema de la obtención de asfaltos de petróleo

## 2.2 CLASIFICACION DE LOS ASFALTOS DE PAVIMENTACION

Es de nuestro interés los asfaltos de pavimentación, y pueden clasificarse bajo cuatro tipos generales:

- Cemento asfáltico
- Asfalto diluido (o cortado)
- Asfalto emulsificado; y
- Asfalto modificado

Cada uno de estos asfaltos queda definido por la A.S.T.M.(American Standart Testing of Materials) según:

**2.2.1 CEMENTO ASFALTICO.-** Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad y consistencia para ser usado directamente en la producción de pavimentos asfálticos.

**2.2.2 ASFALTO DILUIDO.-** Cemento asfáltico que ha sido licuado al mezclarlo con solventes de petróleos (también llamados diluyentes), en lo que se refiere a los asfaltos diluidos RC y MC. Los diluyentes se evaporan una vez se exponen a las condiciones atmosféricas, permitiendo así que el cemento asfáltico realice su función.

ASFALTO DE CURADO RAPIDO (RC) - Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo nafta o gasolina de alta volatilidad.

ASFALTO DE CURADO MEDIO (MC) - Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo kerosene de volatilidad media.

ASFALTO DE CURADO LENTO (SC) - Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad.

**2.2.3 ASFALTO EMULSIONADO (EMULSION ASFALTICA).-** Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de un agente emulsificante, es un sistema heterogéneo que normalmente contiene dos fases inmiscibles (asfalto y agua) en donde el agua forma la fase continua de la emulsión, y pequeños glóbulos de asfalto forman la fase discontinua. Las emulsiones asfálticas se dividen en tres grandes categorías:



- Aniónicas
- Cationicas
 

{	Rotura Rápida	(CRR)
{	Rotura Media	(CRM)
{	Rotura Lenta	(CRL)
{	Rotura Super Estable	(CSE)
- No Iónicas

Las dos primeras se utilizan en la construcción y mantenimiento de carreteras. Las del tipo aniónico fueron las primeras emulsiones creadas por los años 20. Las catiónicas son las emulsiones "modernas" que se utilizan actualmente con excelentes resultados en todo el mundo.

Los asfaltos diluidos y los emulsificados son usados, casi por completo en mezclas en frío y en riegos, y no serán tratados más en el desarrollo del presente trabajo, al referirnos al asfalto se entenderá que se trata del cemento asfáltico.

**2.2.4 ASFALTO MODIFICADO.-** El asfalto modificado es aquel que mediante un proceso de mezclado se incorporan materiales de distinta naturaleza para modificar sus propiedades y así lograr un mejor comportamiento de los pavimentos.

El principal objetivo que se persigue con la modificación de los asfaltos, es lograr ligantes con propiedades reológicas que no se obtienen en los cementos asfálticos producidos por las técnicas convencionales de refinación.

Los modificadores pueden ser:

- a) Rellenos
- b) Polímeros
- c) Hidrocarburos

a) En el caso de los rellenos, los distintos tipos de fillers modifican el sistema filler-betún, incrementando su viscosidad respecto al asfalto puro. El incremento de la consistencia del sistema filler-betún, conduce a una mejora en las mezclas asfálticas, en capacidad para reducir las deformaciones plásticas o ahuellamientos, influenciados por las altas temperaturas del camino.

b) El asfalto modificado con polímero es aquel que mediante un proceso de mezclado a alta temperatura y esfuerzo cortante, se incorporan polímeros para formar una "RED" tridimensional que atrapa dentro de sus espacios a las moléculas de asfalto. Esta RED absorberá gran parte de los esfuerzos a los que se vería sometido el asfalto en un pavimento.

Los polímeros son compuestos orgánicos de elevado peso molecular, formados por la repetición sucesiva de grupos estructurales mas sencillos denominados monómeros.

c) Dentro de los hidrocarburos tenemos las asfaltitas, que son materiales naturales compuestas por hidrocarburos de alto peso molecular, de color oscuro, elevado punto de fusión y una considerable cantidad de asfaltenos. Se caracterizan por ser totalmente solubles en sulfuro de carbono.

El uso de asfaltitas, produce un considerable aumento de la viscosidad del ligante modificado a altas temperaturas, sin que se vean afectadas sus propiedades a bajas temperaturas. También le confiere las siguientes mejoras:

- Disminuye el ahuellamiento
- Aumento de la estabilidad Marshall: del orden del 40% en las mezclas asfálticas
- Aumento de la resistencia al agua de las mezclas
- Aumento del módulo de elasticidad dinámico de la mezcla, siendo más resistentes a las deformaciones permanentes bajo el accionar de cargas lentas.

En la actualidad, la Refinería La Pampilla privatizada desde Agosto de 1996, a cargo de Repsol, produce asfaltos modificados solamente a pedidos especiales, el uso de asfaltos modificados supone un avance notable en la tecnología de los ligantes bituminosos y como parte de ello, el MTC con sus Normas EG-2000-Tomo I, recomienda el uso de éstos asfaltos en la construcción de pavimentos asfálticos en condiciones particulares. En el Anexo 2.a se muestra una relación de las refinerías existentes en el Perú.

### 2.3 CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico (nombre técnico en nuestro medio) es de consistencia sólida a temperatura ambiente y para poder utilizarse en pavimentación deberá encontrarse en estado líquido.

### 2.3.1 Sistemas de Clasificación

Los cementos asfálticos se clasifican bajo sistemas diferentes los cuales son:

- a) Por Viscosidad
- b) Por Viscosidad después de envejecimiento
- c) Por Penetración, y
- d) Por Grado de Performance

Cada sistema abarca diferentes grados, cada uno con diferentes rangos de consistencia, a continuación se describen cada uno de los sistemas:

**a) Por viscosidad.**- *El primer sistema* usado sobre la base de la viscosidad a 60°C se muestra en la Tabla 2.1, la ventaja de esta especificación, es que para su graduación, la consistencia de los asfaltos es determinada mediante métodos racionales y a una temperatura (60 °C) asociada con la máxima temperatura de servicio del pavimento, donde las condiciones son críticas desde el punto de vista de la estabilidad de la mezcla. Además, ésta temperatura es la utilizada en el Método Marshall, para el diseño de mezclas asfálticas.

Conjuntamente con el ensayo de viscosidad a 60°C para la graduación de los asfaltos, la especificación también incluye un requisito mínimo de viscosidad a 135°C, temperatura asociada con la temperatura de mezclado en la planta asfáltica.

Refiriéndose a la Tabla 2.1, se puede observar que cuanto más alto es el numero de poises, mas viscoso es el asfalto. El AC-2.5 (viscosidad de 250 poises a 60 °C o 140 °F) es conocido como un asfalto "blando". El AC-40 (viscosidad de 4000 poises a 60 °C o 140 °F) es conocido como un asfalto "duro".

**b) Por viscosidad después del envejecimiento.**- *El segundo sistema* clasifica al asfalto de acuerdo a su viscosidad después de envejecido. La idea es identificar cuales serán las características de viscosidad después que se ha colocado el asfalto en el pavimento. Para poder simular el envejecimiento que ocurre en la planta asfáltica durante el mezclado, el asfalto debe ser ensayado en el laboratorio utilizando un ensayo patrón de envejecimiento. El residuo asfáltico que queda después del envejecimiento es clasificado, posteriormente, de acuerdo a su viscosidad. La unidad normal de medida es el poise. La Tabla 2.2 identifica los grados bajo este sistema.

**REQUISITOS PARA CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR VISCOSIDAD A 60°C  
(Clasificación basada en asfalto original)**

PRUEBA	GRADO DE VISCOSIDAD					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60°C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135°C, Cs - mínimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C, 100g., 5 segundos - mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto inflamador, Cleveland, °C(°F) - mínimo	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento - mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO: (Película delgada)						
Perdida por calentamiento, por ciento - máximo (opcional) <sup>3</sup>		1	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60°C, poises -	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25°C, 5 cm por minuto, cm -	100 <sup>1</sup>	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y como se especifique) con						
Solvente normal de nafta	Negativo para todos los grados					
Solvente de nafta-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					
Solvente de heptano-xileno, %	Negativo para todos los grados					

<sup>1</sup>Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6°C tiene un valor/mínimo de 100

<sup>2</sup>El uso de la prueba de mancha es opcional. El Ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a usar la prueba. En el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el porcentaje de xileno a ser usado.

<sup>3</sup>El uso del requisito de pérdida por calentamiento es opcional

**Tabla 2.1 - Requisitos para Cemento Asfáltico Graduado por Viscosidad ( AASHTO M 226)**

**REQUISITOS PARA CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR VISCOSIDAD A 60°C  
(Clasificación basada en el residuo del ensayo RTFO)**

PRUEBA SOBRE EL RESIDUO DEL ENSAYO DE LA NORMA AASHTO T 240 <sup>1</sup>	GRADO DE VISCOSIDAD				
	AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viscosidad, 60°C, poises	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
Viscosidad, 135°C, Cs - mínimo	140	200	275	400	550
Penetración, 25°C, 100g., 5 segundos - mínimo	65	40	25	20	20
Porcentaje de Pen original, 25 °C - mínimo	-	40	45	50	52
Ductilidad, 25°C, 5 cm por minuto, cm - mínimo	100 <sup>2</sup>	100 <sup>2</sup>	75	50	52
PRUEBAS SOBRE EL ASFALTO ORIGINAL					
Punto inflamador, Cleveland, °C(°F) - mínimo	205(400)	219(425)	227(440)	232(450)	238(460)
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento - mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

<sup>1</sup>AASHTO T 179 (TFO) puede ser usado, pero AASHTO T 240 deberá ser el método de referencia.

<sup>2</sup>Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6 °C tiene un valor/mínimo de 100.

**Tabla 2.2 - Requisitos para Cemento Asfáltico Graduado por la Viscosidad del Residuo de la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio ( AASHTO M 226)**

En la Tabla 2.2, la abreviación "AR" corresponde a "Residuo Envejecido". Obsérvese que el AR-10 (viscosidad de 1000 poises) se conoce como un asfalto "blando", mientras que el AR-160 (viscosidad de 16000 poises) se conoce como un asfalto "duro".

**c) Por penetración.-** El tercer sistema clasifica a los asfaltos por penetración, una aguja normalizada penetra en la muestra bajo una carga dada y un tiempo determinado, la medida es en décimas de milímetro (0.1 mm). Un grado de 200-300 indica que la aguja penetró en la muestra, bajo condiciones específicas, de 200 a 300 décimas de milímetro. Esto es indicación de un asfalto "blando". Un grado 40-50, es indicación de un asfalto "duro" en el cual la aguja fue capaz de penetrar solamente de 40 a 50 décimas de milímetro. La Tabla 2.3 muestra los distintos grados bajo este sistema.

Es importante señalar que el ensayo de penetración es una medida empírica de la consistencia de los asfaltos, no guardando ninguna relación con la calidad de los mismos.

REQUISITOS PARA CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR PENETRACION A 25°C  
AASHTO M 20

	GRADO DE PENETRACION									
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Penetración a 25°C, 100g., 5 segundos	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto inflamador, Cleveland, °C	450	-----	450	-----	450	-----	425	-----	350	-----
Ductilidad, 25°C, 5 cm por minuto, cm.	100	-----	100	-----	100	-----	100	-----	-----	-----
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento	99	-----	99	-----	99	-----	99	-----	99	-----
TFO, 3.2 mm, 163 °C, 5 horas										
Pérdida por calentamiento, por ciento	-----	0.8	-----	0.8	-----	1.0	-----	1.3	-----	1.5
Penetración del residuo, por ciento del original	58	-----	54	-----	50	-----	46	-----	40	-----
Ductilidad del residuo a 25 °C, 5 cm. por min, cm	-----	-----	50	-----	75	-----	100	-----	100	-----
Prueba de Mancha (cuando y como se especifique) (ver nota) con:										
Solvente normal de nafta	Negativo para todos los grados									
Solvente de nafta-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados									
Solvente de heptano-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados									

NOTA: El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente cuando se va a usar la prueba, y en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el porcentaje de xileno a ser usado.

Tabla 2.3 – Sistema de clasificación por Penetración( AASHTO M 20)

**d) Grado de performance.-** El cuarto sistema se refiere a la especificación SHARP (Strategic Highway Research Program), cuyo resultado de este programa de investigación fue el sistema SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement). Este sistema tiene como base la performance y especifica los ligantes en función del clima y la temperatura prevista en el pavimento. Las propiedades físicas exigidas se mantienen para todos los tipos de ligantes, pero cambia la temperatura a la cual el ligante debe cumplir dichas propiedades, siendo esto lo que diferencia a los distintos tipos de ligantes. Por ejemplo, un ligante clasificado como PG 64-22 debe satisfacer los requerimientos de las propiedades físicas a altas temperaturas hasta los 64 °C y a bajas temperaturas hasta -22 °C.

La tabla 2.4 muestra los grados de ligantes corrientes en la especificación SHRP de ligantes. En esta tabla, los grados PG 76 y 82 son usados sólo para incluir cargas a bajas velocidades (slow transient) o cargas estacionadas (standing loads) o excesivo tránsito de camiones.

Alta temperatura	Baja temperatura
PG 46-	34, 40, 46
PG 52-	10, 16, 22, 28, 34, 40, 46
PG 58-	16, 22, 28, 34, 40
PG 64-	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG 70-	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG 76-	10, 16, 22, 28, 34
PG 82-	10, 16, 22, 28, 34

**Tabla 2.4 – Grados del ligante de Superpave**

Superpave dispone de 3 métodos con los que el usuario puede seleccionar el grado del ligante asfáltico:

- Por áreas geográficas: el caso de una Agencia que desarrolla un mapa basado en el clima y/o en decisiones políticas- con los grados de ligantes a ser usados por el diseñador.
- Por temperatura del pavimento: el diseñador necesita conocer la temperatura de diseño del pavimento.
- Por temperatura del aire: el diseñador determina la temperatura del aire para el diseño, la cual es convertida a temperatura de diseño del pavimento.

Es importante señalar que se viene desarrollando una investigación desde 1997 a cargo de la Oficina de Control de Calidad del MTC, en donde se esta zonificando el país para sugerir el empleo de asfaltos en base a la clasificación Superpave, sin embargo cabe mencionar que los ensayos requeridos utilizan aparatos sofisticados con los cuales todavía no se cuenta en la actualidad empero se esta implementando algunos de ellos.

En la Tabla N° 2.5 se muestra las nuevas especificaciones SUPERPAVE normalizadas según AASHTO MP – 1.

Grado de Performance	PG 52						PG 58						PG 64						PG 70			
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-16	-22	-28	-34	-40	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28		
Temperatura de diseño del pavimento promedio 7 días máximo, °C	<52						<58						<64						<70			
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28		
<b>Ligante Original</b>																						
Temp. Del Punto de inflamacion AASHTO T48: Min. °C	230																					
Viscosidad, ASTM 4402 Máx. 3 Pa.s (3000cP) Temp. Ensayo, °C	135																					
Corte Dinámico, TP5 G*/send, Min., 1.00 Kpa Temp. Ensayo @ 10 rad/s, °C	52						58						64						70			
<b>Residuo del ensayo de Pelicula Delgada Rotatoria (T240) o Pelicula Delgada (T179)</b>																						
Perdida de masa, Máx. %	1.00																					
Corte Dinámico, TP5 G*/send, Min., 2.20 Kpa Temp. Ensayo @ 10 rad/s, °C	52						58						64						70			
<b>Residuo de la Vasija de Envejecimiento a Presion PAV</b>																						
Temp. De Envejecimiento PAV °C	90						100						100						100 (110)			
Corte Dinámico, TP5 G*/send, Min., 5000 Kpa Temp. Ensayo @ 10 rad/s, °C	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	28	25	22	19	16	34	31	28	25	
<b>Endurecimiento Físico</b>																						
<b>Reporte</b>																						
Creep Stiffness, TP1 S, Máx., 300 Mpa Valor m, Min., 0.300 Temp. Ensayo, @60 seg., °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	
Tracción Directa Deformacion en la falla, Min., 1.0 % Temp. Ensayo @1.0 mm/min, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	

Tabla 2.5 - Especificación SUPERPAVE de ligantes asfálticos (AASHTO MP-1)

## 2.4 PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS

El asfalto tiene propiedades químicas únicas que lo hacen muy versátil como material de construcción de carreteras, pero las propiedades físicas son de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras. A continuación se mencionan las propiedades químicas y físicas.

### 2.4.1 Propiedades químicas

La composición química es uno de los medios más usados, más precisos, para identificar las propiedades de cualquier sustancia. Sin embargo, existen varias razones por las cuales la química no ha llegado a ser parte de los sistemas de clasificación de los asfaltos.

Básicamente el asfalto esta compuesto por varios hidrocarburos y algunas trazas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. El asfalto, cuando es disuelto en un solvente como el heptano, puede separarse en dos partes principales: asfaltenos y maltenos. Los asfaltenos no se disuelven en el heptano, usualmente son de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso de grafito, además dan color y dureza al asfalto.

En cambio los maltenos se disuelven en el heptano, son líquidos viscosos compuestos por resinas y aceites. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas(pegajosidad) en el asfalto, mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfaltenos y las resinas.

#### **2.4.2 Propiedades físicas**

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, endurecimiento y envejecimiento.

**a) Durabilidad.** Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, esto se debe a que esta afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto. Estas son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO), dichas pruebas serán discutidas mas adelante.

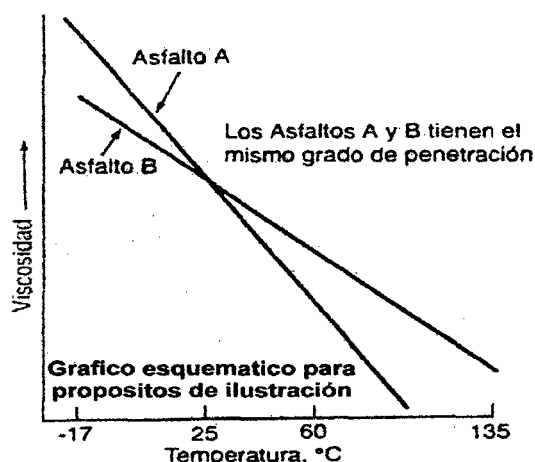
**b) Adhesión y Cohesión.** Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; sin embargo, examina una propiedad del asfalto relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo "califica-no califica", y solo puede indicar si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

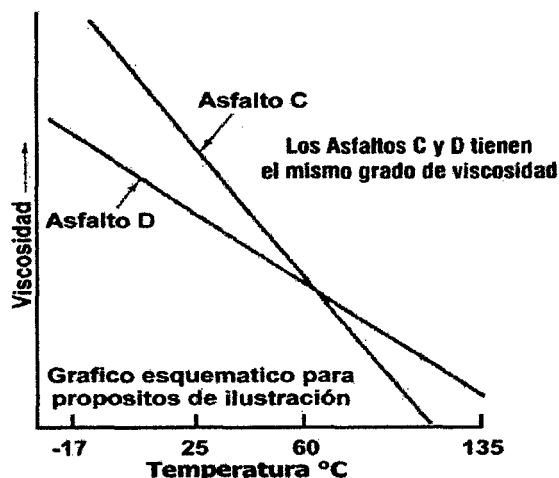


**c) Susceptibilidad a la Temperatura.** Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven mas duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura, varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

La Figura N° 2.2 ilustra este punto, se muestra la susceptibilidad a la temperatura de dos asfaltos (Asfalto A y Asfalto B) que tienen el mismo grado de penetración pero que provienen de crudos de diferente origen, a 25°C (77°F) la viscosidad de los dos asfaltos es la misma pero a cualquier otra temperatura las viscosidades son diferentes, esto es motivado porque los asfaltos tienen diferente susceptibilidad a la temperatura. Lo mismo sucede con dos asfaltos que poseen el mismo grado de viscosidad, pero, provenientes de crudos de diferente origen, en la Figura N° 2.3, el Asfalto C y el Asfalto D tienen la misma viscosidad a una temperatura de 60°C (140°F), sin embargo a cualquier otra temperatura las viscosidades son diferentes. En conclusión, sin importar el sistema de clasificación utilizado, puede haber asfaltos derivados de crudos diferentes con diferente susceptibilidad térmica.



**Figura 2.2 - Variación de Viscosidad Con Temperatura de Dos Asfaltos Graduados por Penetración**



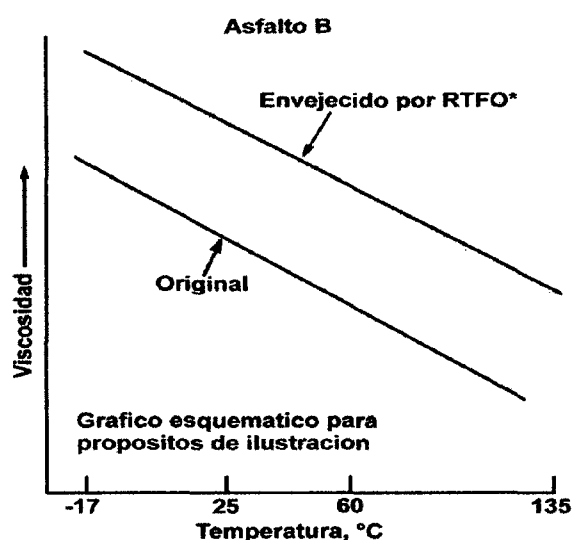
**Figura 2.3 - Variación de Viscosidad con Temperatura de Dos Asfaltos Graduados por Viscosidad**

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ella indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

Debe comprenderse que es de vital importancia que un asfalto sea susceptible a la temperatura. Debe tener suficiente fluidez a altas temperaturas para que pueda cubrir las partículas de agregado durante el mezclado, y así permitir que estas partículas se desplacen unas respecto a otras durante la compactación. Luego deberá volverse lo suficiente viscoso, a temperaturas ambientales normales, para mantener unidas las partículas de agregado.

**d) Endurecimiento y Envejecimiento.** Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado, esto es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado). El asfalto se encuentra a altas temperatura y en películas delgadas mientras esta revistiendo las partículas de agregado durante el mezclado, siendo más severo en esta etapa. La Figura N° 2.4 muestra el aumento en viscosidad debido al calentamiento de una película delgada de asfalto. El margen de viscosidad del material original (antes de la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio - RTFO) es mucho menor que el margen obtenido después del calentamiento.

No todos los asfaltos se endurecen a la misma velocidad cuando son calentados en películas delgadas. Por lo tanto, cada asfalto debe ser ensayado por separado para poder determinar sus características de envejecimiento, y así poder ajustar las técnicas constructivas para minimizar el endurecimiento. Estos ajustes incluyen mezclar el asfalto con el agregado a la temperatura mas baja posible, y durante el tiempo más corto que pueda obtenerse en la practica.



\*RTFO-Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio; utilizada para simular la exposición de asfalto en usina.

**Figura 2.4 - Endurecimiento de Asfalto después de haber sido expuesto a Temperaturas Altas**

El endurecimiento del asfalto continua en el pavimento y la causas principal son la oxidación y la polimerización. Estos procesos pueden ser retardados si se mantiene, en el pavimento terminado una cantidad pequeña de vacíos (de aire) interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado.

## 2.5 ENSAYOS DE CARACTERIZACION

Los asfaltos empleados en obras de pavimentación, deben ser controlados o ensayados bajo tres circunstancias bien definidas:

- En la etapa de proyecto de una obra.
- Durante la ejecución de la obra.
- Una vez finalizada la obra, para la recepción de la misma, o bien para seguir su respuesta en el tiempo.

Los ensayos practicados en los asfaltos pueden clasificarse en tres grupos:

- De carácter práctico
  - De carácter empírico o arbitrario
  - De carácter científico
- 
- **Ensayos de carácter práctico.-** Se determina la calidad del material por su comportamiento en el uso real, siendo los resultados obtenidos de mayor grado de certeza. Estos ensayos por lo general son de larga duración y se practican por medio de tramos experimentales, pistas de ensayo, etc. Una variante de estos métodos, son los ensayos acelerados de laboratorio, donde se trata de reproducir las condiciones de uso normal, pero en forma acelerada.
  - **Ensayos de carácter empírico o arbitrario.-** Los ensayos empíricos, no tienen ningún fundamento teórico y por lo tanto no pretenden medir ninguna propiedad física o química del material, se emplean aparatos perfectamente normalizados, en cuanto a dimensiones y condiciones operativas. Los resultados obtenidos son de difícil interpretación y pierden su valor cuando no se realizan bajo condiciones normalizadas.

Dentro de estos ensayos, se hallan los de ejecución corriente en los laboratorios viales denominados comúnmente, ensayos de rutina. El principal objetivo de estos

ensayos es verificar si los materiales utilizados se hallan dentro de los límites establecidos en las respectivas especificaciones, y lentamente, se trata de ir reemplazando estos ensayos por otros de carácter científico, como lo es, por ejemplo, el ensayo de penetración por el de viscosidad.

- **Ensayos de carácter científico.**- Los métodos científicos, miden alguna propiedad física o química bien definida, que presente una correlación con el comportamiento real. Ejemplo de estos métodos son los ensayos de viscosidad, comportamiento reológico, análisis químico, etc.

A continuación se mencionan los ensayos que caracterizan a los asfaltos viales:

**2.5.1 Punto de ablandamiento. (ASTM D-36 – AASHTO T-53).**- El punto de ablandamiento, es la temperatura a la cual, una muestra del material bituminoso, se ablanda lo suficiente, para permitir el paso de una bola de acero, colocada inicialmente sobre la superficie y caiga hasta una distancia predeterminada. Esta es una medida completamente arbitraria y no corresponde a ningún cambio de estado físico del material, sino que el mismo se ablanda progresivamente, a medida que aumenta la temperatura, por lo tanto, esta determinación, debe realizarse por un método rígidamente definido para asegurar su repetibilidad.(Figura N° 2.5)

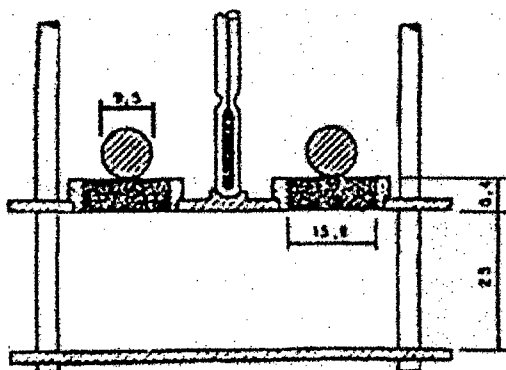


Figura 2.5 – Ensayo del punto de ablandamiento

**2.5.2 Penetración. (ASTM D-5 – AASHTO T-49).**- El ensayo de penetración es una medida empírica de la consistencia de los asfaltos, no guardando ninguna relación con la calidad de los mismos.

El ensayo consiste en colocar una muestra de asfalto en un recipiente de dimensiones normalizadas y mantenido a una temperatura de 25 °C, sobre la superficie se apoya una aguja de dimensiones normalizadas y es dejada penetrar dentro del mismo bajo la acción de una carga de 100 g, durante 5 segundos. La penetración de la aguja se mide en

décimas de milímetro mediante un aparato denominado Penetrometro, el cual puede ser accionado en forma manual o automática, es de fundamental importancia, mantener la temperatura constante durante el ensayo.(Figura N° 2.6)

En el ensayo se realizan tres o cuatro penetraciones y se informa el promedio de las mismas.

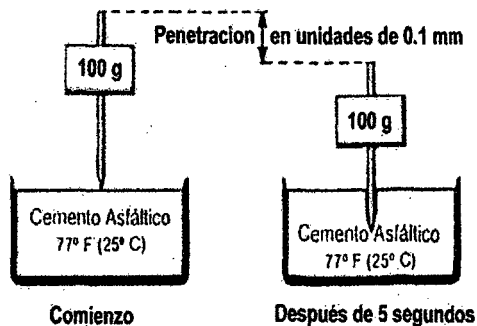


Figura 2.6 – Ensayo de penetración

**2.5.3 Ductilidad (ASTM D-113 – AASHTO T-51).**- La ductilidad, se expresa como la distancia en la cual una probeta de asfalto puede ser estirada, antes de que el hilo formado, rompa bajo las condiciones especificadas del ensayo. Por lo general, el ensayo se realiza a 25°C y la velocidad de estiramiento es 5 cm/min.

La principal objeción al ensayo de ductilidad, es lo difícil de su interpretación. Los resultados dependen, entre otras cosas, de la consistencia del asfalto, de la cohesión, de las propiedades reológicas, etc.

Cuando la tensión es mayor que la cohesión, el hilo se corta, en muchos asfaltos de baja consistencia a 25°C, no se alcanza a sobrepasar la fuerza de cohesión y el resultado es una alta ductilidad. Por el contrario, con los asfaltos duros, la tensión aplicada es alta y se hace rápidamente mayor que la cohesión, produciéndose el corte del hilo y el resultado es una baja ductilidad.(Figura N° 2.7)

En la actualidad se ha comprobado que existen grandes discrepancias entre el valor de la ductilidad, tal como se determina en el ensayo y el comportamiento del asfalto en el pavimento, debiendo tener cuidado de obtener juicios erróneos.

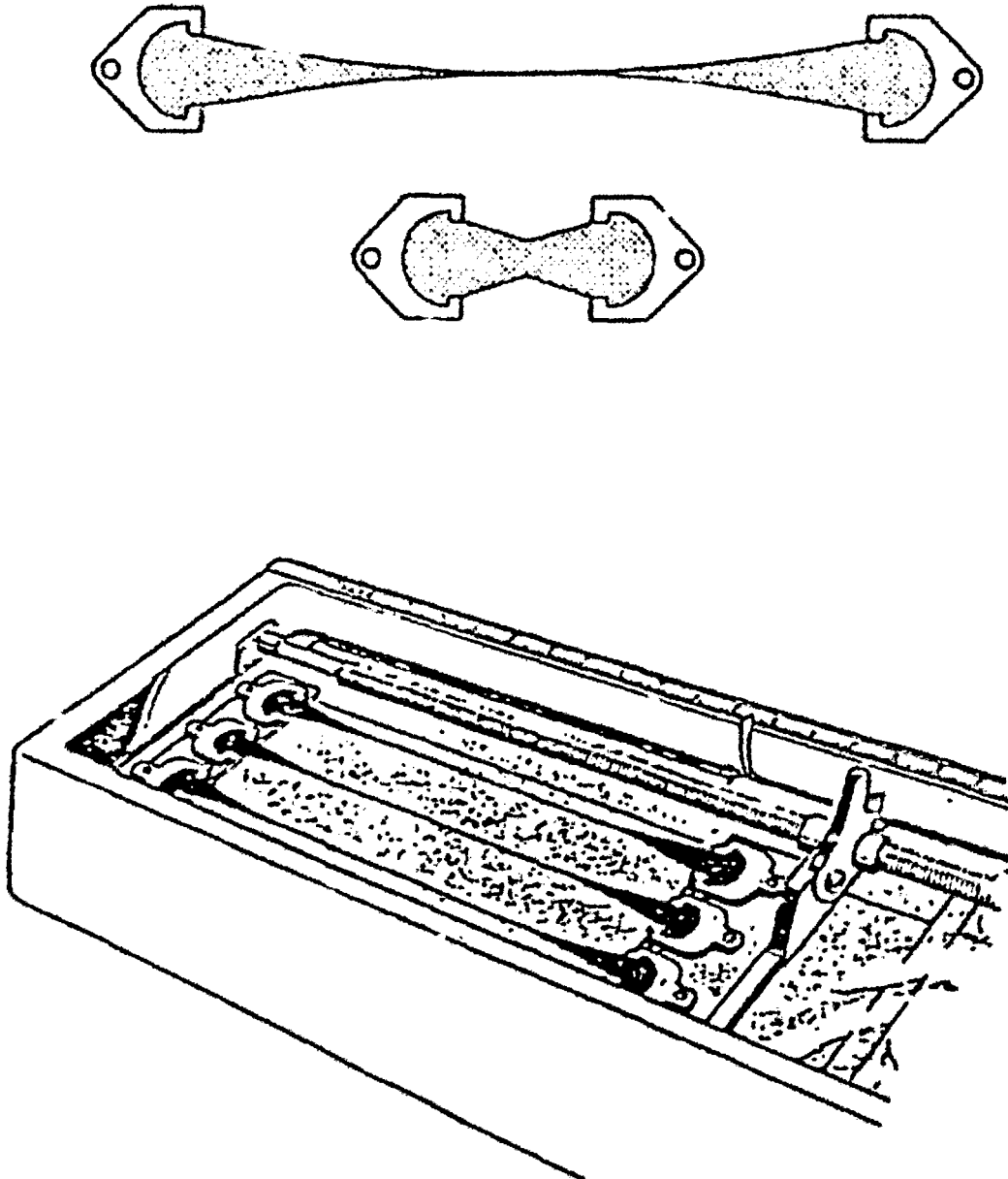


Figura 2.7 – Ensayo de Ductilidad

**2.5.4 Punto de inflamación (ASTM D-92 – AASTHO T-48).**- El punto de inflamación, indica la temperatura a la cual el asfalto puede ser calentado con seguridad, sin que se produzca una inflamación instantánea en presencia de llama.

Normalmente, las temperaturas a las cuales se operan los asfaltos durante el mezclado en usina, son más bajas que las temperaturas de inflamación de los asfaltos. Para tener la certeza de que esto es así, se debe determinar el punto de inflamación.

El ensayo consiste en colocar la muestra en el vaso Cleveland y calentarlo gradualmente, aplicando, a intervalos determinados, una pequeña llama sobre la superficie de la muestra. La temperatura más baja, a la cual los vapores producidos por el calentamiento, se inflaman, es tomada como el Punto de inflamación. (Figura N° 2.8)

Este ensayo, además permite detectar contaminación en los asfaltos, como consecuencia de restos de combustible o solventes en los camiones que transportan betunes, o bien por pérdidas de aceite en los circuitos de calefacción en las plantas asfálticas.

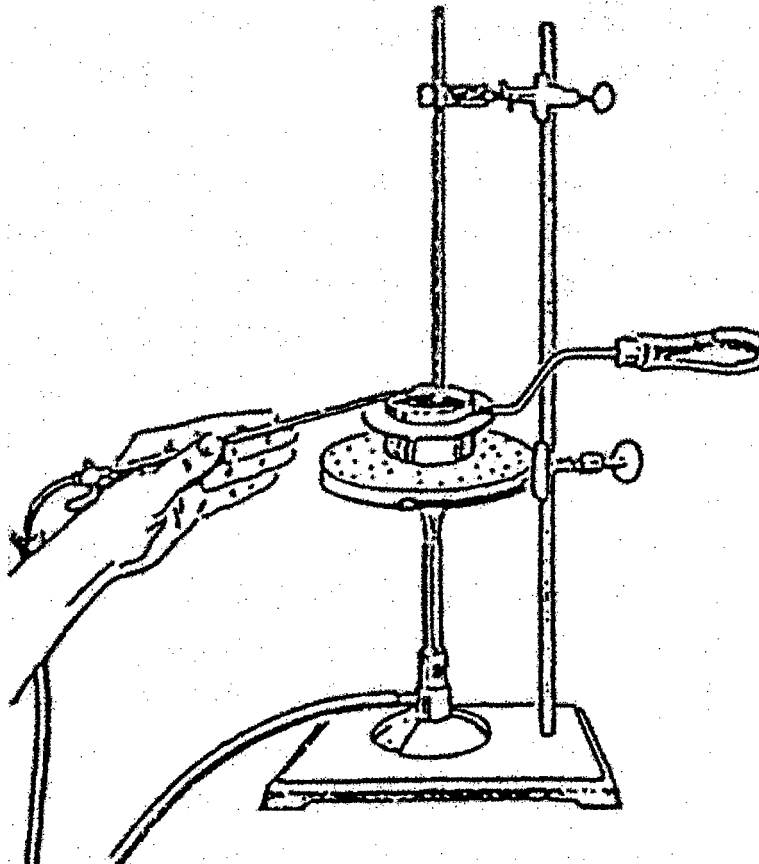


Figura 2.8 – Ensayo del Punto de Inflamación

**2.5.5 Pureza (ASTM D-2042 – AASTHO T-48).**- Los asfaltos presentan una solubilidad superior a 99.5% en sulfuro de carbono. La parte soluble representa a los constituyentes activos de los asfaltos, mientras que la parte no soluble lo constituye la materia mineral inerte, tales como sales, carbono libre, etc.

Los ensayos que se realizan normalmente para determinar la pureza de los asfaltos es el de solubilidad en sulfuro de carbono y en tetracloruro de carbono.

**2.5.6 Pérdida por calentamiento (ASTM D-6 – AASTHO T-47).**- Este ensayo tiene por objeto establecer los cambios que sufren los asfaltos por el calentamiento a temperatura elevada, determinando la pérdida en peso de componentes volátiles y el aumento de consistencia como consecuencia de la alteración.

La alteración de los asfaltos por calentamiento, se produce bajo circunstancias bien definidas:

- Durante el almacenaje caliente por un tiempo prolongado, en tanques de usina asfáltica.
- Durante la fabricación de la mezcla asfáltica.

*Para el primer caso citado*, se recurre al método ASTM D-6, que consiste en colocar una muestra de asfalto en una cápsula similar a la utilizada en el ensayo de penetración la que se pesa con precisión de 0.01 g.

La muestra se coloca sobre un plato que gira a 5-6 rpm, expuesta a una estufa durante 5 h. a 163 °C. Transcurrido este tiempo y una vez fría la cápsula se la pesa nuevamente, determinando el porcentaje de material perdido por evaporación.

*Para el segundo caso*, se refiere a la alteración en el proceso de mezclado en usina y durante la fabricación de la mezcla asfáltica, proceso de corta duración, pero crítico, en razón de la elevada temperatura y el pequeño espesor de la película de asfalto que recubre los agregados, provocando el endurecimiento del asfalto.

Mediante ensayos de laboratorio es posible conocer en forma aproximada, la alteración que sufren los asfaltos durante el mezclado en usina y posterior colocación de la mezcla.

Para ello se dispone de dos métodos:

**a) Prueba de Película Delgada en Horno (Thin Film Oven - TFO) (ASTM D-1754).**

El ensayo consiste en calentar una capa de asfalto de 3 mm de espesor, durante 5 hrs. a 163 °C, la cual es colocada sobre un plato que gira dentro de una estufa en un horno, a una velocidad de 5-6 rpm.

Al cabo del ensayo, se calcula, la pérdida de compuestos volátiles y al residuo se le determina la penetración, ductilidad y viscosidad, verificando mediante estos ensayos, el grado de alteración alcanzado.



Si bien este ensayo es incluido en numerosas especificaciones, el mismo tiene el inconveniente del prolongado tiempo de ejecución, es así que un nuevo ensayo trata de reproducir el mismo efecto, en un tiempo mucho menor, dicho ensayo es el de RTFO.

- b) Prueba de Película Fina en Horno Rotatorio (Rolling Thin Film Oven-RTFO) (ASTM D-2872).**- El método consiste en calentar a 163°C durante 75 minutos, una muestra de asfalto se coloca en la botella, y luego se pone, de costado, en un soporte rotatorio, que gira a 15 rpm continuamente la botella dentro del horno. Durante la rotación, el recipiente recibe un fino chorro de aire caliente y seco en forma permanente. Los cambios producidos son medidos basándose en ensayos de penetración, ductilidad y viscosidad. Este ensayo ha sido adoptado por AASHTO y ASTM, para graduar los asfaltos para pavimentación.

**2.5.7 Susceptibilidad Térmica.** Los cementos asfálticos utilizados en pavimentación, son materiales termoplásticos, cuya consistencia a muy bajas temperaturas, es la de un sólido rígido, viscoelástico a temperaturas intermedias y la de un líquido viscoso a altas temperaturas. Por lo tanto, es importante conocer el cambio de consistencia por efecto de la temperatura. Es así, que aquellos asfaltos que en su proceso de elaboración han sido sometidos al soplado con aire, tienen consistencias que cambian mucho menos con la temperatura, que aquellos que han sido obtenidos por refinación directa u otros procedimientos, en los que no interviene el soplado. La experiencia indica que los asfaltos soplados no han tenido un buen comportamiento en las obras viales.

Uno de los métodos utilizados para medir el efecto de la temperatura sobre la consistencia de los betunes, es el Índice de Penetración, desarrollado por Pfeiffer y Van Doormal. El mismo consiste en graficar el logaritmo decimal de la penetración, en función de la temperatura. La pendiente de la recta que se obtiene, es una medida de la susceptibilidad térmica.

Los investigadores antes mencionados, encontraron en numerosos asfaltos ensayados, que a la temperatura del Punto de Ablandamiento, la penetración aproximada era 800. Para calcular el Índice de Penetración es suficiente conocer la penetración a 25 °C y la temperatura del Punto de Ablandamiento, Pfeiffer y Van Doormal, tomaron como referencia un asfalto mexicano cuya penetración a 25 °C es de 200, al que le atribuyeron en  $I_p = 0$ .

Aquellos asfaltos menos susceptibles que el de la referencia acusan  $I_p$  positivos y los más susceptibles, negativos.

El  $I_p$  puede ser calculado por los siguientes métodos:

a) El primer método viene dado por la expresión:

$$I_p = \frac{20 - 10 \frac{50 \log\left(\frac{800}{P_{25}}\right)}{(T_{PA} - 25)}}{\frac{50 \log\left(\frac{800}{P_{25}}\right)}{(T_{PA} - 25)} + 1} \quad (2.1)$$

De esta manera, el Índice de Penetración puede ser calculado también mediante el Nomograma de la Figura N° 2.9.

Pero, el  $I_p$  ha sido cuestionado, en razón que sus fundamentos fija la temperatura de equiviscosidad (en la temperatura del Punto de Ablandamiento todos los asfaltos tienen una penetración de 800). Se ha comprobado que esto no es correcto, para asfaltos de distinto origen, a la temperatura del punto de ablandamiento, la viscosidad oscila entre 8000 y 30000 Poises.

b) El segundo método, subsana el problema anterior, basándose en dos o más penetraciones a distintas temperaturas se calcula directamente el  $I_p$ , entonces la ecuación 2.1 queda como:

$$I_p = \frac{20 - 10 \frac{50 \log\left(\frac{P_{T1}}{P_{T2}}\right)}{(T_1 - T_2)}}{\frac{50 \log\left(\frac{P_{T1}}{P_{T2}}\right)}{(T_1 - T_2)} + 1} \quad (2.2)$$

El  $I_p$  calculado con la ecuación 2.2 es sobre la base de dos penetraciones, puede ser obtenido del Nomograma de Heukelom, el que permite también calcular el T800. Este nomograma se muestra en la figura N° 2.10.

c) El tercer método, calcula el  $I_p$  a partir del Nomograma Modificado de McLeod (Figura N° 2.11) que utiliza valores de Penetración (25°C, 100g, 5s, 0.1 mm) y Viscosidad Cinemática (135 °C, cSt).

Las especificaciones EG-2000 del MTC fijan valores límites a los asfaltos empleados en pavimentación, entre -1 a +1.

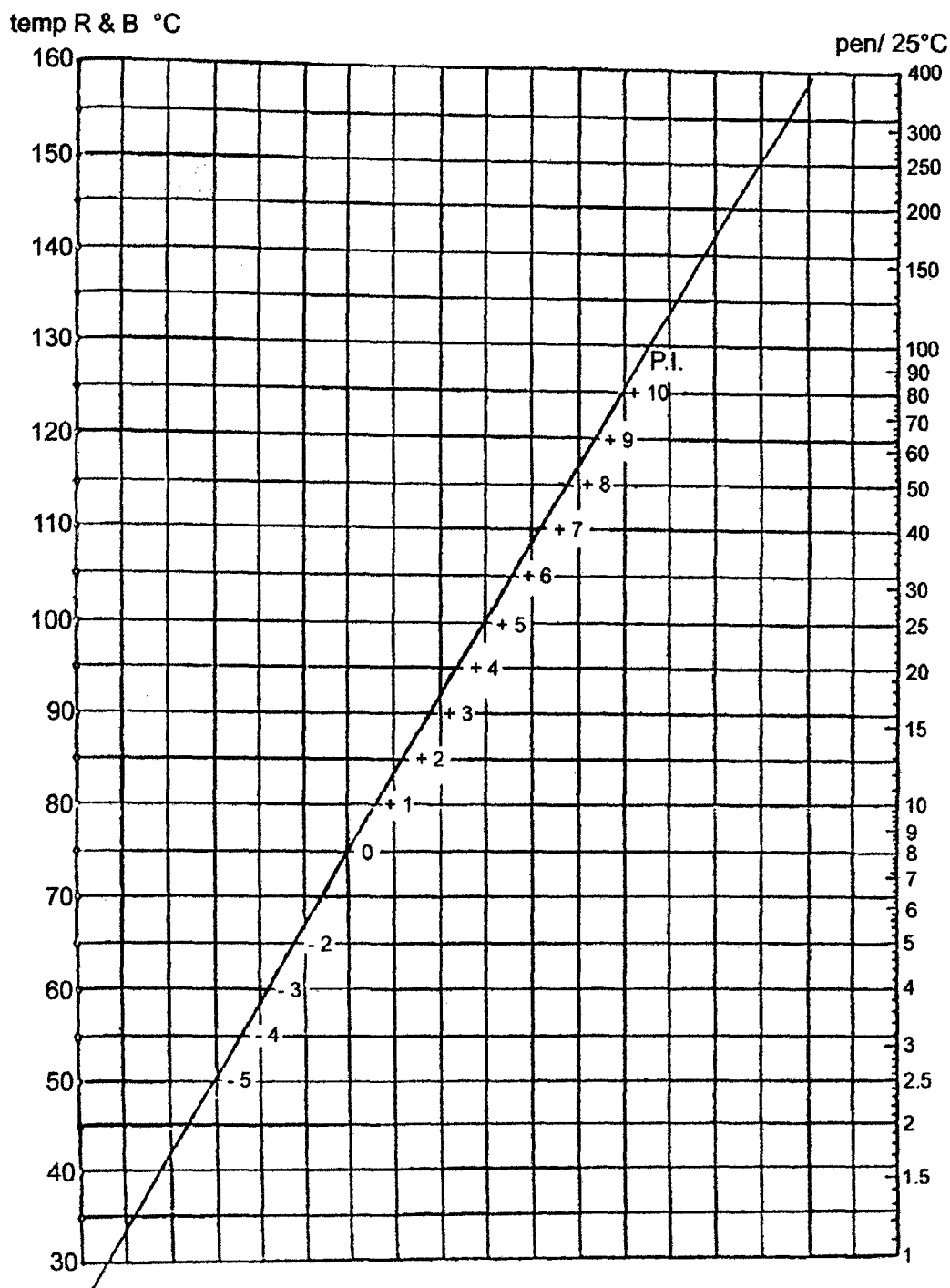
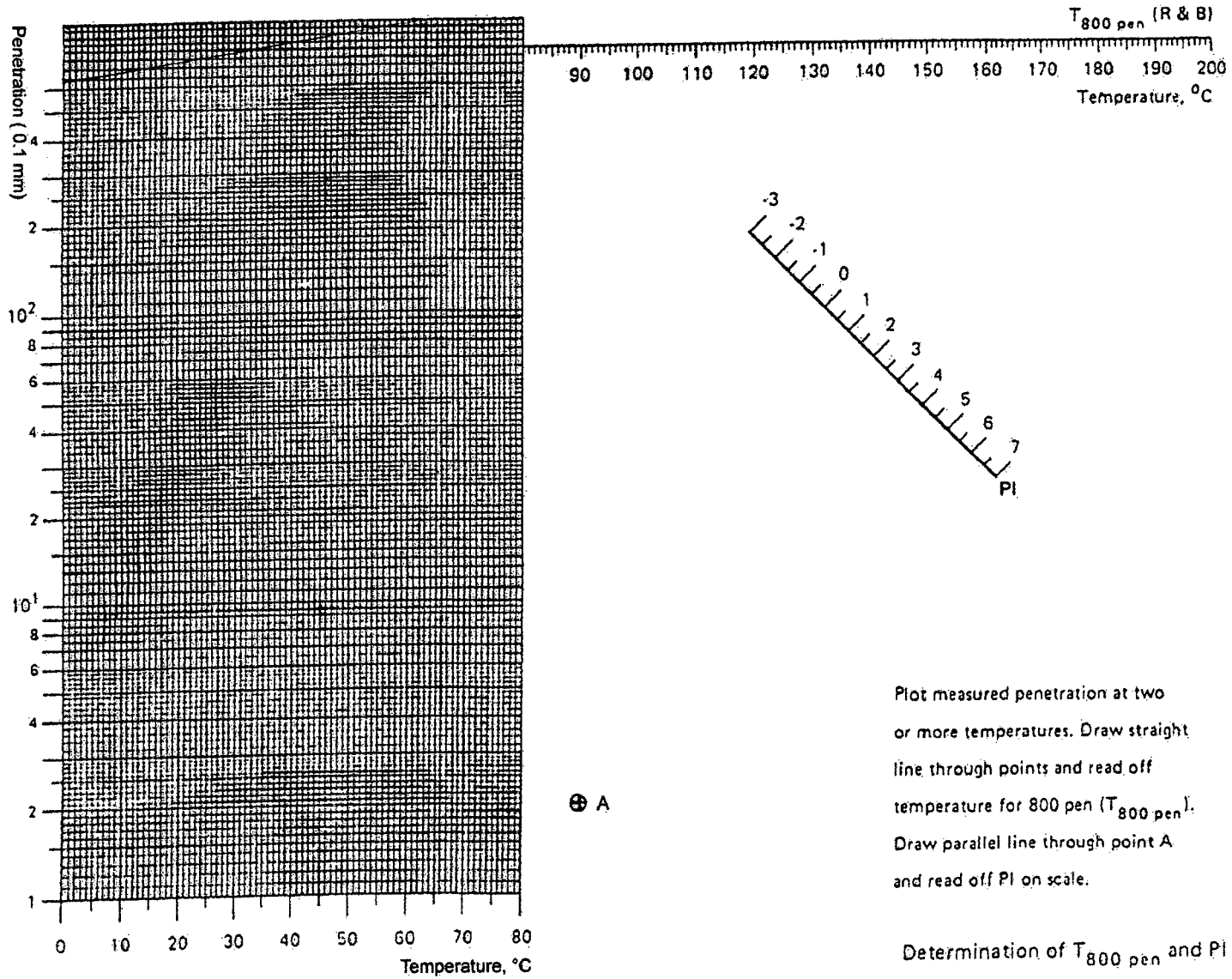


Figura 2.9 – Nomograma para la determinación del Índice de Penetración

Figura 2.10 – Nomograma para calcular el  $T_{800 \text{ pen}}$  y el I.P.



Plot measured penetration at two or more temperatures. Draw straight line through points and read off temperature for 800 pen ( $T_{800 \text{ pen}}$ ). Draw parallel line through point A and read off PI on scale.

Determination of  $T_{800 \text{ pen}}$  and PI

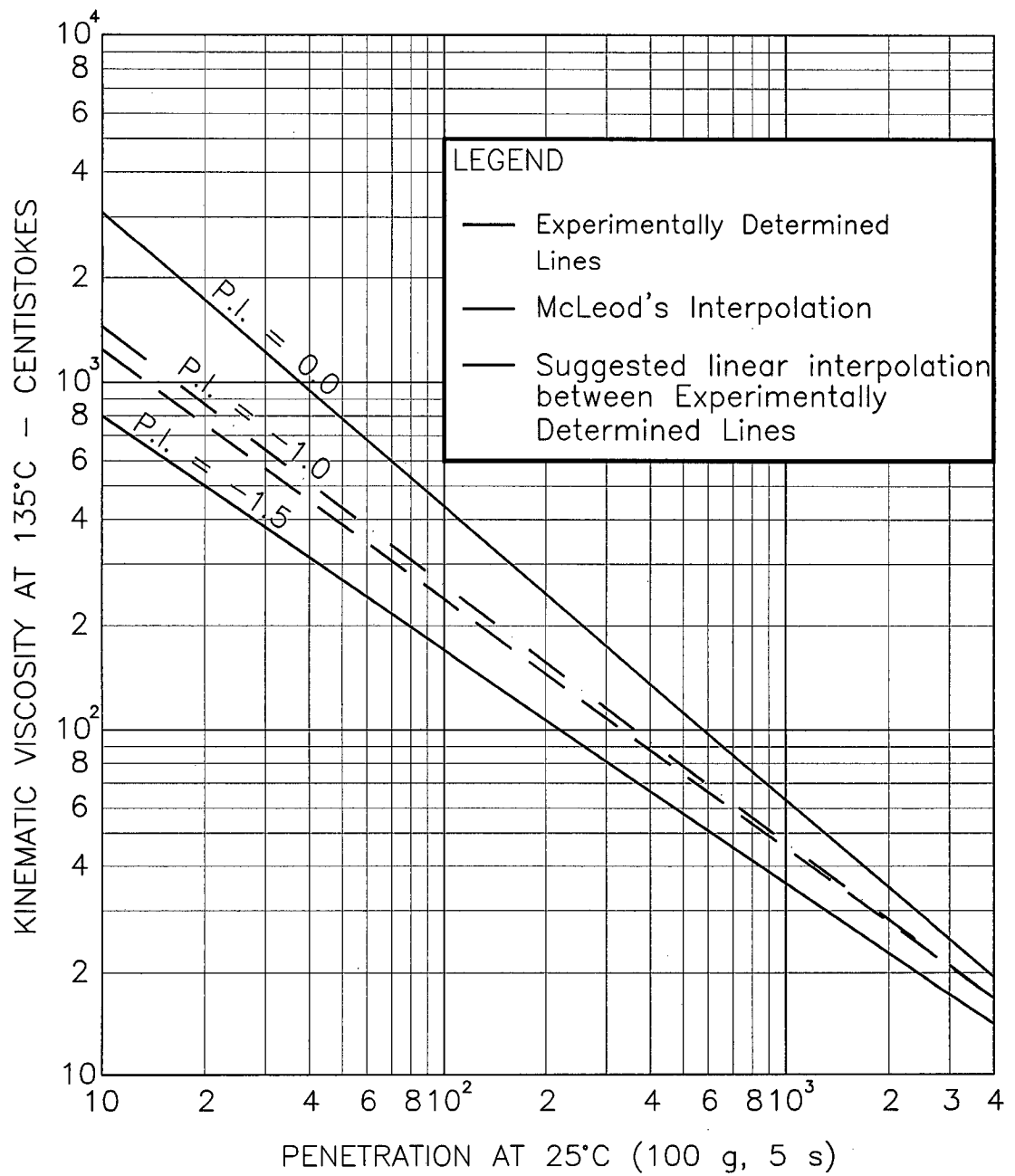


Figura 2.11 - Nomograma Modificado de McLeod para hallar el Ip

**2.5.8 Ensayo de Oliensis (Ensayo de mancha AASHTO T 102).**-El ensayo de Oliensis, es un ensayo de identificación de asfaltos, que permite reconocer aquellos obtenidos por cracking o bien aquellos que han sido alterados durante la elaboración de la mezcla asfáltica.

El ensayo consiste en tratar al asfalto, con un solvente de una tensión superficial determinada (24.5 – 25.0 dinas/cm); bajo estas circunstancias, los asfaltos no crakeados serán totalmente solubles en él, mientras que los crakeados, son parcialmente solubles, por precipitación de sus asfaltenos.

La visualización de la fracción insoluble, se pone en evidencia colocando una gota de la disolución sobre un papel de filtro. Si la mancha producida es homogénea, el resultado es negativo, el asfalto es de cracking, no ha sufrido alteraciones por excesivo calentamiento. Si la mancha es heterogénea, el resultado es positivo; se trata de un betún de cracking o que ha sido crakeado en la planta asfáltica.(Figura N° 2.12)



**Figura 2.12 - Resultado del ensayo de mancha**

**2.5.9 Punto de Fractura Fraas (I.P. 80/53).**- El punto de fractura Fraas, es la temperatura a la cual un asfalto se torna quebradizo, evidenciado por la aparición de fisuras, cuando una delgada película del ligante, de 0.005cm de espesor, colocada sobre una placa metálica, es enfriada a razón de 1°C por minuto, y flexionada periódicamente bajo condiciones especificadas.

Investigaciones realizadas por distintos autores, indican que a la temperatura de fractura Fraas, todos los asfaltos poseen la misma viscosidad, del orden de  $4 \times 10^9$  Poises y la misma penetración, de aproximadamente 1.25 décimas de milímetro.

## 2.6 Nomograma para relacionar ensayos de asfaltos (Bitumen Test Data Chart)

Los asfaltos son fabricados en una gran variedad de grados, cada uno con diferentes propiedades mecánicas debido al uso de distintos procesos de fabricación tales como destilación, soplado, precipitación con solventes, etc.

Un método de caracterización de los betunes, con ayuda de sus propiedades mecánicas, fue desarrollado por Heukelom, del laboratorio de la Shell de Holanda.

### 2.6.1 Identificación de asfaltos

Heukelom ha demostrado que los asfaltos pueden ser divididos en tres clases, cada uno mostrando un tipo específico de comportamiento, mediante representación gráfica de resultados de ensayos normales, sobre un nomograma denominado "Bitumen Test Data Chart".

Los ensayos que normalmente se emplean para la representación, son los de Penetración, Punto de ablandamiento, Punto de Fractura Fraas y Viscosidad.

El gráfico, cuyo modelo es mostrado en la Figura N° 2.13 consiste en una escala horizontal para temperatura y en dos escalas verticales, una para penetración y la otra para viscosidad. La escala de penetración está provista de dos marcas, indicando que el punto de fractura Fraas está aproximadamente a una penetración de 1.25 y el punto de ablandamiento, alrededor de una penetración de 800.

Según este concepto, cada asfalto es calificado como:

**"Clase S"**: Su representación grafica es una línea recta y comprende a aquellos asfaltos de diferente origen, pero con bajo contenido de parafina, obtenidos por reducción directa (Figura N° 2.14).

Los valores experimentales de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, volcados en este gráfico, permiten obtener una línea recta, mediante la cual es posible también calcular el Índice de Penetración, trazando una recta paralela a la anterior, desde el punto P marcado en el nomograma y la escala de índice de penetración, cabe resaltar que este tipo de asfaltos son los que se emplean en pavimentación.

Figura 2.13 - BITUMEN TEST DATA CHART  
(Ref. W. Heukelom, J. Inst. Petr. 55, 1969, 404-417)

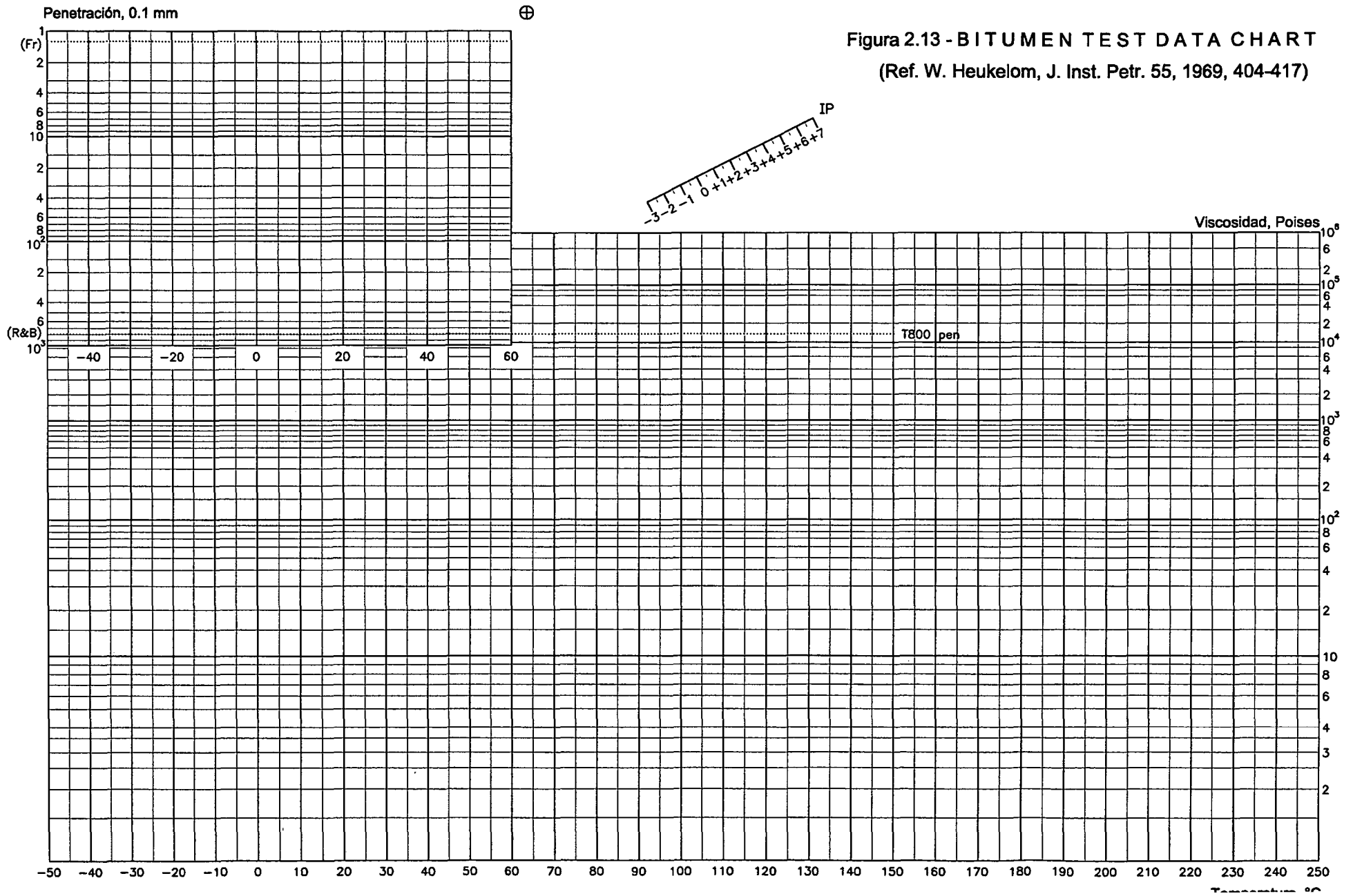
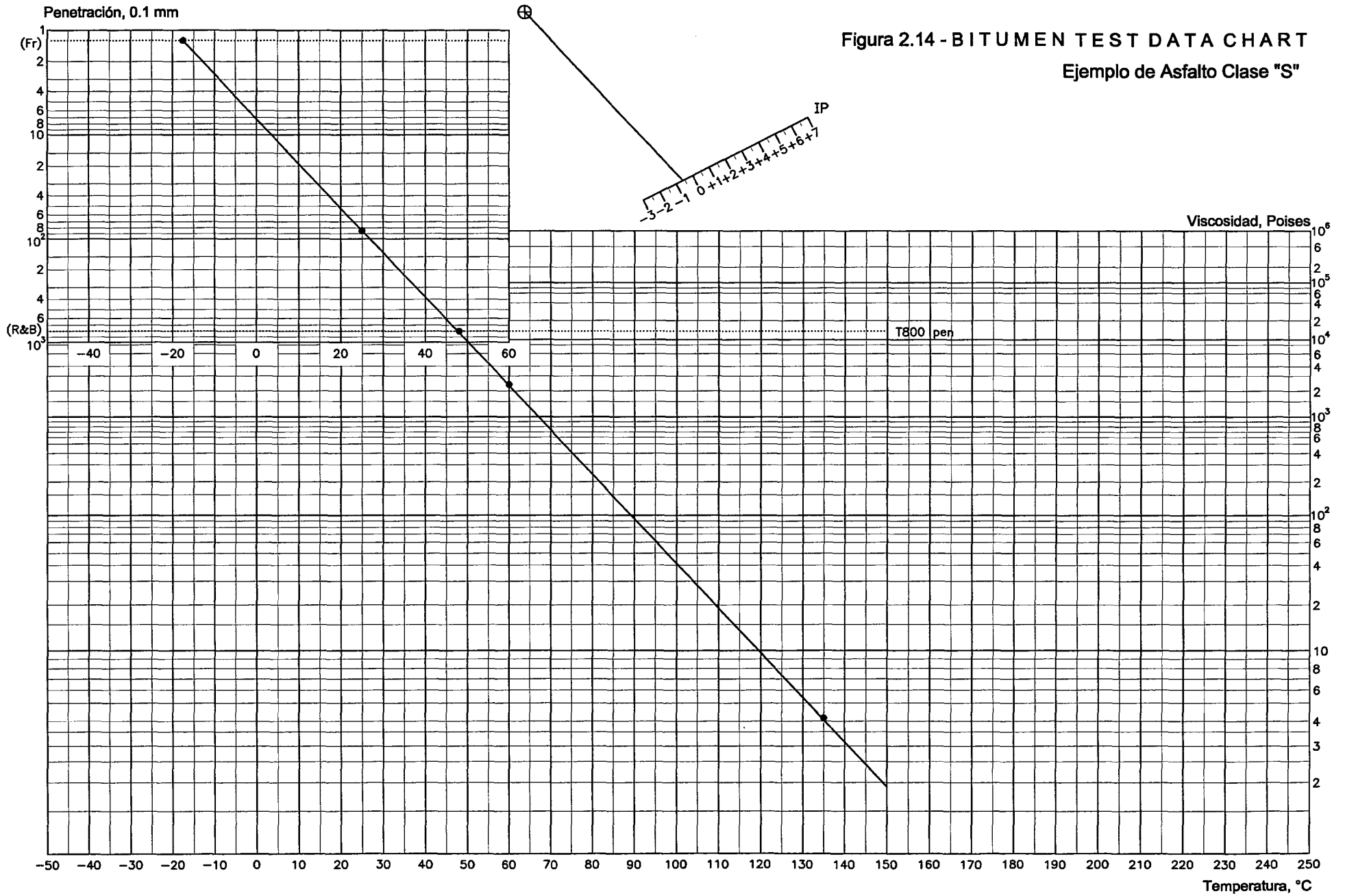




Figura 2.14 - BITUMEN TEST DATA CHART  
Ejemplo de Asfalto Clase "S"



- ☑ **"Clase W"**: Al ser representados en el nomograma, originan curvas del tipo de las descritas en la Figura N° 2.15, y comprende asfaltos con un alto contenido de parafina. En esta figura, se ha representado un asfalto parafínico, (W) junto con la representación del mismo asfalto, al que se le ha extraído la parafina (S). El asfalto parafinoso origina dos líneas rectas, casi con igual pendiente, pero no alineadas, dejando entre sí una zona de transición, que corresponde a diferentes estados de cristalización y solubilidad de las parafinas. A baja temperatura, cuando la parafina está cristalizada, no hay diferencia entre las curvas de los asfaltos con y sin parafina. A alta temperatura, cuando la parafina está fundida, la curva para el asfalto parafinoso es más baja, existiendo entre ambas, la zona de transición indicada por líneas rayadas.
  
- ☑ **"Clase B"**: Cuando se representa este tipo de asfaltos en el nomograma, originan curvas que consisten en dos líneas rectas con diferentes pendientes, tal como las mostradas en la Figura N° 2.16, en este caso se refiere a asfaltos soplados. A altas temperaturas, la pendiente de estos betunes es similar a la de los betunes del mismo origen pero sin soplar, mientras que a baja temperatura, la pendiente de la recta es menos pronunciada. Los ejemplos dados, corresponden a betunes con un alto grado de oxidación, que no se emplean normalmente en pavimentación, sin embargo el nomograma es una herramienta útil para poner en evidencia la diferencia de comportamiento de los asfaltos oxidados.

### 2.6.2 Temperatura de aplicación

Para conseguir una buena cobertura de los áridos por parte del asfalto, es necesario que su viscosidad sea la óptima a la temperatura de mezclado. Si la viscosidad es muy alta, los agregados no serán cubiertos en su totalidad; pero, si la viscosidad es muy baja, se producirá una buena cobertura inicial, lo que podría ocasionar el escurrimiento del asfalto de los agregados, durante el transporte de la mezcla.

Para el proyecto de mezclas asfálticas en caliente en laboratorio, de acuerdo al Método Marshall, la especificación ASTM D-1559, establece que la viscosidad del asfalto en el mezclado debe estar comprendido entre  $170 \pm 20$  centistokes ( $85 \pm 10$  Segundos Saybolt Furol) y para la compactación entre  $280 \pm 30$  centistokes ( $140 \pm 15$  Segundos Saybolt Furol), procediendo bajo estas condiciones, los resultados obtenidos por diferentes laboratorios serán mas homogéneos, en razón de haberse eliminado la variable asfalto del ensayo.

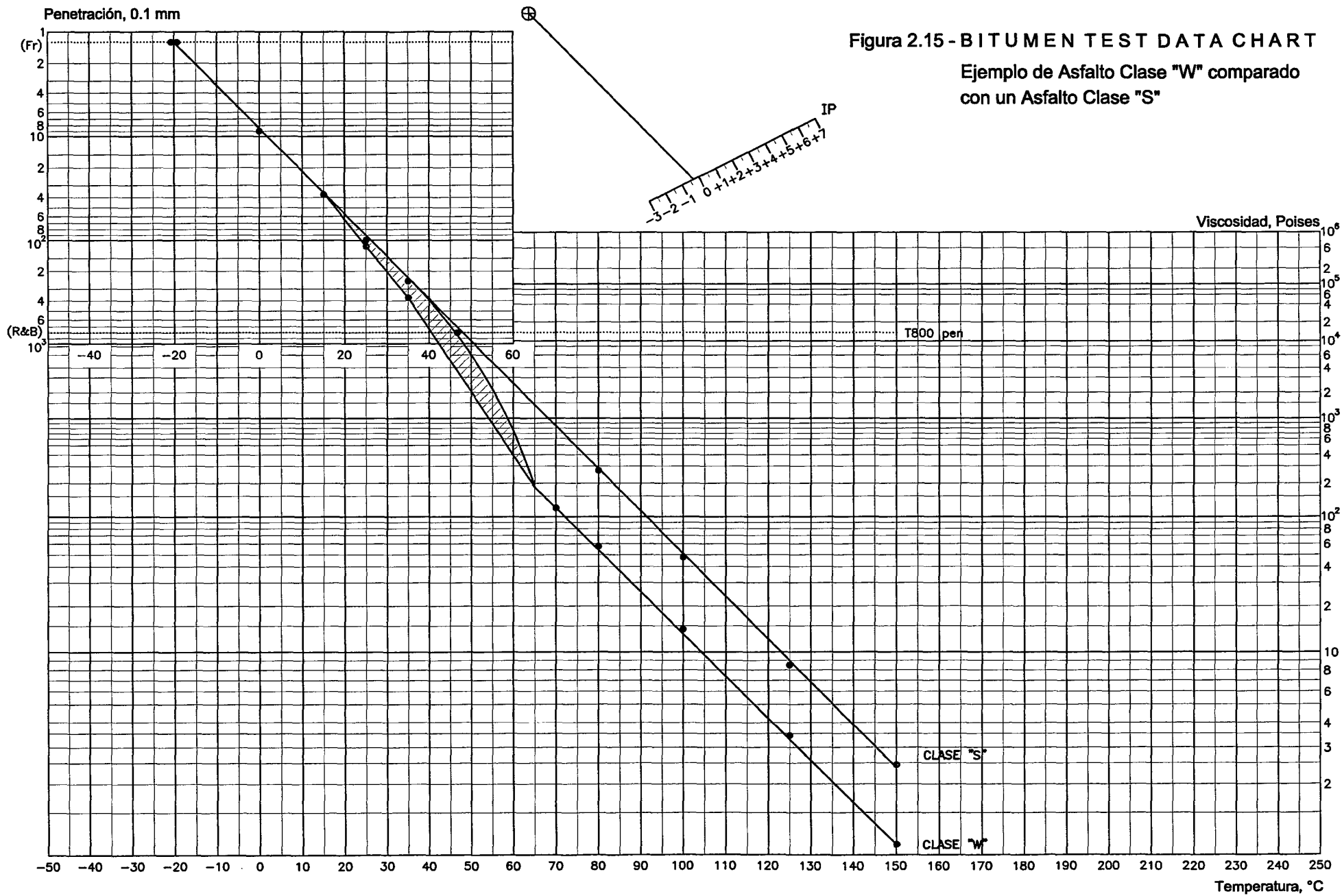
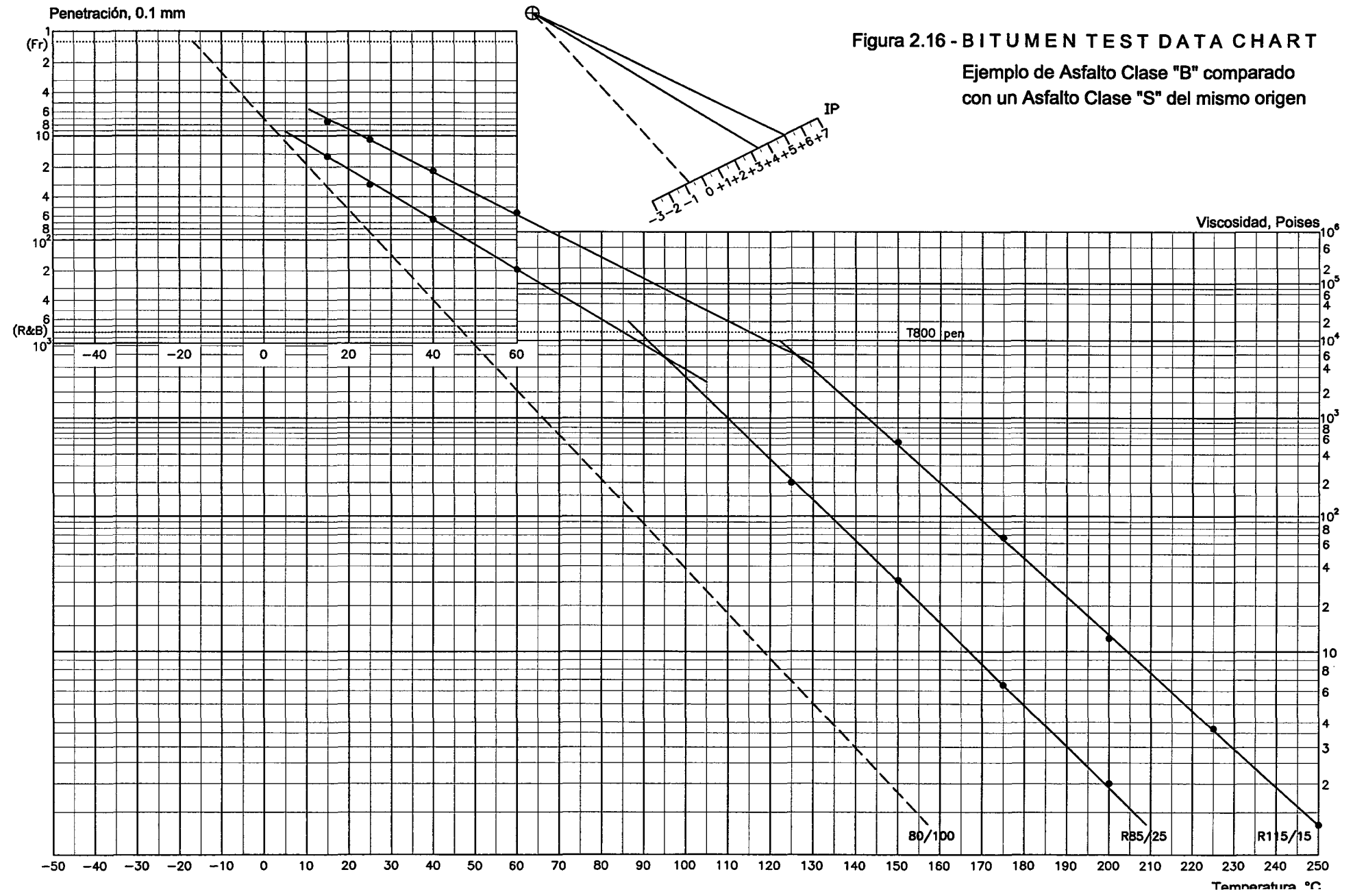


Figura 2.16 - BITUMEN TEST DATA CHART

Ejemplo de Asfalto Clase "B" comparado con un Asfalto Clase "S" del mismo origen



Durante la ejecución de la mezcla en obra, donde el sistema de mezclado es más eficiente, el Instituto del Asfalto, recomienda una viscosidad comprendida entre 150 y 300 centistokes (75 – 150 SSF).

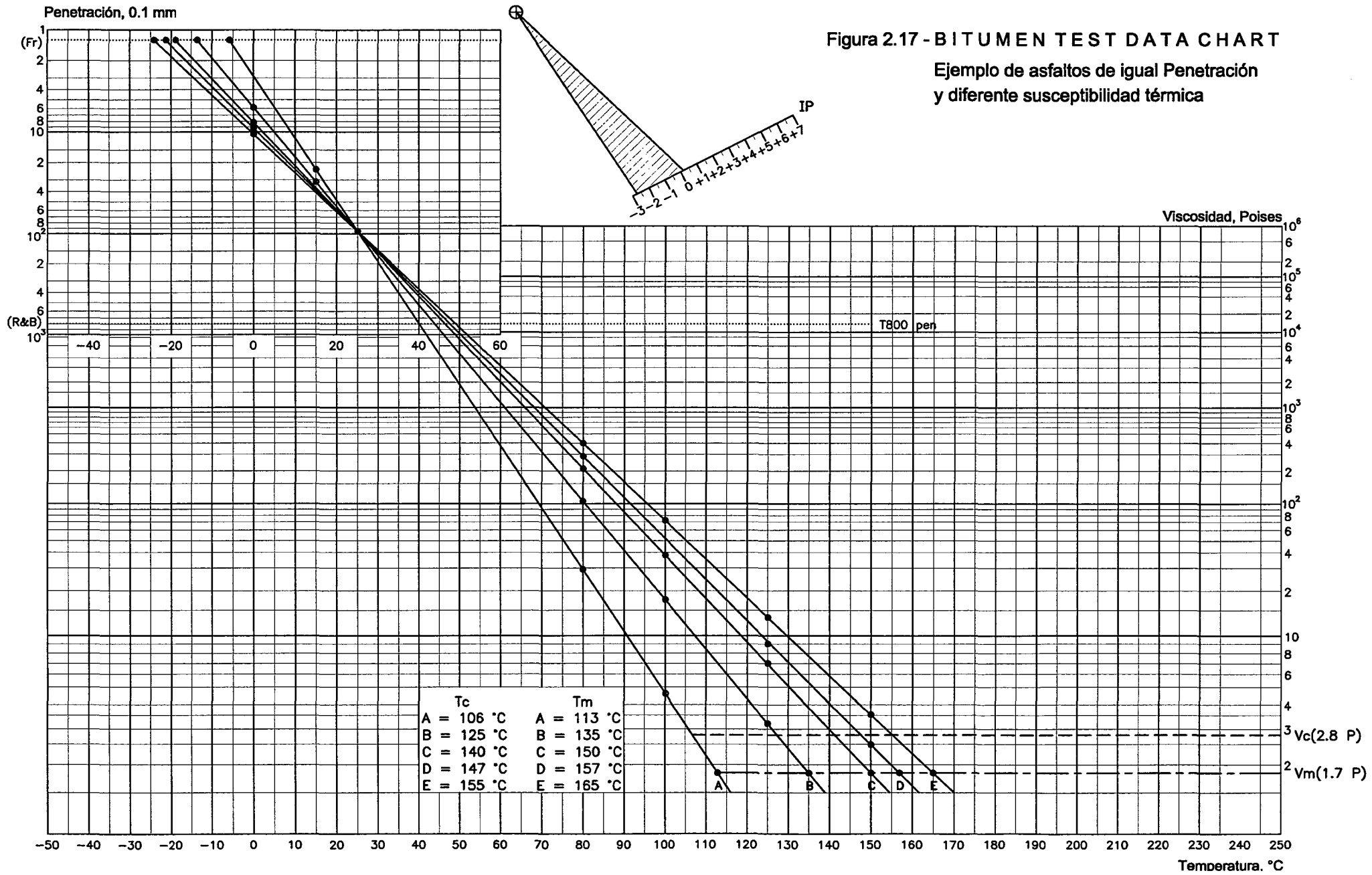
Mediante el nomograma, es posible, de una manera sencilla, calcular las viscosidades óptimas de mezclado y compactación, graficando los resultados de ensayos corrientes, tales como penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, sin embargo en cada recepción del cemento asfáltico se tiene reportes de la refinería, en nuestro caso la Refinería de Conchan, donde figura la Carta de Viscosidad, de donde directamente se puede calcular dichas temperaturas.

Es una práctica generalizada, para la recepción de los cementos asfálticos, el empleo del ensayo de penetración como única técnica para caracterizar el tipo de betún. En la Figura N° 2.17, se presenta una serie de asfaltos de distinto origen, pero de igual penetración a 25°C. Las distintas pendientes de las rectas, nos indican marcadas diferencias en la susceptibilidad térmica, mostrada por los diferentes índices de penetración, que varían entre 0 y -3. Como consecuencia de esto, las temperaturas óptimas de mezclado, para una viscosidad media de 1.7 Poises varía entre 113 a 165°C, mientras que para la compactación para una viscosidad media de 2.8 Poises, las temperaturas varían entre 106 y 155°C. En este caso y por razones de practicidad, los límites de viscosidad han sido tomados en Poises en lugar de centistokes.

Por lo tanto no se recomienda que la Penetración sea una medida racional de la consistencia de los asfaltos.

Figura 2.17 - BITUMEN TEST DATA CHART

Ejemplo de asfaltos de igual Penetración y diferente susceptibilidad térmica



## **Capítulo III**

# **PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN ZONAS DE ALTURA**

### III PAVIMENTOS ASFALTICOS EN ZONAS DE ALTURA

#### 3.1 INTRODUCCION

Se considera que un pavimento pertenece a la categoría de “pavimentos en zonas de altura”, cuando se encuentra ubicado por encima de los 3,500 m.s.n.m., donde la problemática de estos pavimentos está íntimamente ligada a las condiciones climáticas de la región y a las características de los materiales locales, dichas condiciones son similares a las zonas de climas fríos. Sin embargo, esta es una referencia altimétrica que de ninguna manera pretende ser limitante, ya que el problema de un pavimento asociado a la altura esta relacionado con una serie de factores hidro-metereológicos que pueden darse a alturas menores o, caso contrario, pueden no darse a alturas mayores.

En el Perú existen carreteras por mas de 2500 Km encima de los 3500 m.s.n.m., el cual comprende una porción importante de la red vial del Perú. En el cuadro N° 3.1 se presenta una relación de estas vías y en la figura N° 3.1 se presenta el mapa del Perú con las principales vías.

N°	Ruta principal	L>=3500 m.s.n.m. (Km)
1	Huancayo-Ayacucho	300
2	Puno-Cusco	300
3	Ilo-Desaguadero	265
4	Ayacucho-San Francisco	200
5	Nazca-Puquio-Chuallhuanca	200
6	La Oroya-Huanuco	180
7	Pisco-Ayacucho	170
8	Arequipa-Juliaca	150
9	Puno-Desaguadero	150
10	Tacna-Tarata-Candarave-Huaytire	150
11	Lima-Canta-Cerro de Pasco	125
12	Mazocruz-Ilave	75
13	Lima-La Oroya	70
14	Cusco-Abancay	50
15	Pativilca-Huaraz-Caraz	50
16	Izcuchaca-Huanta-Huancavelica	40
17	Las Vegas-Tama	25
Total		2500

Cuadro 3.1 - Relación de carreteras en zonas de altura





Figura 3.1 – Principales redes viales del Perú

### 3.2 CONDICIONES DE SERVICIO DEL PAVIMENTO

Un pavimento asfáltico en un clima frío y de altura, esta expuesto a los siguientes factores agresivos:

- Baja Temperatura
- Alto Gradiente Térmico
- Alta Radiación Solar
- Agua Superficial y subterránea

#### 3.2.1 Baja Temperatura

En general se considera como región fría aquella cuyo clima consiste básicamente en bajas temperaturas medias anuales, con heladas frecuentes y prolongadas con su correspondiente período de deshielo y eventualmente con vientos de fuertes ráfagas, que en su conjunto originan serias dificultades, tanto durante la construcción como durante la vida útil del pavimento afectando su durabilidad.

La temperatura baja es un factor que provoca que el ligante bituminoso adquiera la consistencia de un sólido frágil y quebradizo. Este efecto se acentúa cuando el asfalto experimenta una alta susceptibilidad térmica, como es el caso de los asfaltos nacionales (Greenstein, 1982). A temperatura baja, el comportamiento del asfalto pierde flexibilidad, lo que provoca el fisuramiento de la estructura ante el paso del tráfico pesado, para tiempos cortos de aplicación de carga; así mismo, se producen deformaciones, para tiempos elevados de aplicación de carga. (Agnusdei, 1997)

#### 3.2.2 Alto Gradiente Térmico

El gradiente térmico es la diferencia entre la temperatura más alta y la mas baja, que se producen en un determinado intervalo de tiempo. Su acción es más destructiva cuanto mayor es su magnitud y menor es el lapso en que se produce. El gradiente térmico genera cambios volumétricos (contracción-dilatación) en el interior de la estructura asfáltica, lo que a su vez induce esfuerzos traccionantes que, muchas veces, superan la capacidad o resistencia de la mezcla. La acción mecánica del gradiente térmico sobre el material conlleva finalmente al fisuramiento, ya sea por un efecto de fatiga o por la sobresolicitación de estructura.

### 3.2.3 Alta Radiación Solar

La altura sobre el nivel del mar, es uno de los factores fundamentales que inciden en la intensidad de las radiaciones solares, sobre la superficie terrestre. Investigaciones realizadas, confirman que a unos 3000 m de altura, la intensidad relativa de la radiación ultravioleta, es aproximadamente cinco veces mayor que la producida al nivel del mar. Mediciones efectuadas a 4,000 m.s.n.m. indican una radiación de  $5.5 \times 10^6$  calorías/m<sup>2</sup>/día, calor suficiente para hacer hervir 55 litros de agua al día, por metro cuadrado de pavimento.

Las radiaciones ultravioletas actúan catalizando la reacción de oxidación entre ciertos componentes del asfalto y el oxígeno del aire, aumentando su velocidad lo que conduce a un rápido incremento de la consistencia del asfalto.

Traxler, sostiene que el efecto de las radiaciones ultravioletas, solamente se produce en la parte superior de la superficie asfáltica, ya que la energía de estas radiaciones es insuficiente para penetrar muy profundamente en el espesor de capa asfáltica.

### 3.2.4 Agua Superficial y Agua Subterránea

El agua superficial también contribuye a la oxidación del asfalto, al ingresar a los vacíos de la mezcla y liberando el oxígeno. Sin embargo su mayor efecto destructivo se manifiesta en forma combinada con las cargas de tráfico, debido a que el agua alojada en las fisuras del pavimento, por efecto de la presión de los neumáticos, genera una presión de poros que gradualmente destruye el pavimento asfáltico.

El problema del nivel freático o agua subterránea se da sobre todo en zonas del altiplano, o en las denominadas "pampas", en donde por falta de drenaje natural, los suelos suelen mantener acumulada importantes cantidades de agua durante todo el año. La presencia de aguas estancadas permanentes, da origen a estratos potentes de suelos finos, orgánicos, saturados, de coloración oscura a los que se denomina bofedales. También se presentan zonas con suelos finos saturados aledañas a los cursos altos de los ríos o en las riveras de las lagunas. Al efectuarse los cortes a media ladera se suele encontrar flujos de agua subterránea, aflorando en los taludes.

La actuación combinada de estos cuatro factores incide en el deterioro prematuro y acelerado del pavimento asfáltico, conllevando al fisuramiento, de arriba hacia abajo, de

la estructura bituminosa. Una vez fisurado el asfalto, el agua superficial (lluvia, regadío o deshielo) se infiltra, a través de las grietas, hacia las capas inferiores (materiales generalmente con componentes arcillosos), provocando la pérdida de capacidad al esfuerzo cortante y el colapso de la estructura total. Esta situación se agrava con la actuación adicional del agua subterránea y con la susceptibilidad al congelamiento de los suelos.

También, la vida útil de un pavimento asfáltico depende del tipo de mezcla y de la durabilidad del asfalto.

### 3.3 COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

La limitación principal de las mezclas asfálticas, trabajando en zonas de altura, es su reducida capacidad de resistencia a la tracción. Los esfuerzos producidos por el alto gradiente térmico en un lapso muy corto ( $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+30^{\circ}\text{C}$ ) superan la capacidad intrínseca de cualquier mezcla convencional.

Para entender mejor el comportamiento de las mezclas asfálticas debemos comprender los tipos básicos de deterioros que el ingeniero trata de evitar:

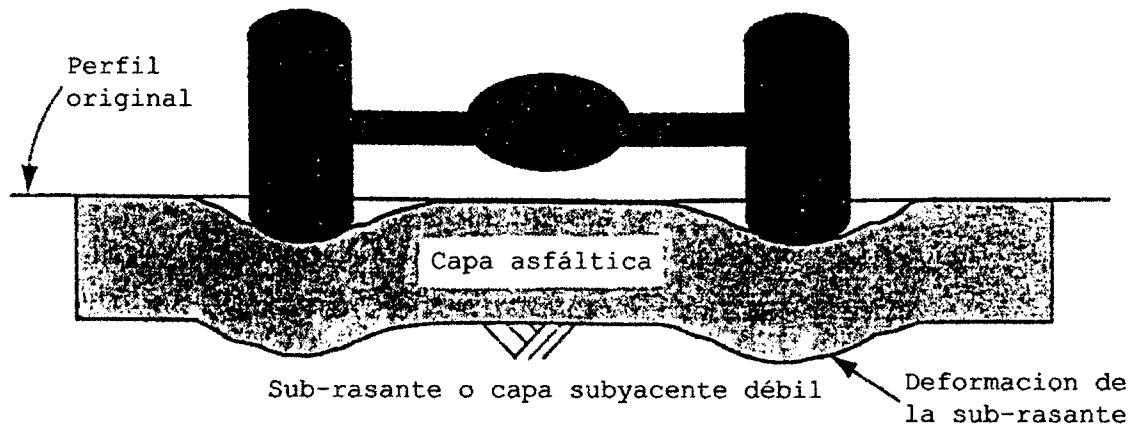
- La deformación permanente
- La fisuración por fatiga, y
- La fisuración por baja temperatura (importante en pavimentos en zonas de altura).

#### 3.3.1 Deformación permanente (permanent deformation)

La deformación permanente es el deterioro caracterizado por la existencia de una sección transversal la superficie que ya no ocupa su posición original. Se llama deformación "permanente" pues representa la acumulación de pequeñas deformaciones producidas con cada aplicación de carga. Esta deformación es irre recuperable. Si bien el ahuellamiento puede tener varias causas (p. Ej. :debilidad de la MAEC por daño de humedad, abrasión, densificación del tránsito), hay dos principales.

Primer caso, el ahuellamiento es causado por muchas aplicaciones repetidas de carga al suelo natural (es decir la sub-rasante), la sub-base, o la base por debajo de la capa asfáltica (Figura N° 3.2). Aunque la utilización de materiales viales más rígidos reduce parcialmente este tipo de ahuellamiento, el fenómeno es normalmente considerado mas

un problema de los materiales. Frecuentemente, es el resultado de una sección de pavimento demasiado delgada, sin la suficiente profundidad para reducir, a niveles tolerables las tensiones sobre la sub-rasante debilitada por el ingreso inesperado de humedad. La acumulación de la deformación permanente ocurre mas en la sub-rasante que en las capas asfálticas.



**Figura 3.2 – Ahuellamiento de una subrasante débil**

Segundo caso, El otro tipo principal de ahuellamiento (el que más concierne aquí) se debe a la acumulación de deformaciones en las capas asfálticas. Este tipo de ahuellamiento es causado por una mezcla asfáltica cuya resistencia al corte es demasiado baja para soportar las cargas pesadas repetidas a las cuales esta sometida (Figura N° 3.3). A veces el ahuellamiento ocurre en una capa superficial débil. En otros casos, la capa superficial no es en si misma propensa al ahuellamiento, pero acompaña la deformación de una más débil.

Cuando una mezcla asfáltica se ahuella, es evidente que tiene una baja resistencia al corte. Cada vez que un camión aplica carga, una deformación pequeña, pero permanente, se ocasiona. La deformación por corte se caracteriza por un movimiento de la mezcla hacia abajo y lateralmente. Con un número dado de repeticiones de carga aparecerá el ahuellamiento. Los pavimentos asfálticos ahuellados tienen una seguridad deficiente porque los surcos que se forman retienen suficiente agua para provocar hidroplaneo o acumulación de hielo.

Debido a que el ahuellamiento es una acumulación de muy pequeñas deformaciones permanentes, una forma de asegurar que el cemento asfáltico aporte una aceptable resistencia al corte es usar un cemento asfáltico no solo duro sino de comportamiento lo más próximo posible a un sólido elástico a altas temperaturas del pavimento, así cuando

una carga es aplicada al cemento asfáltico en la mezcla, aquel tiende a actuar como una banda de goma y a recuperar su posición original en el lugar de permanecer deformado.

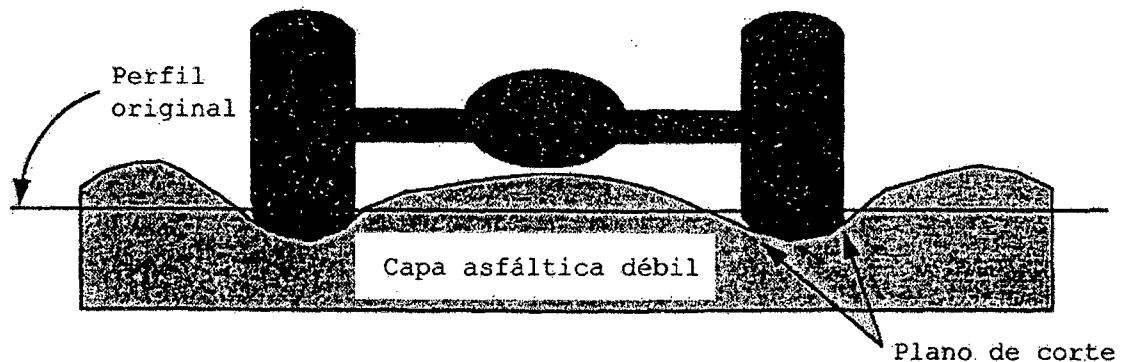


Figura 3.3 – Ahuellamiento de una mezcla débil

Otra forma de incrementar la resistencia al corte de las mezclas asfálticas es eligiendo un agregado con un ángulo de fricción interna alto. Esto se logra con la selección de un agregado de buena cubicidad y rugosidad, y con una granulometría tal que se desarrolle un buen contacto partícula – partícula. Cuando una carga es aplicada al agregado en la mezcla, las partículas del agregado se juntan y funcionan no sólo como una masa de partículas individuales sino como un enorme, única roca elástica. Al igual que con el cemento asfáltico, el agregado de recuperará actuara como una banda de goma que recuperará su forma original cuando es descargado. De esta forma, no se acumularán deformaciones permanentes

Si bien el mayor aporte a la resistencia a la deformación permanente de la mezcla proviene del agregado, también es importante la colaboración del ligante asfáltico. Los ligantes con bajas características de corte por composición o por temperatura minimizan la cohesión y hasta cierto punto la tensión "normal" de confinamiento. Así la mezcla comienza a comportarse como una masa de agregados no ligados.

### 3.3.2 Fisuración por fatiga (fatigue cracking)

Como el ahuellamiento, la fisuración por fatiga es un tipo de deterioro que con mucha frecuencia se produce en la huella donde las cargas pesadas son aplicadas. Las fisuras longitudinales intermitentes a lo largo de la huella (esto es, en la dirección del tránsito) son un signo prematuro de la fisuración por fatiga. Esta es un deterioro de tipo progresivo porque, en algún momento, las fisuras iniciales se unirán con otras, causando aún mas

fisuras. Un estado intermedio de la fisuración por fatiga es denominado “piel de cocodrilo” – así llamado porque su forma se asemeja a la piel de un cocodrilo (Figura 3.4). En algunos casos extremos, el estado final de la fisuración por fatiga es la desintegración con la formación de baches. Un bache se forma cuando varias piezas comienzan a dislocarse y desprenderse bajo la acción del tránsito.

Los ingenieros han largamente reconocido que una mezcla asfáltica muy rígida tiende a oponer baja resistencia a la fatiga cuando la estructura permite deflectar a la capa asfáltica. Materiales rígidos, altas deflexiones y altos niveles de tensiones conducen a vidas útiles reducidas por la fatiga.

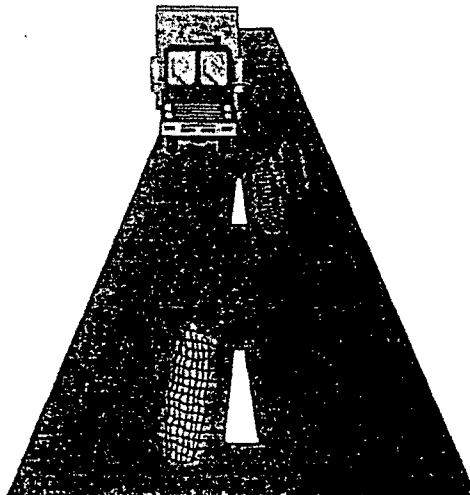
Si bien el mecanismo de fatiga es fácil de comprender, sus causas no siempre lo son. No puede ser enfocado como un problema de los materiales exclusivamente. La fisuración por fatiga es usualmente causada por un número de factores que deben producirse simultáneamente. Obviamente, las cargas pesadas repetidas deben estar presentes. Algunos ingenieros creen que una subrasante con pobre drenaje, resultando en pavimentos blandos con altas deflexiones, es la causa principal del fisuramiento por fatiga. Pobres diseños y/o deficiente construcción de capas del pavimento que son también propensas a sufrir altas deflexiones cuando cargadas, probablemente contribuyen al fisuramiento por fatiga. Así, capas de pavimento delgadas, muy rígidas, sujetas a altas deflexiones por cargas repetidas son más susceptibles al fisuramiento por fatiga.

En muchos casos, el fisuramiento por fatiga es solo un signo de que un pavimento ha sido transitado de cargas para el cual fue diseñado. Luego, está simplemente “agotado” y necesita una rehabilitación planificada. Asumiendo que la ocurrencia del fisuramiento por fatiga coincide aproximadamente con el diseño, esto no sería necesariamente una falla, sino la progresión natural de una estrategia de diseño del pavimento. Si el fisuramiento observado ocurre mucho antes de concluido el periodo de diseño, sería un signo de que el pavimento recibió mas cargas pesadas, antes de lo previsto.

En consecuencia, la mejor forma de superar el fisuramiento por fatiga es:

- Estimación adecuada del número de cargas pesadas en la etapa de diseño
- Mantener, por todos los medios posibles, seca la sub-rasante
- Usar pavimentos de mayor espesor

- Emplear materiales que no sean excesivamente débiles ante la presencia de la humedad, y
- Utilizar materiales para pavimentos que sean lo suficientemente resilientes para resistir deflexiones normales.



**Figura 3.4 – Fisuramiento( por fatiga) tipo piel de cocodrilo**

En general, las mezclas asfálticas no son afectadas por la humedad al ser mayormente impermeables. En casos extremos no obstante, se ha comprobado que el vapor de agua puede despojar al agregado mineral del cemento asfáltico.

Si bien la remoción del asfalto de una capa asfáltica subyacente puede traducirse como un fisuramiento por fatiga en una capa superior, esto no es considerado una falla por fatiga. Una instancia más común del fisuramiento por fatiga causado por una capa debilitada por la humedad es la de una base no ligada cuyas demasiadas partículas finas impiden el rápido drenaje. Las bases no ligadas deberían ser seleccionadas de una manera tal que no atrapen la humedad.

### **3.3.3 Fisuración por baja temperatura (low temperature cracking)**

Es el principal deterioro que se presenta en pavimentos asfálticos en zonas de altura, como su nombre lo indica, la fisuración por baja temperatura es un deterioro causado mas por las condiciones adversas del medio ambiente que por la aplicación de las cargas del transito. Se caracteriza por fisuras transversales (es decir, perpendiculares a la dirección del transito) intermitentes que se producen con un esparcimiento notablemente uniforme (Figura N° 3.5).



Las fisuras por baja temperatura se forman cuando una capa de pavimento se contrae en climas fríos. Cuando se originan tensiones de tracción dentro de la capa. En algún lugar a lo largo del pavimento, la tensión de tracción excede la resistencia de tracción y la capa asfáltica se fisura. Así, las fisuras por baja temperatura ocurren principalmente a partir de un ciclo de baja temperatura. Algunos ingenieros, no obstante, también creen que es un fenómeno de fatiga debido al efecto acumulativo de varios ciclos climáticos fríos.

Ambos grupos concuerdan en que el ligante asfáltico juega el rol central en la fisuración por baja temperatura. En general, los ligantes asfálticos duros son más propensos a la fisuración por baja temperatura que los blandos. Los ligantes asfálticos excesivamente oxidados, sea por excesiva propensión a la oxidación o por pertenecer a una mezcla con muy alto porcentaje de vacíos o por ambas causas, son más susceptibles al fisuramiento por baja temperatura. Así, para evitar la fisuración por baja temperatura, los ingenieros deben usar un ligante blando, un ligante no muy propenso al envejecimiento y controlar en si el contenido de vacíos de aire de forma tal que el ligante no resulte excesivamente oxidado.

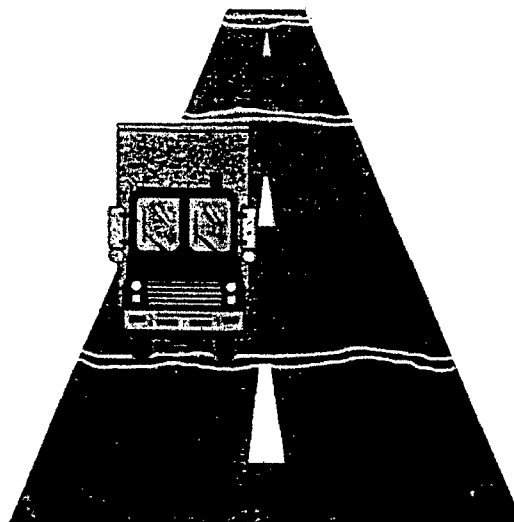


Figura 3.5 – Fisuramiento por baja temperatura

### 3.4 DURABILIDAD DEL ASFALTO Y DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

#### 3.4.1 Introducción

Es importante distinguir el concepto de durabilidad de una mezcla asfáltica y la de un ligante asfáltico:

- La durabilidad de una mezcla asfáltica, queda definida por su capacidad de resistir sin fisurarse, deformarse o desintegrarse durante largo tiempo, en condiciones de servicio.
- La durabilidad de un ASFALTO, se califica por su capacidad para mantener sus propiedades ligantes y cohesivas durante la vida útil del pavimento.

Cuando el diseño del pavimento y la mezcla asfáltica han sido correctos, del mismo modo que la técnica constructiva, la durabilidad de un pavimento bituminoso, es función de las propiedades de flujo y consistencia del ligante en el pavimento. Esta consistencia, estará asociada con la consistencia inicial del asfalto, con la susceptibilidad a endurecerse durante el mezclado en la planta asfáltica y con la velocidad de endurecimiento del asfalto en el pavimento. Cuando esta consistencia alcanza valores muy elevados, especialmente a baja temperatura, el asfalto se torna frágil y quebradizo, produciéndose la rotura de la película que recubre a los agregados, permitiendo que el agua penetre y deteriore la mezcla asfáltica del pavimento.

### **3.4.2 Envejecimiento de los Asfaltos**

La alteración de los asfaltos, o envejecimiento, se refiere al aumento de consistencia que sufren los mismos, en las distintas etapas que comprenden una obra vial.

Los asfaltos pueden alterarse bajo dos circunstancias bien definidas:

- Durante la operación de mezclado en la planta asfáltica.
- Durante el periodo de servicio

#### **a) Durante la operación de mezclado en la planta asfáltica**

Proceso de corta duración, pero crítico, el asfalto está expuesto a la acción del oxígeno a temperaturas elevadas en espesores muy finos. En esta etapa, principalmente se produce la volatilización de fracciones livianas del asfalto y su oxidación, magnificada por el tiempo y la temperatura de mezclado.

#### **b) Durante el periodo de servicio**

El asfalto ve alterada sus propiedades de una manera mucho más lenta. En esta etapa, la evaporación no es muy importante, dado que los asfaltos tienen baja volatilidad y por lo

tanto las fracciones más livianas que podrían evaporarse no influyen mayormente en el mecanismo de endurecimiento.

Investigaciones realizadas manifiestan que el proceso de oxidación es el factor principal de endurecimiento de los asfaltos en servicio. Esta reacción es catalizada por la luz, siendo mucho más rápida que la producida en la oscuridad, en razón de que los asfaltos son buenos absorbedores de la luz. La reacción de oxidación catalizada por la luz, tiene lugar en los primeros 5 micrones de la película de asfalto expuesta, mientras que la reacción de oxidación en ausencia de luz, es mucho más lenta y tiene lugar principalmente en el interior de la capa asfáltica.

En los pavimentos asfálticos, la velocidad de oxidación de los asfaltos, no solo estará influenciada por su reactividad con el oxígeno, sino también por la velocidad de difusión del oxígeno a través de la película de asfalto que recubre a los agregados pétreos. Por esta razón, las mezclas asfálticas deben diseñarse de tal modo, que la película de asfalto sea lo más gruesa posible, compatible con las propiedades mecánicas de la mezcla, de modo que el oxígeno tenga un largo camino para difundir a través de la película.

### 3.5 CONSIDERACIONES DEL CLIMA UTILIZADOS POR LOS METODOS DE DISEÑO

Las consideraciones de medio ambiente referidos a la influencia térmica, son manejados por las metodologías de diseño estructural que a continuación se mencionan:

#### 3.5.1 Procedimiento de Diseño del Instituto del Asfalto MS-1/1991

Desde 1981 en que el Instituto del Asfalto publica su primera serie para diseño de pavimentos flexibles, caracterizando la función de los materiales componentes de la estructura del pavimento, considera que el módulo dinámico o resiliente del concreto asfáltico, depende en gran medida de la temperatura del pavimento. Desde su publicación del MS-1/1991, el desarrollo de las cartas de diseño ha incluido la relación del módulo de temperatura de una mezcla típica de concreto asfáltico de alta calidad para simular el efecto de temperatura y sus variaciones durante el año. Se utilizaron tres distribuciones típicas de la temperatura promedio mensual del aire que representa tres regiones climáticas de los Estados Unidos de Norteamérica. Los valores apropiados de módulos dinámicos fueron seleccionados exhaustivamente luego de compatibilizar las relaciones de módulo de temperatura y las propiedades del asfalto.

Adicionalmente a los efectos de las variaciones mensuales de la temperatura a lo largo del año, sobre los módulos dinámicos de las mezclas de concreto asfáltico, el procedimiento considera también los efectos de la temperatura sobre los módulos de resiliencia de la subrasante, planteando una corrección mediante un módulo incrementando en época de heladas y un módulo resiliente reducido para representar la época de deshielo.

Por consiguiente el procedimiento del Instituto del Asfalto MS-1/1991, establece tres grupos de alternativas ambientales representativas del rango de condiciones para las que debiera aplicarse el manual.

Efecto de helada	Temperatura media anual del aire representativa para un efecto de helada
Si	< 7°C
Posible	15.5°C
No	> 24°C

**Cuadro 3.2 – Condiciones ambientales del MS-1/1991**

Finalmente el procedimiento recomienda que las mezclas asfálticas debido a la susceptibilidad a la temperatura sean elegidas para asfaltos del grado más adecuado, de acuerdo a las condiciones prevalecientes de temperatura.

### 3.5.2 Procedimiento de Diseño Guía AASHTO-93

La filosofía AASHTO para el diseño de pavimentos se basa en el concepto de servicio la cual represente la habilidad para servir a un tipo de tráfico destinado. Sin embargo, desde 1972, el procedimiento de diseño ha estado incorporando mayores argumentos de tipo ambiental, en busca de una mejor performance de sus diseños. Las consideraciones sobre la influencia del medio ambiente son reconocidas por la Guía, siendo la más importante la expansión de suelos y el levantamiento por heladas. Plantea que la temperatura afectará las propiedades de fluencia del concreto asfáltico; los esfuerzos térmicos inducidos en el concreto asfáltico generará agrietamiento a bajas temperaturas y ahuellamiento. Si se permite que las lluvias penetren en la estructura del pavimento esta afectará las propiedades de los materiales. La consecuencia de estos factores se traducen en una pérdida de Serviciabilidad en el pavimento.

El mayor efecto térmico considerado esta relacionado con el debilitamiento por deshielo que ocurrirá en la primavera. Sin embargo la solución a este problema se considera

mediante el refuerzo de la subrasante con suelos no susceptibles a heladas (materiales granulares).

Sin embargo la Guía AASHTO reconoce sus limitaciones, especialmente las de medio ambiente debido a que el clima en la Carretera Experimental en Ottawa, Illinois, se considera representativo de una parte de los Estados Unidos, sujeta a temperaturas de congelamiento durante el invierno y con lluvias medias elevadas a lo largo de todo el año, haciendo un esfuerzo que permita estimar los efectos de las condiciones estacionales.

De las consideraciones antes citadas podemos inferir lo siguiente:

- a) Las condiciones climáticas establecidas por el Instituto del Asfalto son representativas de tres regiones típicas de los Estados Unidos, que por su ubicación en el Hemisferio Norte, están sujetas a estaciones bien marcadas en cuanto a etapas de congelamiento en el invierno y descongelamiento en la primavera. Por lo tanto la temperatura media anual representativa para un efecto de la helada considerada en el Manual, no es compatible al régimen climático de nuestro medio.
- b) En el caso de la Guía AASHTO, se ha considerado un solo medio ambiente representativo para los Estados Unidos, así como un solo tipo de materiales y un solo tipo de suelo de fundación. En nuestro caso están consideradas de medio ambiente están sujetas a la variación de pisos ecológicos y formación geológica.
- c) Los efectos ambientales en el caso de la Guía AASHTO, son tomados en cuenta en función de los conceptos de Confiabilidad y pérdidas de Serviciabilidad, que han sido calibrados para sus regiones, por lo tanto existe una diferencia sustancial de comportamiento térmico con las zonas de altura en nuestro país.
- d) En ninguno de los procedimientos citados el gradiente térmico, ha sido incorporado como crítico, como es el caso de las zonas de altura, sin embargo si son críticos el congelamiento y deshielo, que no ha sido reportado en nuestro medio. Se considera que para el congelamiento se requeriría por lo menos de 3 a 4 días a temperatura bajo cero, condiciones de drenaje críticos. Esta diferencia sustancial se debe a que el comportamiento térmico de las regiones del hemisferio Norte presentan regímenes climáticos diferentes a las de nuestro hemisferio. Ver Anexo 3.a.

Por otra parte, debido a consideraciones de orden técnico económico, el método para el diseño de pavimentos utilizado en la mayoría de proyectos en el Perú, es la guía de diseño AASHTO, en sus diversas versiones, desde 1972 a 1993. Por lo tanto se estima necesario ampliar el conocimiento sobre esta metodología a fin de incorporar variables como el gradiente térmico, consideradas como influyentes para las zonas de altura en nuestro país.

## **Capítulo IV**

# **DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

## IV DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

### 4.1 INTRODUCCION

El proyecto, construcción y comportamiento en servicio de las mezclas asfálticas en caliente en las regiones de clima frío y de altura reviste un especial interés en virtud de las condiciones desfavorables que debe soportar, debiendo tener especial cuidado en la selección del tipo de cemento asfáltico más adecuado y las características físico mecánicas de la mezcla asfáltica que aseguren una buena performance del pavimento, en cuanto al diseño de la mezcla asfáltica se sigue el Método Marshall considerando las restricciones y recomendaciones del procedimiento SUPERPAVE Nivel 1 en lo que se refiere a selección del ligante y granulometría de la mezcla.

### 4.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE

#### 4.2.1 Agregados pétreos

##### a) Agregados gruesos

Los materiales gruesos a obtener a partir de la trituración de rocas sanas, deberán tener varias caras planas provenientes de la fractura, deberán estar limpios, es decir libres de polvo o arcilla adherida, tener partículas de conveniente cubicidad y elongación, poseer suficiente resistencia a la desintegración o al desgaste, y presentar una textura superficial con cierta micro rugosidad para favorecer su adherencia al asfalto y colaborar en la fricción interna de la mezcla asfáltica.

En la presente obra, los agregados a utilizar, cumplen con las características de las especificaciones EG-2000 del MTC como se muestra en el cuadro siguiente:

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	ESPECIFICACION	
				mínimo	máximo
Durabilidad al Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	ASTM C-88	MTC E-209	4.3	--	10
Abrasión Los Angeles (%)	ASTM C-131	MTC E-207	20.8	--	35
Partículas chatas y alargadas (%)	ASTM D-4791	MTC E-221	2	--	10
Caras fracturadas (%)	ASTM D-693	MTC E-210	98	85/50	
Absorción (%)	ASTM C-127	MTC E-206	1.4	--	1.0
Adherencia (%)	ASTM D-1664	MTC E-519	+95	+95	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	ASTM C-127		2.608	--	--
Peso unitario suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	ASTM C-29		2.708	--	--

**CUADRO 4.1 – Resumen de ensayos realizados en el agregado grueso**



Los agregados proceden de la cantera ubicada en el Km. 150+080, y han sido obtenidos por chancado, siendo el tamaño máximo de ¾” y el tamaño nominal máximo ½”, la separación del agregado fino se realizó durante la trituración. En el anexo 4.a se encuentran los reportes de los ensayos del agregado grueso.

### b) Agregados finos

Los finos de trituración, en general reflejarán las propiedades de la roca de la cual provienen, por lo tanto se debe extremar las precauciones en la explotación de la cantera, así podemos asegurar su calidad. La graduación de los finos incide también en forma importante en el valor de los Vacíos del Agregado Mineral, las arenas más finas dan valores más elevados del V.A.M.

Es condición “sine qua non” para su empleo en mezclas asfálticas que el material que pasa el tamiz N° 40 no posea “plasticidad”, también es importante analizar la fracción que pasa el tamiz N° 200 y evaluar su posible efecto perjudicial en la mezcla en lo que respecta a la adherencia árido-ligante.

El ensayo que permite tener conocimiento de la naturaleza y calidad del fino a emplear en la mezcla asfáltica es el Equivalente de Arena, que de acuerdo a las especificaciones EG-2000 del MTC no debe ser inferior a 50%.

En el cuadro siguiente se muestra un resumen de los ensayos y en el anexo 4.b se encuentran los reportes de dichos ensayos efectuados.

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	ESPECIFICACION	
				mínimo	máximo
Equivalente de Arena	ASTM D-2419	MTC E-209	69	50	--
Angularidad del agregado fino		MTC E-222		40	--
Adhesividad (Riedel Weber)	D.E.E.M.8.198	MTC E-220	6	4	6
Indice de Plasticidad(malla N° 40)	ASTM D-4318	MTC E-111	NP	NP	
Indice de Durabilidad	ASTM C-88	MTC E-214		35	--
Indice de Plasticidad(malla N° 200)	ASTM D-140	MTC E-111	3	NP	
Sales Solubles Totales	ASTM C-127	MTC E-219		--	0.5
Absorción	ASTM C-29	MTC E-205	1.7	--	1

**CUADRO 4.2 – Resumen de ensayos realizados en el agregado fino**

### 4.2.2 Relleno mineral

También llamado “filler”, es considerado como material activo que juega un papel importante en cuanto a las condiciones de estabilidad, flexibilidad y durabilidad de una

carpeta de concreto asfáltico en caliente, en la cual actúa como material de relleno de vacíos, como espesante del asfalto y mejorador de adherencia del par piedra-asfalto.

Una de las características que más influencia ejerce en su comportamiento es la anisotropía geométrica, relativa a la forma de sus partículas, la cual además de su porosidad, rugosidad y angularidad, condicionan el contenido de asfalto y tienen un efecto directo en las propiedades interfaciales del sistema filler-asfalto.

En su actuación como espesante del asfalto el filler influye sobre el comportamiento reológico del mastic (filler + asfalto), e indirectamente actúa sobre las características de la mezcla que integra. Esto podría inducir erróneamente a lograr altas estabilidades mediante la sobrefillerización, sin embargo para no perder la capacidad de deformación viscosa del sistema filler-asfalto, la concentración en volumen del filler en la unidad de volumen del sistema no debe sobrepasar una cierta "Concentración Crítica Cs".

El filler podrá ser de preferencia cal hidratada, no plástica que deberá cumplir la norma AASHTO M-303, en caso de no ser cal, será polvo de roca.

En el presente caso el filler a utilizarse será cal hidratada, la misma que será suministrada por Calera Peruana S.A., la granulometría cumple con las exigencias de las especificaciones EG-2000 del MTC (ver cuadro N° 4.3), además el porcentaje de cal hidratada es de 90 y el porcentaje de agua 0.6, valores acordes con lo exigido por la Norma AASHTO M-303. En el anexo 4.c se encuentran los reportes de los ensayos realizados en la cal.

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	ESPECIFICACION	
				mínimo	máximo
Peso específico	ASTM C-188	MTC E-209	69	50	--
Límite Líquido	ASTM D-4318	MTC E-111		40	--
Límite Plástico	ASTM D-4318	MTC E-111	6	4	6
Granulometría (% retenido en peso)	Malla N°6		0	--	--
	Malla N°10		0	--	--
	Malla N°30		0	--	3
	Malla N° 200		10.7	--	20

**CUADRO 4.3 - Ensayos realizados en la cal hidratada según AASHTO M-303**

#### 4.2.3 Cemento asfáltico

El asfalto empleado con sus características propias, juega uno de los roles más importantes en la durabilidad de una mezcla. Varios son los factores que influyen en la

variación de sus propiedades iniciales tendiendo a su endurecimiento y por consiguiente a restar flexibilidad a la estructura favoreciendo su fisuración.

Entre los principales factores de alteración que actúan desde que se elabora la mezcla hasta su funcionamiento en servicio, pueden mencionarse al tiempo y la temperatura de mezclado, a las condiciones climáticas; a la altura de la zona donde está emplazado el camino, a la reacción de oxidación, a las radiaciones ultravioletas, etc. Estos dos últimos fenómenos, actúan muy influenciados por el contenido de vacíos de la mezcla y por el espesor de la película de asfalto que recubre a los agregados pétreos.

Para esta obra se dispone de dos tipos de asfalto, uno de penetración 85/100 y otro 120/150 (25°C, 100gr., 5s, 0.1mm) proporcionado por PETROPERU-Planta Conchán, se elegirá el cemento asfáltico que mejor se adapte a las condiciones en zonas de altura, en el ítem 4.3 se describirá el procedimiento para tal. Los ensayos realizados a los dos tipos de cemento asfáltico se resumen en los cuadros N° 4.4 y 4.5, dichos reportes de ensayos se encuentran en el anexo 4.d.

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	ESPECIFICACION	
				mínimo	máximo
Peso específico a 25/25°C	ASTM D-70		1.017		
Penetración 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	ASTM D-5	MTC E-304	89	85	100
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	ASTM D-113	MTC E-306	>150	100	--
Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	ASTM D-2170	MTC E-301	285	170	
Solubilidad en Tricloroetileno, %Masa	ASTM D-2042	MTC E-302	99.5	99	--
Prueba de Mancha, % Xileno	AASHTO T102	MTC E-314	Negativo	Negativo	
Punto de Inflamación C.O.C., °C	ASTM D-3143	MTC E-312	296	232	--
Punto de Ablandamiento, °C	ASTM D-36		46.8	Reportar	
<i>Efecto Calor y Aire (RTFO)</i>	ASTM D-1754	MTC E-316			
Perdida de calentamiento, %Masa			1	--	1
Penetración Retenida, % del Original	ASTM D-5	MTC E-304	49	47	--
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	ASTM D-113	MTC E-306	82	75	--

**CUADRO 4.4 - Ensayos sobre el cemento PEN 85/100**

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	ESPECIFICACION	
				mínimo	máximo
Peso específico a 25/25°C	ASTM D-70		1.01		
Penetración 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	ASTM D-5	MTC E-304	128	120	150
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	ASTM D-113	MTC E-306	>100	100	--
Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	ASTM D-2170	MTC E-301	191	140	
Solubilidad en Tricloroetileno, %Masa	ASTM D-2042	MTC E-302	99.81	99	--
Prueba de Mancha, % Xileno	AASHTO T102	MTC E-314	Negativo	Negativo	
Punto de Inflamación C.O.C., °C	ASTM D-3143	MTC E-312	281.4	218	--
Punto de Ablandamiento, °C	ASTM D-36		47.7	Reportar	
<i>Efecto Calor y Aire (RTFO)</i>	ASTM D-1754	MTC E-316			
Perdida de calentamiento, %Masa			0.62	--	1.5
Penetración Retenida, % del Original	ASTM D-5	MTC E-304	55	42	--
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	ASTM D-113	MTC E-306	>100	100	--

**CUADRO 4.5 - Ensayos sobre el cemento PEN 120/150**

### 4.3 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO

Una de las variables más importantes en el diseño de la mezcla asfáltica es el cemento asfáltico, dado que, las particulares condiciones climáticas bajo las cuales la carpeta asfáltica estará en servicio (sobre los 3,500 m.s.n.m.), requiere que ésta sea lo mas flexible posible -Flujo alto Estabilidades Bajas- para retardar la aparición de fisuras térmicas. A partir de este concepto debe elegirse un tipo de cemento asfáltico que posea menos rigidez lo que conllevaría a una mezcla menos rígida.

#### 4.3.1 Temperaturas de servicio del pavimento

En principio debe tenerse presente que existen cuatro temperaturas críticas bajo las cuales un pavimento asfáltico estará servicio, éstas son:

- a) *Temperatura máxima absoluta de la carpeta ( $T_{máx}$  °C)*, en la cual la carpeta se torna crítica en lo que respecta a su Estabilidad.
- b) *Temperatura preponderante ( $T_{pre}$  °C)* durante la vida del pavimento, aquella en la que el pavimento pasará trabajando el mayor tiempo, y en la cual la carpeta asfáltica se torna crítica en lo que respecta a su resistencia a la fatiga.
- c) *Temperatura de fragilidad ( $T_{fra}$  °C)*, aquella en la cual la carpeta asfáltica con el asfalto ya endurecido, enfrenta durante un intervalo de tiempo relativamente corto temperaturas bajas, pudiendo fisurarse ante deformaciones muy pequeñas, a ésta temperatura el asfalto tiene una elevada rigidez ( $S_b$ ) y una resistencia a la tracción relativamente baja, en estas condiciones la carpeta se torna crítica en lo que respecta a su fragilidad.
- d) *Temperatura crítica de retracción térmica ( $T_{ter}$  °C)*, típica de climas fríos, corresponde a la temperatura mínima absoluta de la carpeta, en la que las tensiones térmicas se tornan peligrosas.

El decrecimiento de la temperatura de la capa asfáltica, no solamente crea esfuerzos de tensión debido a la contracción térmica, sino también incrementa su rigidez, haciéndola mas vulnerable a las fallas por tensión ocasionadas por el transito, según C.J. Krom y G.M. Dormon, H.Santana y J.Agnusdei para una temperatura  $T = 0$  °C y para una carga pesada actuando durante  $t = 10^{-2}$  s., la capa asfáltica se halla en una condición crítica, peligrosamente cercana a la fragilidad, presentando una elevada rigidez y una resistencia a la tracción relativamente baja.

En la Figura 4.1 se presenta los registros de temperatura efectuados por el SENAMHI en la estación CO ANTA (3,340 m.s.n.m.).

La información presentada ha sido evaluada durante diez años, a partir de estos datos podemos obtener los valores de  $T_{\text{max.prom.mensual}} = 21.6 \text{ }^\circ\text{C}$  y la  $T_{\text{min.prom.mensual}} = -8.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , dichos parámetros confirman las condiciones críticas de trabajo de la carpeta en lo que respecta a su temperatura de fragilidad y de retracción térmica.

ESTACIÓN : ANTA    LAT. : 13° 28'    "S"    DEPARTAMENTO : CUSCO  
 LON. : 72° 13'    "W"    PROVINCIA : ANTA  
 ALT. : 3340    msnm    DISTRITO : ZURITE

#### Temperatura Máxima Absoluta Mensual en $^\circ\text{C}$

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1990	18.2	19.3	19.4	19.3	19.4	19.3	19.5	19.6	19.8	20.1	20.0	19.8
1991	17.4	19.2	19.0	19.1	18.9	18.9	18.7	19.2	19.3	20.0	19.7	19.0
1992	20.3	19.2	18.9	20.3	20.0	19.0	19.1	19.8	20.1	20.8	20.2	19.7
1993	21.3	21.7	22.2	22.2	22.1	22.0	22.1	22.1	22.4	22.8	22.0	21.8
1994	20.8	20.4	21.1	21.2	21.3	21.0	21.2	21.5	21.8	22.1	21.6	20.9
1995	22.1	22.0	20.7	21.1	21.7	20.8	20.5	21.2	21.5	22.5	21.2	20.4
1996	20.5	21.3	21.2	21.6	21.2	21.4	21.2	21.4	21.8	22.1	21.5	21.6
1997	18.8	18.9	19.5	20.2	20.1	19.3	19.1	20.1	19.9	21.4	19.7	19.5
1998	21.3	20.8	21.3	21.2	21.3	21.2	20.9	21.3	20.7	22.0	21.0	21.2
1999	20.5	19.4	21.0	20.8	21.2	20.8	20.3	20.1	20.1	22.1	21.0	20.9
T promedio	20.1	20.2	20.4	20.7	20.7	20.4	20.3	20.6	20.7	21.6	20.8	20.5

Temperatura Promedio Máxima Mensual = 21.6  $^\circ\text{C}$

#### Temperatura Mínima Absoluta Mensual en $^\circ\text{C}$

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1990	2.6	-3.2	-3.0	-4.0	-4.0	-4.4	-7.6	-7.6	-6.6	-6.4	2.6	1.8
1991	1.8	-1.8	2.2	0.4	-6.0	-7.8	-6.6	-7.8	-5.6	-5.6		-3.6
1992	-3.6	2.8	-2.6	-4.4	-6.8	-7.7	-7.2	-6.6	-4.4	-3.8	-3.6	2.8
1993					-7.2	-7.7	-7.8	-5.6	-5.6	-2.6	3.3	
1994	3.6	4.0	4.4	3.8	-5.6	-9.8	-9.8	-7.0	-3.6	-4.4	1.8	0.8
1995	4.4	2.8	2.8	-3.8	-6.8	-9.4	-8.3	-6.3	-5.2	-3.6	-3.6	-3.3
1996	3.6	4.2	0.3	-2.4	-8.3	-9.8	-10.4	-7.3	-6.8	-2.2	1.2	3.4
1997	3.4	2.6	1.0	-3.6	-5.0	-10.0	-9.9	-8.8	-3.3	-4.3	-0.6	3.3
1998	4.4	5.1	3.6	-2.8	-9.3	-9.6	-10.8	-6.3	-4.8	-3.2	-4.4	-1.8
1999	4.2	1.8	2.8	-1.4	-6.3	-9.8	-9.8	-6.4	-5.1	-2.8	-2.6	1.8
T promedio	2.7	2.0	1.3	-2.0	-6.5	-8.6	-8.8	-7.0	-5.1	-3.9	-0.7	0.6

Temperatura Promedio Mínima Mensual = -8.8  $^\circ\text{C}$

Figura 4.1 - Registro de Temperaturas Mensuales – Estación Anta

### 4.3.2 Módulo de Rigidez del asfalto y de la mezcla asfáltica

A fin de poder evaluar el uso del tipo mas adecuado de cemento asfáltico, se hará un análisis de rigidez de dos tipos de cemento asfáltico, el PEN 85/100 y el PEN 120/150.

- **Cálculo de la temperatura del pavimento**

Para calcular la temperatura del pavimento se aplica la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (4.1)$$

Donde:

- T : Temperatura
- t : Tiempo
- z : Profundidad
- $\alpha$  : Difusión térmica que se relaciona a la conductividad térmica y la capacidad térmica de los materiales del pavimento.

La convección y radiación juegan un papel dominante en la transferencia de calor, es decir, que el calor será proporcional a la diferencia de temperaturas entre la superficie del pavimento asfáltico y la del aire. La conductividad transfiere el calor dentro del sistema del pavimento

La conductividad térmica (K) y la capacidad especificada (C), en una mezcla de concreto asfáltico son requeridas para calcular el régimen térmico en un capa de concreto asfáltico y ambas son requeridas por las propiedades térmicas del agregado y aglomerante bituminoso. Estas propiedades pueden ser medidas en laboratorio; sin embargo, investigaciones realizadas demuestran que no varían significativamente entre mezclas, por lo tanto, los valores de conductividad térmica y de capacidad térmica se asumen dentro de los siguientes límites  $K = 0.82-0.86 \text{ (BTU/hr)/(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$  y  $C = 0.20-0.22 \text{ (BTU/lb)/(}^\circ\text{F)}$ .

Si la temperatura del aire es constante durante un tiempo( $t_f$ ) y las propiedades térmicas de la carpeta asfáltica son independientes del tiempo, la temperatura en un punto(z) de la carpeta asfáltica tiende a un régimen permanente proporcional a su profundidad(z) en el tiempo transcurrido, es decir  $T(z)_{\text{carp}} = f(T_{\text{aire}}, z)$ , cuando  $t = t_f$ . Bajo esta consideración la

ecuación (4.1) es resuelta y la temperatura en la carpeta asfáltica de un pavimento, puede ser estimada de acuerdo con la ecuación concebida por Witezac:

$$T_{carp} = \frac{(0.39z + 4.95)T_{aire} + 1.29z + 12.1}{0.39z + 4} \tag{4.2}$$

La profundidad (z) considerada como representativa para evaluar las condiciones térmicas de un capa asfáltica es 20 mm, según algunos autores(SHRP). Un acercamiento mayor a la superficie podría encontrarse a una capa asfáltica fuertemente afectada por las radiaciones ultravioletas, 4 a 5 veces mas que a nivel del mar. Así mismo se considera que hasta los primeros 6 mm la viscosidad del asfalto en la carpeta alcanza un valor de 50% más alto que a una profundidad de 12 mm. Por lo tanto, la profundidad representativa adoptada para el cálculo de la temperatura en el pavimento será 20 mm.

Reemplazando  $z = 2 \text{ cm}$  en ecuación (4.2) se obtiene:

$$T_{carp} = \frac{(5.73)T_{aire} + 14.68}{4.78}$$

Luego para:  $T_{aire \text{ prom mín.}} = -8.8 \text{ °C}$        $T_{carp \text{ mín}} = -7.5 \text{ °C}$   
 $T_{aire \text{ prom máx}} = 21.6 \text{ °C}$        $T_{carp \text{ máx}} = 29.0 \text{ °C}$

• **Cálculo del modulo de rigidez**

De acuerdo a las investigaciones de C.J.Krom y G.M.Dormon, las condiciones críticas del asfalto en el pavimento puesto en servicio según el concepto de fisuración térmica se evalúa según el cuadro siguiente:

	Condicion crítica		Propiedad significativa del asfalto en la mezcla
	Temperatura (°C)	Tiempo de carga (s)	
Esfuerzo por tráfico	Baja temperatura del pavimento	Corto ( $10^{-2}$ )	Modulo de Rigidez
Esfuerzo térmico	Baja temperatura del pavimento	Largo ( $2 \times 10^4$ )	Modulo de Rigidez

**Cuadro 4.6 - Condiciones críticas para el asfalto en mezclas asfálticas**

A partir de este concepto se calcula la rigidez del asfalto a una profundidad de 2.0 cm, primero para un tiempo de  $10^{-2}$  seg. y luego para  $2 \times 10^4$  seg.( $\approx 5.5 \text{ h}$ ).

Con los datos disponibles de Penetración<sub>25°C</sub> y Viscosidad Cinemática<sub>135°C</sub> para cada tipo de asfalto (PEN 85/100 y PEN 120/150) se procede a calcular el modulo de rigidez.

a) Utilizando el Nomograma modificado de Mc Leod (Figura N° 4.2) se determina el Índice de Penetración(IP).

Para el PEN 85/100 :  $Pen_{25°C}=89 \times 10^{-1}$  mm y  $\nu_{135°C}= 285$  centistokes  
se obtiene :

$$IP = -1.0$$

b) La Temperatura Base ( $T_b$ ) es obtenida del Nomograma de Mc Leod (Figura N° 4.3), mediante la entrada en la escala de la derecha con el valor de la Penetración a un temperatura dada y en la escala central con el valor de IP. La recta que pasa por los dos puntos marcado en las referidas escalas es prolongada, la intersección con la escala de la izquierda es la diferencia entre la  $T_b$  y la temperatura usada en el ensayo de penetración.

Para el PEN 85/100 :  $Pen_{25°C}=89 \times 10^{-1}$  mm e  $IP=-1.0$   
se obtiene:

$$T_b - T_{pen} = 21 \text{ °C}$$

$$T_b - 25 \text{ °C} = 21 \text{ °C}$$

$$T_b = 46 \text{ °C}$$

c) Tratándose de fisuras térmicas, el modulo de Rigidez  $S_b$  se determina con el Nomograma de Mc Leod (Figura N° 4.4), considerándose la menor temperatura que puede prevalecer en la capa asfáltica, 2.0 cm abajo de su superficie considerando un tiempo de carga de  $10^{-2}$  seg. y luego para  $2 \times 10^4$  seg. ( $\approx 5.5$  h).

Para 3340 m.s.n.m. tenemos :

$$T_{\text{carp min}} = -7.5 \text{ °C}$$

Entonces, la diferencia ( $\Delta$ ) entre  $T_b$  y  $T_{\text{carp.min}}$ . es:

$$\Delta = 46 \text{ °C} - (-7.5 \text{ °C})$$

$$\Delta = 53.5 \text{ °C}$$

Entrando al nomograma con:  $t_{cr}=2 \times 10^4$  seg,  $\Delta = 53.5 \text{ °C}$  e  $IP = -1.0$  , se obtiene el Modulo de Rigidez Asfalto:

$$S_b = 3.0 \text{ Kg/cm}^2 = 2.94 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$



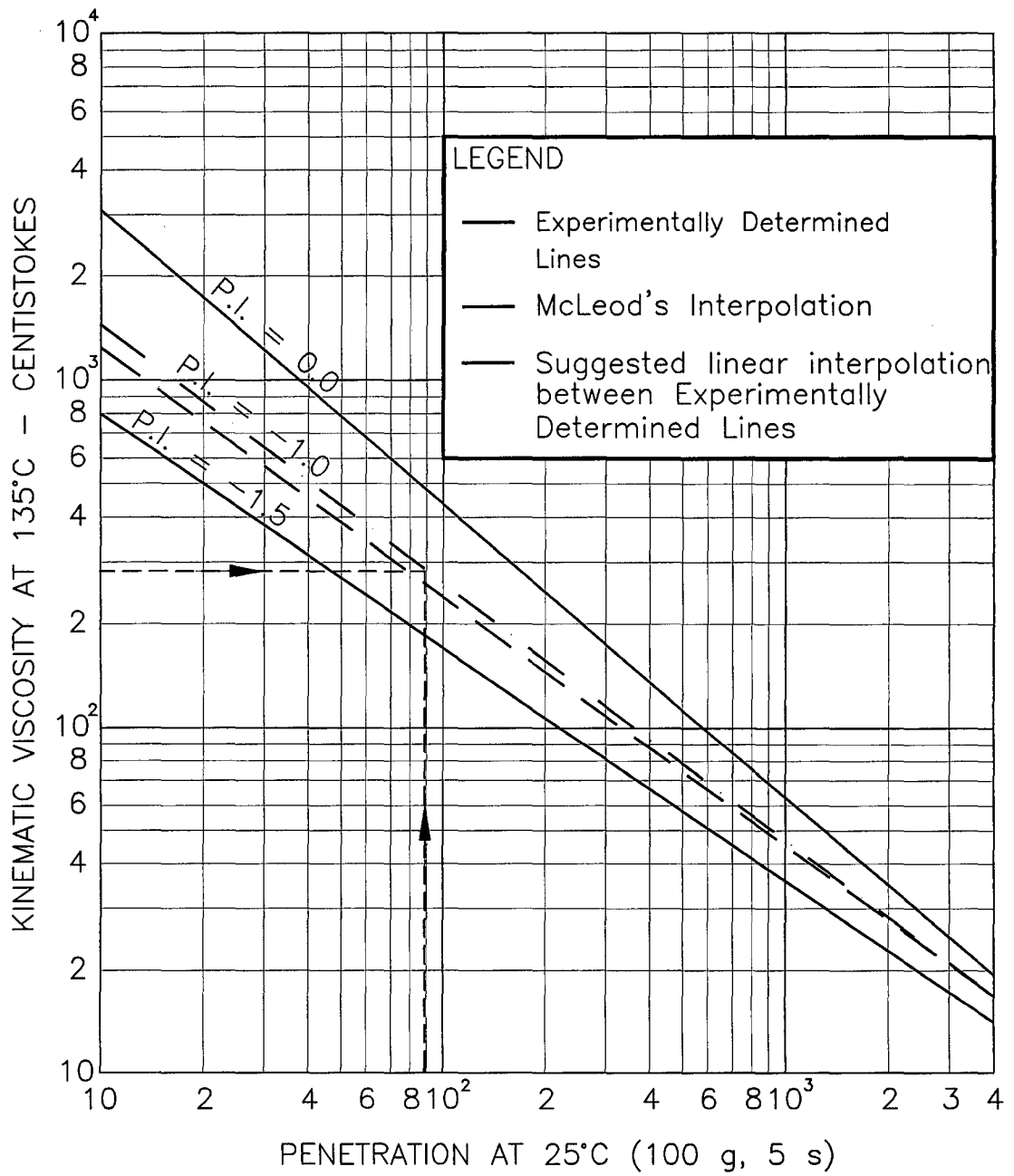


Figura 4.2 - Nomograma Modificado de Mc Leod para hallar el I.P.

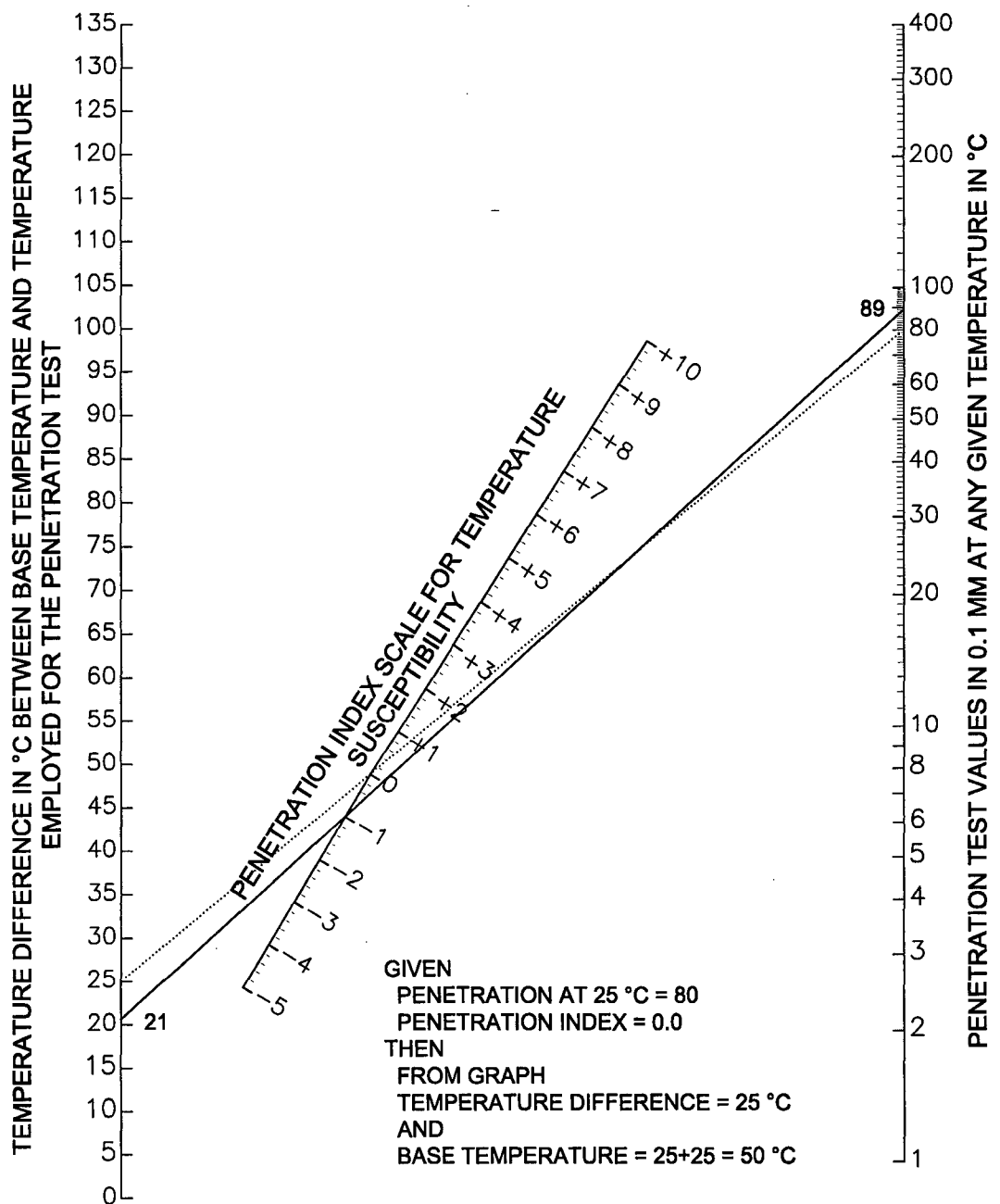


Figura 4.3 - Nomograma Modificado de Mc Leod para hallar la Temperatura Base



De esta manera se calcula los valores de  $S_b$  para el PEN 85/100, la misma línea de raciocinio se adopta para la evaluación de los valores críticos de los Módulos de Rigidez del PEN 120/150 a condiciones prevaecientes en una altitud de 3340 m.s.n.m., los resultados se condensan en el cuadro siguiente:

Asfalto	Tiempo efectivo de carga	Temperatura mínima en un punto 2.0 cm debajo de la superficie de la carpeta asfáltica	$T_b - T_{\text{carp. min.}}$	Modulo de rigidez del asfalto
	$t_{\text{ef}}$ (s)	$T_{\text{carp. min.}}$ (°C)	(°C)	$S_b$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )
PEN 85/100	$10^{-2}$	-7.5	53.5	10000
	$2 \times 10^4$	-7.5	53.5	3
PEN 120/150	$10^{-2}$	-7.5	50.5	8000
	$2 \times 10^4$	-7.5	50.5	1

**CUADRO 4.7 - Estimación de los módulos de rigidez ("stiffness modulus") del cemento asfáltico PEN 85/100 y PEN 120/150**

d) El Modulo de Rigidez de la carpeta asfáltica ( $S_m$ ) se calcula con la ecuación 4.3 de Heukelom y Klomp, modificada por Fijn Van Draat y Sommer.

$$S_m = S_b \left[ 1 + \left( \frac{2.5}{n} \right) \left( \frac{C_v}{1 - C_v} \right) \right]^n \quad (4.3)$$

donde:

$S_m$  = Módulo de Rigidez de la Mezcla Asfáltica (N/m<sup>2</sup>)

$S_b$  = Módulo de Rigidez del Cemento Asfáltico (N/m<sup>2</sup>)

$$n = 0.83 \log_{10} \left( \frac{4 \times 10^{10}}{S_b} \right) \quad (4.4)$$

$C_v$  = Concentración volumétrica del agregado (inclusive filler) en la mezcla asfáltica.

$$C_v = \frac{V_{\text{ag}}}{V_{\text{ag}} + V_{\text{be}}} \quad (4.5)$$

siendo:

$V_{\text{ag}}$  = Volumen ocupado por el conjunto agregado + filler (incluyendo los poros permeables de las partículas) en la mezcla asfáltica

$V_{\text{be}}$  = Volumen efectivo del PEN 85/100 en la mezcla asfáltica.

Para mezclas asfálticas con más de 3.0 % de vacíos,  $C_v$  debe ser substituido por  $C'_v$ , siendo:

$$C'_v = \frac{100C_v}{100 + \%V_v - 3.0} \quad (4.6)$$

De los datos del diseño de la mezcla asfáltica se deduce que:

$$V_{ag} = 82.6$$

$$V_{be} = 14.4$$

$$\%V_v = 3.0$$

En estas condiciones utilizando la ecuación 4.5 tenemos:

$$C_v = \frac{82.6}{82.6 + 14.4} = 0.85$$

luego, aplicando la ecuación 4.4 y luego la ecuación 4.3 se tiene

$$n = 0.83 \log_{10} \left( \frac{4 \times 10^{10}}{3.92 \times 10^5} \right) = 4.16$$

finalmente aplicando la ecuación 4.3 tenemos:

$$S_m = 3.92 \times 10^5 \left[ 1 + \left( \frac{2.5}{4.16} \right) \left( \frac{0.85}{1 - 0.85} \right) \right]^{4.16} = 1.87 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

El procedimiento de calculo se resume en el cuadro siguiente:

ASFALTO	Tcarga s	Sb		Vag %	Vbe %	Vv %	Cv	C'v	n	Sm N/m2
		Kgf/cm2	N/m2							
PEN 85/100	0.01	10000	9.81E+08	82.6	14.4	3.0	0.85	0.85	1.34	2.60E+10
	20000	3	2.94E+05	82.6	14.4	3.0	0.85	0.85	4.26	1.51E+08
PEN 120/150	0.01	8000	7.85E+08	82.6	14.4	3.0	0.85	0.85	1.42	2.35E+10
	20000	1	9.81E+04	82.6	14.4	3.0	0.85	0.85	4.66	6.55E+07

CUADRO 4.8 – Estimación de los Módulos de Rigidez de la carpeta asfáltica

e) En el BTDC (Bitumen Test Data Chart) se puede trazar los gráficos correspondiente para cada tipo de asfalto (PEN 85/100 y PEN 120/150), para ello se emplea los siguientes valores que se muestra en el cuadro siguiente:

Asfalto	Temperatura °C	Penetración 0.1 mm	Viscosidad Poises
PEN 85/100	25	89	--
	46.8	Pto ablandamiento	--
	100	--	246.8
	135	--	28.5
PEN 120/150	25	128	--
	47.7	Pto ablandamiento	--
	100	--	157.5
	135	--	19.1

CUADRO 4.9 – Coordenadas de los puntos para el grafico en el BTDC

En cuanto a SUPERPAVE, existe una nueva especificación sobre ligantes asfálticos con un nuevo conjunto de ensayos, que puede ser aplicado tanto para asfaltos modificados como para asfaltos sin modificar, se especifica ligantes en base al clima y en la temperatura prevista en el pavimento.

Para calcular la temperatura máxima del pavimento SUPERPAVE recomienda:

$$T_{20\text{ mm}} = (T_{\text{aire}} - 0.0618 \cdot \text{lat}^2 + 0.2289 \cdot \text{lat} + 42.2) \cdot 0.9545 - 17.78 \quad (4.7)$$

Donde:

$T_{20\text{ mm}}$  = Temperatura del pavimento a una profundidad de 20 mm, en °C

$T_{\text{aire}}$  = Promedio de la temperatura del aire para el más caluroso periodo de 7 días, en °C

Lat = Latitud del proyecto, en grados

Para calcular la temperatura mínima de diseño del pavimento, investigadores SHRP de Canadá, recomiendan:

$$T_{\text{mín}} = 0.859 \cdot T_{\text{aire}} + 1.7^\circ \quad (4.8)$$

Donde:

$T_{\text{mín}}$  = Temperatura mínima de diseño del pavimento, en °C

$T_{\text{aire}}$  = Temperatura mínima del aire en un año promedio, en °C.

En la presente obra:

$T_{\text{max. aire}} = 21.6^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{min. aire}} = -8.8^\circ\text{C}$ , Latitud =  $13^\circ 37'$  (Abra de Soccllacasa)

Por lo tanto aplicando la ecuación 4.7 se tiene  $T_{\text{max. pav.}} = 45^{\circ}\text{C}$  y aplicando la ecuación 4.8 se tiene  $T_{\text{min. pav.}} = -5.9^{\circ}\text{C}$ , entonces, el grado de performance del asfalto seleccionado será **PG 46-10**, lo cual nos indica que el ligante clasificado debe satisfacer los requerimientos de las propiedades físicas a altas temperaturas hasta los  $46^{\circ}\text{C}$  y a bajas temperatura hasta  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Las propiedades físicas de los ligantes son medidas con dispositivos diferentes a los convencionales, en el cuadro siguiente se muestra los equipos y los objetivos que se consigue.

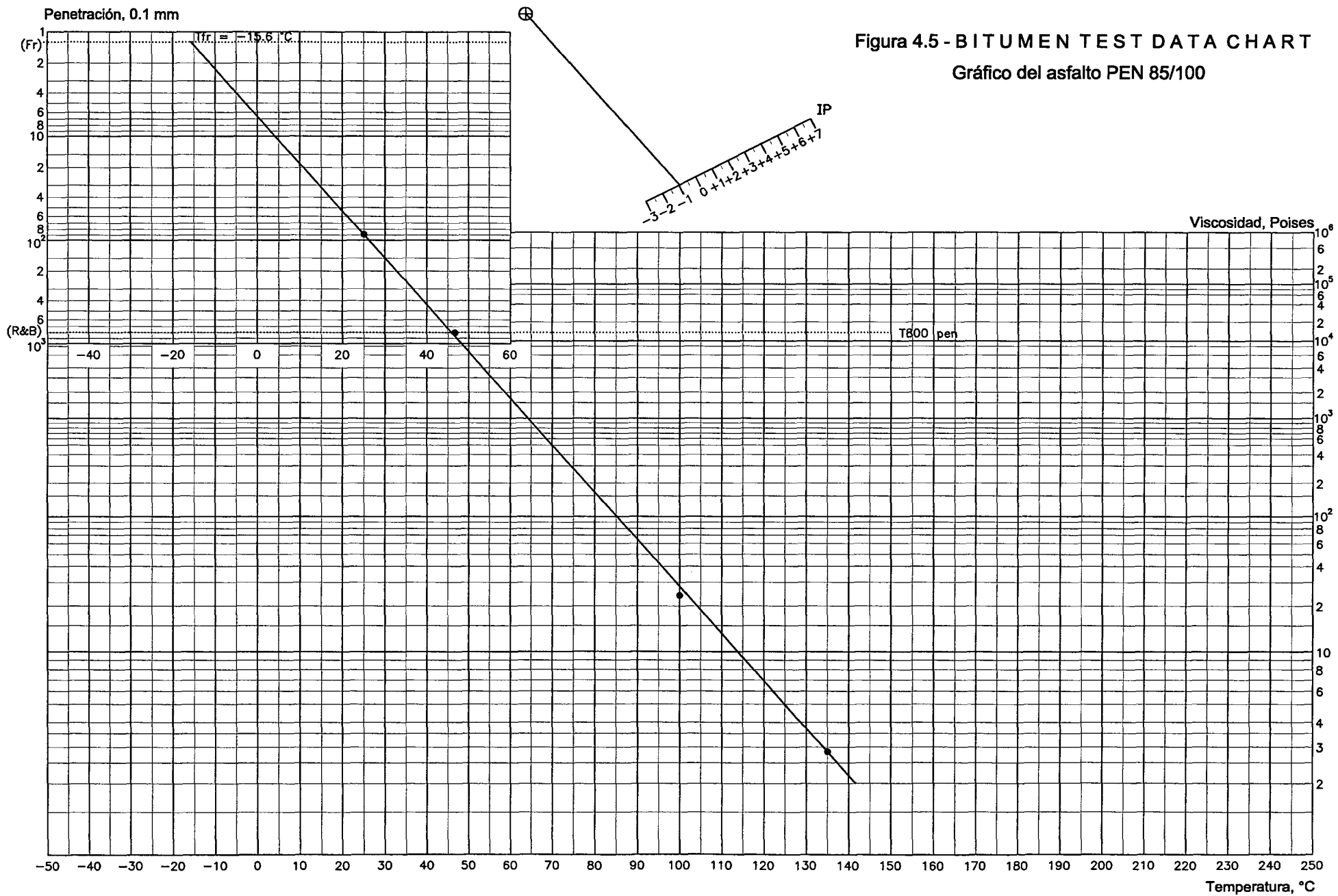
Equipos	Objetivo
Horno de película delgada rotativa (RTFO=rolling thin film oven) Cámara de envejecimiento a presión (PAV=pressure aging vessel)	Simula el severo envejecimiento que sufre el ligante después de varios años de servicio
Reómetro de corte dinámico (DSR=dynamic shear rheometer)	Mide las propiedades viscoelásticas del ligante a temperaturas altas e intermedias
Viscosímetro rotacional (RV=rotational viscometer)	Mide las propiedades el ligante a altas temperaturas ( $135^{\circ}\text{C}$ )
Reómetro de flexión (BBR=bending beam rheometer) Ensayo de tracción directa (DDT=direct tensión test)	Mide las propiedades el ligante a bajas temperaturas

**CUADRO 4.10 –Equipos para propiedades de los ligantes según SUPERPAVE**

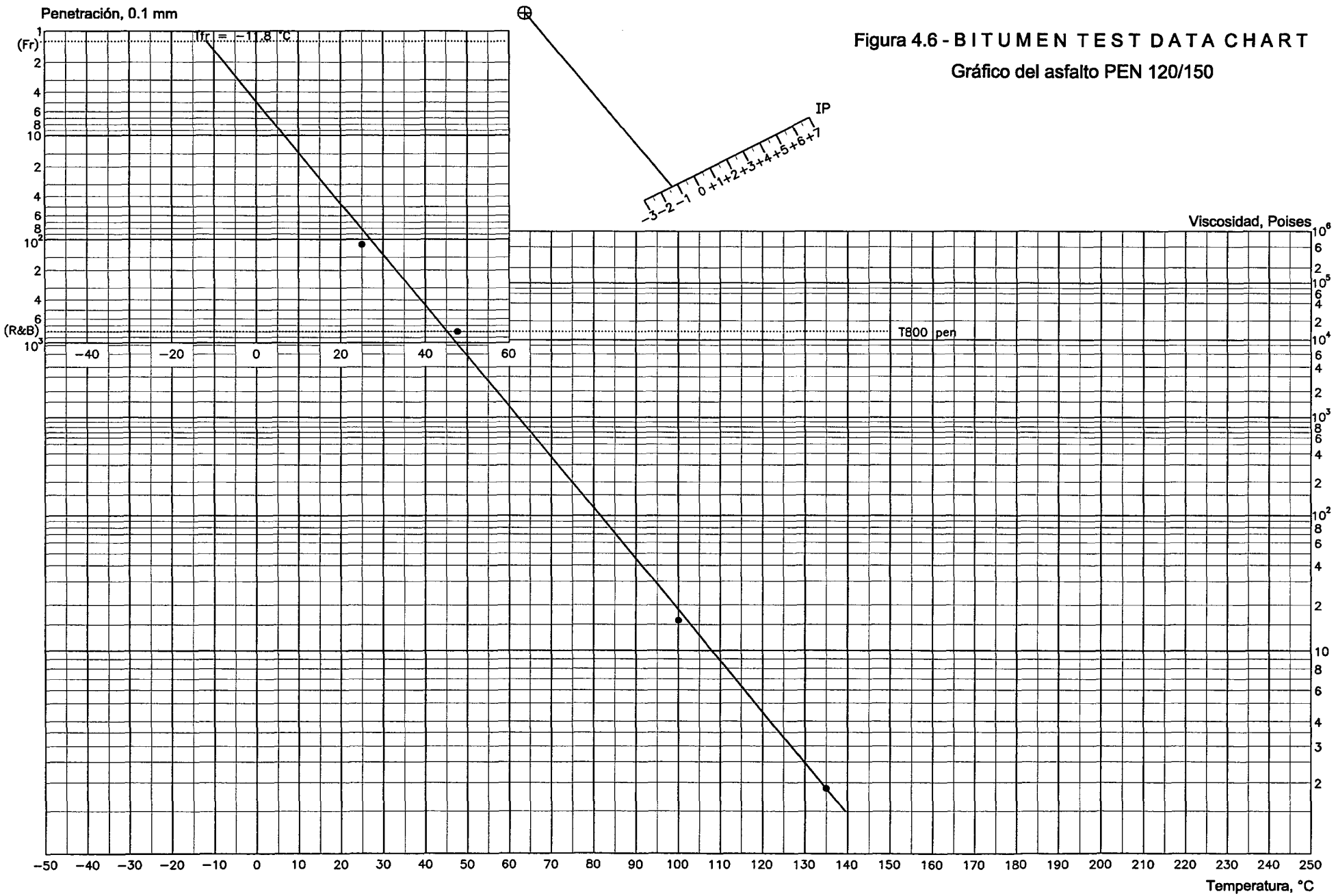
#### 4.3.3 Aplicabilidad de los cementos asfálticos estudiados

En base a los resultados mostrados en el cuadro 4.8 se puede afirmar que la carpeta asfáltica fabricada con asfalto PEN 120/150, tiene un menor Módulo de Rigidez para las dos condiciones críticas analizadas, por lo que se puede afirmar que el asfalto PEN 120/150 tendrá un mejor comportamiento a bajas temperaturas.

De acuerdo al resultado de los gráficos mostrados en las figuras N° 4.5 y 4.6 se puede indicar que ambos tipos de cementos asfálticos son del Tipo “S” y son aptos para utilizarse en pavimentación.







La temperatura FRASS en el asfalto PEN 120/150 es menor que el asfalto PEN 85/100, por lo tanto es mas recomendable uso del asfalto PEN 120/150.

La aplicabilidad de cada tipo de cemento asfáltico en la preparación de mezclas asfálticas para zonas de clima frío y de altura será de acuerdo a las siguientes altitudes:

PEN 85/100	altitud $h < 3500$ msnm
PEN 120/150 ó modificados	altitud $3500 \leq h < 4200$ msnm
Asfaltos modificados	altitud $h \geq 4200$ msnm

El análisis SUPERPAVE recomienda el uso del asfalto PG 46-10 para esta zona de altura, sin embargo, es necesario que los asfaltos producidos en el país cumplan con los requerimientos de esta nueva tecnología, pudiendo así implementar los laboratorios viales con los equipos de SUPERPAVE a la luz de una mejor performance del pavimento.

#### 4.4 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de la mezcla asfáltica se efectuó siguiendo la Norma ASTM 1559-82 "Resistencia al Flujo Plástico de Mezclas Bituminosas usando el Método Marshall", considerando la recomendaciones de SUPERPAVE Nivel 1, el óptimo contenido de asfalto (PEN 120/150) fue determinado procurando dotar a la mezcla de las características que se adecuen a las particulares condiciones de servicio de la carpeta asfáltica.

##### 4.4.1 Consideraciones previas para el diseño de la MAEC

De acuerdo al ítem 3.2, se deduce que es necesario dotar a las mezclas asfálticas tanto en su constitución como en las condiciones de colocación y compactación, todas las características que contribuyan a mejorar su resistencia al servicio intensivo a que se verán sujetas, sobretodo bajo condiciones ambientales rigurosas.

También se ha mencionado la forma en que gravita la calidad que deben reunir los agregados desde el punto de vista de su graduación, limpieza, forma, dureza, textura, etc. y el ligante bituminoso especialmente en lo que se refiere a sus consistencia, durabilidad, susceptibilidad térmica, etc., por lo cual es necesario tener en cuenta las siguiente consideraciones:

- a) Trabajar con granulometrías continuas, bien graduadas, con tamaños máximos inferiores a 19 mm; tratando de lograr vacíos del agregado mineral (V.A.M.) superiores al 15 %.
- b) La condición anterior debe permitir incrementar el porcentaje de ligante a incorporar a la mezcla, tendiendo, en lo posible, al límite superior del "porcentaje de vacíos llenos con asfalto" recomendados para la mezcla compactada, o sea próximo al 85 %, y manteniendo además las respectivas características físico-mecánicas exigidas para la carpeta asfáltica.
- c) Los vacíos residuales de la mezcla compactada debe tender al valor mínimo especificado, dado que ello contribuye a disminuir la posible alteración del asfalto por oxidación, y a preservar a las mezclas de la acción del agua (agravada por la acción del tránsito).
- d) El mayor espesor de la película de asfalto que recubriría a los áridos a raíz de un mayor porcentaje de asfalto junto con el empleo de un ligante de baja consistencia y adecuada susceptibilidad térmica, de este modo se incrementa la durabilidad de la carpeta asfáltica.
- e) La incorporación de porcentajes máximos de arena de trituración permite el logro de carpetas de rodamiento con buena resistencia al deslizamiento y conveniente estabilidad, tratando de no afectar la trabajabilidad de la mezcla y de no rigidizar la carpeta.
- f) El uso como filler de cal hidráulica hidratada en condiciones acordes con su "Concentración Crítica", permitiendo la disminución de los vacíos de la mezcla y mejorando la adherencia entre los áridos y el asfalto.

#### **4.4.2 Dosificación de la mezcla asfáltica y consideraciones SUPERPAVE nivel 1**

De acuerdo a las Especificaciones Técnicas EG-2000 del MTC, la calidad de la mezcla de concreto asfáltico deberá estar de acuerdo las siguientes exigencias descritas en el cuadro N° 4.11.

Parámetros de Diseño	Tránsito Pesado Carpeta y Base	
	Mín	Máx
Compactación Numero de golpes en cada cara de la probeta	75	
Estabilidad (Kg)	680	--
Flujo, mm	2	4
Porcentaje de Vacíos (1)	3	5
Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral	Ver Cuadro 4.11	
Relacion Estabilidad/Flujo (Kg/cm)	1700	3000
Indice de compactabilidad (2)	5	--
Relación Polvo - Asfalto	0.6	1.3

**CUADRO 4.11 - Requisitos de Mezcla para el Diseño Marshall**

- (1) Es deseable que tienda al valor mínimo, recomendado para climas fríos por encima de los 3500 m.s.n.m.
- (2) El Índice de compactabilidad se define como:  $1/(GE\ 50 - GE\ 5)$ , siendo GE 50 y GE 5 las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Tamaño Máximo Agregado	VMA mínimo	
	Marshall	Superpave
N° 8 ( 2.36 mm)	21.0	
N° 4 (4.75 mm)	18.0	
3/8" (9.5 mm)	16.0	15.0
1/2" (12.5 mm)	15.0	14.0
3/4" (19 mm)	14.0	13.0
1" (25 mm)	13.0	12.0
1 1/2" (38 mm)	12.0	11.0
2" (50 mm)	11.5	10.5

**CUADRO 4.12 - Porcentaje Mínimo de VMA**

**a) Dosaje de áridos**

La granulometría del agregado grueso se ha determinado calculando el promedio de la producción diaria en la planta chancadora, ubicada en la cantera del Km 150+080, lo mismo para el agregado fino; en los cuadros N° 4.13 y 4.14 se muestran los resultados:

**AGREGADO GRUESO**

FECHA	Porcentaje Pasante las Mallas				
	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8
04/11/1999	100.0	82.7	52.7	5.7	1.8
04/11/1999	100.0	84.9	55.7	8.4	2.7
04/11/1999	100.0	86.0	56.3	8.8	2.2
05/11/1999	100.0	84.3	57.7	12.7	4.0
05/11/1999	100.0	86.2	62.1	20.4	6.6
05/11/1999	100.0	88.5	62.2	18.3	6.8
06/11/1999	100.0	89.3	64.4	15.3	4.9
06/11/1999	100.0	91.8	66.5	16.9	5.0
06/11/1999	100.0	88.0	61.7	14.7	5.0
Cantidad	9	9	9	9	9
Promedio	100.0	86.9	59.9	13.5	4.3
Desv. Estandar	0	2.8	4.5	5	1.8

**Cuadro 4.13 - Granulometría promedio del agregado grueso****AGREGADO FINO**

FECHA	Porcentaje Pasante las Mallas							
	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
05/11/1999	100.0	97.4	62.7	41.4	29.2	21.0	16.7	14.4
05/11/1999	100.0	97.0	61.3	39.8	25.1	17.2	13.0	10.9
05/11/1999	100.0	97.0	62.6	41.3	29.3	20.3	15.0	12.7
05/11/1999	100.0	98.5	65.1	40.5	28.1	19.1	14.9	12.7
06/11/1999	100.0	96.9	61.8	42.5	28.7	19.9	14.8	12.0
06/11/1999	100.0	98.0	63.2	41.5	28.8	19.7	15.2	12.6
06/11/1999	100.0	95.7	61.7	40.0	29.7	20.5	15.0	12.3
06/11/1999	100.0	97.7	64.4	42.2	33.8	22.3	15.6	12.7
Cantidad	8	8	8	8	8	8	8	8
Promedio	100.0	97.3	62.9	41.2	29.1	20.0	15.0	12.5
Desv. Estandar	0.0	0.8	1.3	1.0	2.4	1.5	1.0	1.0

**Cuadro 4.14 - Granulometría promedio del agregado fino**

Las proporciones en que los agregados se deben mezclar, para obtener una granulometría que encaje óptimamente dentro de la faja seleccionada (ASTM D-3515), se han encontrado por medio de tanteos sucesivos como se muestra en el cuadro N° 4.15.

La granulometría de la mezcla es continua y bien graduada (Ver Figura N° 4.7), con concavidad hacia arriba, el porcentaje pasante la malla N° 200 se halla cerca al límite superior. Se espera que durante el proceso de fabricación de la mezcla se pierda aproximadamente 2% de los finos lo cual "abrirá" la mezcla, incrementando el porcentaje de vacíos, esta situación permite la incorporación de un mayor contenido de asfalto.

Tamiz	Piedra	Arena	Filler	Mezcla	ESPECIFICACION ASTM D-3515
	43%	55%	2%		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	86.9	100.0	100.0	94.4	90-100
3/8"	59.9	100.0	100.0	82.8	
N° 4	13.5	97.3	100.0	61.3	44-74
N° 8	4.3	62.9	100.0	38.4	28-58
N° 16	0.0	41.2	100.0	24.7	
N° 30	0.0	29.1	100.0	18.0	
N° 50	0.0	20.0	98.1	13.0	5-21
N° 100	0.0	15.0	96.3	10.2	
N° 200	0.0	12.5	94.8	8.8	2-10

Cuadro 4.15 – Granulometría de la mezcla de agregados

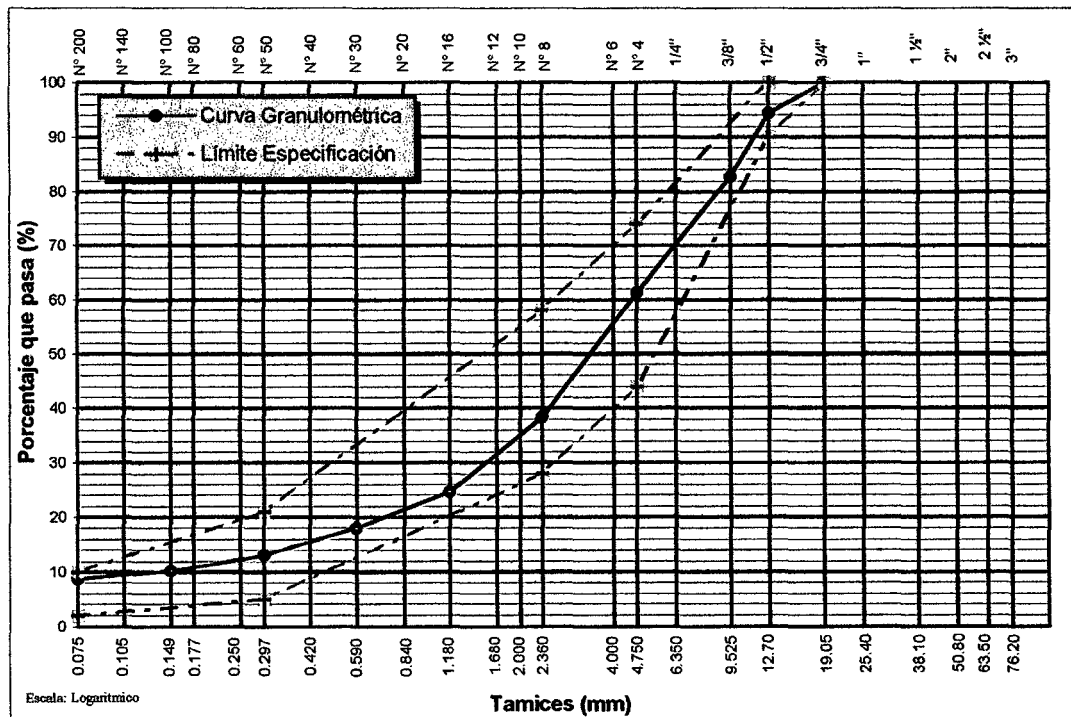


Figura 4.7 - Curva Granulométrica de la Mezcla de Agregados con límites ASTM D-3515

Refiriendonos a SUPERPAVE, la granulometría de la mezcla es representada gráficamente en un diagrama, donde el eje de las ordenadas en escala aritmética representa a los porcentajes pasantes. En el eje de las abscisas, a su vez, se representa también en escala aritmética, la abertura de los tamices expresadas en mm elevado a la potencia 0.45.

En el diagrama en cuestión, la diagonal del rectángulo que une el vértice superior derecho (diámetro máximo del agregado) al vértice inferior izquierdo (origen O), representa la granulometría del agregado que induce a la máxima densidad y, por consiguiente, el menor %VAM. La ecuación de la diagonal en cuestión, de acuerdo con la FHWA, es la siguiente:

$$p = (d/D)^{0.45}$$

Donde:

**p** = % pasante en el tamiz de abertura **d** considerada,

**D** = abertura del tamiz correspondiente a la mayor partícula del agregado.

SUPERPAVE no especifica, en rigor las franjas granulométricas propiamente dichas. Los requerimientos granulométricos para cada diámetro máximo, constan de los denominados “**puntos de control**” y de una “**zona restringida**”.

Los “**puntos de control**” definen los principales intervalos en los cuales debe estar contenida la curva granulométrica de la mezcla. Los rangos en cuestión definen límites de las ordenadas correspondientes, en orden: al diámetro máximo nominal (abertura del tamiz mayor al primer tamiz que retiene mas del 10%), a un tamaño intermedio (2.36 mm) y al tamiz N° 200 (0.075 mm).

La **zona restringida** es localizada alrededor de la granulometría que resulta en el menor %VAM, entre los tamiz intermedio (4.75 ó 2.36 mm) y el N° 50 (0.30 mm). La banda formada debe ser esquivada por la curva granulométrica. Las granulometrías que pasan a través de la zona restringida son denominadas *granulometrías con joroba* en virtud de su forma.

En muchos casos, una granulometría con esta característica indica una mezcla con exceso de arena o una mezcla que tiene mucha arena fina en relación al total de la arena. Una granulometría con tal peculiaridad resulta en una mezcla que genera problemas de compactación y exhibe resistencia reducida a las deformaciones permanentes durante su puesta en servicio. De esta forma, la zona restringida evita el

uso de una granulometría próxima de la recta de máxima densidad en los tamices correspondientes al agregado fino.

Granulometrías cuyas curvas son próximas a la referida recta tienen, a veces, un %VAM insuficiente para permitir la cantidad de asfalto necesario para asegurar una durabilidad adecuada a la mezcla. Tales granulometrías son muy sensibles al contenido de asfalto y pueden fácilmente tornarse plásticas, aún tratándose de pequeñas variaciones en el referido contenido de asfalto.

Aunque SUPERPAVE recomienda que la curva granulométrica pase por debajo de la zona restringida, esto no constituye un requerimiento obligatorio. No obstante, el comportamiento de la mezcla es generalmente mejor cuando las curvas granulométricas pasan debajo de la zona restringida.

SUPERPAVE define cinco requerimientos granulométricos, en función del diámetro nominal del agregado, dicha información se encuentra en el anexo 4.e.

La curva granulométrica de la mezcla trazada en el diagrama de SUPERPAVE con los requerimientos granulométricos para el diámetro máximo nominal =  $\frac{1}{2}$ " (Cuadro N° 4.16) se muestra en la Figura N° 4.8.

Tamiz		% pasando					
ASTM	mm	Mezcla	ASTM D-3515 $\phi_{\text{max.nom.}} = \frac{1}{2}$ "	Recomendaciones SUPERPAVE			
				Puntos de control		Contorno de la zona de restricción	
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/4"	19.00	100.0	100		100		
1/2"	12.50	94.4	90-100	90	100		
3/8"	9.50	82.8					
N° 4	4.75	61.3	44-74				
N° 8	2.36	38.4	28-58	28	58	39.1	39.1
N° 16	1.18	24.7				25.6	31.6
N° 30	0.600	18.0				19.1	23.1
N° 50	0.300	13.0	5-21			15.5	15.5
N° 100	0.150	10.2					
N° 200	0.075	8.8	2-10	2	10		

**Cuadro 4.16 – Gradación ASTM D-3515 ( $\phi_{\text{max.nom.}} = \frac{1}{2}$ ") y su comparación con SUPERPAVE**



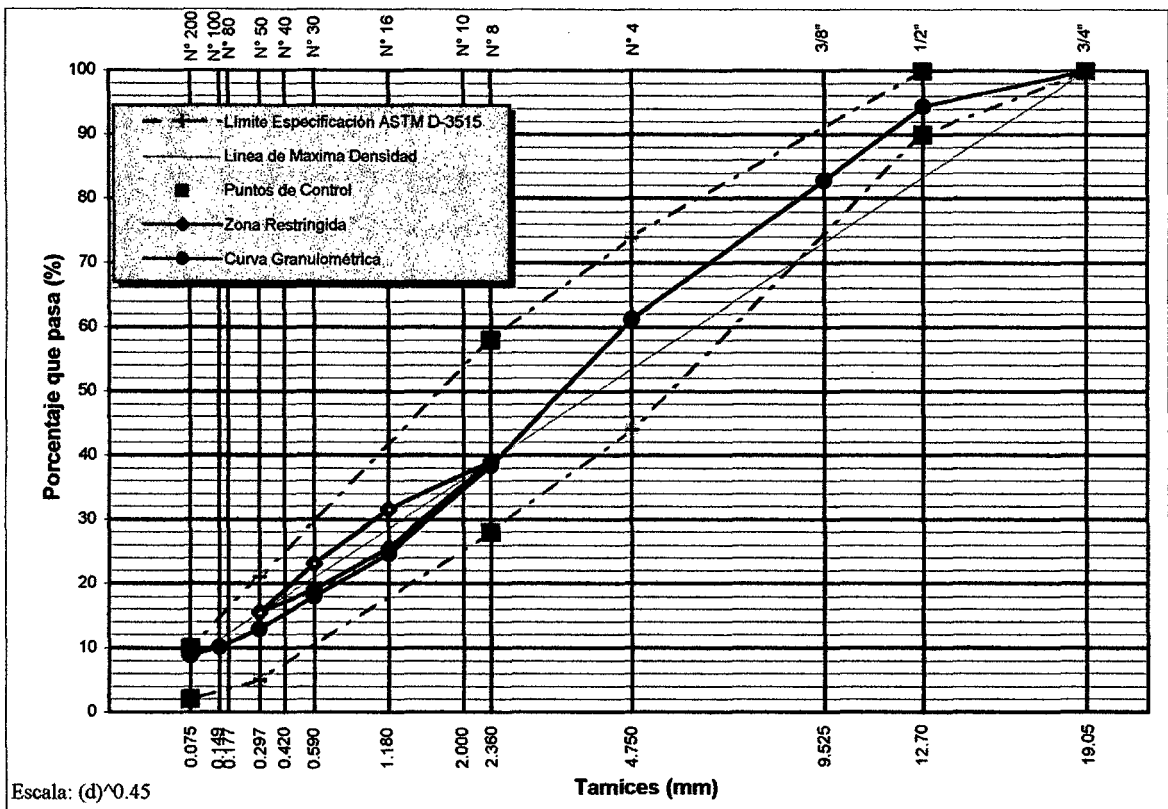


Figura 4.8 – Curva granulométrica de la mezcla ( $\phi_{\text{max.nom.}} = 1/2''$ ) con límites SUPERPAVE

#### 4.4.3 Método Marshall ASTM D-1559

##### a) Desarrollo y Aplicación

Los conceptos del método Marshall de diseño de mezclas para pavimentos fueron formulados por Bruce Marshall, siendo Ingeniero de Pavimento en el Departamento de Carreteras del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, en el año 1943, después de extensas investigaciones y estudios de correlación, mejoró y añadió ciertos detalles al procedimiento de ensayo de Marshall y desarrolló finalmente los criterios de diseño de mezclas.

El procedimiento de ensayo Marshall fue estandarizado por la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales en el ensayo ASTM D-1559 denominado Resistencia al Flujo Plástico de Mezclas Bituminosas utilizando el Aparato Marshall.

El método de Marshall es aplicable solamente a mezclas asfálticas en caliente, usando cemento asfáltico y agregados de 2.5 cm (1") de tamaño máximo. El método es utilizado tanto en el diseño de laboratorio como en el control de producción de mezclas asfálticas.

### *b) Resumen del Método*

El procedimiento para el método Marshall requiere las siguientes condiciones antes de empezar:

- Los materiales deben cumplir con los requisitos de las especificaciones técnicas de la obra.
- La mezcla de agregados deben cumplir con las especificaciones de gradación; y
- Para el calculo de las densidades y el análisis de vacíos se utilice el peso específico bulk de la mezcla de agregados y se determine el peso específico del cemento asfáltico.

El propósito del Método Marshall es determinar el contenido optimo de asfalto para una combinación específica de agregados.

El método Marshall utiliza muestras para ensayo de tamaño standard, de 6.35 cm (2.5") de altura y 10.16 cm (4") de diámetro.

Estas son preparadas empleando un procedimiento especificado para calentar, mezclar y compactar la mezcla de asfalto y agregados. Los fundamentos del método Marshall son: el análisis densidad-vacíos y un ensayo de estabilidad flujo sobre muestras compactadas.

### *c) Mezclas de prueba*

En la presente obra, el Ensayo de Marshall se ha efectuado haciendo 5 mezclas de prueba, con 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 y 7.5 % de cemento asfáltico referidos al peso total de la mezcla. Para cada mezcla de prueba, a la vez, se han moldeado 3 briquetas, a la temperatura y con la energía de compactación especificadas.

Una vez efectuado el moldeo de las briquetas, se procedió a efectuar lo siguiente:

- Determinación del Peso Unitario de la mezcla compactada
- Máxima Gravedad Específica de la mezcla suelta ( Ensayo Rice)
- Cálculo de las características volumétricas de la mezcla compactada (Vacíos de aire, Vacíos en el agregado mineral y Vacíos llenos de cemento asfáltico).

Posteriormente se sumergieron las briquetas en agua a 60°C por un tiempo de 30 minutos, luego de lo cual se procedió a efectuar los ensayos de Estabilidad y Flujo utilizando la prensa Marshall.

En el anexo 4.f se encuentran las hojas de calculo con los cómputos descritos en los párrafos precedentes.

*d) Resultados obtenidos*

De acuerdo a lo estipulado por el Método Marshall, se procedió a plotear los valores de Peso Unitario, Estabilidad, % Vacíos, V.M.A., Flujo y V.F.A. con relación a los contenidos de asfalto considerados, un resumen de los valores utilizados para la elaboración de los gráficos se encuentran en el siguiente cuadro:

% C.A.	Vacíos	Peso Unitario	V.M.A.	ESTABILIDAD	FLUJO	V.F.A
5.50	3.87	2.36	14.09	838.00	2.70	73.31
6.00	2.88	2.37	14.33	777.00	3.00	80.85
6.50	2.44	2.36	14.82	653.00	3.30	84.61
7.00	2.03	2.35	15.91	593.00	3.70	88.08
7.50	1.60	2.33	16.84	549.00	4.10	91.28

**Cuadro 4.17 - Valores para los Gráficos Marshall**

En base a los gráficos de la Figura N° 4.9 y a los parámetros especificados en el Item 4.4.2, se procedió a determinar el contenido optimo de asfalto:

% de asfalto para el Máximo Peso Unitario con una incidencia 1	:	6.35
% de asfalto para una Estabilidad de 700 Kg con una incidencia 2	:	6.30
% de asfalto para un % de vacíos de 3% con una incidencia de 2	:	6.10
% de asfalto para un flujo de 3 mm con una incidencia de 1	:	6.00
% de asfalto para un VMA de 15% con una incidencia de 1	:	6.60
% de asfalto para un VFA de 85% con una incidencia de 1	:	6.50

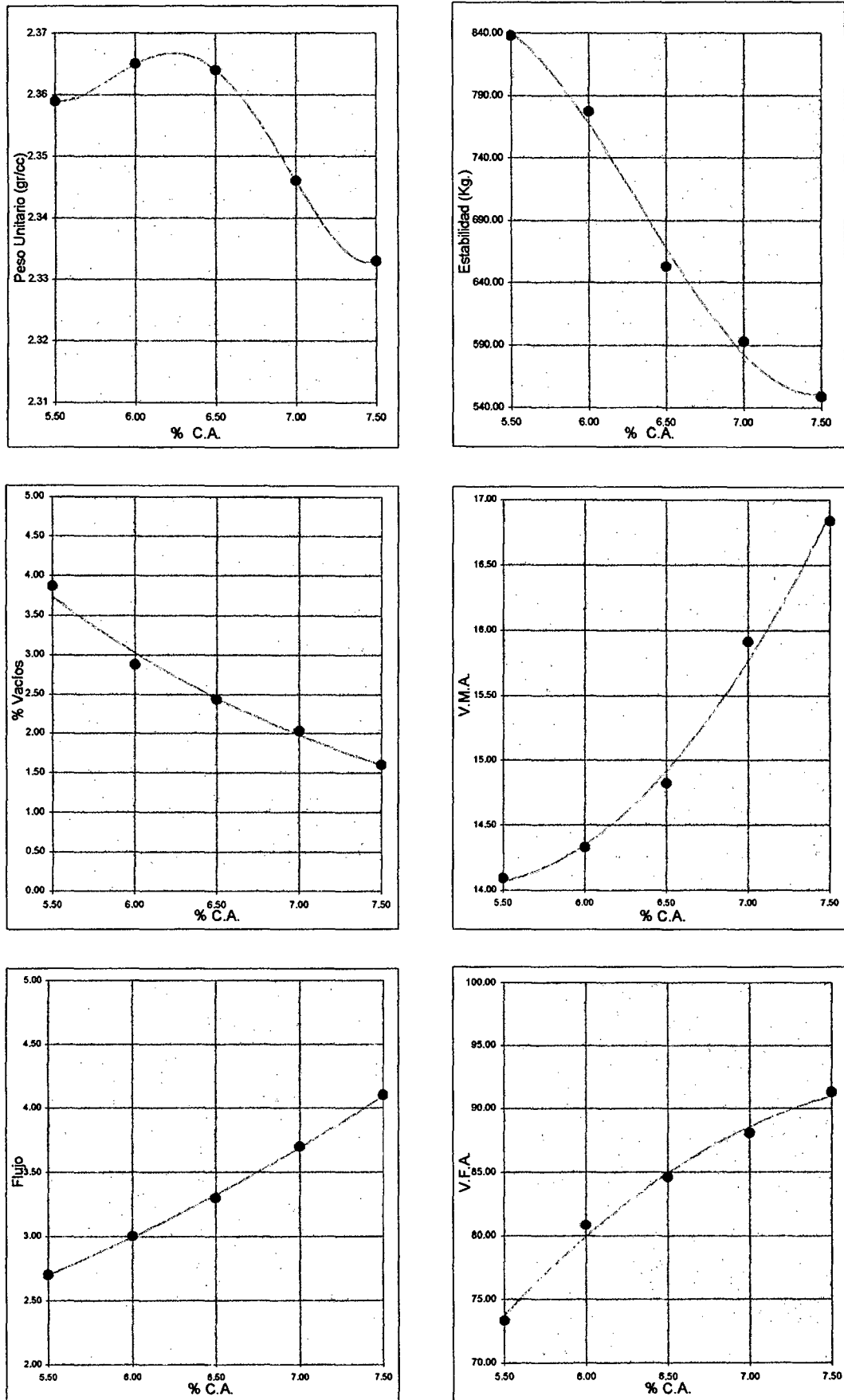


Figura 4.9 – Gráficos Marshall para hallar el Optimo Contenido de Asfalto

## OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO

$$OCA = \frac{(6.35 * 1 + 6.30 * 2 + 6.10 * 2 + 6.00 * 1 + 6.60 * 1 + 6.50 * 1)}{8} = 6.30$$

## e) Verificación del Diseño

A fin de verificar las características de la mezcla, se elaboró una nueva mezcla de prueba moldeando briquetas con el óptimo contenido de asfalto (6.30 %), de la siguiente forma:

3 briquetas para Ensayo Marshall

3 briquetas para Ensayo de Estabilidad Retenida

2 briquetas, una compactada con 5 golpes y otra con 50 golpes por cara, para determinación del Índice de Compactibilidad.

Las hojas de cálculo para la verificación del diseño se encuentran en el anexo 4.g.

## 4.4.4 Formula de Trabajo

La producción de mezcla asfáltica en Planta permitirá ajustar el porcentaje de asfalto, el día 30/11/99 se ejecutó el tramo de prueba, habiéndose efectuado los controles y ensayos respectivos, obteniéndose los resultados resumidos en siguiente cuadro.

Resultados del Ensayo Marshall		01/12/1999 Tramo de Prueba	02/12/1999 Prueba N° 2	Promedio	Desviación
GRANULOMETRIA	3/4"	100	100	100	0.00
	1/2"	97.8	97.2	97.5	0.42
	3/8"	85.1	85.3	85.2	0.14
	N° 4	62.3	60.7	61.5	1.13
	N° 8	44.1	41.6	42.9	1.77
	N° 16	28.4	28.9	28.7	0.35
	N° 30	19.5	19.8	19.7	0.21
	N° 50	14.2	14.4	14.3	0.14
	N° 100	11.1	10	10.6	0.78
CARACTERISTICAS MARSHALL	N° 200	6.6	6.5	6.6	0.07
	%C.A.	6.59	6.58	6.6	0.01
	ASTM D-2041( RICE)	2.424	2.424	2.4	0.00
	DENS. BRIQ.	2.352	2.351	2.4	0.00
	% VACIOS	3	3.1	3.1	0.07
	VMA (%)	16.6	16.8	16.7	0.14
	VFA (%)	82.5	82.1	82.3	0.28
	ESTABILIDAD (Kg)	836	812	824.0	16.97
	FLUJO (mm)	3.4	3.3	3.4	0.07
	EST. RETENIDA (%)	87	89.5	88.3	1.77
EST / FLUJO (Kg / cm)	2482	2486	2484.0	2.83	

Cuadro 4.18 – Resultados de la Mezcla Asfáltica producida en Planta

### ▪ Granulometría

La granulometría resultante se halla dentro de los límites correspondientes de la faja granulométrica ASTM D-3515 para un diámetro máximo nominal = 1/2" y es plenamente compatible con las recomendaciones SUPERPAVE como lo evidencia el cuadro N° 4.19.

La curva granulométrica pasa por debajo de la zona de restricción, de esta manera se logra una granulometría mas densa garantizando con ello un mejor comportamiento en zonas lluviosas, en el proceso de fabricación se perderá aproximadamente 2% de finos, lo cual abrirá la mezcla permitiendo el incremento del porcentaje de asfalto, asimismo se procurará que el porcentaje pasante la malla N° 200 sea igual al porcentaje de asfalto, pero en ningún caso mayor que el 90% de la concentración crítica.

La concentración crítica ( $C_s$ ) encontrada es:

$$C_s = 0.311$$

y la concentración de finos en la Mezcla(C) :

$$C = 0.280$$

$$C_p/C = 0.90$$

Tamiz	Mezcla	ESPECIFICACION ASTM D-3515 $\phi$ max. nom. = 1/2"	Recomendaciones SUPERPAVE			
			Puntos de control		Contorno de la zona de restricción	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/4"	100.0	100		100		
1/2"	97.0	90-100	90	100		
3/8"	85.0					
N° 4	61.0	44-74				
N° 8	38.0	28-58	28	58	39.1	39.1
N° 16	24.5				25.6	31.6
N° 30	19.0				19.1	23.1
N° 50	14.0	5-21			15.5	15.5
N° 100	11.0					

**Cuadro 4.19 - Granulometría de la Mezcla Asfáltica después del lavado asfáltico**

### ▪ Asfalto

% de Cemento Asfáltico      6.6

El porcentaje de asfalto-6.6%-, es mayor al diseño, esto se debe a que la muestra lavada tiene una mayor proporción de arena que la determinada en faja, debido a los finos perdidos, se estima que el contenido de asfalto en la mezcla era de 6.3%.

El asfalto muestra cierto grado de susceptibilidad térmica, por lo que se recomienda que la temperatura de producción en Planta no exceda los 138 °C.

- **Filler**

% Cal hidratada                      2.0

Este porcentaje de cal hidratada adicionada a la mezcla asfáltica es suficiente, un aumento de porcentaje provocará un incremento de la concentración de finos en la mezcla, acercándose a la concentración crítica, pudiendo producirse efectos reológicos contrarios.

### Características Marshall

Parametros	Resultado	Especificaciones	
		Min	Máx
Peso Unitario (gr/cc)	2.352	--	--
% de Vacíos	3	2.5	4
% de vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.7	15	--
% de vacíos llenos de asfalto (VFA)	82.9	--	--
Flujo (mm)	3.4	2	4
Estabilidad (Kg)	836	680	--
Estabilidad Retenida (%)	87	90	--
Capacidad Soporte Marshall (Kg/cm <sup>2</sup> )	10.3	9.7	--

**CUADRO 4.20 - Características Marshall de la mezcla producida en planta**

Las características Marshall de la mezcla producida en planta y colocada en el tramo de prueba, cumple con las exigencias de las Especificaciones Técnicas (Cuadro N° 4.20).

Al efectuar el Diseño de Mezcla se obtuvo una Estabilidad Retenida de 95%, sin embargo, al realizar el ensayo con mezcla producida en planta el valor de Estabilidad Retenida bajo a 87%, esto se explica porque dentro de los 2% de finos perdidos, parte corresponde a la cal hidratada, el valor de estabilidad retenida de la mezcla producida en planta se encuentra cercano al valor de 90%, no requiriéndose el uso de aditivo mejorador de adherencia, en las producciones posteriores al tramo de prueba se tratará de lograr el valor de 90% de estabilidad retenida por lo que se considera un valor apropiado para mezclas asfálticas en zonas de altura.

Adicionalmente al requerimiento de Estabilidad/Flujo incluido en las especificaciones del diseño, se complementará con la Capacidad Soporte Marshall (CSM) definida por C.T. Metcalf, del Research Laboratory, Shell Oil Co., Wood River, Illinois.

El parámetro en cuestión es obtenido por la ecuación:

$$CSM = \frac{1.55 \times E \times (120 - F)}{F}$$

Donde:

E = Estabilidad Marshall a 60°C, en Kgf/cm<sup>2</sup>

F = Valor del Flujo Marshall a 60°C, en 0.01"

CSM = Capacidad Soporte Marshall a 60°C, en Kgf/cm<sup>2</sup>

La aplicación de la ecuación que define CSM, en virtud de su origen, se limita a la estimativa de la capacidad de soporte de las mezclas asfálticas en la temperatura máxima crítica a que se podrán ser sometidas en servicio, bajo la acción de cargas predominantemente circulantes.

A las mezclas asfálticas diseñadas, deberá corresponder un valor de CSM compatible con la tensión vertical máxima prevista en el área de contacto *neumático / superficie de rodamiento* considerada igual a la presión de inflado crítica del neumático.

Por lo tanto, debe ser cumplida la desigualdad:

$$CSM \geq k \times P_{i_{max}}$$

Donde:

P<sub>i<sub>max</sub></sub> = Presión de inflado máxima prevista para los neumáticos que solicitan a la carpeta asfáltica.

K = Factor de seguridad

Se adoptan los siguientes valores:

$$P_{i_{max}} = 120 \text{ PSI} = 8.4 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$k = 1.15$$

Entonces la CSM a ser especificada para la mezcla constituyente de la carpeta superficial debe atender a la condición:

$$CSM \geq 1.15 \times 8.4$$

$$CSM \geq 9.7 \text{ Kgf/cm}^2$$

#### ▪ Gráficos de Energía Variable

Para elaborar los gráficos de Energía Variable se procede a efectuar el ensayo Marshall para el Optimo Contenido de Asfalto, pero la compactación de las briquetas se hace para 15, 30, 50 y 75 golpes respectivamente, luego se calculan las características Marshall para cada situación, las hojas de calculo se encuentran en el anexo 4.h.



Un resumen de las hojas de calculo se encuentra en el cuadro N° 21, estos datos nos sirve para elaborar las curvas de Energía Variable (Figura N° 4.10 y 4.11).

N° de Golpes	% Vacios	Peso Unitario	V.M.A.	ESTABILIDAD	FLUJO	V.F.A	RIGIDEZ
15.00	9.28	2.21	20.40	275.00	2.30	55.15	1224.00
30.00	6.98	2.26	18.38	428.00	2.60	62.76	1679.00
50.00	4.71	2.32	16.39	607.00	3.00	72.09	2022.00
75.00	2.65	2.37	14.58	724.00	3.20	82.78	2265.00

Cuadro 4.21 - Valores para los Gráficos de Energía Variable

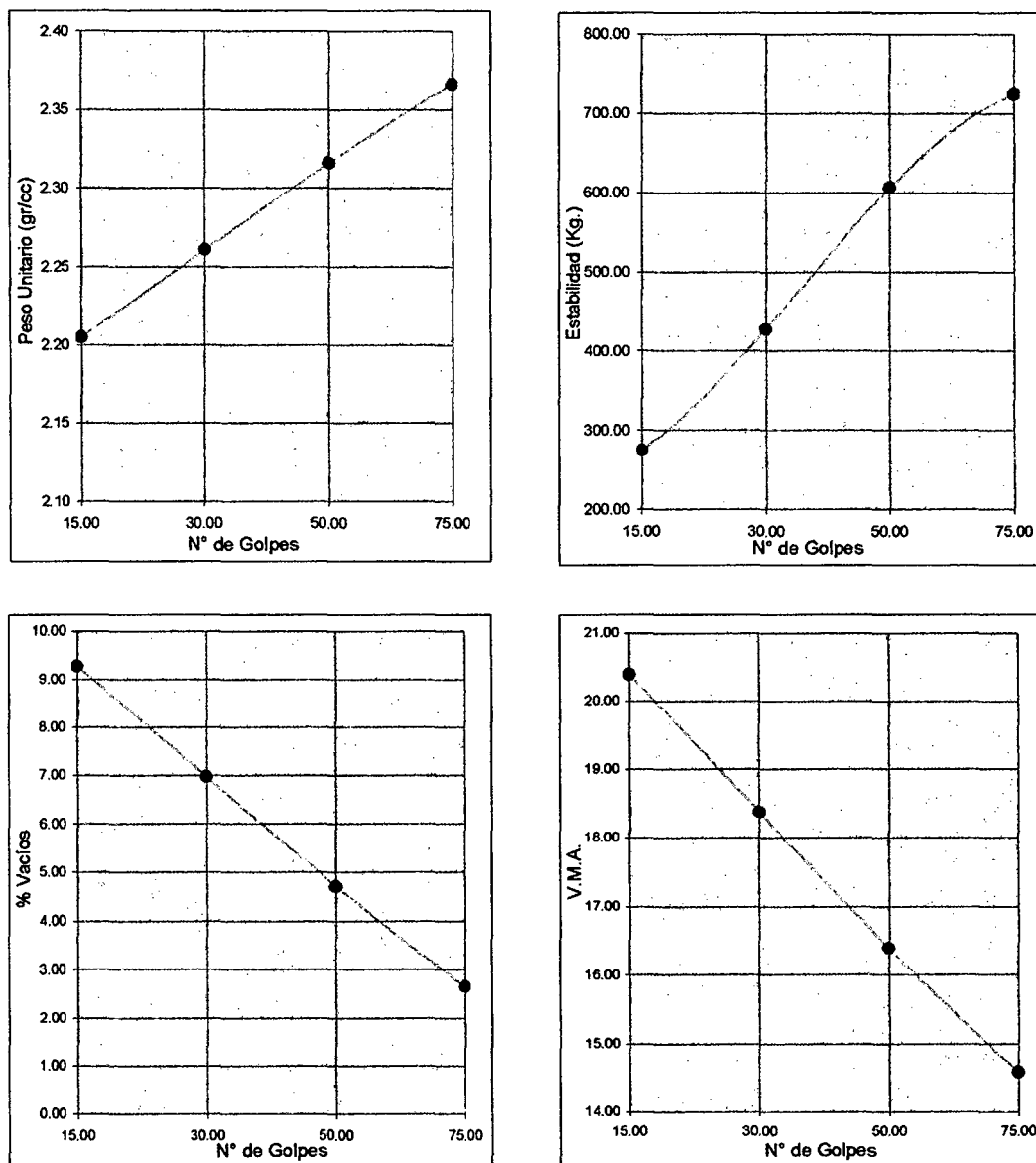


Figura 4.10 – Primer conjunto de los gráficos de Energía Variable

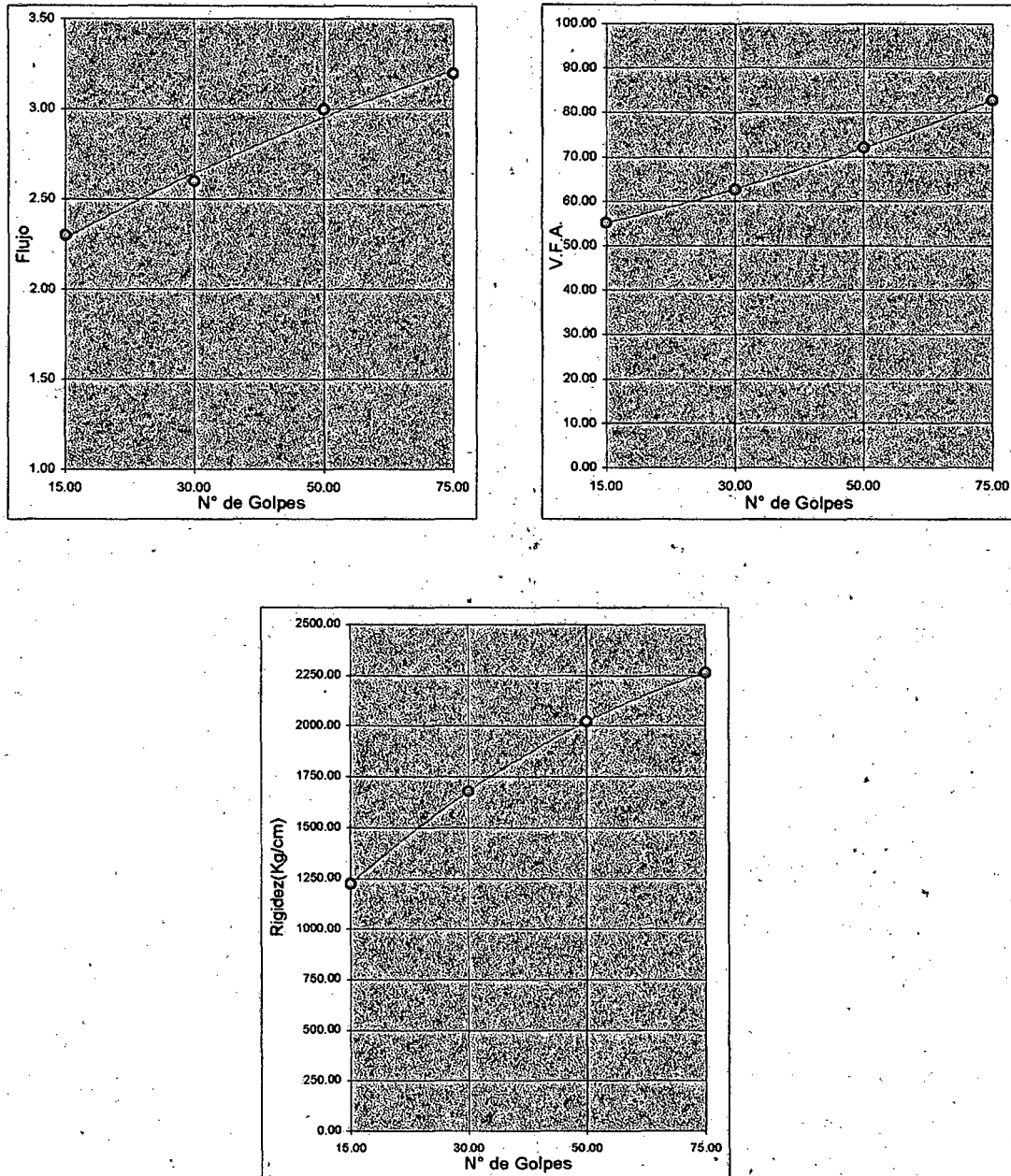


Figura 4.11 – Segundo conjunto de los gráficos de Energía Variable

De los gráficos de Energía Variable, se observa que el grado de compactación mínimo (97%) que deberá alcanzarse en pista, equivale aproximadamente al peso unitario correspondiente, a 50 golpes, para este grado de compactación la Estabilidad es menor que la especificada (85% de la obtenida en laboratorio para 75 golpes) situación que debe ser tomada en cuenta, por lo tanto se debe obtener grados de compactación de por lo menos 98%.

## ▪ Temperaturas de mezclado y compactación

### *Para el Diseño de la Mezcla*

La Norma ASTM D 1559 Resistencia al Flujo Plástico de Mezclas Bituminosas usando el Método Marshall, establece que la temperatura de mezclado será aquella a la cual el asfalto alcanza una viscosidad de  $170\pm 20$  Cst; la temperatura de compactado deberá ser aquella a la cual el asfalto alcanza una viscosidad de  $280\pm 30$  Cst.

De la carta Viscosidad-Temperatura, proporcionada por PETROPERU (Ver anexo 4.d), se han determinado las siguientes temperaturas:

Temperatura de mezclado	138°C a 143°C
Temperatura de compactación	128 °C a 132°C

### *En la Planta de Asfalto*

El Instituto del Asfalto recomienda que la temperatura de mezclado debe ser aquella en la cual el asfalto alcanza viscosidades comprendidas entre 75 y 150 SSF, en el presente caso corresponde al intervalo : 128 °C a 143°C.

Considerando que las características de la mezcla se hallan dentro de lo establecido en las Especificaciones Técnicas, y que además estas atienden a las particulares condiciones de la zona, se presenta la FORMULA DE TRABAJO en el Cuadro N° 4.22 y en la Figura N° 4.12 la granulometría correspondiente, de esta manera se da inicio a la colocación de la carpeta asfáltica en pista.

## FORMULA DE TRABAJO DE LA MEZCLA ASFALTICA

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY		TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY						
1. PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150							6.6 ± 0.3	
2. GRANULOMETRIA	Tamiz		% pasando					
	ASTM	mm	Formula de Mezcla	ASTM D-3515 $\phi_{max.nom.} = \frac{1}{2}$ "	Recomendaciones SUPERPAVE		Contorno de la zona de restricción	
					Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
	3/4"	19.00	100.0	100		100		
	1/2"	12.50	95 ± 5	90-100	90	100		
	3/8"	9.50	85 ± 5					
	N° 4	4.75	63 ± 5	44-74				
	N° 8	2.36	38 ± 5	28-58	28	58	39.1	39.1
	N° 16	1.18	24 ± 5				25.6	31.6
	N° 30	0.600	18 ± 4				19.1	23.1
	N° 50	0.300	14 ± 4	5-21			15.5	15.5
N° 100	0.150	10 ± 4						
N° 200	0.075	7 ± 2	2-10	2	10			
3. PORCENTAJE DE FILLER (CAL HIDRATADA)							2	
4. CARACTERISTICAS MARSHALL		PORCENTAJE DE VACIOS					2.50 a 4.00	
		PORCENTAJE DE V.M.A.					mínimo 15.00	
		PORCENTAJE DE V.F.A.					mínimo 80	
		FLUJO (mm)					2.0 a 4.0	
		ESTABILIDAD (Kg)					mínimo 680	
		ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm)					1700 a 3000	
		ESTABILIDAD RETENIDA (%)					mínimo 90	
		GRADO DE COMPACTACION (%)					mínimo 98	
5. TEMPERATURAS		TEMPERATURA MEZCLA EN PLANTA					135 ± 3 °C	
		TEMPERATURA DE ESPARCIDO					125 °C a 130 °C	
		TEMPERATURA DE RODILLADO INICIAL					120 °C	
		TEMPERATURA DE RODILLADO FINAL					90 °C	

Cuadro 4.22 – Fórmula de Trabajo para la producción de mezcla asfáltica

GRANULOMETRIA DE LA FORMULA DE TRABAJO

Abertura		% QUE PASA							
Tamices		Linea de Maxima Densidad	MEZCLA Gradación	ASTM D-3515		Ptos de control		Zona de Restricción	
ASTM	mm			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/4"	19.05	100.0	100.00	100	100	100	100		
1/2"	12.70	83.3	95.00	90	100	90	100		
3/8"	9.53	73.2	85.00						
N° 4	4.75	53.5	63.00	44	74				
N° 8	2.36	39.1	38.00	28	58	28	58	39.1	39.1
N° 16	1.18	28.6	24.00					25.6	31.6
N° 30	0.59	20.9	18.00					19.1	23.1
N° 50	0.30	15.4	14.00	5	21			15.5	15.5
N° 100	0.15	11.3	10.00						
N° 200	0.075	8.3	7.00	2	10	2	10		

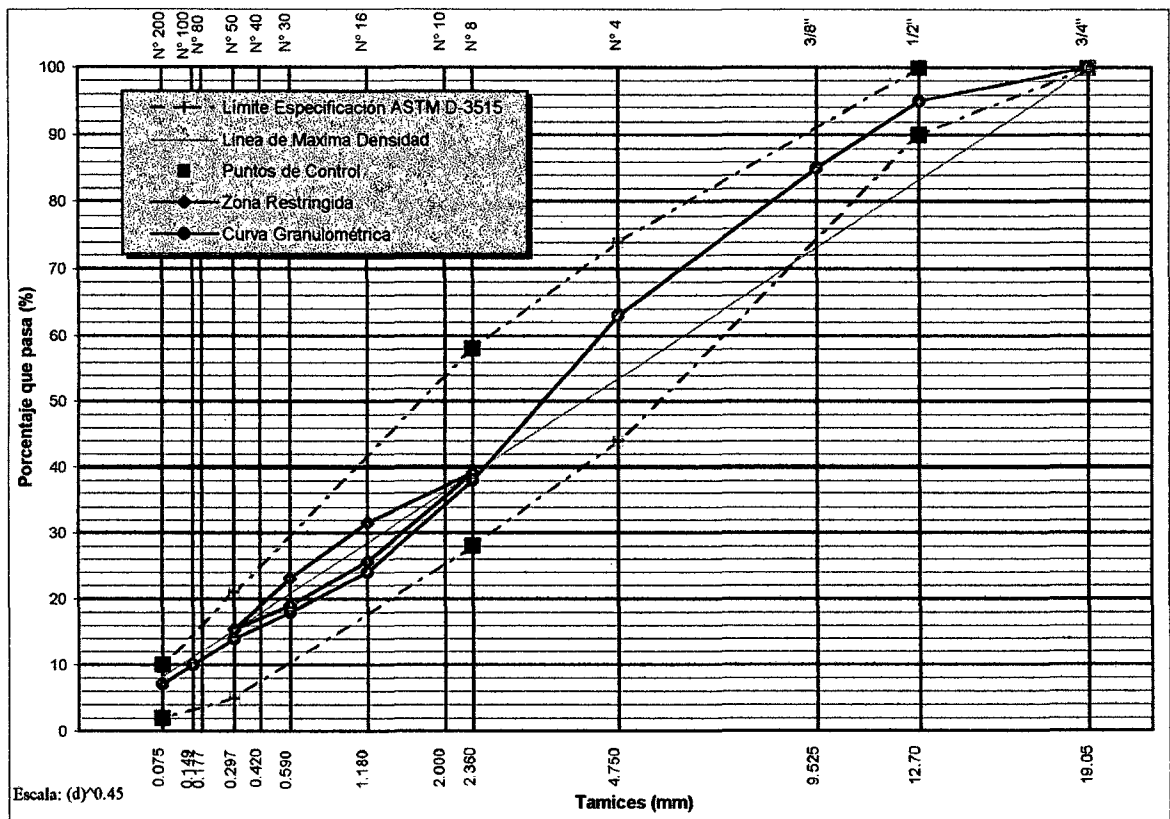


Figura 4.12 – Curva Granulométrica de la Mezcla para la Formula de Trabajo

## Capítulo V

# PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONTROL DE CALIDAD

## **V PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONTROL DE CALIDAD**

### **5.1 PROCESO CONSTRUCTIVO**

#### **5.1.1 Producción en planta**

El proceso de producción de mezclas asfálticas en caliente, depende fundamentalmente de la completa operatividad y buen funcionamiento de la planta de asfalto.

La planta de asfalto consta de una serie de equipos mecánicos electrónicos en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con asfalto para producir una mezcla asfáltica en caliente que debe cumplir con las especificaciones de obra.

Las plantas de asfalto se clasifican de acuerdo al sistema de producción de 2 tipos:

- a.- Plantas Continuas
- b.- Plantas Discontinuas

#### **a.- Plantas Continuas**

Son aquellas donde el proceso de producción se desarrolla en forma ininterrumpida, permitiendo la combinación de los agregados con el asfalto en forma constante. En ese sentido la característica de estas plantas es que los sistemas de alimentación son calibrados para la producción de flujos constantes de acuerdo a parámetros pre-establecidos y que guardan correspondencia con las características deseadas para la mezcla a producirse.

#### **b.- Plantas Discontinuas**

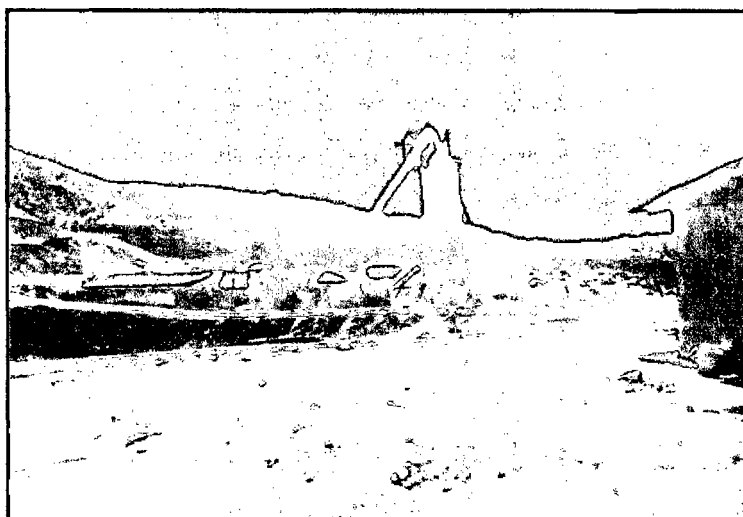
A diferencia de la plantas continuas, las discontinuas llamadas también “de bacheo”, se caracterizan por tener sus sistemas de alimentación que no son calibrados para producir flujos de características especiales. En este tipo de plantas la combinación de los agregados con el asfalto se produce mediante operaciones puntuales para la dosificación y medición de los ingredientes en forma directa.

Si bien es cierto que las plantas discontinuas facilitan la obtención de mezclas mas homogéneas y con mayor grado de control, el desarrollo de la tecnología proporciona en

la actualidad los mecanismos que hacen de las plantas continuas equipos de fácil manejo y gran productividad.

Independiente del tipo de planta, la calidad de la producción que proporcione dependerá del buen y adecuado funcionamiento de cada uno de sus sistemas y componentes.

La planta de asfalto continua utilizada en la presente obra se observa en la Figura N° 5.1 y las partes principales de una planta de asfalto puede observarse en las Figuras N° 5.2 y 5.3, tanto para una planta continua como para una discontinua.



**Figura 5.1 - Planta de asfalto utilizada en la obra.**

Es necesario que, previamente a la puesta en marcha de toda etapa de producción, la planta sea sometida a una exhaustiva inspección, a fin de determinar su condición respecto de los requerimientos de las especificaciones.

Por tal motivo existe un formato para facilitar la recopilación de los resultados que se obtengan en dicha inspección, para esta obra se dispone de la información presentada en el formato "Informe sobre inspección preliminar de la planta de asfalto". (Ver anexo 5.a)

### **c.- Alimentación de agregados fríos**

El sistema de alimentación de agregados fríos es el componente más importante de una planta de asfalto. La experiencia señala que la calidad de la mezcla depende de lo que suceda durante la fase de la producción. Si bien es cierto que muchos de los problemas tales como de temperatura, humedad, segregación o descalibración de las tolvas, son detectados en el secador, en las zarandas de la planta, en las tolvas o en la amasadora, las causas frecuentemente se originan en los mecanismos de alimentación en frío



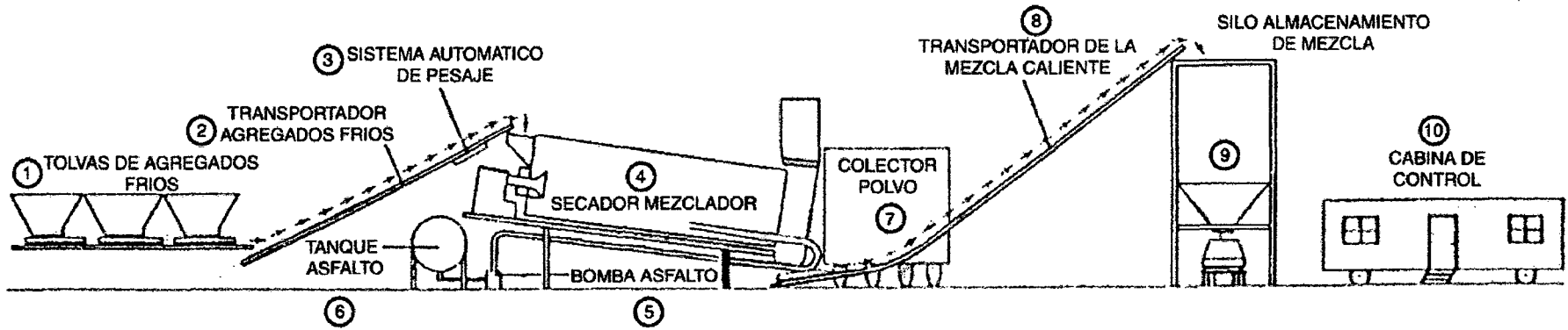


Figura 5.2 - Planta Básica de Producción Continua

**PARTES PRINCIPALES**

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1. TOLVAS AGREGADOS FRIOS      | 8. UNIDAD DE ZARANDEO              |
| 2. COMPUERTAS DE REGULACION    | 9. TOLVAS AGREGADOS CALIENTES      |
| 3. ELEVADOR AGREGADOS FINOS    | 10. TOLVA DE PESAJE                |
| 4. SECADOR                     | 11. UNIDAD DE MEZCLADO O AMASADORA |
| 5. COLECTOR DE POLVOS          | 12. TOLVA DE FILLER                |
| 6. EXTRACTOR DE CHIMENEA       | 13. TANQUE DE ASFALTO              |
| 7. ELEVADOR AGREGADOS CALIENTE | 14. BALDE PARA PESAJE DE ASFALTO   |

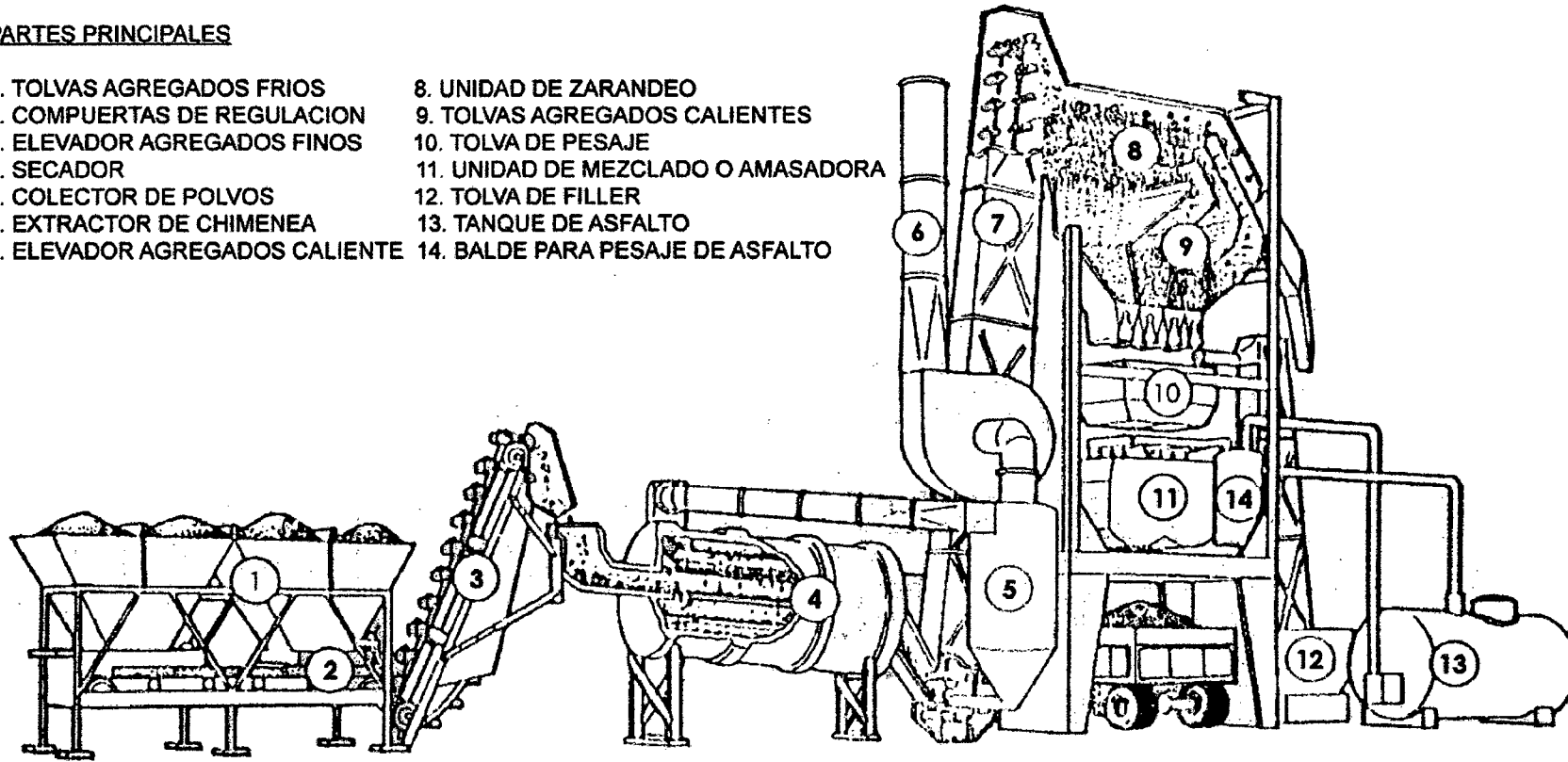


Figura 5.3 - Planta Básica de Producción por Bacheo

Las unidades para el transporte de los agregados fríos deben localizarse debajo de las tolvas de almacenamiento o en posiciones que aseguren un flujo uniforme de agregados. Entre los tipos más comunes tenemos (Figura N° 5.4) : (1) Faja transportadora continua (2) Transportador vibratorio y (3) Faja transportadora articulada. De éstos la faja transportadora continua es la mas usada en nuestro medio y la que mejores resultados proporciona, en la presente obra se emplea este tipo.

Para asegurar un flujo uniforme de agregados de tamaño apropiado deben observarse las siguientes condiciones:

- Rumas con agregados de tamaños correctos
- No debe haber segregación
- Evitar el mezclado entre rumas
- Calibración precisa de la salida de las tolvas
- Compuertas de salida libres de cualquier obstrucción y firmemente aseguradas
- Evitar los problemas de "arqueo" en la salida de agregados finos (salidas rectangulares o vibradores)

Es esencial mantener la alimentación de los agregados fríos debido a que:

- Grandes variaciones en el contenido de humedad o en la dosificación de determinado tamaño de agregado, puede causar un cambio considerable en la temperatura del agregado que sale del secador.
- Un incremento repentino en el flujo de agregados puede sobrecargar las zarandas, produciendo distorsiones granulométricas en las tolvas de agregados calientes.
- Una alimentación errática puede causar que algunas tolvas se sobrecarguen, mientras que otras reciben poco material, originando variaciones en las fracciones de gruesos y finos, por consiguiente o bien mezclas "pobres" o bien mezclas "cargadas".

#### **d.- Calibración del sistema de alimentación de agregados**

La calibración del sistema de alimentación de agregados fríos, llamado en nuestro medio "Calibración de la Planta", consiste básicamente en establecer la relación que existe entre los mecanismos de control de la alimentación de agregados y la producción deseada de mezcla asfáltica. Esta operación se realiza cada vez que varían algunos de los factores

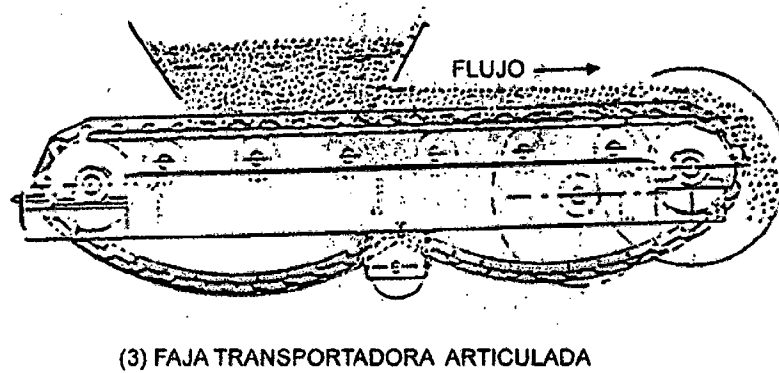
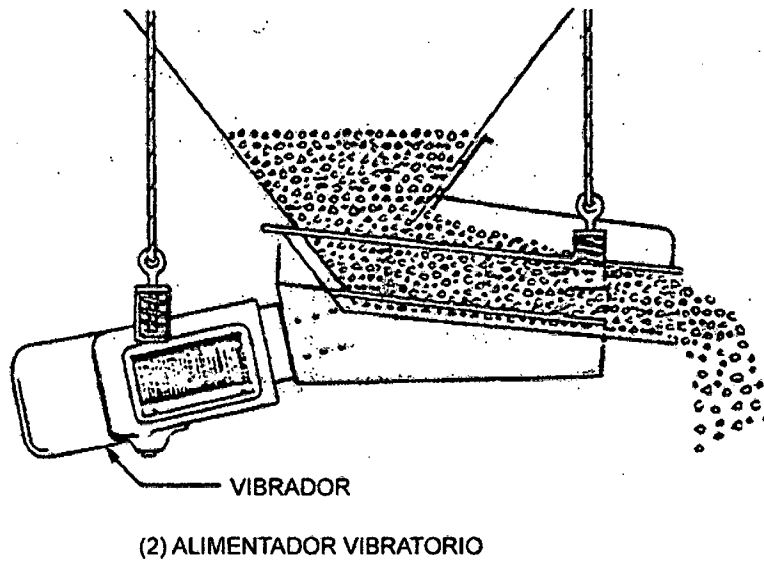
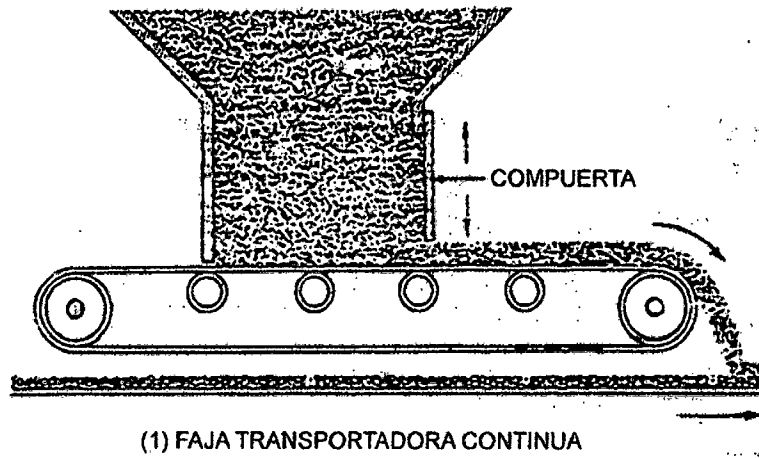


Figura 5.4 - Tipos de Fajas Transportadoras

que afectan la mencionada relación, tales como: Variación de agregados, Cambios en los contenidos de humedad, Desgaste de los equipos, etc.

#### **e.- Calibración del sistema de dosificación de asfalto**

Este procedimiento es válido únicamente para plantas de producción continua, en donde la medición del cemento asfáltico se realiza por unidad de tiempo (flujo), a diferencia de las plantas de bacheo en donde el asfalto se dosifica en peso, mediante medición directa.

Esto es particularmente importante porque la dosificación en volumen introduce una variable adicional que es la temperatura del material, lo que frecuentemente se ignora y omite generando consecuentemente problemas, en ocasiones de cierta gravedad, durante la etapa de producción.

La regulación del flujo de asfalto se realiza en función de la cantidad de agregados para cual ha sido calibrada la planta. Esta regulación se realiza mediante algún mecanismo de control, que puede ser de tipo válvula o de regulación de velocidad de bombeo.

### **5.1.2 Colocación de la mezcla asfáltica**

#### **a.- Preparación para la pavimentación**

El conocimiento y control sobre la operación de pavimentación, pueden significar la diferencia entre un pavimento durable (de rodamiento suave) y uno áspero, poco firme y de deficiente transitabilidad, por ello es necesario un buen proceso constructivo y su respectivo control de calidad, de esta manera se está garantizando al público un pavimento que va a tener buen rendimiento por un largo periodo de tiempo.

La mezcla asfáltica en caliente puede colocarse sobre una variedad de superficies, incluyendo:

- Subrasante (suelo)
- Capa granular de base
- Pavimento asfáltica existente
- Pavimento existente de concreto de cemento Pórtland.

En la presente obra la mezcla asfáltica se coloca sobre la capa de base previamente imprimada, la base debe tener una resistencia uniforme, y debe estar dentro de los límites de tolerancia especificados para su rasante. Además, la superficie debe estar libre de desechos y de acumulaciones de polvo.

- **Control Vertical y Horizontal de la Rasante**

Es necesario, en la construcción de un pavimento nuevo, establecer un control vertical y horizontal de la rasante para asegurar que el pavimento terminado concuerde con los planos de localización y perfil del proyecto. Normalmente, un equipo de topografía establece la línea de centro del pavimento propuesto, y luego coloca estacas de alineación y rasante sobre la base (Figura N° 5.5). Estas estacas deben ser paralelas a la línea de centro y estar a una distancia fija ambos lados de la vía, salvo en los tramos curvos donde se considera el sobreancho. En las secciones rectas de la calzada, las estacas son colocadas, usualmente, en intervalos de 20 metros; en las secciones curvas se deben colocar en intervalos menores.



Figura 5.5 - Marcas en el centro y extremos de la rasante.

- **Riegos Imprimación y Riegos de Liga**

Los riegos de imprimación y los riegos de liga son aplicaciones de asfalto líquido sobre material de base o sobre otras capas inferiores del pavimento, previamente limpias y secas.

**Riegos de Imprimación.-** Un riego de imprimación es una aplicación de asfalto diluido de curado medio o de asfalto emulsificado sobre una capa de base de material sin tratar, como se puede observar en la Figura N° 5.6.



**Figura 5.6 - Riego de Imprimación en la obra.**

Un riego de imprimación sirve tres propósitos:

- Ayuda a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial.
- Evita que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que la primera capa sea colocada.
- Protege la capas de base de la intemperie.

Las cantidades de aplicación para riegos de imprimación varían con el tipo de asfalto utilizado. Para un asfalto diluido de curado medio, MC-30 o MC-70, la cantidad de aplicación varía entre 0.2 y 0.5 gln/m<sup>2</sup>; en el caso de asfalto RC-250 varía de 0.2 a 0.4 gln/m<sup>2</sup>, cuando se usa un asfalto emulsificado SS-1, SS-1h, CSS1 o CSS-1h, varían entre 0.5 y 1.4 litros por metro cuadrado por cada 25 mm de profundidad. Los valores exactos de aplicación son determinados por el ingeniero.

En ocasiones, se aplica demasiado asfalto diluido a la capa de base. En estos casos, no todo el asfalto es absorbido por el material de base, aún después de un periodo normal de curado (24 horas). Este exceso de asfalto deberá secarse con arena limpia (blotter), para evitar que el riego de imprimación presente exudación a través del concreto asfáltico o que produzca un plano de deslizamiento. El proceso de secamiento consiste en rociar arena limpia sobre la superficie que ha sido imprimada y luego aprisionar la superficie con una compactadora de neumáticos. Sin embargo el exceso de arena deberá removerse de la superficie antes de colocar la mezcla asfáltica sobre la base. Cualquier exceso de arena evitará que se obtenga una buena liga entre la capa de base y las capas asfálticas. El riego de imprimación debe inspeccionarse antes de la pavimentación, para asegurar que se encuentra en buena condición.

**Riegos de Liga.-** Los riegos de liga son aplicaciones de asfalto (usualmente emulsiones) rociadas sobre la superficie de un pavimento existente, antes de colocar una capa de refuerzo. El propósito de un riego de liga es mejorar la ligazón entre las capas viejas y nuevas de pavimento. Los riegos de liga también son usadas en lugares donde la mezcla en caliente entra en contacto con la cara vertical de las aceras, las cunetas, y las estructuras y juntas de pavimento frío.

Los riegos de liga no deberán aplicarse en periodos de clima frío o húmedo. Los mejores resultados se obtienen si la superficie de la carretera está seca, si tiene una temperatura superficial por encima de 27°C (80°F), y si no hay ninguna señal de lluvia. Normalmente los riegos de liga se aplican el mismo día en que se va a colocar la capa de refuerzo.

La superficie de un riego de liga aparece resbaladiza antes de romperse la emulsión (el agua en el asfalto emulsionado empieza a evaporarse y el asfalto comienza a ligarse con la superficie vieja del pavimento). Debido a esto, es necesario mantener el tránsito fuera del riego de liga para que no se presente una condición peligrosa. Además se deberá advertir al tránsito de la posibilidad de salpicaduras de emulsión si se llega a transitar sobre el riego. La capa de refuerzo se debe colocar solamente cuando el riego de liga esté curado hasta el punto donde se sienta pegajoso.

La cantidad de aplicación para riegos de liga es normalmente de 0.25 a 0.70 litros por metro cuadrado de emulsión diluida tipo SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h (0.05 a 0.15 galones / yd<sup>2</sup>). Si la aplicación es muy poca, no habrá ligazón donde se necesita. Si la aplicación es muy alta, puede haber un desprendimiento entre la capa vieja y la capa nueva. Además, demasiada emulsión puede causar exudación hacia la capa de refuerzo y pérdida de estabilidad de mezcla. La cantidad exacta de aplicación deberá ser determinada por el ingeniero de la obra.

Aunque se pueden usar otro tipo de asfaltos en riegos de liga, la emulsión diluida (una parte de agua por una parte de asfalto emulsificado) proporciona los mejores resultados por las siguientes razones.

El asfalto emulsionado diluido fluye fácilmente del distribuidor, lo cual permite una aplicación más uniforme del riego de liga.

La emulsión se diluye para que el distribuidor funcione con el volumen suficiente, a una velocidad normal.



Cuando se aplican los riegos de imprimación, o los riegos de liga, se debe tener suficiente cuidado para evitar rociar asfalto sobre las aceras, la cunetas, las cubiertas de puentes, las defensas laterales del camino, o sobre los automóviles que están pasando.

### El Distribuidor de Asfalto

Los riegos de liga y de imprimación son generalmente aplicados por medio de un distribuidor de asfalto. Tal y como se muestra en la Figura N° 5.7, el distribuidor de asfalto es un tanque de asfalto montado sobre un camión o sobre un remolque, adaptado con bombas, barras rociadoras, y controles apropiados para regular la cantidad de asfalto que sale por las boquillas de la barra rociadora, un distribuidor incluye, normalmente, un sistema de calentamiento con base en quemadores de combustible o gas para mantener el asfalto a la temperatura correcta de aplicación, y un accesorio manual de rociado para aplicar asfalto en las áreas que las barras no puedan alcanzar. Generalmente el sistema de calentamiento no se usa con emulsiones. Un sistema de circulación por bombeo mantiene asfalto en movimiento, cuando el distribuidor esta operando, para evitar se solidifique y en consecuencia, bloquee la barra rociadora y las boquillas.

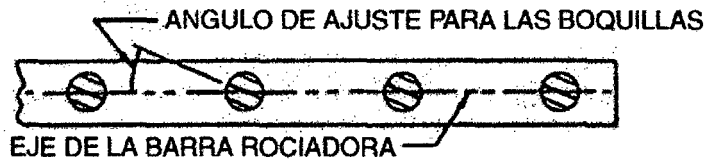
Un asfalto diluido de curado medio el cual se aplica usualmente a temperaturas elevadas, no deberá ponerse en un distribuidor que haya tenido previamente una emulsión, a menos de que se confirme que no hay rastros de agua en el sistema.



Figura 5.7 - Distribuidor de asfalto.

**Ajuste de la Barra Rociadora.-** La barra rociadora del distribuidor, normalmente, deberá ajustarse de tal manera que los ejes verticales de las boquillas queden perpendiculares a la vía. Las boquillas también deberán ajustarse en un ángulo de 15 a 30 grados con el eje horizontal de la barra (Figura N° 5.8), para prevenir que los abanicos

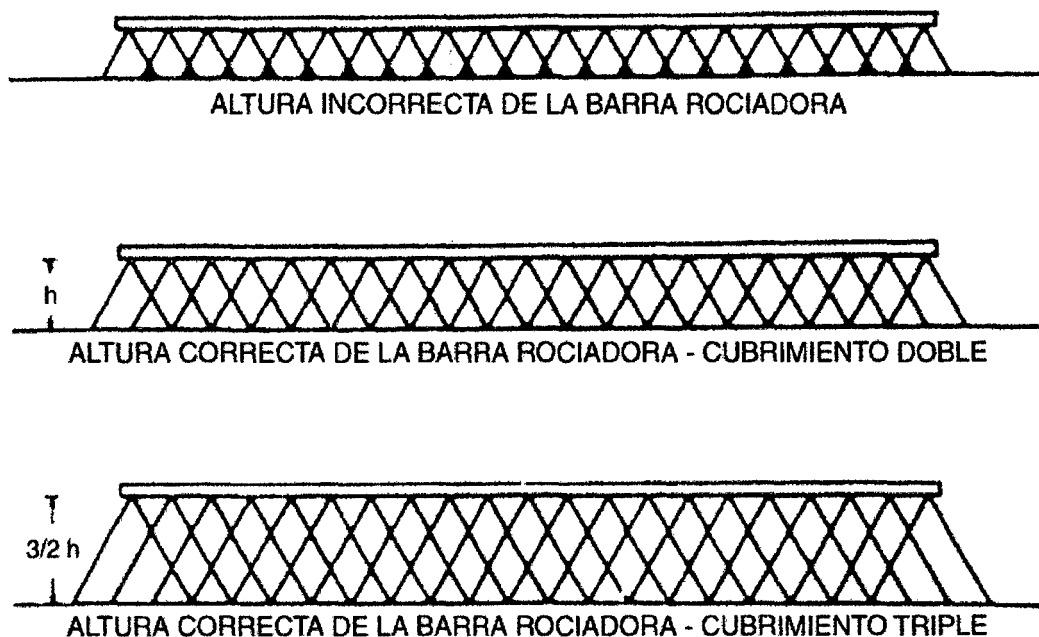
de rociado de cada boquilla interfieran uno con el otro. Cada boquilla deberá ajustarse con el mismo ángulo.



**NOTA**  
 En algunas ocasiones, algunos operadores ajustan las boquillas en un ángulo diferente (60 a 90 grados con respecto a la barra rociadora) para obtener un buen borde. Esta práctica NO es permitida puesto que produce un filo grueso en el borde y se roba el rocío que debe traslapar con la boquilla adjunta. Una cortina en el extremo de la barra, o una boquilla especial para extremos (con el mismo ángulo para todas las boquillas), proporcionará un cubrimiento más uniforme, y producirá un mejor borde.

**Figura 5.8 - Ángulo correcto de las Boquillas.**

Otro ajuste importante de la barra rociadora para lograr un riego uniforme de imprimación o de liga, es el ajuste de la altura de la barra. Como lo muestra la Figura N° 5.9 los abanicos de rociado, de las boquillas, se superponen a diferentes grados, dependiendo de la distancia entre la barra rociadora y la superficie a ser cubierta. La barra deberá ajustarse lo suficiente, por encima de la vía, para que la superficie reciba un cubrimiento doble. Esta altura variará de acuerdo a el espaciamiento de las boquillas de la barra.



**Figura 5.9 - Altura y cubrimiento de la Barra Rociadora.**

En algunos distribuidores los resortes traseros del camión se elevan a medida que el asfalto es rociado (la carga se aligera). Esto eleva a la vez el distribuidor y por consiguiente la barra rociadora. En estos casos se usan, generalmente, dispositivos mecánicos que corrigen automáticamente la altura de la barra a medida que ocurre el cambio.

La importancia de una aplicación uniforme de asfalto (para riegos de imprimación y de liga) es esencial. El cubrimiento transversal no deberá variar en mas de 15 por ciento. El cubrimiento longitudinal no deberá variar en mas de 10 por ciento. El distribuidor debe estar calibrado antes de ser usado para asegurar una aplicación correcta. Las variaciones en el cubrimiento del rociado deberán ser revisadas periódicamente para determinar si el distribuidor esta operando dentro de los limites establecidos (10 y 15%). La norma ASTM D 2995 presenta un procedimiento para revisar, en el campo, las variaciones en el cubrimiento del rociado.

**Controles del Distribuidor.-** Hay tres dispositivos de control comunes a la mayoría de los distribuidores. Estos son: un sistema de válvulas que controla el flujo de asfalto, un tacómetro de bomba o manómetro, el cual registra la producción de la bomba y un bitúmetro con hodómetro que indica la velocidad, en numero de metros (pies) por minuto, y la distancia total recorrida por el distribuidor. Los tres controles son necesarios y esenciales para medir la cantidad de asfalto que ha sido aplicado a la superficie de la carretera.

El bitúmetro debe ser revisado con frecuencia para verificar que este registrando correctamente la velocidad del distribuidor durante las operaciones de rociado. Una gran causa de errores en el bitúmetro es la acumulación de asfalto en la rueda del bitúmetro. Por lo tanto, la rueda deberá mantenerse limpia a todo momento.

La prueba del bitúmetro se efectúa en un tramo recto y nivelado de carretera. Se marca sobre el tramo una distancia de 150 a 300 metros (500 o 100 pies) luego, el distribuidor es manejado a una velocidad constante sobre la distancia marcada, y el tiempo de recorrido es medido con un cronómetro. Este tiempo es usado para calcular la velocidad del distribuidor en metros (pies) por minuto. Esta velocidad es luego comparada con la lectura registrada por el bitúmetro constituyen los factores de corrección para las operaciones de rociado.

**Midiendo la Cantidad de Asfalto.-** El asfalto usado en riegos de imprimación o de liga es pagado, usualmente, por galón. Esto significa que debe medirse el contenido del distribuidor antes y después de la operación de rociado. La diferencia entre la primera y la segunda lectura indica la cantidad de material aplicado a la carretera. Algunos distribuidores tienen contadores de flujo que indican la cantidad de asfalto bombeado. Estos contadores deben colocarse en cero antes de que comience la operación de rociado, y deben leerse inmediatamente después de que la operación termine.

Todos los distribuidores están equipados con varas medidoras proporcionadas por el fabricante. Estas varas medidoras están marcadas en incremento de 95 a 190 litros (25 o 50 galones).

Es importante tomar la temperatura del asfalto cuando se esta midiendo su cantidad en el distribuidor. Es necesario obtener una temperatura precisa para poder garantizar que el asfalto se encuentra a la temperatura especificada para operaciones de rociado. Además, la lectura de temperatura es necesaria para efectuar las correcciones de temperatura-volumen.

**Calculo del cubrimiento de la carga.-** Es importante saber que longitud de carretera puede ser cubierta por el asfalto que esta en el distribuidor. La "longitud de cubrimiento" de la carga de un distribuidor se calcula de la siguiente manera:

$$L = T/WR \quad \text{donde}$$

L	=	Longitud de cubrimiento (metros)
T	=	Total de galones en el distribuidor
W	=	Ancho rociado de carretera (metros)
R	=	Cantidad de aplicación (gln / m <sup>2</sup> )

Como ejemplo tenemos, para un distribuidor con 500 gln de RC-250, en un ancho de 4.05 m y una tasa de 0.30 gln/m<sup>2</sup> :

$$L = (500 \text{ gln}) / (4.05 \text{ m} \times 0.30 \text{ gln/m}^2)$$

$$L = 412 \text{ m.}$$

**Temperatura Sugeridas de Rociado.-** El cuadro N° 5.1 presenta las temperaturas de rociado, para varios tipos y grados de asfalto comúnmente usados en riegos de imprimación y de liga.

Tipo y Grado de Asfalto	Margen de Temperaturas	
	°F	°C
SS-1 SS-1h	70 – 160	(20 – 70)
CSS-1 CSS-1h	70 – 160	(20 – 70)
MC-30*	85 +	( 30 + )
MC-70*	120 +	( 50 + )
RC-250*	165 +	( 75 + )

\* Las temperaturas de aplicación pueden estar, en algunos casos por encima de los puntos de inflamación de algunos materiales. Se debe tener mucho cuidado par prevenir una explosión.

La temperatura máxima (asfalto diluido) deberá estar por debajo del punto de inflamación gaseoso.

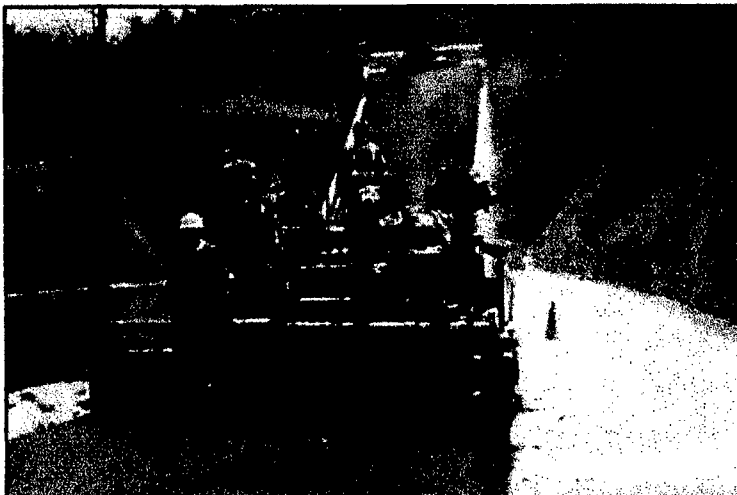
#### Cuadro 5.1 - Limites de Temperatura de Rociado para Riegos de Imprimación y de Liga

#### b. Equipo de pavimentación

Las operaciones de pavimentación incluye el transporte de la mezcla asfáltica en caliente al lugar de la obra, la colocación de la mezcla sobre la carretera y la compactación de la mezcla hasta la densidad de referencia, por lo tanto es necesario familiarizarse con el equipo usado.

- **Pavimentadora (Asfaltador)**

Las pavimentadoras son máquinas automotrices (Figura 5.10) diseñadas para colocar mezcla asfáltica con un espesor determinado, y para proporcionar una compactación inicial de la carpeta.



**Figura 5.10 - Pavimentadora Típica.**

Las dos partes principales de una pavimentadora son *la unidad de potencia o del tractor, y la unidad de enrase* (Figura 5.11).

**Unidad de Potencia.**- La unidad del tractor provee la fuerza motriz para mover las ruedas u orugas, y también para la maquinaria de la pavimentadora. La unidad del tractor comprende de la tolva receptora, el transportador alimentador, compuertas de control de flujo, barrenas de distribución (o tornillos de distribución), planta generadora (motor), transmisiones, controles dobles, y el asiento del operador.

Cuando esta en marcha, el motor de la unidad del tractor propulsa la pavimentadora, arrastra la unidad del enrasador (niveladora), y proporciona potencia a los otros componentes a través de las transmisiones. La mezcla en caliente es depositada en la tolva receptora, de donde es llevada por el transportador alimentador, a través de las compuertas de control de flujo, hacia las barreras de distribución (o tornillos de distribución). Las barrenas luego distribuyen uniformemente la mezcla a lo largo de todo el ancho del asfaltador para obtener una colocación pareja y uniforme. El operador controla estas operaciones por medio de controles dobles que se encuentran a mano, cerca de la silla.

Antes de comenzar la pavimentación se deben revisar ciertos detalles, para asegurar una correcta operación del asfaltador.

- *Ruedas u Orugas*

Si la pavimentadora esta equipada con ruedas neumáticas, se debe revisar la condición y presión de estas. Es muy importante que la presión sea la misma en las ruedas de ambos lados del asfaltador. Si el asfaltador se mueve sobre orugas, estas deben revisar para asegurar que estén ajustadas sin holgura y también se deben revisar las ruedas dentadas para ver si presentan demasiado desgaste. Las orugas sueltas y las presiones desiguales o la falta de presión en los neumáticos de las ruedas, pueden causar movimientos indeseados en el asfaltador. Estos movimientos serán transmitidos a la unidad de enrase, produciendo así una superficie irregular de pavimento. No deberá haber acumulamiento de material en las ruedas o en las orugas.

- *Regulador*

El regulador del motor también debe revisarse para asegurar que no hay cambios periódicos en las RPM del motor. Si el regulador no esta funcionando correctamente,

puede haber una falta de potencia cuando el motor se esta recargando. Esta falta de potencia puede ocasionar fallas temporales en las barras vibradoras o apisonadoras de la unidad del enrasador, produciendo así una sección de pavimento de menor densidad o una sección que contiene menos material que el área adyacente. Después de la compactación, esta área aparece como una ondulación transversal en el pavimento. Una falta de potencia también puede afectar la operación pareja y consistente de los controles electrónicos del enrasador.

- *Tolva, Compuertas de Flujo y Barrenas*

La tolva, las tablillas del transportador alimentador, las compuertas de flujo y las barrenas deberán revisarse para ver si presentan un desgaste excesivo y para estar seguros que están operando correctamente. El contratista deberá efectuar cualquier ajuste necesario para asegurar que los componentes trabajen de acuerdo a su diseño y para que sean capaces de conducir un flujo pareja de mezcla desde la tolva hasta la vía. Esto incluye el ajuste de los controles automáticos de alimentación.

La velocidad del transportador y la abertura de las compuertas de control en la parte trasera de la tolva, deberán ser ajustadas por el contratista, tal que solamente se use la cantidad necesaria de material para que las barrenas operen alrededor del 85 por ciento del tiempo. Esto permitirá que se mantenga una cantidad uniforme de mezcla en frente del enrasador. Si se requiere mezcla adicional para obtener un incremento en el espesor de la capa, se deberán ajustar las compuertas de control de flujo. Las barrenas deberán mantenerse tres cuartos llenas durante las operaciones de pavimentación.

**Unidad del Enrasador.-** La unidad del enrasador tiene dos funciones principales: nivelar la mezcla de manera que cumpla con las especificaciones de espesor y acabado, y proporcionar la compactación inicial de la mezcla.

Una unidad típica del enrasador está compuesta de lo siguiente : brazos emparejadores de arrastre, placa emparejadora, unidad de calentamiento, barras apisonadoras y/o accesorios vibratorios y controles.

En la operación el enrasador es arrastrado por detrás de la unidad del tractor. Los brazos emparejadores de arranque están pivotados, lo cual le proporciona al enrasador un movimiento flotante mientras viaja sobre la carretera. A medida que la unidad del tractor arrastra el enrasador hacia la mezcla, este busca el nivel que hace que el trayecto del

enrasador sea paralelo a la dirección de arrastre. En este nivel, todas las fuerzas que actúan sobre el enrasador están balanceadas mientras la pavimentadora se mueve sobre la carrera. Luego, la placa emparejadora "plancha" la superficie de la mezcla, dejando un espesor de carpeta que cumple con las especificaciones de la obra. El espesor de la carpeta y la forma del coronamiento están regulados por medio de controles del enrasador. Por último, las barras apisonadoras, o los accesorios vibratorios, compactan ligeramente la mezcla, como preparación para la compactación.

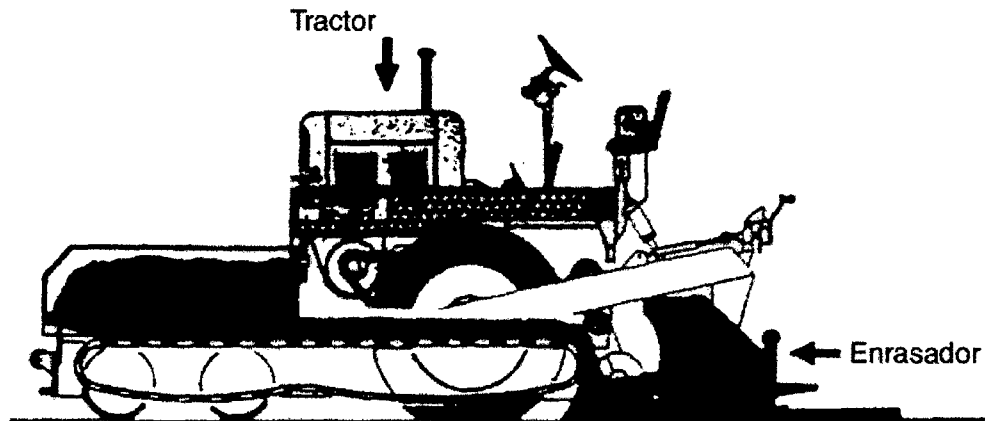


Figura 5.11 - Unidades de Potencia y Enrasador de una Pavimentadora

- **Enganche de Camión**

El propósito del enganche de camión, en frente de la tolva de la pavimentadora, es mantener el camión que se encuentra descargando mezcla en caliente en la tolva, en contacto con la pavimentadora. Si el camión y la pavimentadora se separan durante la operación de descarga, la mezcla termina fuera de la tolva y entonces deberá recogerse antes de que la pavimentadora pase por ella.

Existen dos tipos de enganches de camión comúnmente usados:

- Uno de ellos utiliza una extensión que pasa por debajo del camión y engancha en el eje trasero.
- El otro sistema utiliza unos rodillos retráctiles que se fijan en la barra de empuje del camión y agarran el lado exterior de las ruedas traseras del camión. Estos giran con las ruedas mientras el camión descarga el material en la tolva.

- **Camiones de Transporte**

La mezcla en caliente es llevada al lugar de la obra mediante camiones, los camiones deben tener cajas de metal, y estos deben estar limpios, lisos y sin hoyos. Todos los



camiones deben cumplir con los criterios mínimos de seguridad. Cada camión debe estar numerado correctamente para una identificación fácil y debe estar equipado con una lona impermeable.

Varios tipos de camiones son usados para transportar la mezcla en caliente al lugar de la obra. Los dos tipos mas comunes son camiones de vaciado por extremo y camiones de descarga inferior (Figura N° 5.12), en la presente obra se utilizan los camiones de descarga por extremo.



Figura 5.12 - Tipos de camiones transportadores de mezcla.

### c.- Entrega de mezcla en caliente

- **Boletos de Carga**

Los boletos de carga proveen los registros esenciales para el control de calidad de las operaciones de la obra, así como para el control de la cantidad de la mezcla entregada. Los boletos de carga - numerados consecutivamente - son generalmente expedidos en la planta.

La numeración consecutiva de los tickets mostrará si un camión llegó o no al lugar de la obra, en un orden diferente al que fue cargado en la planta. Esto puede ocurrir debido a una avería del camión, problema de tráfico, o cualquier otra razón; esto da idea de que tanto tiempo el camión ha estado cargado. Si este periodo de tiempo es mas largo que el normal, entonces se debe revisar muy bien la mezcla par ver si se encuentra a la temperatura correcta y para ver si no se ha formado terrones debido a un posible enfriamiento. Si se detectan problemas serios de la temperatura, la carga deberá ser rechazada. Se deben recoger todos los boletos de carga de cada camión, a medida que el camión esta descargando. De esta manera, se puede asegurar de que ninguna de las cargas de proyecto ha sido desviada.

- **Inspección Visual de la Mezcla**

La mezcla es inspeccionada en la planta, pero, existen ocasiones en que el inspector de planta puede pasar por alto, inadvertidamente, una carga defectuosa que puede ser el resultado de una falla en la planta. Algunas de estas deficiencias pueden ser notadas por el inspector de colocación antes de que la mezcla sea descargada. Estas deficiencias se hacen aparentes cuando se revisa la temperatura o cuando se eleva la caja del camión. Algunas indicaciones de deficiencia en la mezcla es caliente, que pueden requerir una inspección mas rigurosa y posiblemente una rectificación, son:

- *Humo Azul*

El humo azul que asciende de la mezcla del camión o tolva distribuidora, puede ser indicación de una carga sobrecalentada. En este caso, la temperatura deberá revisarse inmediatamente.

- *Apariencia Dura*

Generalmente, una carga que aparezca dura o presente un pico alto (mas que lo normal) puede estar demasiado fría para cumplir con especificaciones. Su temperatura deberá revisarse. Si esta es menor que la temperatura óptima de colocación, pero se encuentra dentro del margen aceptable, entonces se deben tomar medidas inmediatas para corregir la deficiencia en temperatura, y así evitar tener que desechar la mezcla.

- *Asentamiento de la Mezcla en el Camión*

Normalmente el material en el camión se encuentra en forma de domo (cúpula). Si una carga se encuentra plana o casi plana, puede ser que contenga demasiado asfalto o demasiada humedad. Inmediatamente se debe hacer inspección mas rigurosa. El exceso de asfalto también puede detectarse debajo del enrasador si la superficie de la carpeta aparece excesivamente brillante. Por otro lado, una mezcla que contenga gran cantidad de agregado grueso puede ser confundida con una que contenga demasiado asfalto, debido a su apariencia lustrosa. Sin embargo, usualmente, dicha mezcla no se asentará dentro del camión.

- *Apariencia Opaca y Magra*

Una mezcla que contiene muy poco asfalto puede ser detectada inmediatamente en el camión o en la tolva distribuidora por su apariencia magra (seca) y granular, por un revestimiento incorrecto del agregado y por una falta del lustre típico brillante y negro. En la carretera, la falta de asfalto en la mezcla puede detectarse por su apariencia magra,

parda y opaca en la superficie y por una compactación inaceptable. Por otro lado el exceso de finos en una mezcla puede dar la misma apariencia que una mezcla con muy poco asfalto. El exceso de finos puede ser detectado al inspeccionar la textura de la mezcla y observar si la mezcla se desplaza bajo el compactador.

- *Vapor Ascendente*

El exceso de humedad aparece, frecuentemente como vapor ascendente en la mezcla cuando esta se descarga en la tolva del asfaltador. La mezcla en caliente puede estar burbujeando y reventando como si estuviera hirviendo. Una humedad excesiva también puede causar que la mezcla aparezca y actúe como si tuviera demasiado asfalto.

- *Segregación*

La segregación de agregados puede ocurrir durante la pavimentación debido a un manejo inadecuado de la mezcla. En otros casos, la segregación puede ocurrir antes de que la mezcla llegue a la pavimentadora. En cualquier caso, esta se debe corregir inmediatamente, en el origen de la causa.

- *Contaminación*

Las mezclas se pueden contaminar con sustancias extrañas, incluyendo gasolina, kerosene, aceite, trapos, papel, basura y mugre. La contaminación se puede corregir si no es muy extensa; sin embargo, una carga que ha sido contaminada en su totalidad debe ser rechazada.

- *Exudación*

Aunque es recomendable usar sustancias que no tengan una base de petróleo para rociar las cajas de los camiones, todavía se permite el uso de combustible diesel para este propósito. El exceso de diesel diluye el asfalto y causa que este se filtre (exude) hacia la superficie, resultando en lo que se conoce como una "mancha grasienta". Es mejor utilizar agua con detergente para lavar las cajas de los camiones.

#### **d. Procedimiento de colocación**

- **Coordinando la Planta y el Asfaltador**

La uniformidad en las operaciones es esencial en la pavimentación de mezclas asfálticas en caliente. Las operaciones uniformes y continuas del asfaltador producen un pavimento de alta calidad.

No hay ninguna ventaja en operar el asfaltador a una velocidad que requiera que la mezcla deba ser suministrada más rápido de lo que la planta pueda producirla. El tratar de pavimentar demasiado rápido puede ocasionar que la pavimentación tenga que parar frecuentemente, para esperar que los camiones traigan más mezcla. Si la parada es demasiado larga (más que unos minutos en un día frío), la uniformidad del pavimento va a ser afectada desfavorablemente cuando la pavimentadora empiece a operar de nuevo utilizando la mezcla que se ha enfriado.

Por consiguiente, es esencial que la producción de la planta este coordinada con las operaciones de pavimentación. El asfaltador debe cargarse continuamente con suficiente mezcla y al mismo tiempo, los camiones no deben esperar mucho tiempo para descargar sus camionadas en la tolva del asfaltador.

- **Esparcido de la Mezcla Asfáltica**

Si la textura que esta siendo colocada es uniforme y tiene una textura aceptable, y su espesor es correcto, entonces no es necesario hacer ajustes en el enrasador, en caso contrario se deben efectuarse en incrementos pequeños.

Hay áreas, en muchas obras, donde la pavimentación con enrasador no es práctica o es imposible. En estos casos, puede, ser permitido distribuir la mezcla a mano. La distribución y la colocación a mano deberán efectuarse con mucho cuidado y uniformemente, para que no vaya a hacer segregación. Cuando se descarga la mezcla en pilas, esta debe ser colocada lo suficiente delante de los paleadores, para que ellos no necesiten mover la pila completa. Además, deberá proporcionarse suficiente espacio para que los obreros se paren en la base y no en el material mezclado. Si la mezcla asfáltica es arrojada con palas, es casi seguro que habrá segregación de las proporciones gruesas y finas de la mezcla. Una mezcla colocada a mano tendrá una apariencia superficial diferente a la que puede tener la misma mezcla colocada con maquina.

El material de las palas deberá depositarse en pequeños montones y deberá distribuirse con rastrillos. En el proceso de distribución, el material deberá desatarse completamente y distribuirse uniformemente. Cualquier material que se haya acumulado en terrones y no puede desbaratarse fácilmente, deberá desecharse. La superficie deberá revisarse con reglas rectas y plantillas después de que el material ha sido colocado, y antes de ser compactado. Cualquier irregularidad debe ser corregida, en la Figura N° 5.13 se aprecia el esparcido de la mezcla en obra.

Las temperaturas mínimas recomendadas para el esparcido de la mezcla asfáltica en caliente se encuentran resumidas en el cuadro N° 5.2.



Figura 5.13 - Esparcido de la mezcla.

TEMPERATURAS MINIMAS DE ESPARCIDO RECOMENDADAS (*)								
Temperatura de la superficie subyacente ( °C )	ESPESOR DE LA CAPA ESPARCIDA (cm)							
	1,2	2,0	2,5	4,0	5,0	7,5	9,0	> 10,0
-7 a 0							135 (**)	127 (**)
0 a 5					146	138	132	127
5 a 10				149	141	135	129	124
10 a 15			149	146	138	132	127	124
15 a 20		149	143	141	135	129	124	121
20 a 27	149	143	141	138	132	129	124	121
27 a 32	143	138	135	132	129	127	121	121
> 32	138	135	132	129	127	124	121	121
Tiempo máximo disponible para la compactación después del esparcido (min.)	4	6	8	12	15	15	15	15
(*) Las recomendaciones indicadas son de C.R. Foster, de la National Asphalt Institute Pavement Association, y son sugeridas por el Asphalt Institute en su MS-8 (**) Estas temperaturas deben ser aumentadas en 8 °C cuando el esparcido es realizado en estructura en la cual la humedad de la base o de la sub-base haya congelado.								

Cuadro 5.2 - Temperaturas recomendadas para el esparcido de la mezcla.

#### • Compactación de la Mezcla Asfáltica

La compactación es un proceso que consiste en comprimir un volumen dado, de la mezcla asfáltica, en uno más pequeño. Esto se consigue al comprimir las partículas de agregado, revestidas de asfalto, eliminando así la mayoría de los vacíos (espacios) en la mezcla y aumentando la densidad (proporción de peso a volumen) de la misma. Se

considera que la compactación ha sido exitosa cuando la carpeta terminada tiene contenidos óptimos de vacíos y de densidad.

Existen tres tipos de operaciones de compactación, estos son:

- Compactación inicial.- La primera pasada de la compactadora sobre la carpeta recién colocada.
- Compactación intermedia.- Todas las pasadas siguientes de la compactadora para obtener la densidad requerida antes de que la mezcla se enfríe por debajo de 85°C (185 °F).
- Compactación final.- La compactación efectuada solamente para mejorar la superficie mientras la mezcla todavía esta lo suficiente caliente para permitir la eliminación de cualquier marca de la compactadora.

Las dos primeras operaciones (inicial e intermedia) deben seguir una secuencia específica para garantizar que la carpeta obtenga la densidad, forma, y lisura deseadas.

La secuencia para compactar una capa de espesor compactado menor que 4 pulgadas en anchos de un solo carril o en anchos completos:

- (1) Juntas transversales.
- (2) Borde exterior.
- (3) Compactación inicial o primera pasada, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (4) Compactación intermedia, usando el mismo procedimiento del numeral (3).
- (5) Compactación final.

Cuando se esta pavimentando en escalón, o empalmado un carril previamente colocado o cualquier otra barrera, la mezcla se compacta en la siguiente secuencia:

- (1) Juntas transversales.
- (2) Juntas longitudinales.
- (3) Borde exterior.
- (4) Compactación inicial o primera pasada, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (5) Compactación intermedia, usando el mismo procedimiento del numeral (4).
- (6) Compactación final.

El breakdown rolling (primera pasada del rodillo liso) comenzará a la temperatura de aproximadamente de 130°C a 115°C, se tratará esencialmente que la mezcla no fluya bajo la acción de los tambores del rodillo, que no ocurran grooves (surcos) transversales y otras irregularidades en la superficie asfáltica. La compactación se completará antes que la temperatura de la mezcla asfáltica sea inferior a 85-90°C.

Los rodillos vibratorios no son recomendados para compactar las mezclas asfálticas, esto es esencialmente importante para zonas de gran altura donde la compactación dinámica y la baja temperatura pueden dañar severamente el material asfáltico. Se recomienda el uso de cualquiera de los tipos de rodillos; three-wheel tripod, two-wheel tandem type o steel-wheel roller, para la primera pasada. El rodillado intermedio, será un rodillo neumático (rubbertire roller) efectuándose el rodillado final con rodillo tandem. Las ruedas del rodillo deberán mantenerse húmedas durante la compactación, pero solamente con la cantidad suficiente de agua para prevenir que el material asfáltico se pegue a las ruedas, en el cuadro N° 5.3 se presenta las velocidades recomendadas para cada etapa de la compactación de la mezcla.

Se dará especial atención a la junta de construcción, el área de la junta será cortada, rociada con una capa de liga ( o cemento asfáltico en caliente), calentada y compactada adecuadamente. En la figura N° 5.14 se puede observar este proceso de compactación en obra.

VELOCIDADES MAXIMAS DE LOS RODILLOS EMPLEADOS EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ASFALTICAS ( * )						
TIPO DE RODILLO	FASE DE LA OPERACIÓN					
	RODILLADO INICIAL ("breakdown")		RODILLADO INTERMEDIO		RODILLADO FINAL	
	Km / h	mi / h	Km / h	mi / h	Km / h	mi / h
Rodillos de ruedas metálicas estáticas	3.0	2.0	5.0	3.0	5.0 (**)	3.0 (**)
Rodillos neumáticos	5.0				8.0	5.0
Rodillos vibratorios	4.0 a	2.5 a	4.0 a	2.5 a	-	-
	5.0	5.0	5.0	3.0		

( \* ) Velocidades maximas sugeridas por el Asphalt Intitute ( MS-8 );  
 ( \*\* ) Válidas tambien para rodillos vibratorios operando estáticamente.

**Cuadro 5.3 - Velocidades máximas de rodillado.**



Figura 5.14 - Proceso de compactación en obra.

**Compactación de Juntas Transversales.-** Cuando la junta transversal es construida al lado de un carril contiguo, la primera pasada se hace con una compactadora estática de ruedas de acero a lo largo de la junta longitudinal, sobre unos cuantos metros. Luego la superficie es nivelada con regla recta y si es necesario, se efectúan las correcciones del caso. A continuación, la junta es compactada en el sentido transversal con todo el ancho de la rueda sobre el material previamente colocado y compactado (Figura N° 5.15), excepto unos 15 cm. Esta operación se repite con pasadas consecutivas, cada una cubriendo unos 15 o 20 cm adicionales de carpeta nueva, hasta que todo el ancho de la rueda impulsora se encuentre sobre la mezcla nueva.

Durante la compactación transversal se deberán colocar tabloncillos de espesor adecuado en el borde del pavimento, como para proporcionar a la compactadora una superficie sobre la cual pueda rodar una vez que sobrepase el borde de la carpeta (Figura 5.X). Si no se usan tabloncillos, la compactación transversal deberá detenerse unos 150 a 200 mm antes del borde exterior para evitar dañarlo. En este caso el borde deberá ser compactado luego durante la compactación longitudinal.

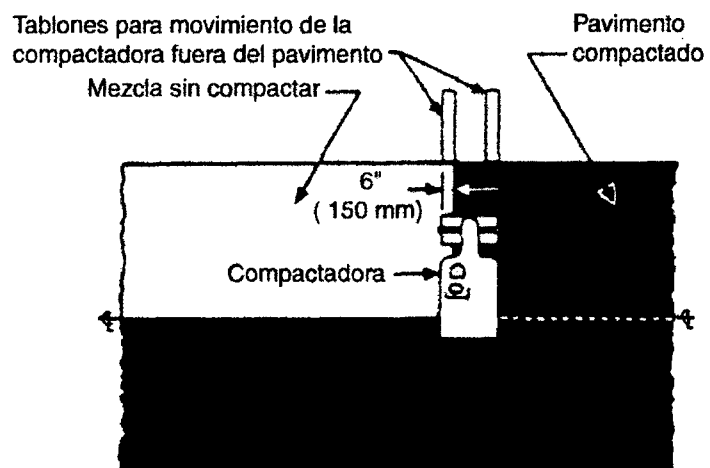


Figura 5.15 - Compactación de una junta transversal.



**Compactación de Juntas Longitudinales.-** Cuando se usan compactadoras estáticas de ruedas de acero, o compactadoras neumáticas, para compactar juntas longitudinales, se permite que solamente que 100 a 150 mm- del ancho de la rueda recorran la carpeta nueva en la primera pasada subsiguiente se aumenta el ancho de rueda permitido sobre la carpeta recién colocada, hasta que todo el ancho se encuentre sobre la mezcla nueva.

En el caso de las compactadoras vibradoras se usa un procedimiento diferente. Los tambores compactadores solo se extienden de 100 a 150 mm. Sobre el carril previamente compactado. El resto del ancho se encuentra sobre la mezcla recién colocada. El compactador continua moviéndose a lo largo de esta línea hasta que se obtenga una junta completamente compactada.

Las juntas longitudinales, para propósitos de compactación, pueden clasificarse en dos categorías: calientes y frías. Cada una de ellas requiere de un procedimiento de compactación diferente.

- *Juntas Calientes*

Una junta caliente es aquella colocada entre dos carriles, aproximadamente al mismo tiempo; i.e., por asfaltadores trabajando en escalón. Este método produce la mejor junta longitudinal por que ambos carriles están casi a la misma temperatura cuando son compactados. El material se vuelve una sola masa bajo la compactadora y hay muy poca diferencia en densidad entre los dos carriles. Cuando se pavimenta en escalón, la primera pasada de la compactadora que va detrás de la pavimentadora delantera deja 75 a 150 mm de borde común, o junta, sin compactar. Esta junta común es luego compactada por la compactadora que sigue a la segunda pavimentadora, en su primera pasada. Para lograr este objetivo en una manera efectiva, el segundo asfaltador, y la compactadora que los sigue deberán estar tan cerca como sea posible de la pavimentadora delantera para asegurar una densidad uniforme a través de la junta. La compactadora que sigue al segundo asfaltador compacta la costura en su primera pasada (Figura N° 5.16).

- *Juntas Frías.*

Una junta fría es aquella entre dos carriles, uno de los cuales se ha dejado enfriar de un día para otro, o mas, antes de colocar el carril continuo. Debido a la diferencia de temperatura entre los dos carriles, casi siempre resultan una diferencia en densidad entre los dos lados de la junta sin importar la técnica de compactación usada.

La compactación longitudinal casi nunca produce una densidad uniforme en ambos lados de la junta. En la mayoría de los casos hay una zona de baja densidad en la junta en el primer carril colocado y una zona de alta densidad en la junta en el carril de empalme. La única solución práctica para este problema parece estar en la pavimentación en el escalón o en la pavimentación de ancho integral (total). La pavimentación en escalón permite que la junta sea compactada mientras la mezcla asfáltica todavía está caliente a ambos lados. En realidad, la mayoría de la pavimentación se hace en carriles individuales. En este caso es recomendable compactar la junta tan pronto como sea posible. En cualquier caso, las juntas longitudinales deberán compactarse directamente detrás del asfaltador.

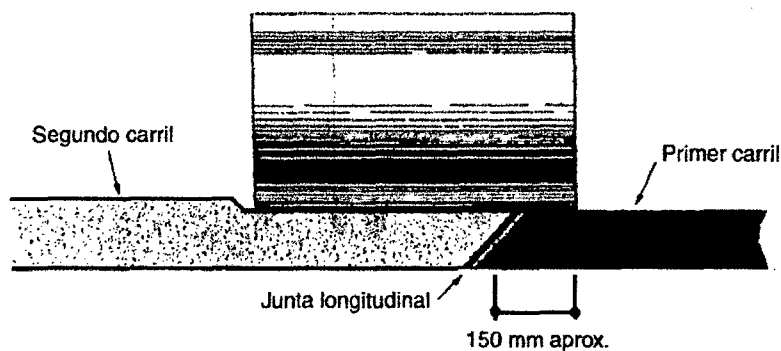


Figura 5.16 - Compactación de una junta transversal.

## 5.2 CONTROL DE CALIDAD

### 5.2.1 En Planta

Es importante controlar la producción de la mezcla asfáltica en planta para lograr una buena mezcla en pista. Para ello se tiene un programa para el control de la mezcla asfáltica en planta:

#### a.- Aprobación del diseño de mezcla

Verificación del Optimo Contenido de Asfalto

Estabilidad Retenida

Aprobación de la Formula de Trabajo

#### b.- Controles periódicos

Diseño Marshall

Estabilidad Retenida

**c.- Controles de rutina**

- Granulometría del material integral (Agregados)
- Contenido del Asfalto en la mezcla
- Granulometría del agregado luego del ensayo de extracción
- Ensayo Marshall
- Calculo de vacíos

**d.- Controles permanentes**

- Contenido de humedad de agregados
- Temperatura de agregados en secador
- Temperatura del asfalto (Craqueo)
- Temperatura de la mezcla asfáltica
- Dosificación del relleno mineral.

**5.2.2 En Pista****a.- Preparación de la superficie receptora**

- La superficie imprimada existente se debe encontrar limpia y seca, en caso de encontrarse manchas de combustible u otro lubricante se deben limpiar cubriéndolos con cal hidratada para su limpieza total.
- Los baches y huecos del control de compactación, previamente limpiados de terrones sueltos y rociados con ligante asfáltico deben ser rellenados primero con mezcla asfáltica y luego correctamente apisonados, antes de empezar la jornada de pavimentación.
- Previa a la colocación de la carpeta, se procederá al riego manual de pequeñas cantidades de ligante asfáltico para asegurar la adhesión entre la superficie receptora y la carpeta asfáltica.

**b.- Transporte de la mezcla asfáltica**

- Los volquetes para el transporte de la mezcla asfáltica poseerán una tolva metálica lisa y limpia. Esta tolva será rociada con material aprobado para evitar la adherencia de la mezcla a la tolva.
- La mezcla será transportada cubierta con una toldera impermeable para evitar que la mezcla se enfríe o se ensucie con polvo, el transporte será tal que la que la temperatura en la recepción en pista no sea inferior a 130 °C..
- Los camiones se deben encontrar en perfectas condiciones de operatividad teniendo cuidado de cualquier goteo de lubricante o combustible.

**c.- Esparcido de la mezcla**

- El esparcido de la mezcla se realizará con una pavimentadora autopropulsada en perfectas condiciones.
- Los mecanismos de control de espesores de la pavimentadora deben ser capaces de trabajar en conjunto con uno de los siguientes dispositivos:
  - a) Patín largo (SKI) de 9 metros.
  - b) Línea estacada de espesor (Strinline)
  - c) Patín corto o zapata.

Se deberá contar con uno de estos dispositivos de control, de preferencia el patín largo.

- Como regla general, no se aceptará el manipuleo y rastreo manuales de la mezcla a todo lo ancho y detrás de la pavimentadora, a menos que sea absolutamente necesario.
- Como regla general, se recomienda que el espesor de esparcido sea 25% mayor que el espesor de proyecto.
- Las juntas transversales serán generadas por medio de una regla metálica o de madera colocada a lo ancho del carril al final de esparcido o se cortarán con sierra. No se permitirá el corte manual de la junta transversal.
- Se debe colocar la mezcla cuando la temperatura de superficie a ser asfaltada sea mayor a 10°C y cuando los vientos sean mínimos, de lo contrario la mezcla se enfriará rápidamente, impidiendo alcanzar un buen grado de compactación.
- La colocación de la mezcla debe ser a todo lo ancho de la vía en una sola jornada.

**d.- Compactación de la mezcla**

- Se debe disponer, como mínimo, de un rodillo metálico liso tipo Tandem y un rodillo neumático. El uso de rodillo vibratorio debe condicionarse al adecuado funcionamiento del equipo y al grado de capacitación del operador.
- Los rodillos deberán contar con un sistema automático de humedecimiento de sus ruedas con agua mezcladas con pequeñas cantidades de detergente.
- La junta longitudinal será rodillada inmediatamente detrás de la pavimentadora. La junta transversal será rodillada en forma transversal.
- El rodillado procederá desde las bermas hacia el eje de la vía. El número de pasadas será tal que garantice un porcentaje de compactación promedio igual o superior al 97%.

**e.- Control de acabado**

- Cualquier deficiencia en la textura del pavimento asfáltico (superficie exudada, superficie carachosa o pobre, etc.), será corregida inmediatamente, eliminando el material en la zona deficiente y reemplazándolo con nuevo material.
- Se debe contar con dos reglas de 3 m de largo y con el personal para efectuar el control de lisura transversal y longitudinal. El control de lisura se efectuará luego de la primera pasada del rodillo liso.

Cualquier zona que no cumpla con el criterio de lisura de 1/8" será corregida inmediatamente, eliminando o agregando material antes de proseguir con el rodillado de la carpeta asfáltica.

**f.- Control de compactación y espesores**

- Se deberá contar con una muestreadora de testigos cilíndricos de concreto asfáltico de 4" (diamantina).  
No debe emplearse métodos manuales para obtención de testigos del pavimento.
- Usando metodologías de base estadísticas se tomarán los testigos necesarios y suficientes para el control de la densidad y espesor de la capa.
- Se rellenarán a la brevedad posible, los huecos generados por el muestreo de los testigos del pavimento asfáltico construido.
- El control del espesor final de la carpeta asfáltica deberá verificarse mediante un adecuado programa topográfico.

A continuación se presenta los reportes de los controles de calidad de la mezcla asfáltica colocada en pista, se puede apreciar que el promedio de cada control cumple con los límites especificados de la fórmula de trabajo.

**CARPETA ASFALTICA EN PLANTA ( CA - 01 PEN 120/150 )**

OBRA : CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO IV : OCCORURO - ABANCAY

FECHA	DESDE Km	HASTA Km	Carril	Centro de Gravedad	GRANULOMETRIA (% Pasante Las Mallas)										% C.A.	ASTM D-2041	DENS. BRIQ.	% VACIOS	VMA %	VFA %	ESTABIL Kg	FLUJO mm	EST. RET. %	EST / FLUJO Kg / cm
					¾"	½"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200										
03/12/99	145+110	145+300	I-D	145+205	100.0	97.1	84.6	62.2	36.3	23.9	18.9	13.6	9.9	6.8	6.63	2.429	2.352	3.2	16.7	81.6	781	3.2	91.3	2431
03/12/99	145+300	145+590	I-D	145+445	100.0	97.3	88.4	61.1	35.8	23.5	17.6	14.1	10.5	6.7	6.58	2.429	2.351	3.2	16.8	79.6	781	3.2		2442
04/12/99	145+590	145+900	I-D	145+745	100.0	96.2	86.6	60.7	35.3	23.1	18.1	14.3	11.0	6.6	6.62	2.430	2.351	3.3	16.9	81.3	793	3.1	89.7	2530
04/12/99	145+900	146+200	I-D	146+050	100.0	95.8	85.7	62.0	36.6	22.5	17.6	14.1	10.5	6.8	6.60	2.430	2.349	3.4	17.0	81.0	770	3.2	89.5	2432
05/12/99	146+200	146+300	I-D	146+250	100.0	95.9	87.2	62.1	35.5	23.0	18.1	13.7	10.1	6.6	6.58	2.436	2.346	3.7	17.0	79.3	756	3.1		2464
05/12/99	146+300	146+410	I-D	146+355	100.0	96.6	85.4	61.9	35.0	23.7	18.2	13.5	10.3	7.0	6.62	2.430	2.349	3.5	17.1	80.5	789	3.1	90.9	2572
06/12/99	146+410	146+715	I-D	146+563	100.0	95.9	86.0	60.3	34.5	23.1	18.5	13.1	9.9	6.8	6.61	2.434	2.351	3.4	16.9	80.6	779	3.1	87.9	2539
07/12/99	146+715	147+310	I-D	147+013	100.0	96.3	86.0	61.3	35.5	23.3	17.9	13.8	10.2	6.5	6.62	2.432	2.351	3.3	16.8	81.8	756	3.0	90.1	2492
08/12/99	147+310	148+000	I-D	147+655	100.0	95.6	85.5	62.1	35.8	23.1	18.6	14.2	10.0	7.1	6.62	2.426	2.351	3.3	16.9	81.3	757	3.0	90.4	2551
08/12/99	148+000	148+240	I-D	148+120	100.0	94.6	83.0	62.2	37.3	23.3	18.6	13.1	9.7	7.7	6.64	2.431	2.351	3.1	16.9	82.5	762	3.0		2513
09/12/99	148+240	148+400	I-D	148+320	100.0	96.1	85.4	62.9	34.6	22.1	17.0	12.1	8.8	7.3	6.60	2.435	2.351	3.5	16.9	80.1	760	3.0		2506
09/12/99	148+400	148+600	I-D	148+500	100.0	95.9	85.4	62.7	34.4	22.8	17.3	11.9	9.7	6.9	6.61	2.434	2.351	3.4	16.9	80.5	758	3.0	93.3	2524
10/12/99	148+600	149+000	I-D	148+800	100.0	95.5	85.9	62.0	36.9	23.2	18.6	13.0	9.5	7.5	6.65	2.426	2.353	3.0	16.9	82.9	774	3.1		2523
10/12/99	149+000	149+460	I-D	149+230	100.0	94.8	85.4	61.6	35.8	24.4	19.1	14.0	9.6	6.8	6.64	2.426	2.354	3.0	16.8	83.1	763	3.0	90.0	2514
11/12/99	149+460	149+900	I-D	149+680	100.0	95.5	84.9	62.5	35.3	23.6	19.1	14.7	11.1	7.2	6.65	2.426	2.352	3.1	16.9	82.6	764	3.0		2519
11/12/99	149+900	150+480	I-D	150+190	100.0	95.8	85.2	62.0	35.2	21.9	17.7	11.9	8.8	7.1	6.63	2.425	2.353	3.0	16.8	83.0	759	3.0	91.8	2502
12/12/99	150+480	151+240	I-D	150+860	100.0	95.2	85.3	62.0	35.4	23.3	18.3	14.2	10.0	7.0	6.66	2.427	2.355	3.0	16.8	83.1	775	3.1	90.2	2527
13/12/99	151+240	151+700	I-D	151+470	100.0	95.7	85.0	62.1	35.8	23.0	17.9	12.6	10.1	7.1	6.66	2.428	2.354	3.1	16.8	82.6	759	3.0		2559
13/12/99	151+700	152+160	I-D	151+930	100.0	94.8	86.0	62.0	36.0	23.0	18.2	13.8	11.0	7.2	6.65	2.428	2.353	3.1	16.9	82.4	773	3.1	90.0	2519
14/12/99	152+160	152+450	I-D	152+305	100.0	95.0	85.3	61.6	35.5	23.4	18.0	14.1	11.2	7.1	6.67	2.426	2.352	3.1	16.9	82.6	769	3.0		2563
14/12/99	152+450	152+785	I-D	152+618	100.0	95.6	86.4	61.9	36.1	23.0	18.5	14.0	9.9	7.2	6.65	2.429	2.353	3.1	16.9	82.3	776	3.1	91.8	2558
15/12/99	152+785	152+975	I-D	152+880	100.0	95.2	84.6	62.1	36.7	22.5	17.4	13.5	9.6	6.7	6.65	2.427	2.354	3.0	16.9	82.8	778	3.0	90.7	2622
16/12/99	152+975	153+360	I-D	153+168	100.0	95.5	85.6	61.6	36.5	24.1	18.2	13.3	10.1	6.8	6.67	2.425	2.350	3.1	17.0	82.6	764	2.9	91.2	2605
16/12/99	153+360	153+660	I-D	153+510	100.0	95.5	84.9	62.0	36.8	22.9	17.8	13.6	9.7	6.7	6.66	2.425	2.353	3.0	16.9	83.1	777	3.0		2591
17/12/99	153+660	154+060	I-D	153+860	100.0	95.1	84.4	63.2	34.8	22.6	17.3	13.3	8.7	7.0	6.67	2.426	2.350	3.1	17.0	81.9	767	3.0	89.1	2584
17/12/99	154+060	154+510	I-D	154+285	100.0	95.6	85.2	62.1	36.0	23.6	18.6	13.4	10.0	7.4	6.68	2.425	2.350	3.1	17.0	82.4	776	2.9		2582
19/12/99	154+510	154+990	I-D	154+750	100.0	95.7	85.4	62.1	35.5	22.8	18.4	13.1	9.9	7.1	6.69	2.422	2.351	2.8	16.9	83.6	767	3.0	91.0	2585
20/12/99	154+990	155+630	I-D	155+310	100.0	95.4	86.1	62.3	35.9	23.0	17.6	13.7	9.6	7.3	6.70	2.420	2.349	2.9	17.0	83.3	765	3.0		2577
10/07/00	165+205	165+580	I	165+393	100.0	95.4	86.5	64.8	35.6	22.0	17.9	12.4	8.9	6.8	7.03	2.433	2.355	3.2	17.2	82.5	741	3.1		2417
10/07/00	165+195	165+610	D	165+403	100.0	96.1	85.4	64.6	36.5	23.1	19.1	14.2	9.9	6.7	7.00	2.434	2.357	3.2	17.1	82.6	750	3.1	91.5	2445
11/07/00	165+580	165+865	I	165+723	100.0	95.7	86.2	63.8	39.1	23.0	18.7	14.8	10.9	7.0	6.97	2.434	2.355	3.2	17.1	82.2	749	3.0	93.9	2469
11/07/00	165+610	165+930	D	165+770	100.0	94.7	85.3	65.1	38.5	23.0	18.2	13.9	10.8	7.3	7.08	2.433	2.355	3.2	17.2	82.6	751	3.1		2430
17/07/00	165+865	166+310	I	166+088	100.0	94.9	84.7	64.3	39.8	24.2	18.7	14.6	10.8	7.1	6.98	2.434	2.356	3.2	17.1	81.9	776	3.1	92.5	2477
17/07/00	165+930	166+300	D	166+115	100.0	94.3	84.9	64.4	38.5	22.4	17.9	14.1	10.8	6.9	7.04	2.434	2.355	3.2	17.2	81.9	756	3.1		2467
10/08/00	166+310	166+950	I	166+630	100.0	94.9	85.2	63.9	38.3	24.5	19.2	12.8	9.8	7.2	6.96	2.434	2.351	3.4	17.3	81.2	736	3.0	92.0	2345
10/08/00	166+300	166+975	D	166+638	100.0	95.5	86.0	64.2	37.2	23.2	19.0	13.4	9.7	7.4	7.02	2.433	2.357	3.2	17.1	82.8	757	3.1		2444
14/08/00	166+975	167+460	D	167+218	100.0	94.6	85.3	64.2	40.3	24.7	18.3	15.0	10.5	6.6	6.85	2.435	2.355	3.3	17.0	81.7	718	3.0	92.3	2420



**CARPETA ASFALTICA EN PLANTA ( CA - 01 PEN 120/150 )**

OBRA : CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO IV : OCCORURO - ABANCAY

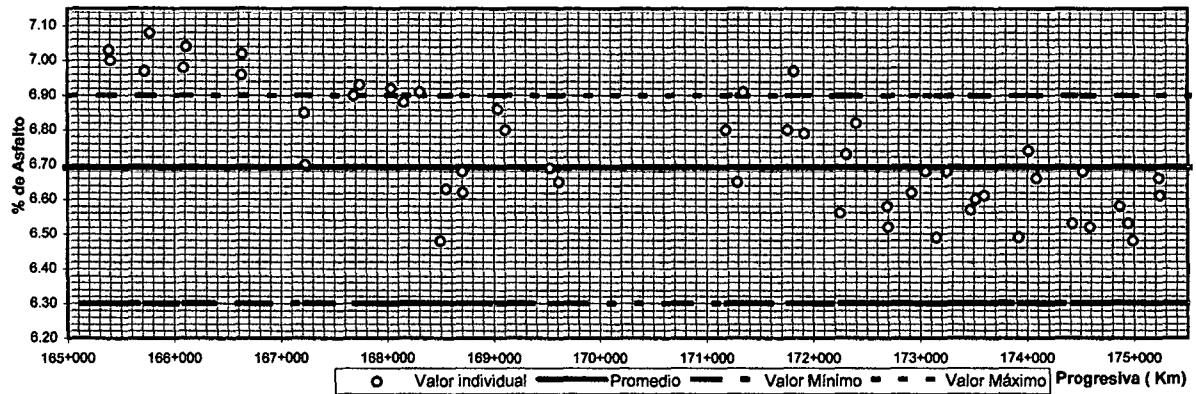
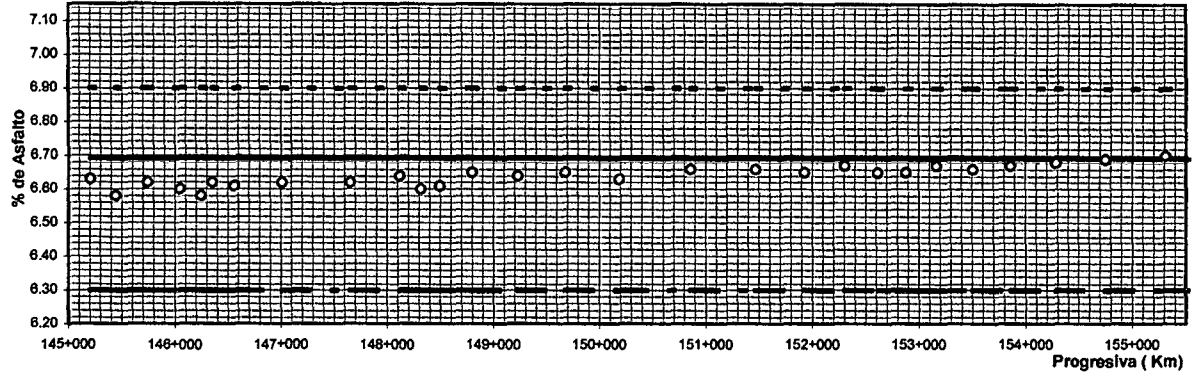
FECHA	DESDE Km	HASTA Km	Carril	Centro de Gravedad	GRANULOMETRIA (% Pasante Las Mallas)										% C.A.	ASTM D-2041	DENS. BRIQ.	% VACIOS	VMA %	VFA %	ESTABIL. Kg	FLUJO mm	EST. RET. %	EST / FLUJO Kg / cm
					3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200										
04/07/01	174+250	174+770	D	174+590	100.0	94.2	84.3	64.4	37.8	23.5	18.1	14.3	10.4	6.6	6.52	2.434	2.349	3.5	16.9	79.9	749	3.0	93.6	2470
16/07/01	174+760	175+110	I	174+870	100.0	94.6	85.1	64.8	36.5	23.8	18.1	14.2	10.2	6.5	6.58	2.433	2.350	3.4	16.9	80.5	747	3.0		2488
16/07/01	174+770	175+120	D	174+945	100.0	96.1	85.4	64.7	37.0	24.4	17.8	13.9	9.9	6.2	6.53									
16/07/01	174+760	175+110	I	174+990	100.0	93.7	84.4	64.4	36.6	23.3	18.3	14.6	10.3	6.6	6.48	2.434	2.351	3.4	16.8	80.0	751	3.0	93.7	2532
17/07/01	175+110	175+360	I	175+235	100.0	95.1	84.7	65.1	36.8	24.4	17.8	13.9	9.8	6.5	6.66	2.433	2.350	3.4	17.0	80.6	746	3.0	94.2	2515
17/07/01	175+120	175+370	D	175+245	100.0	95.6	83.8	64.8	36.6	23.0	17.6	14.2	10.4	6.2	6.61									
24/07/01	175+360	176+060	I	175+590	100.0	95.4	84.3	65.5	37.9	23.0	19.3	13.9	9.8	6.6	6.54	2.433	2.351	3.4	16.8	80.8	741	3.0		2499
24/07/01	175+370	175+960	D	175+665	100.0	94.6	85.4	64.5	37.6	23.4	18.8	14.4	10.8	6.4	6.72									
24/07/01	175+360	176+060	I	175+820	100.0	93.7	83.8	65.6	36.6	22.0	17.7	13.6	10.1	6.8	6.58	2.433	2.351	3.4	16.9	80.5	739	3.0	94.7	2489
25/07/01	175+960	176+225	D	176+093	100.0	94.7	85.1	64.8	37.3	21.1	18.0	13.8	9.9	6.7	6.57									
25/07/01	176+060	176+225	I	176+143	100.0	93.2	84.2	65.4	36.5	22.7	18.4	14.2	10.2	6.6	6.62	2.432	2.350	3.4	17.0	80.8	747	3.1	94.2	2462
30/08/01	176+225	176+570	I	176+398	100.0	95.1	86.3	64.6	38.4	23.2	17.0	13.2	10.2	6.9	6.63									
30/08/01	176+225	176+580	D	176+403	100.0	93.4	85.4	64.4	37.9	23.5	19.2	14.3	8.8	6.8	6.62	2.431	2.349	3.4	17.0	81.0	748	3.0	93.3	2495
08/08/01	176+570	177+020	I	176+720	100.0	93.8	83.6	64.3	36.1	20.4	18.7	13.9	10.0	6.4	6.66	2.433	2.350	3.4	17.0	80.9	741	3.0		2496
08/08/01	176+580	177+050	D	176+815	100.0	96.1	85.4	64.8	37.1	22.6	18.2	14.4	9.9	6.6	6.56									
08/08/01	176+570	177+020	I	176+870	100.0	95.5	84.0	65.1	37.9	23.2	18.3	15.2	9.8	6.7	6.69	2.434	2.352	3.4	17.0	81.0	753	3.1	94.0	2458

RESUMEN ESTADISTICO	CANTIDAD	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	73	73	73	73	73	73	72	43	73
	SUMA	9000.0	8568.2	7668.3	5745.5	3323.2	2069.7	1639.5	1248.1	903.8	607.3	602.5	177.497	171.659	240.3	1239.5	5942.4	55145	218.2	3968.9	182156		
	PROMEDIO	100.0	95.2	85.2	63.8	36.9	23.0	18.2	13.9	10.0	6.7	6.69	2.431	2.351	3.3	17.0	81.4	755.4	3.0	92.3	2495.3		
	DESVIACION STD	0.00	0.81	0.85	1.40	1.24	0.90	0.75	0.76	0.50	0.39	0.14	0.00	0.00	0.18	0.13	1.04	15.41	0.07	1.77	53		
	LIMITES ESPECIFICADOS (FAJAS DE TRABAJO)		100.0	90.0	68.0	43.0	29.0	22.0	18.0	14.0	9.0	6.9			4.0			900.0	4.0			3000	
	100.0	90.0	80.0	58.0	33.0	19.0	14.0	10.0	6.0	5.0	6.3			2.5	15.0	80.0	680.0	2.0	90.0	1700			

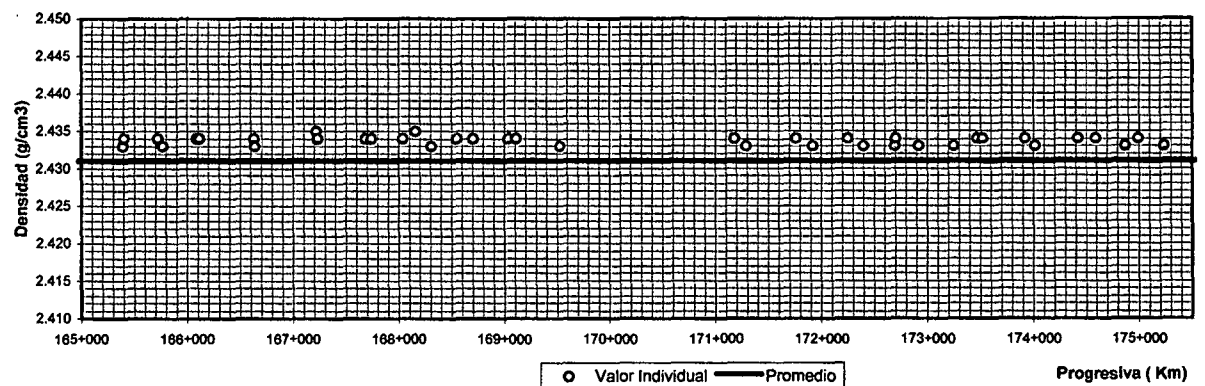
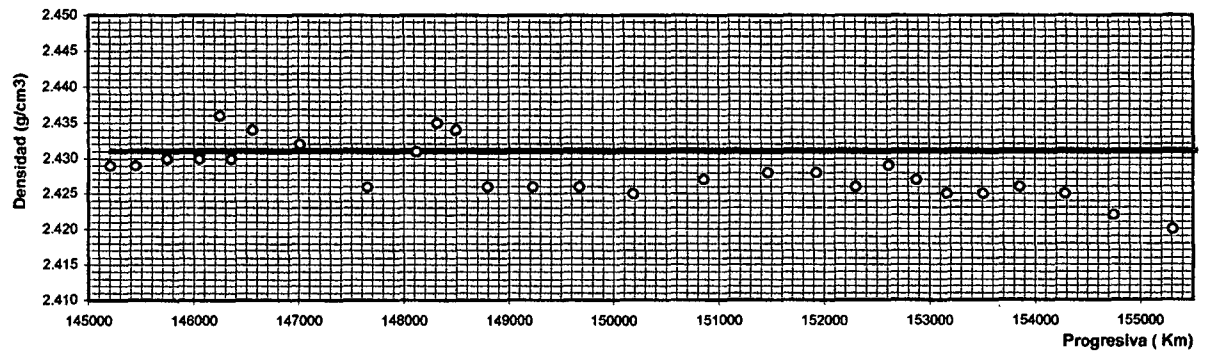


**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**

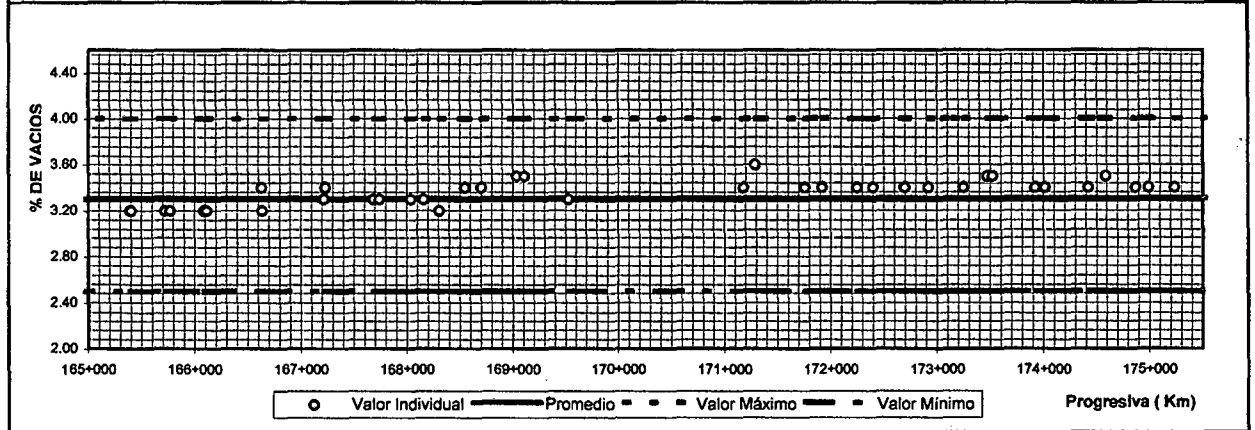
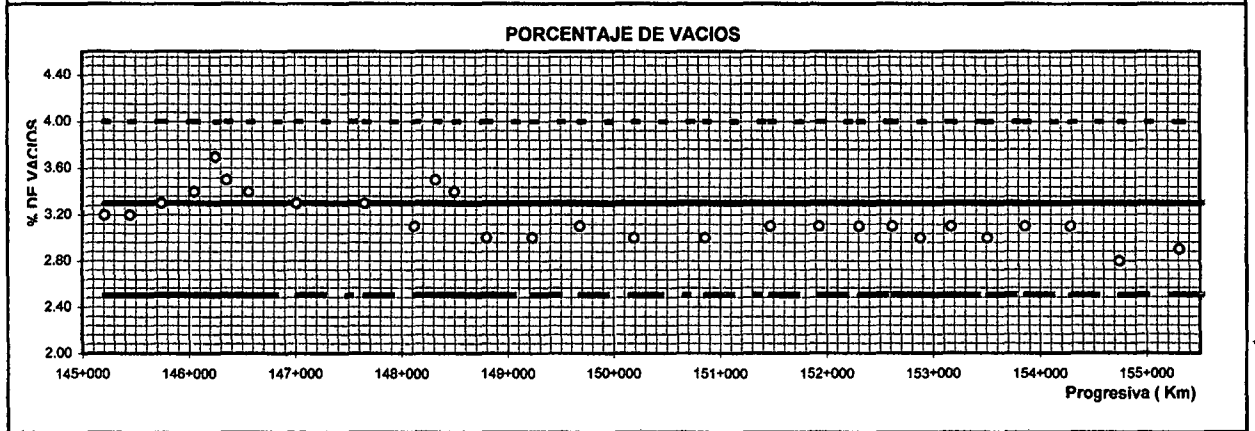
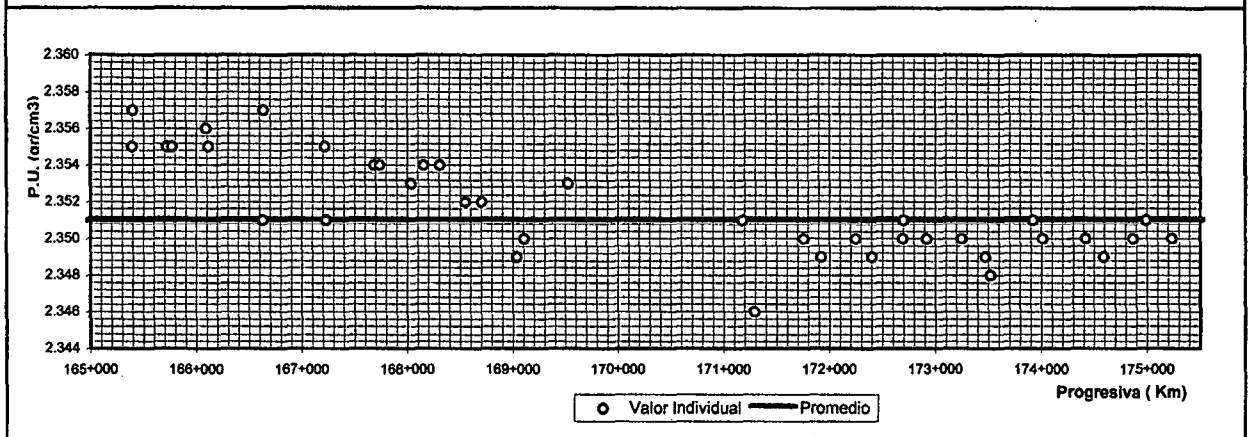
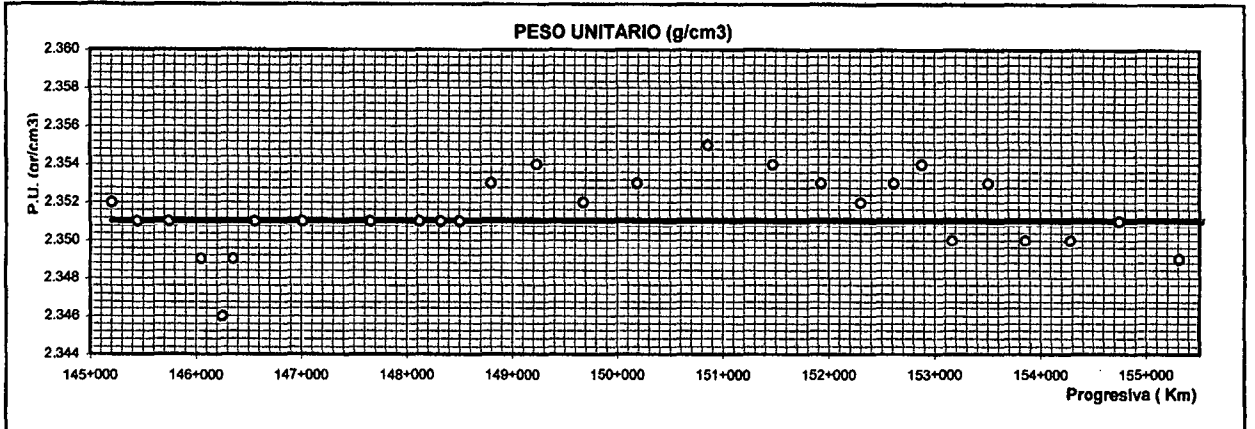
**CONTENIDO DE ASFALTO**



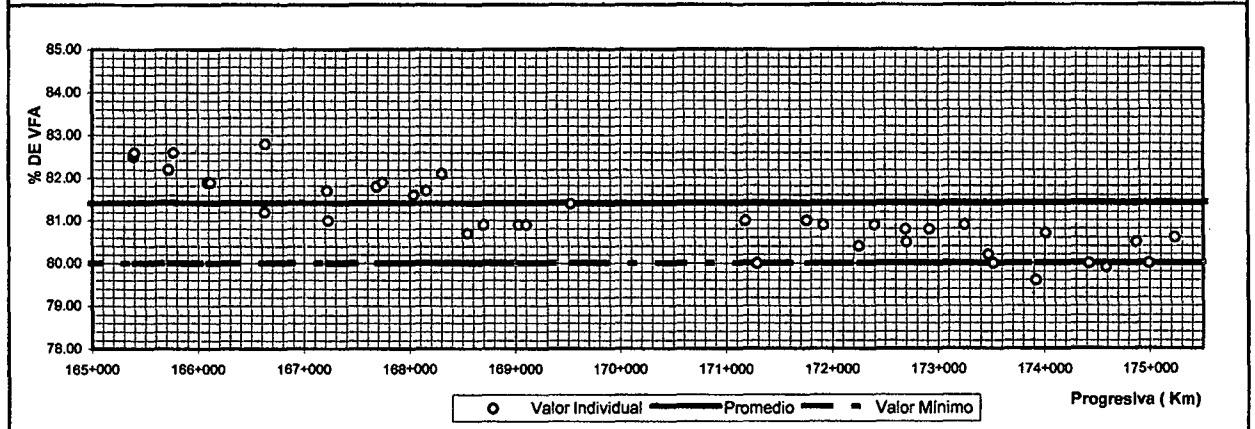
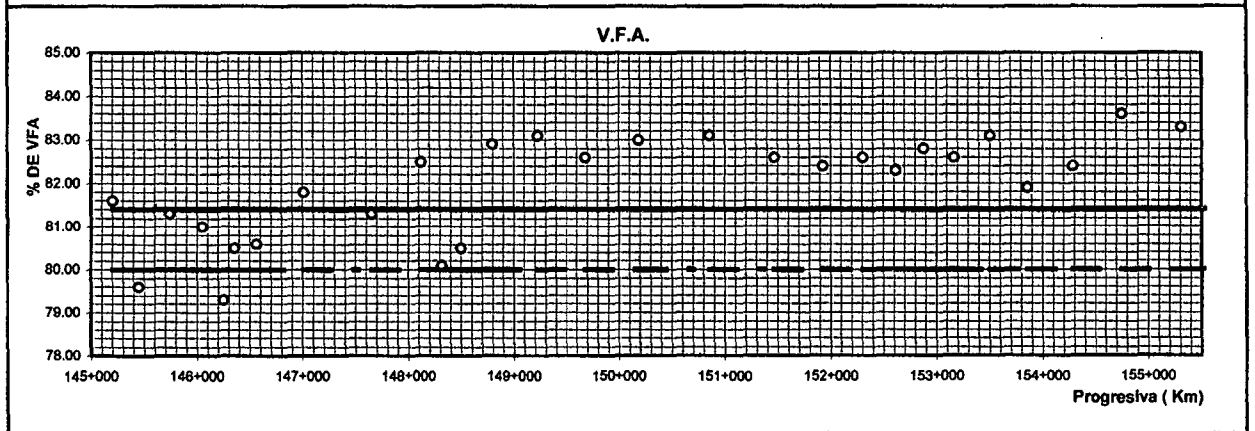
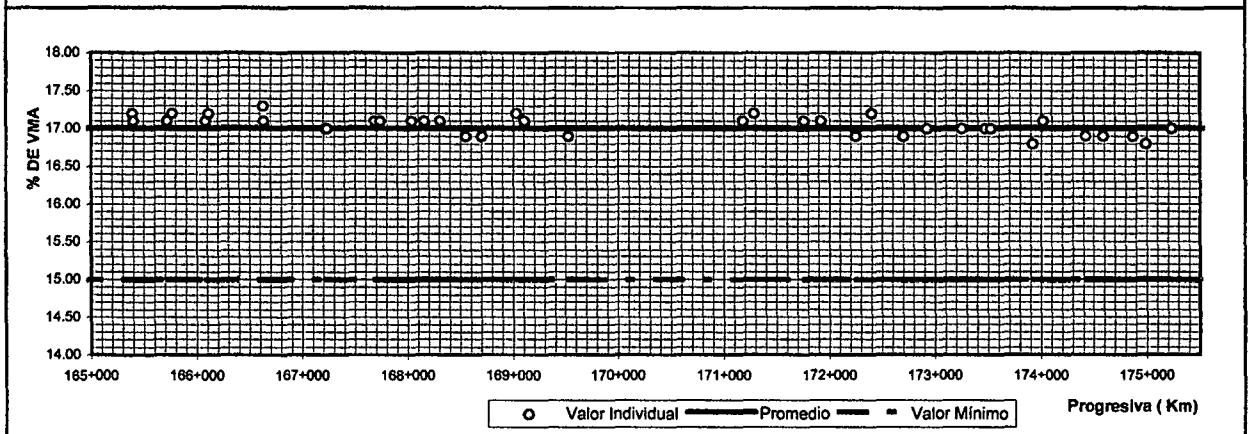
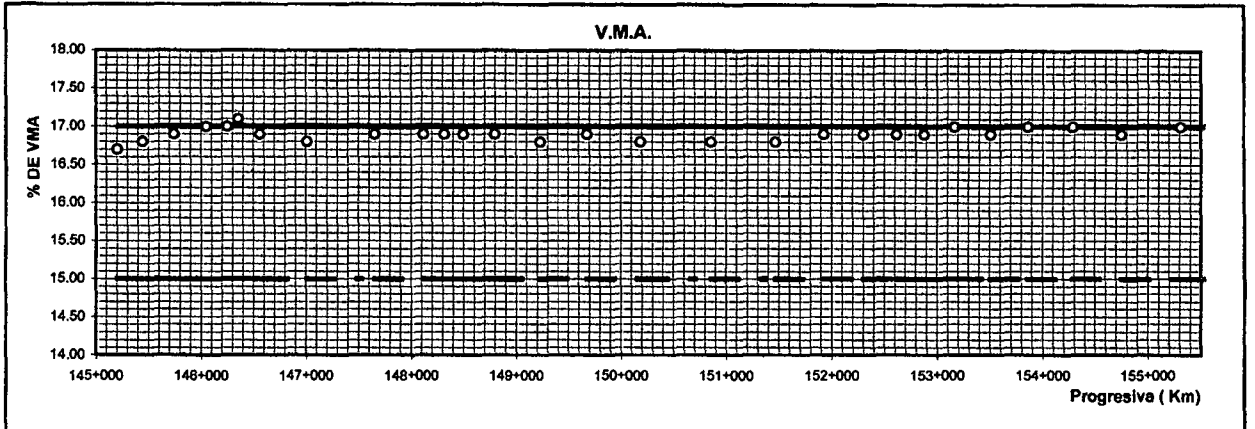
**D.M.T. (ENSAYO RICE)**



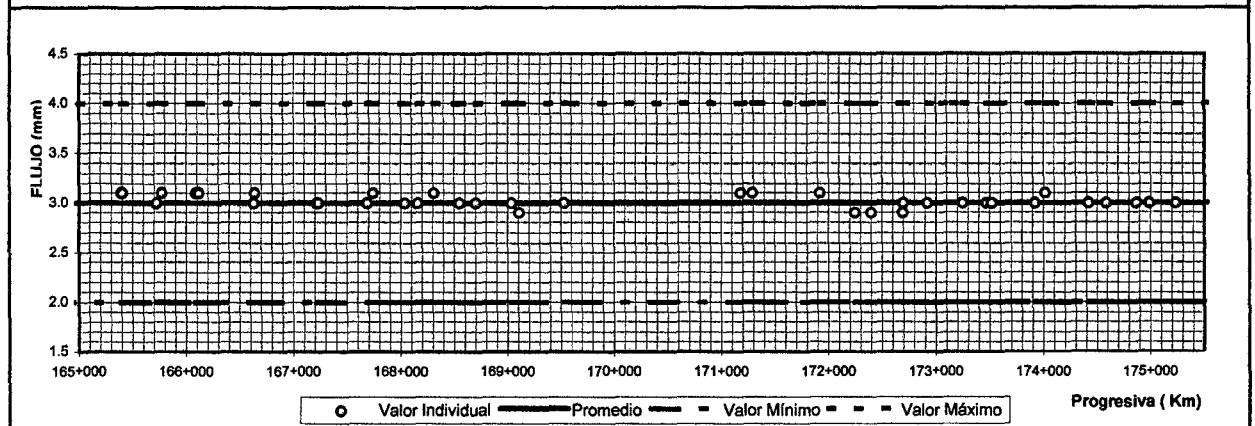
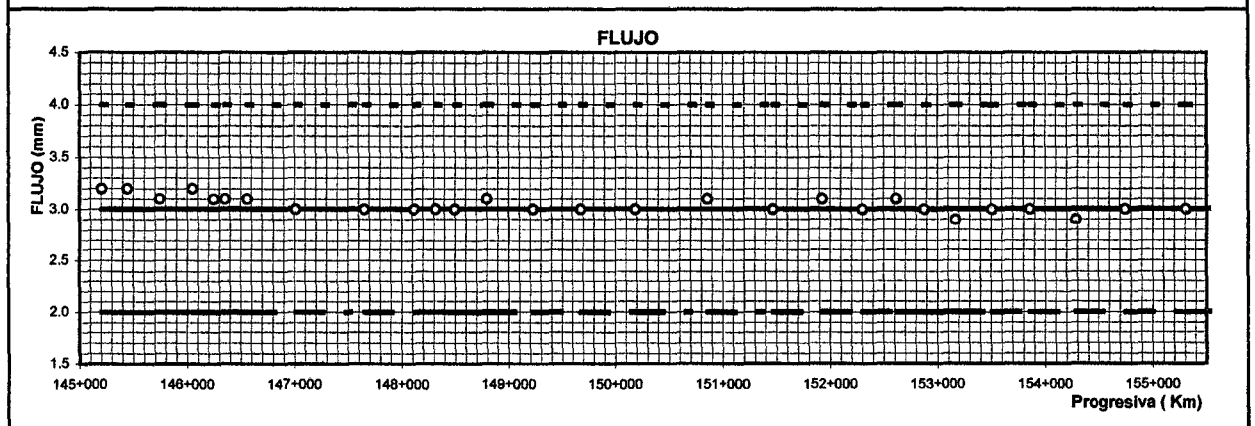
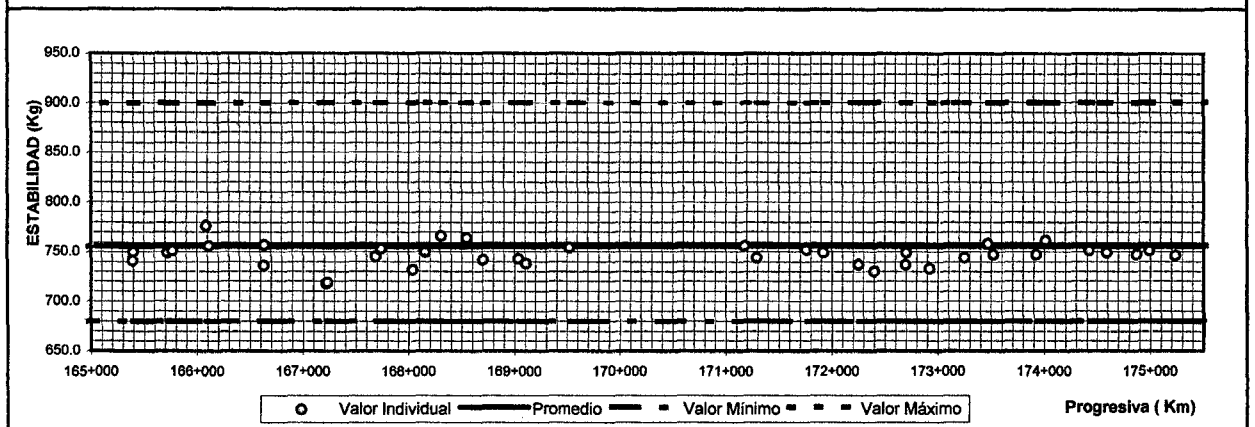
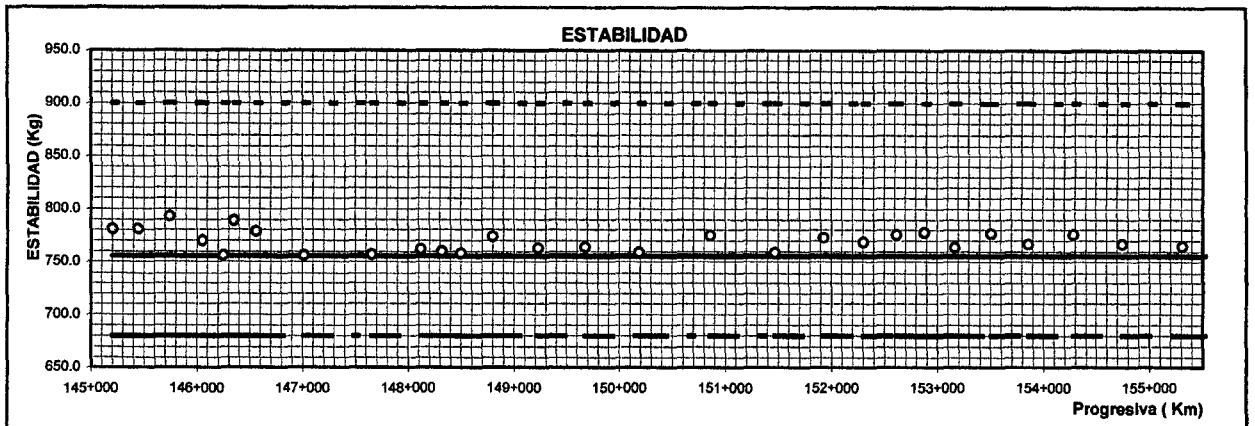
**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**



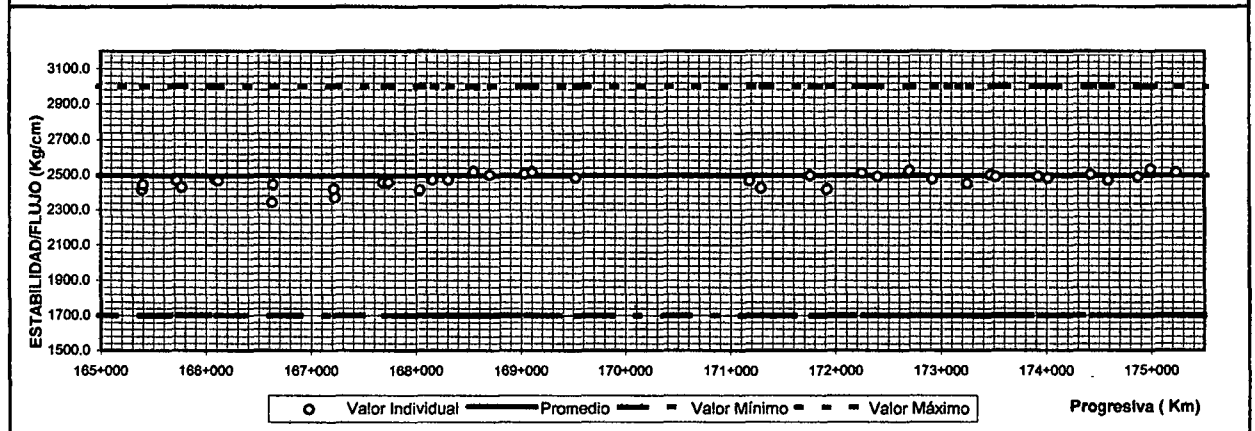
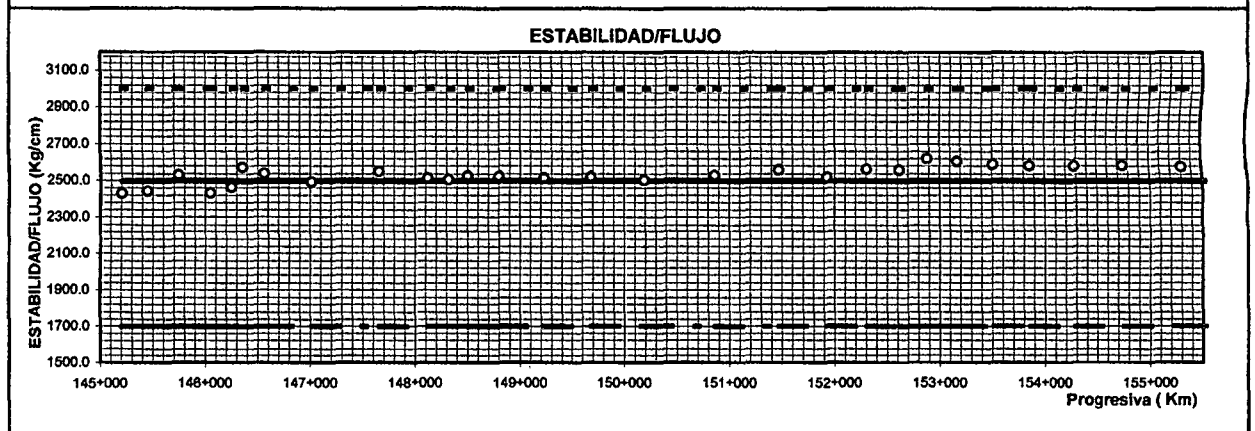
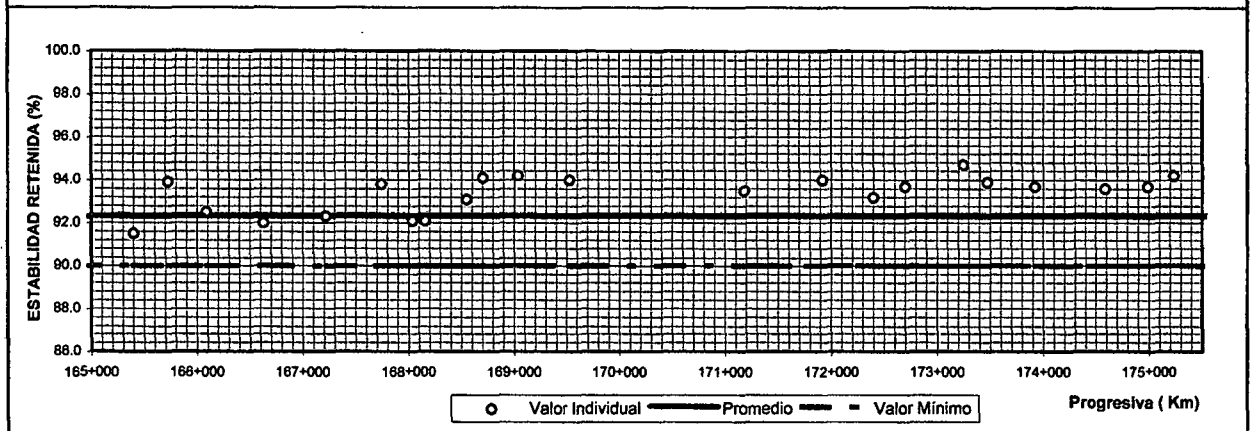
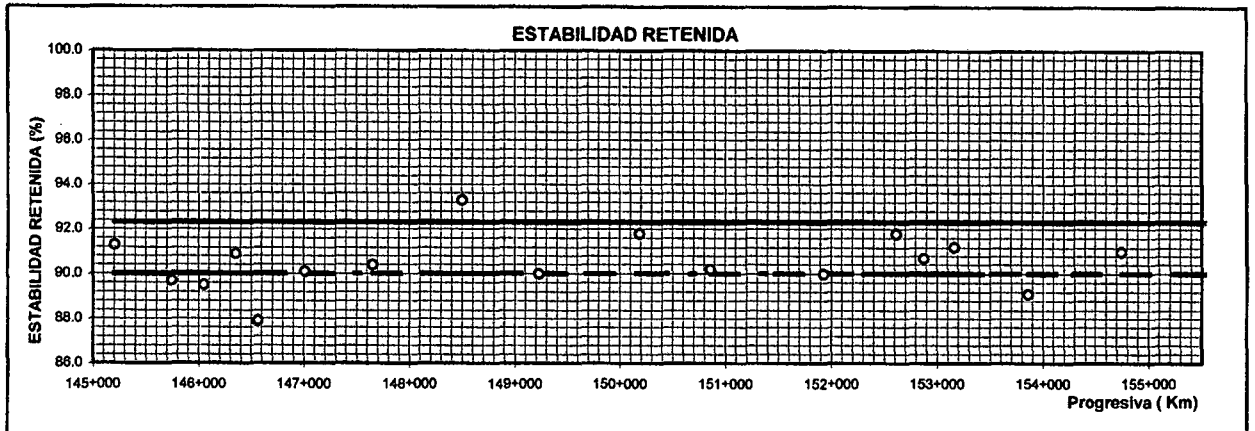
**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**



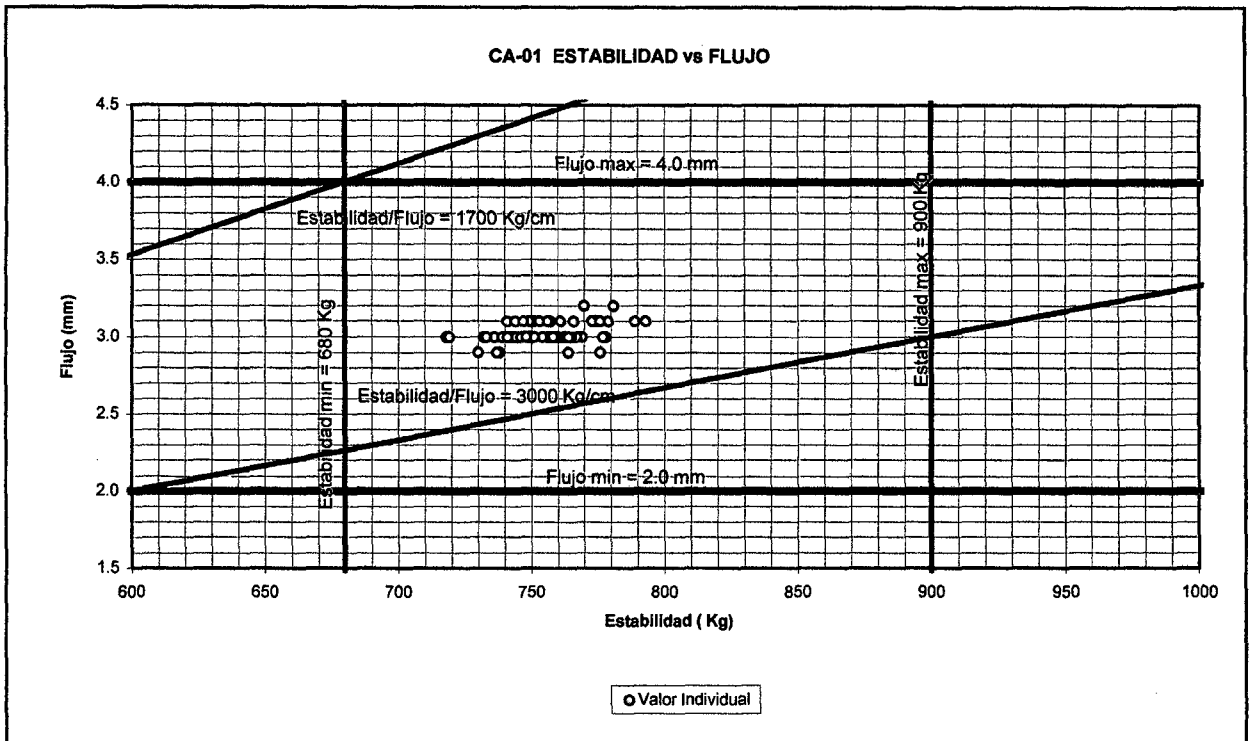
**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**



**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**



**CARPETA ASFALTICA CA-01(120-150)**



## CARPETA ASFALTICA EN PLANTA ( CA - 02 PEN 120/150 )

OBRA : CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO IV : OCCORURO - ABANCAY

FECHA	DESDE Km	HASTA Km	Carril	Centro de Gravedad	GRANULOMETRIA (% Pasante Las Mallas)										% C.A.	ASTM D-2041	DENS. BRIQ.	% VACIOS	VMA %	VFA %	ESTABIL. Kg	FLUJO mm	EST. RET. %	EST / FLUJO Kg / cm
					¾"	½"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200										
24/04/00	155+620	155+880	D	155+750	100.0	95.6	86.6	64.2	39.5	24.8	21.0	15.0	11.3	9.2	7.14	2.428	2.364	2.7	16.9	85.5	725	3.3		2222
24/04/00	155+620	155+975	I	155+798	100.0	95.6	86.6	64.2	39.5	24.8	21.0	15.0	11.3	9.2	7.14	2.428	2.364	2.7	16.9	85.5	725	3.3		2222
25/04/00	155+880	156+035	D	155+958	100.0	97.2	86.0	64.6	35.6	23.7	18.3	13.7	10.6	7.3	7.06	2.428	2.353	3.1	17.3	82.8	746	3.3		2284
25/04/00	156+035	156+140	D	156+088	100.0	95.9	85.7	65.4	36.1	23.2	19.2	14.3	11.0	7.0	7.12	2.428	2.351	3.2	17.4	82.4	740	3.3		2259
26/04/00	156+140	156+510	D	156+325	100.0	95.4	86.6	65.4	35.1	23.4	18.8	13.7	10.8	6.9	7.11	2.428	2.355	3.1	17.2	83.7	747	3.2		2385
26/04/00	155+975	156+710	I	156+343	100.0	96.5	85.9	63.8	34.8	22.7	19.0	14.1	11.0	7.0	7.13	2.428	2.355	3.0	17.3	83.9	727	3.2	95.8	2249
27/04/00	156+510	157+165	D	156+838	100.0	96.3	85.8	65.4	35.9	23.0	18.8	14.3	10.7	6.6	7.19	2.428	2.353	3.1	17.4	83.4	711	3.2	95.0	2257
27/04/00	156+710	157+100	I	156+905	100.0	95.9	86.1	64.7	36.2	22.1	18.1	13.7	10.6	6.8	7.02	2.428	2.353	3.1	17.2	83.1	730	3.2		2257
28/04/00	157+100	157+565	I	157+333	100.0	96.3	85.7	65.6	35.9	21.2	18.3	12.9	9.5	7.4	7.07	2.428	2.356	3.0	17.2	83.8	734	3.3	95.5	2247
28/04/00	157+165	157+555	D	157+360	100.0	95.8	85.9	64.8	37.7	22.8	18.2	12.7	9.6	7.1	7.10	2.428	2.353	3.1	17.3	83.5	741	3.2		2291
29/04/00	157+555	157+890	D	157+660	100.0	95.6	85.3	64.8	36.0	21.2	17.7	12.1	8.7	6.7	7.07	2.428	2.352	3.2	17.3	82.9	729	3.2	94.0	2240
29/04/00	157+565	157+885	I	157+770	100.0	96.3	86.5	64.6	36.9	22.1	18.2	14.6	10.8	7.2	7.12	2.428	2.353	3.1	17.3	83.4	732	3.2		2231
02/05/00	157+885	158+460	I	158+070	100.0	95.9	86.4	65.9	35.6	20.2	17.1	11.9	8.8	6.9	7.13	2.428	2.353	3.1	17.3	83.3	731	3.2	94.0	2261
02/05/00	157+890	158+460	D	158+270	100.0	96.4	85.8	64.8	36.5	23.6	17.1	13.9	10.6	6.8	7.10	2.428	2.352	3.1	17.3	83.1	730	3.2		2249
06/05/00	158+460	158+810	D	158+570	100.0	95.2	85.1	64.0	37.5	22.6	16.8	12.2	10.0	6.1	7.12	2.428	2.357	3.0	17.2	84.0	735	3.2	94.6	2252
07/05/00	158+460	158+820	I	158+690	100.0	95.5	85.6	65.5	35.7	21.9	16.9	12.1	9.8	6.3	7.13	2.428	2.355	3.0	17.3	83.8	750	3.3	92.0	2273
06/05/00	158+810	159+165	D	158+930	100.0	94.5	85.2	63.5	35.9	21.0	18.2	13.1	9.9	6.5	7.07	2.428	2.355	3.0	17.2	83.4	735	3.3		2227
07/05/00	158+820	159+185	I	159+050	100.0	95.8	86.6	64.9	36.2	24.7	20.9	15.1	11.9	7.1	7.09	2.428	2.355	3.0	17.2	83.6	732	3.3		2197
08/05/00	159+165	159+650	D	159+320	100.0	94.8	85.8	64.6	36.7	24.8	21.0	15.1	11.2	7.6	7.11	2.428	2.357	2.9	17.2	84.1	756	3.3	93.9	2290
08/05/00	159+185	159+630	I	159+475	100.0	97.1	86.2	64.3	37.1	24.3	17.1	13.0	10.9	7.0	7.08	2.428	2.353	3.1	17.3	83.3	748	3.2		2312
11/05/00	159+650	160+150	D	159+850	100.0	94.9	85.2	63.7	37.1	22.5	19.0	13.3	9.7	7.5	7.13	2.428	2.356	2.9	17.2	84.0	755	3.3	92.5	2311
11/05/00	159+630	160+405	I	160+050	100.0	93.8	85.2	64.4	35.7	23.9	22.0	15.2	11.0	7.2	7.03	2.428	2.355	3.0	17.1	83.5	749	3.3		2293
13/05/00	160+150	160+460	D	160+305	100.0	96.3	85.8	63.9	36.7	23.0	18.6	14.2	10.4	7.0	7.09	2.428	2.354	3.0	17.2	83.5	753	3.2		2329
22/05/00	160+405	160+930	I	160+668	100.0	94.5	85.0	64.1	35.8	21.7	18.7	13.1	9.6	7.4	7.05	2.433	2.358	3.1	17.1	83.3	753	3.2		2329
22/05/00	160+460	160+925	D	160+693	100.0	93.6	86.3	64.6	35.9	22.2	19.2	14.5	10.0	7.2	7.11	2.429	2.358	2.9	17.1	84.1	756	3.2	93.3	2388
25/05/00	160+930	161+495	I	161+213	100.0	93.3	81.3	62.7	36.8	23.7	20.8	14.9	10.9	8.5	7.07	2.433	2.362	2.9	16.9	83.6	771	3.2		2409
25/05/00	160+925	161+570	D	161+248	100.0	96.3	84.1	62.9	37.2	22.5	19.4	15.0	10.7	6.6	7.12	2.427	2.359	2.8	17.1	85.2	777	3.3	91.8	2379
05/06/00	161+495	161+595	I	161+545	100.0	93.6	85.4	63.8	36.2	20.4	19.3	13.7	9.6	7.4	7.13	2.429	2.358	2.9	17.1	84.0	762	3.3	90.8	2333
13/06/00	161+570	161+960	D	161+765	100.0	94.5	84.3	64.2	38.4	23.7	21.5	16.6	11.4	7.2	7.10	2.430	2.358	3.0	17.1	83.9	753	3.2		2329
13/06/00	161+595	162+020	I	161+808	100.0	94.3	84.0	64.4	39.1	24.1	19.9	15.0	10.2	7.3	7.12	2.429	2.357	3.0	17.2	83.9	772	3.3	90.7	2365
14/06/00	161+960	162+250	D	162+105	100.0	95.1	85.3	63.9	38.9	23.1	20.0	15.4	11.1	7.4	7.14	2.427	2.353	3.0	17.3	83.6	765	3.3	90.9	2341
14/06/00	162+020	162+270	I	162+145	100.0	96.1	84.8	64.7	38.9	22.7	19.6	14.8	10.8	7.1	7.12	2.428	2.355	3.0	17.2	83.7	770	3.3		2359
28/05/00	162+250	162+785	D	162+518	100.0	95.2	84.3	64.3	36.0	20.7	17.7	14.1	10.1	7.0	7.10	2.430	2.355	3.1	17.2	83.3	770	3.2		2406
28/05/00	162+270	162+780	I	162+525	100.0	94.9	85.2	64.7	37.0	19.8	18.2	14.5	10.5	7.3	7.13	2.427	2.356	2.9	17.3	84.3	753	3.2	91.8	2354
14/06/00	162+785	162+960	D	162+873	100.0	96.1	84.8	64.7	38.9	22.7	19.6	14.8	10.8	7.1	7.12	2.428	2.355	3.0	17.2	83.7	770	3.3		2359
14/06/00	162+780	162+980	I	162+880	100.0	96.1	84.8	64.7	38.9	22.7	19.6	14.8	10.8	7.1	7.12	2.428	2.355	3.0	17.2	83.7	770	3.3		2359
19/06/00	162+980	163+360	I	163+170	100.0	94.3	84.2	63.7	38.4	24.0	21.3	14.5	10.2	7.6	7.14	2.428	2.353	3.1	17.3	83.3	740	3.1	91.6	2415



**CARPETA ASFALTICA EN PLANTA ( CA - 02 PEN 120/150 )**

OBRA : CARRETERA CUSCO - ABANCAY

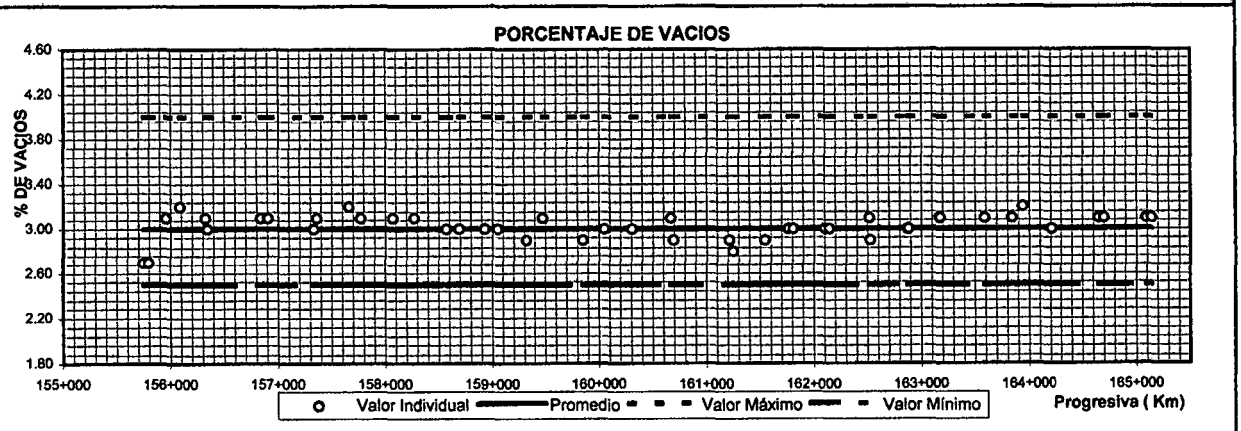
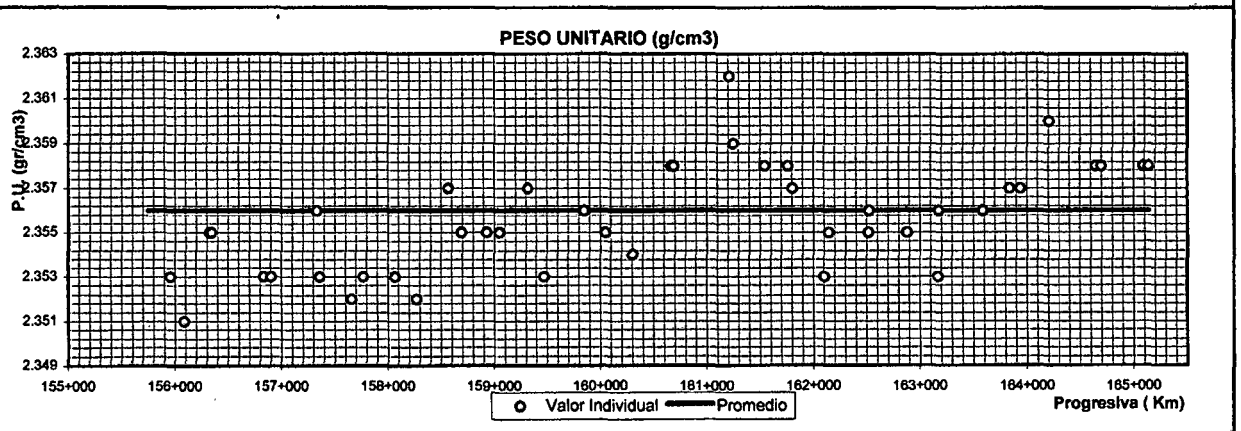
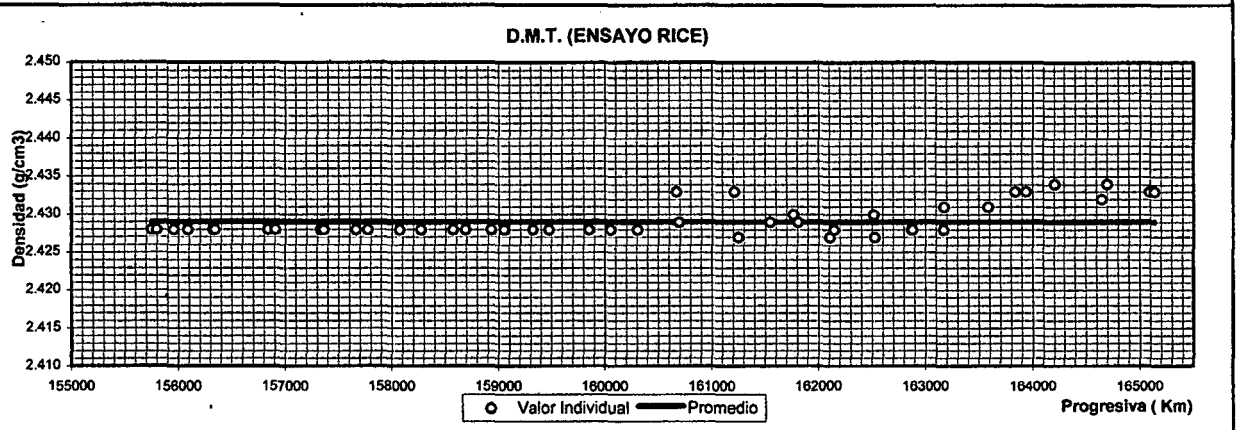
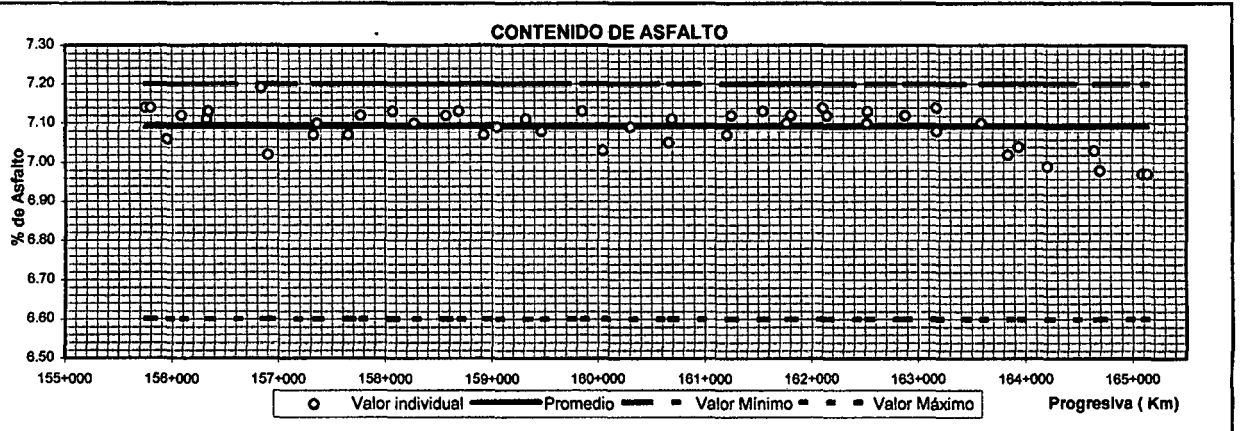
TRAMO IV : OCCORURO - ABANCAY

FECHA	DESDE Km	HASTA Km	Carril	Centro de Gravedad	GRANULOMETRIA (% Pasante Las Mallas)										% C.A.	ASTM D-2041	DENS. BRIQ.	% VACIOS	VMA %	VFA %	ESTABIL Kg	FLUJO mm	EST. RET. %	EST / FLUJO Kg / cm
					3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200										
19/06/00	162+960	163+390	D	163+175	100.0	95.2	86.4	64.4	36.8	21.6	17.9	12.2	8.6	6.6	7.08	2.431	2.356	3.1	17.1	83.3	755	3.1		2464
01/07/00	163+390	163+785	D	163+588	100.0	96.0	85.2	63.8	39.0	23.5	20.0	15.3	11.1	7.4	7.10	2.431	2.356	3.1	17.2	83.4	774	3.2		2396
30/06/00	163+360	164+320	I	163+840	100.0	94.7	82.7	65.0	39.3	23.6	19.5	13.5	10.0	7.8	7.02	2.433	2.357	3.1	17.1	82.9	794	3.3		2431
01/07/00	163+785	164+095	D	163+940	100.0	95.7	84.9	64.6	38.8	24.1	19.1	15.4	10.8	6.9	7.04	2.433	2.357	3.2	17.1	82.7	777	3.2	91.5	2404
30/06/00	164+095	164+320	D	164+208	100.0	96.0	85.2	64.4	39.7	23.6	19.6	14.8	10.9	7.0	6.99	2.434	2.360	3.0	16.9	83.2	774	3.2		2393
15/06/00	164+320	164+980	I	164+650	100.0	94.8	85.2	64.3	39.0	23.5	19.2	15.0	10.1	7.0	7.03	2.432	2.358	3.1	17.1	83.2	736	3.2		2324
15/06/00	164+320	165+080	D	164+700	100.0	93.8	83.6	63.4	38.1	24.1	20.0	14.2	10.5	7.2	6.98	2.434	2.358	3.1	17.0	82.9	742	3.2		2342
16/06/00	164+980	165+205	I	165+093	100.0	94.8	86.0	63.9	38.0	22.9	18.9	14.6	10.7	7.4	6.97	2.433	2.358	3.1	17.0	83.1	770	3.3	93.1	2356
16/06/00	165+080	165+200	D	165+140	100.0	94.8	86.0	63.9	38.0	22.9	18.9	14.6	10.7	7.4	6.97	2.433	2.358	3.1	17.0	83.1	770	3.3	93.1	2356

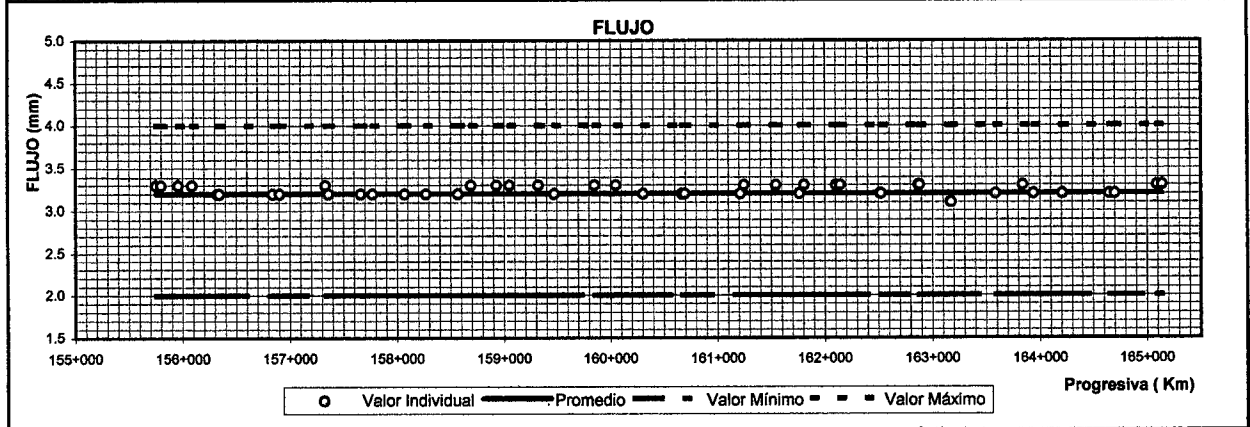
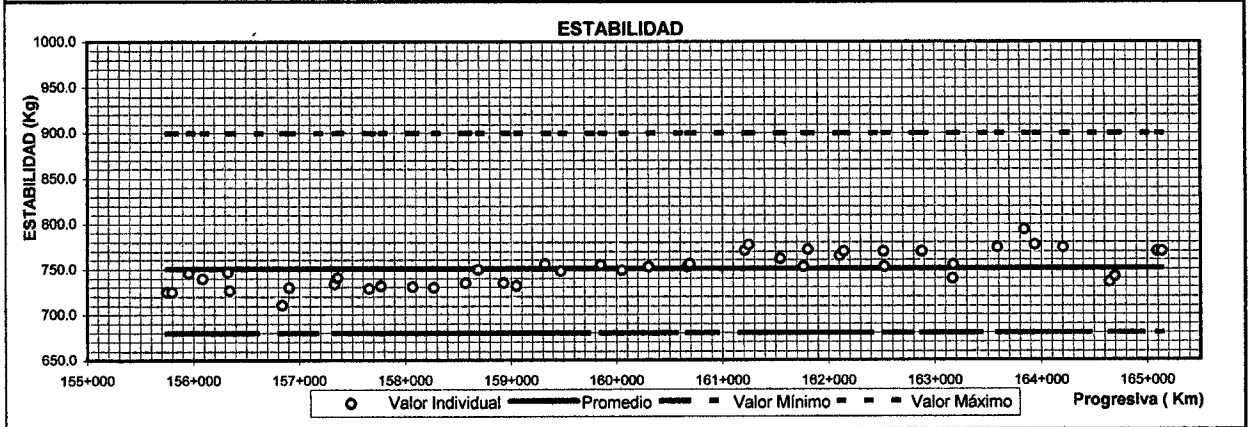
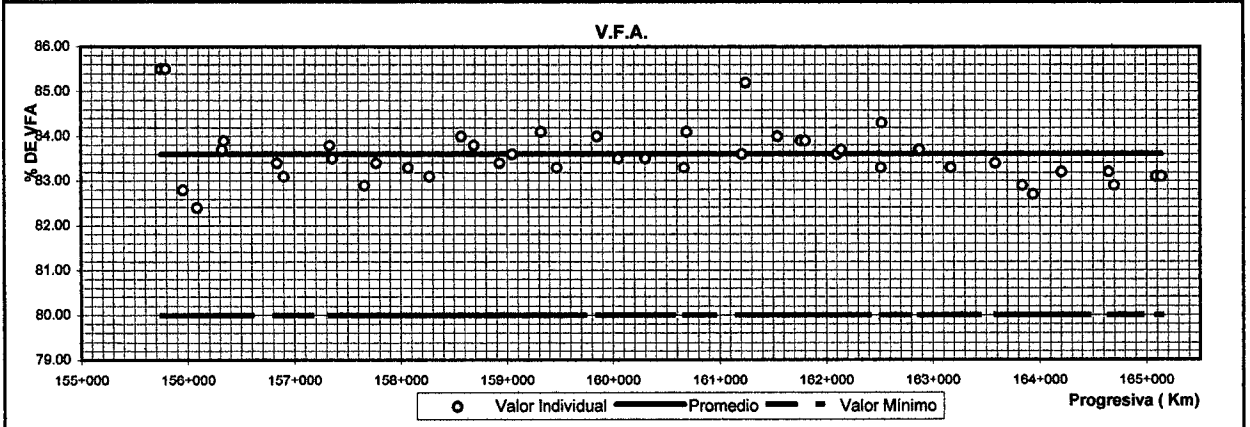
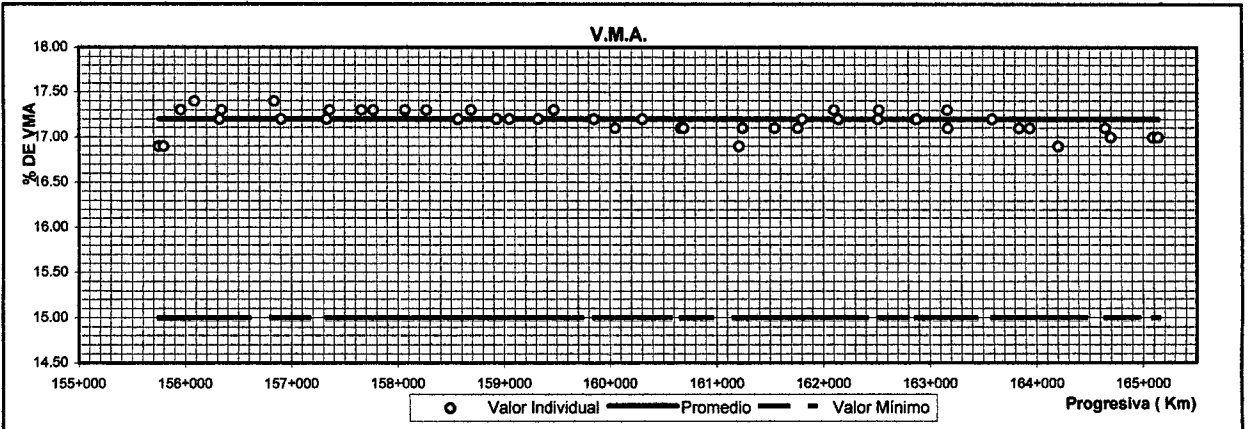
RESUMEN ESTADISTICO	CANTIDAD	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	19	46
	SUMA	4600.0	4386.3	3924.6	2962.1	1713.0	1051.3	879.2	650.5	480.2	331.3	326.1	111.744	108.374	139.1	790.0	3844.9	34535	149.1	1765.9	106729	
	PROMEDIO	100.0	95.4	85.3	64.4	37.2	22.9	19.1	14.1	10.4	7.2	7.09	2.429	2.356	3.0	17.2	83.6	750.8	3.2	92.9	2320.2	
	DESVIACION STD	0.00	0.93	1.05	0.67	1.40	1.25	1.28	1.06	0.71	0.59	0.05	0.00	0.00	0.11	0.13	0.63	18.38	0.06	1.61	66	
	LIMITES ESPECIFICADOS (FAJAS DE TRABAJO)		100.0	90.0	68.0	43.0	29.0	22.0	18.0	14.0	9.0	6.6			4.0			900.0	4.0		3000	
	100.0	90.0	80.0	58.0	33.0	19.0	14.0	10.0	6.0	5.0	7.2			2.5	15.0	80.0	680.0	2.0	90.0	1700		



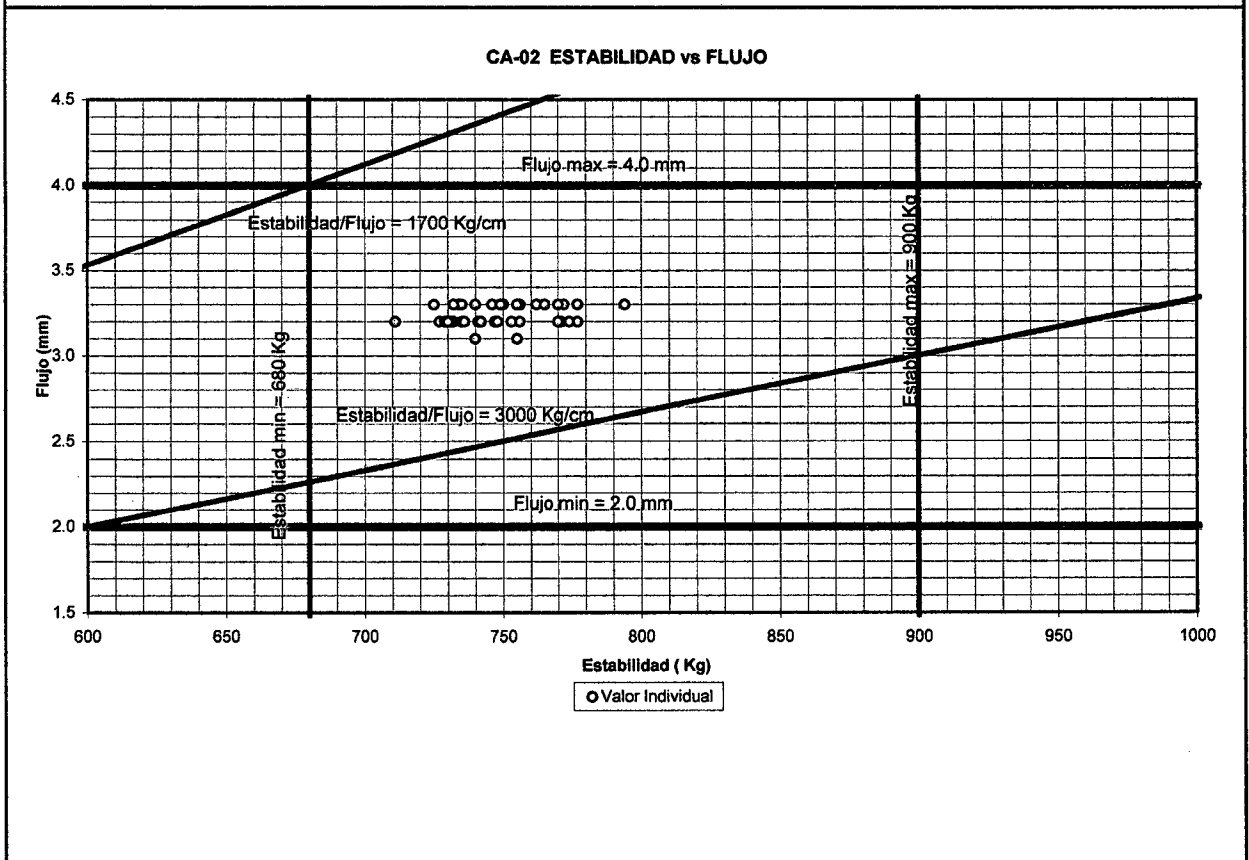
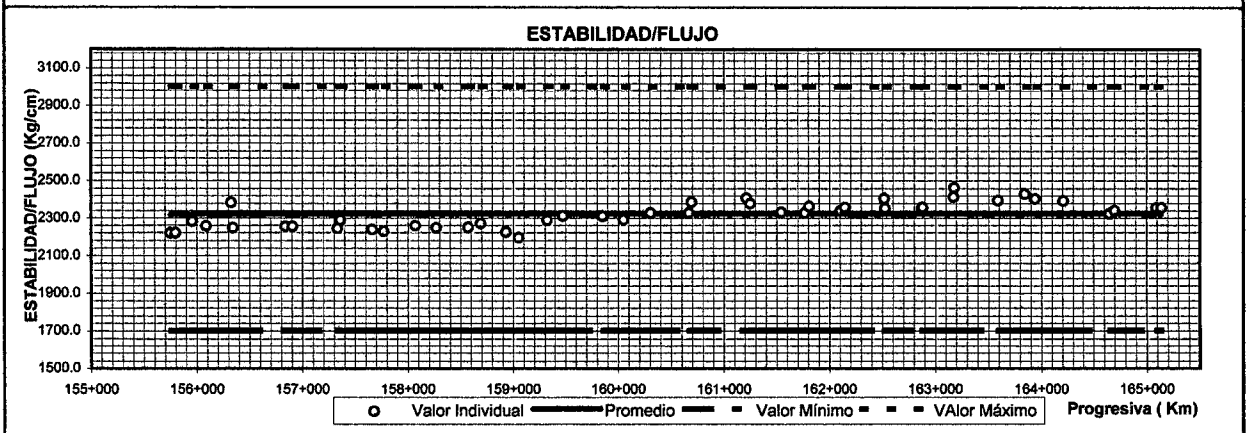
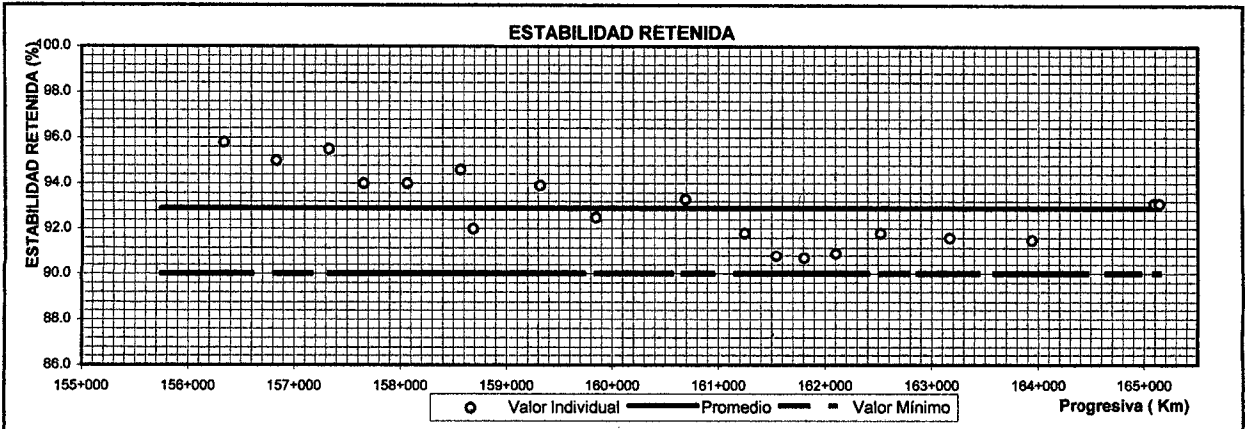
**CARPETA ASFALTICA CA-02(120-150)**



**CARPETA ASFALTICA CA-02(120-150)**



**CARPETA ASFALTICA CA-02(120-150)**



## **Capítulo VI**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El 47% de la carretera Cusco Abancay Tramo IV se encuentra encima de los 3,500 m.s.n.m. y presenta una topografía sinuosa con 462 curvas horizontales en total por lo que se puede considerar también una carretera con características especiales en cuanto a la estabilidad de taludes.
- Se ha producido un incremento del tráfico en 67% del año 1999 al 2001 debido a la construcción propia de la carretera.
- Los asfaltos tipo S, con bajo contenido de parafina, son buenos para usarse en pavimentación.
- No se recomienda que la Penetración sea un parámetro para la recepción de los asfaltos en obra, para caracterizar los asfaltos de pavimentación, se debe utilizar el Bitumen Test Data Chart (BTDC), cuyos ensayos que normalmente se emplean para su representación son los de Penetración, Punto de ablandamiento, Punto de Fractura Fraas y Viscosidad.
- Se considera que un pavimento pertenece a la categoría de "pavimentos en zonas de altura", cuando se encuentra ubicado por encima de los 3,500 m.s.n.m, donde existen condiciones climáticas particulares propios de estas zonas como son: baja temperatura, alto gradiente térmico, alta radiación solar y, agua superficial y subterránea. En el Perú existen carreteras por mas de 2500 Km encima de los 3500 m.s.n.m., representando una porción importante de la red vial del Perú.
- El Instituto del asfalto mediante su guía MS-1 y la guía AASHTO-93 no establecen la variable gradiente térmico en sus diseños, por lo que es necesario ampliar el conocimiento sobre esta metodología a fin de incorporar esta variable, que es considerada como influyente para las zonas de altura en nuestro país.
- Se recomienda seleccionar el tipo de asfalto, realizando un análisis de rigideces del asfalto y de la mezcla asfáltica, a fin de determinar que asfalto presenta menor rigidez por consiguiente la carpeta también tendrá menor rigidez, dicho asfalto será el mas adecuado a usar en la mezcla asfáltica para zonas de altura.
- El cemento asfáltico de penetración 120/150 producido por Petroperú en la Refinería Conchan puede ser usado para la construcción de la Carretera Cusco-Abancay Tramo IV a partir de los 3500 m.s.n.m., siempre y cuando tenga menor rigidez que el asfalto PEN 85/100, lo que permitirá obtener un menor módulo de rigidez de la mezcla asfáltica y así disminuyendo la posibilidad que se generen fisuras térmicas

- El asfalto analizado es de tipo S, con bajo contenido de parafina, bueno para usarse en la mezcla asfáltica de la presente obra.
- Es un parámetro de consideración para zonas de altura, el contenido óptimo de cemento asfáltico en mezclas asfálticas, el cual deberá ser lo más alto como sea posible, del orden de 6.2 a 6.7 % y por consiguiente los valores de estabilidad no serán altos, obteniéndose índices de rigidez adecuados para bajas temperaturas.
- Adopción de una curva granulométrica evitando la zona restringida indicada en la metodología SUPERPAVE, para la presente obra, la curva pasa por debajo de la zona restringida.
- Se recomienda el uso del asfalto en zonas de altura de acuerdo a:

PEN 85/100	altitud $h < 3500$ msnm
PEN 120/150 ó modificados	altitud $3500 \leq h < 4200$ msnm
Asfaltos modificados	altitud $h \geq 4200$ msnm

- Mediante la metodología SUPERPAVE se recomienda el uso del asfalto PG 46-10 para esta zona de altura, pero, es necesario que los asfaltos producidos en el país cumplan con los requerimientos de esta nueva tecnología, de esta manera se puede implementar los laboratorios viales con los equipos de la nueva tecnología SUPERPAVE nivel 1.
- Las mezclas de concreto asfáltico, con valores altos (sobre los 2000 lb.) de Estabilidad Marshall y bajos valores de flujo, no son recomendables en zonas de altura, debido a que el pavimento conformado con las mencionadas mezclas, es rígido y frágil.
- Disminución del porcentaje de vacíos al valor mínimo, de esta manera se dificulta el ingreso a la carpeta de elementos oxidantes (aire, agua).
- A fin de incrementar la adhesión entre los agregados y el cemento asfáltico, y mejorar la durabilidad de las mezclas asfálticas en el pavimento, se adicionara de preferencia cal hidratada de 1.5 a 2 %, este contenido de cal incrementará la cohesión y por consiguiente la menor fragilidad de la mezcla.
- La mezcla asfáltica que estará en servicio sobre los 3500 m.s.n.m. requiere que sea lo más flexible posible es decir tener un flujo alto y estabilidades bajas, esto permite retardar la aparición de fisuras térmicas.

- La durabilidad del pavimento en zonas de altura, es generalmente mejorada o incrementada, con un alto contenido de asfalto, una gradación densa y mezclas impermeables bien compactadas, considerando el porcentaje mínimo de vacíos.
- Un argumento para el incremento de la cantidad de asfalto, es el mayor espesor de la película que reviste las partículas del agregado. Películas más gruesas son más resistentes al envejecimiento, un largo periodo de tiempo es requerido para reducir la película de asfalto, a un mismo grado de fragilidad de una película delgada.
- La temperatura de calentamiento del cemento asfáltico, durante la operación de abastecimiento, transporte, almacenamiento y mezclado, no deberá ser mayor de 138°C.
- La temperatura ambiente adecuada para la colocación de la mezcla en zona de altura, en lo posible no será menor de 12°C.
- La colocación de la carpeta asfáltica debe ser en todo lo ancho de la vía en una sola jornada, sin embargo en la presente obra, debido a la imposibilidad de construir desvíos y no estando permitido interrumpir el tránsito, la colocación de la carpeta se hizo con una sola esparcidora, cuidando que el final del asfaltado en ambos carriles sea casi coincidente.
- La colocación de la carpeta debe ser solamente cuando la temperatura de la superficie a ser asfaltada es mayor de 10°C y cuando los vientos sean mínimos, de lo contrario la mezcla se enfriará rápidamente, impidiendo alcanzar un buen grado de compactación.
- La planta de asfalto será calibrada a fin de que las fracciones de agregados sean calentadas homogéneamente y hasta una temperatura máxima de 138°C. A fin de eliminar toda humedad absorbida por los agregados, el periodo de calentamiento podrá prolongarse para cumplir estos propósitos.
- La temperatura de la mezcla a la salida del secador – mezclador nunca debe exceder los 140°C, minimizando así la volatilización de los hidrocarburos livianos, evitando una oxidación temprana y asegurando con ello que el asfalto en servicio mantenga sus características por un mayor tiempo.
- La cantidad de polvo del material en la planta de asfalto será controlada por medio de un recuperador de polvo o lavando los agregados.

- El buen funcionamiento de todos los componentes de la planta de asfalto generará una buena producción de la mezcla asfáltica, evitando así variaciones en el contenido de asfalto, proporciones de agregados y temperaturas de mezclado.
- Es necesario en lo posible evitar el almacenamiento de mezcla asfáltica en el silo de la planta a fin de eliminar la segregación y enfriamiento en el momento de la descarga hacia los volquetes.



## BIBLIOGRAFIA

1. AGNUSDEI, Jorge, Seminario sobre Técnicas y Realidad del Asfalto, Lima, COSAPI S.A., 1999.
2. CONSORCIO ENERGOPROJEKT-OIST SUPERVISIÓN CARRETERA CUSCO-ABANCAY TRAMO IV, Informe Especial N° 3 - Diseño de Mezcla Asfáltica Carretera Cusco-Abancay Tramo IV, Lima, 2000.
3. CONSORCIO ENERGOPROJEKT-OIST SUPERVISIÓN CARRETERA CUSCO-ABANCAY TRAMO IV, Informe Cambio de Tipo de Cemento Asfáltico, Lima, 2000.
4. CONSORCIO ENERGOPROJEKT-OIST SUPERVISIÓN CARRETERA CUSCO-ABANCAY TRAMO IV, "Normas AASHTO-ASTM", Lima, 1999.
5. DEL AGUILA RODRIGUEZ, Pablo, Criterios para el diseño y construcción de pavimentos en zonas de altura, II Congreso Nacional de Asfalto, Lima, 1998.
6. EE.UU. INSTITUTO DEL ASFALTO, Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente - Serie de Manuales N° 22 (MS-22), EE.UU., 1982.
7. GREENSTEIN, Jacob, Evaluación de los procedimientos de construcción y del control de calidad de concreto asfáltico usado en la carretera Oroya-Huanuco, DGC-MTC, 1982.
8. HERRERA, Yolanda y GARCIA, Alberto, Comportamiento de Mezclas Asfálticas en Caliente de Zonas de Altura, II Congreso Latinoamericano de Asfalto, 1983.
9. HEUKELOM, W., Observations on the Rheology and Fracture of Bitumens and Asphalt Mixes Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, pp 358-399, 1966.
10. LAGESA S.A., Expediente Técnico Carretera Cusco-Abancay Tramo IV, Lima.
11. Mc LEOD, Norman, Asphalt Cement: Pen-Vis Number and its Application to Moduli of Stiffness, ASTM Journal of Testing and Evaluation, 1976.
12. PERU. MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN, Especificación Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000), Lima, 2000.
13. PERU. PETRÓLEOS DEL PERÚ, Asfaltos, Lima, 1972.
14. PHEIFFER, J.P. and VAN DORMAL, P.M., The Rheological Properties of Asphaltic Bitumen, J. Institute Petroleum Technologists, 1936.

15. USA. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Background of Superpave Asphalt Mixture Design and Analysis, USA, 1995.
16. VAN DER POEL, A General System Describing the Visco-Elastic Properties of Bitumens and of Relation to Routine Test Data, Journal of Applied Chemistry, pp 221-236, 1954.

**Anexo 1.a**

**Estudio de Trafico LAGESA  
1994**

## 2.2.2 Estudio de Tránsito y Capacidad Vehicular

### 2.2.2.1 Introducción

El estudio de tráfico de la carretera Cusco - Abancay, Tramo 3 Curahuasi - Abancay, comprendido entre los kilómetros 145+76 al 196+084, se efectuó de acuerdo a las características y condiciones que ofrecía la zona y a los requerimientos para este tipo de estudios.

Como parte del mismo, se realizó un análisis de las diversas variables socio-económicas que pudieran incidir en el tráfico como resultado del mejoramiento de la carretera; tomando debido cuidado, de la forma en que participarían los diversos centros urbanos de la zona.

El análisis de tráfico se sustenta en las características de la información histórica y a falta de esta, en el relevamiento de los datos de campo; como los conteos volumétricos y la información referente a los orígenes y destinos de los viajes vehiculares.

Para efectuar el presente trabajo, el Consultor ha realizado un recorrido a lo largo de la carretera, y como consecuencia de ello, por las características del tramo, considera necesario efectuar conteos en una sola estación; tanto por el nivel de tráfico que presenta como por no existir posibilidades de que varíe a lo largo de la misma.

### 2.2.2.2 Seccionamiento de la Carretera con Fines de Tráfico

Luego de efectuarse una observación pormenorizada del comportamiento del tráfico a lo largo de la vía en estudio, las posibilidades de tráfico desviado son muy remotas al no existir poblaciones con capacidad de atraer niveles de tráfico que pudieran representar un cambio sustancial al existente a lo largo de la carretera.

### 2.2.2.3 Información Histórica de tráfico

Con la finalidad de efectuar los ajustes correspondientes a la información obtenida en los conteos de tráfico y realizar las proyecciones correspondientes, se recurrió a datos de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC).

**INGENIEROS CONSULTORES S.A.**

**OLGA SANDOVAL LINARES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 4900



La información histórica presenta una característica que es importante tener en cuenta; a medida que los tráficos se alejan del Cusco, sus volúmenes disminuyen considerablemente, representando el tramo del presente estudio casi el 23% del tráfico que se inició en el Cusco (entre Cusco - Izcuchaca). Por otro lado, también se puede observar que el tráfico no ha experimentado mayor variación a pesar del paso de los años y pareciera, en cifras relativas, que haya disminuido. Las siguientes cifras dan una clara idea de lo manifestado.

#### Información Histórica de Tráfico

Tramo : Cusco - Abancay

Años 1976 - 1979:

AÑOS	Número de Vehículos Diarios					
	1976	1977	1978	1979	1993	1994
Cusco - Izcuchaca	540	403	408	379	1,012	—
Izcuchaca - Limatambo	—	173	183	—	—	102
Limatambo - Curahuasi	117	35	115	—	105	—
Curahuasi - Abancay	—	93	82	—	—	—

Fuente : Estadística de Tráfico - MTC

Además de lo mencionado anteriormente, se puede agregar que los tráficos que se realizan en la vía del estudio son los más bajos y parecen haber disminuido.

Esto último puede ser corroborado con las cifras tomadas de los cuadernos de control del puesto policial, ubicado en el Puente Cunyac, cuya información corresponde a 24 horas del día (día útil), del mes de agosto del presente año, con un promedio de vehículos, como sigue:

Tipo de Vehículo	veh. / día
Camionetas	20
Omnibus	16
Camiones 2 Ejes y de 3 Ejes	15
Camiones Pequeños (3.5 tn)	40
Micros	2
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>

Esta situación en el comportamiento del tráfico puede deberse, en gran medida, al deterioro que presenta la vía. El costo de llevar bienes desde el Cusco a Abancay representa un costo importante sobre todo del área donde se ubican poblaciones de escasos recursos.

LA GESA  
INGENIEROS CONSULTORES S.A.

OLGA SANBOVAL LINARES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N.º. 1900



#### 2.2.2.4 Conteos

De acuerdo a los requerimientos del estudio se realizaron los conteos volumétricos de tráfico que permiten establecer el IMD anual o también llamado Tránsito Promedio Diario Anual, para el año solicitado.

Los conteos o censos volumétricos de tráfico se efectuaron durante 24 horas, desde las 0 horas hasta las 24 horas de cada día, registrándose todo vehículo que cruzase la estación, por sentido y por clase de vehículo.

Los conteos se efectuaron en el mes de agosto de 1994, en el desvío a Cachora, entre Abancay y Curahuasi, en días Sábado, Domingo, Lunes y Martes. Esto permitió tener una idea clara sobre el comportamiento del tráfico sobre esa vía. Como puede apreciarse, los tráficos son muy parejos en todos los días de la semana, aún considerando el Sábado y con muy poca diferencia el día Domingo.

Los resultados de estos conteos se presentan en el siguiente cuadro, por tipo de vehículo y por día.

#### CLASIFICACION VEHICULAR

FECHA	TRAFICO LIGERO			TRAFICO PESADO			VOLUMEN TOTAL
	Camionetas	Combis	Micros	Omnibus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión 3 Ejes	
Sábado 27-08-94	30	-	11	7	32	8	88
Domingo 28-08-94	18	-	8	6	32	8	72
Lunes 29-08-94	19	-	11	8	43	13	94
Martes 30-08-94	19	-	14	5	29	21	88
Volumen Total	86	+	44	26	136	50	342
Porcentaje	25.0%	-	13.0%	3.0%	40.0%	14.0%	100%
IMD	22	-	11	7	35	13	88
	33			55			

**I A G E S S A**  
INGENIEROS CONSULTORES S.A.

Los resultados obtenidos del procedimiento de los datos de tráfico se presentan a continuación:

*Olga Sandoval*  
**OLGA SANDOVAL UNARES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N.º. 4960



El comportamiento parcial presenta ciertas particularidades, el tráfico en todos los casos es bastante parejo, esto se debe probablemente a la rigidez en que se producen los viajes vehiculares, debido a que el costo que representa una carretera en mal estado para los usuarios no es atractiva.

Teniendo en cuenta la similitud de viajes en los días de la semana y la falta de información fresca de mayor cobertura; se definió el promedio diario anual de vehículos en este tramo, sacando el promedio ponderado con respecto a los siete días de la semana, lo cual se puede observar en la última columna del cuadro anterior.

#### 2.2.2.5 Encuesta Origen - Destino de Viajes

La encuesta de Origen y Destino (O/D) constituyó la base para definir los centroides generadores de tráfico del proyecto y realizar sus respectivas proyecciones.

Esta encuesta comprendió la obtención de una muestra de un día útil, tomando el encuestador información por cada vehículo que se detenía.

El poco volumen de tráfico que soporta la vía permitió contra con información muy definida cuyos resultados son los siguientes:

VEHÍCULO	ORIGEN	DESTINO	PARTICIP. %
Bus	Abancay	Cusco	100
Camioneta	Abancay	Cusco	50
	Abancay	Curahuasi	50
Camión 2 Ejes (10 Tn.)	Cusco	Abancay (Chalhuanca)	80
		Abancay (Lima)	20
	Abancay	Curahuasi	50
		Cusco	50
Camión 3 Ejes	Abancay	Cusco (Lima)	100

~~INGENIEROS CONSULTORES S.A.~~

*Olga Sandoval*  
**OLGA SANDOVAL LINARES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 4988



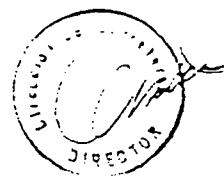
Cuadro N° 3.9: TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRAFICO EN EL TRAMO DEL PROYECTO: ABANCAY - CURAHUASI (% anual)

CLASE DE VEHICULO	ABANCAY - CURAHUASI %
PICK - UP	2.06
OMNIBUS	2.03
CAMIÓN 2 EJES	4.63
CAMIÓN 3 EJES	5.94

Fuente : Censo de Tráfico - LAGESA S.A.

*LAGESA*  
CONSTRUCCIONES S.A.

*OLGA SANDOVAL LINARES*  
OLGA SANDOVAL LINARES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 4900





**Anexo 1.b**

**Hoja del Estudio de Transito  
1982**

SERIE HISTÓRICAS DE LOS VOLUMENES DE

TRANSITO (I.M.D.)

AÑOS 1969-1982

RUTA	C A R R E T E R A														
	S E C T O R	A Ñ O S													
		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
	Dv. Cangallo-Ocros	---	---	---	---	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Ocros-Pte. Pampas	---	---	36	---	37	---	37	---	26	24	---	---	---	---
	Pte. Pampas-Uripa	---	---	36	---	37	---	37	---	---	---	---	---	---	---
	Uripa-Andahuaylas	---	---	---	---	94	82	83	74	87	---	---	---	---	---
	Andahuaylas-Dv. Pacucha	---	---	---	---	176	---	150	157	108	---	---	---	---	---
	Dv. Pacucha-Dv. Chalhuanca	---	36	35	44	52	70	52	50	55	59	---	---	---	---
	Dv. Chalhuanca-Abancay	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Abancay-Curahuesi	---	---	---	---	138	---	99	---	93	82	---	---	---	---
	Curahuesi-Limatambo	79	100	---	---	---	122	124	117	85	115	---	---	---	---
	Limatambo-Izcuchaca	92	107	76	100	---	---	---	---	173	183	---	---	---	---
	Izcuchaca-Cuzco	---	---	---	---	619	643	638	540	403	408	379	---	---	---
	Cuzco-Emp. R-268(Huarcapay)	1532	1523	1368	1358	973	960	1137	835	1016	1300	---	---	---	---
	Emp. R-268(Huarcapay)-Urcos	---	---	---	---	---	---	---	---	686	651	657	---	---	---
	Urcos-Combapata	---	---	---	---	129	155	191	211	160	150	---	---	---	---
	Combapata-Sicuaní	---	---	---	---	191	221	168	149	183	148	---	---	---	---
	Sicuaní-La Raya	91	155	173	157	190	214	216	255	205	194	187	---	---	---
	La Raya-Ayaviri	91	155	173	157	190	214	216	255	---	---	---	---	---	---
	Ayaviri-Pucará	---	---	---	---	---	---	---	---	217	---	---	---	---	---
	Pucará-Juliaca	---	204	214	252	265	250	262	288	230	201	---	---	---	---
	Juliaca-Dv. Arequipa	741	---	805	826	1154	1225	1128	1035	886	823	1009	---	---	---
	Dv. Arequipa-Puno	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Puno-Dv. Loripongo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Dv. Loripongo-Chucuito	318	388	512	428	764	799	693	577	256	422	---	---	---	---
	Chucuito-Ilave	---	---	---	---	459	525	395	416	241	404	---	---	---	---
	Ilave-Dv. Mazocruz	---	---	---	---	515	485	541	354	295	351	---	---	---	---
	Dv. Mazocruz-Juli	---	---	---	---	327	---	324	398	299	164	---	---	---	---
	Juli-Pomata	---	---	---	---	172	203	226	197	158	180	97	---	---	---
	Pomata-Desaguadero	189	126	121	147	106	119	141	136	99	135	149	---	---	---
3-A	Izcuchaca-Huancavelica	72	89	91	75	105	140	104	98	92	82	86	97	96	---
	Huancavelica-Sta. Inés	---	---	---	---	161	200	137	126	115	---	---	---	---	---

**Anexo 1.c**

**Conteos volumétricos  
pre-construcción**

Cuadro N° 1  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

**Estación: E-1**

**Tramo: IV Occoruro-Abancay**

**Ubicación: Km 153+360 Cachora**

**Fecha: Jueves 17 Junio 1999**

**Dirección: Ambos**

Hora	Vehiculos ligeros				Bus		Camiones			Camiones Articulados				4				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	6	2					4	1	2									15	9%
1-2					4		1											5	3%
2-3							2											2	1%
3-4	1	3					2	1										7	4%
4-5							3											3	2%
5-6		3					2	3	1									9	6%
6-7		3			3		2											8	5%
7-8	2	5			1		1	2										11	7%
8-9		2					3	1	2									8	5%
9-10	1																	1	1%
10-11	1				1													2	1%
11-12	3				2				4									9	6%
12-13		2					2	1										5	3%
13-14	1	1					2	1	1									6	4%
14-15	3	3						1	2									9	6%
15-16		1																1	1%
16-17		3			1		1	2	2									9	6%
17-18	2	3						3	4									12	7%
18-19	1	3						4										8	5%
19-20		1					2		1									4	2%
20-21		4							2									6	4%
21-22		1						1	2									4	2%
22-23		1					4	2	3									10	6%
23-24	1	1					4	1										7	4%
Total	22	42			12		35	24	26									161	100%
%	14%	26%			7%		22%	15%	16%									100%	

Fuente : Oficina de Ingeniería y Servicios Tecnicos S.A.

Cuadro N° 2  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

**Estación: E-1**  
**Tramo: IV Occoruro-Abancay**

**Ubicación: Km 153+360 Cachora**

**Fecha: Viernes 18 Junio 1999**  
**Dirección: Ambos**

Hora	Vehiculos ligeros				Bus		Camiones			Camiones Articulados				4				Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1					3													3	2%	
1-2					3		1	2										6	3%	
2-3									1									1	1%	
3-4	1						4											5	3%	
4-5		1						1										2	1%	
5-6							2	1										3	2%	
6-7	4	1			3		4		1									13	7%	
7-8																				
8-9	1	1					2											4	2%	
9-10		3			1		1		1									6	3%	
10-11	1	2							2									5	3%	
11-12	1	2			2		5	1	5									16	9%	
12-13	2	3			1		4	3										13	7%	
13-14	1	2					1	2	1									7	4%	
14-15	5	3			3		3	2										16	9%	
15-16	3	2					2	2										9	5%	
16-17		1					2	2										5	3%	
17-18	2	4					3		2									11	6%	
18-19	4	3					3	1										11	6%	
19-20		2					2	1	4									9	5%	
20-21	1	1					4	3										9	5%	
21-22	5	2			1		3	1	1									13	7%	
22-23		1			2		5	1										9	5%	
23-24					2		1	1	1									5	3%	
Total	31	34			21		52	24	19									181	100%	
%	17%	19%			12%		29%	13%	10%									100%		

Fuente : Oficina de Ingenieria y Servicios Tecnicos S.A.

Cuadro Nº 3  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: E-1

Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 153+360 Cachora

Fecha: Sabado 19 Junio 1999

Dirección: Ambos

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones			Camiones Articulados				4				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1								1										1	1%
1-2							2											2	1%
2-3									2									2	1%
3-4	1						4											5	3%
4-5		2							1									3	2%
5-6							3	1	1									5	3%
6-7	2				1		1	1										5	3%
7-8																			
8-9	1	3					1	2	3									10	5%
9-10		2			4		4		1									11	6%
10-11	2	1					1											4	2%
11-12	3	4			1		2	2	3									15	8%
12-13	5	4			1		3	1	1									15	8%
13-14		2					2											4	2%
14-15	2	1			3		3	1	1									11	6%
15-16	6	4			3		1		1									15	8%
16-17	3	1			2		7	1	2									16	8%
17-18	1	2					2	5	5									15	8%
18-19	3	1					4	8	1									17	9%
19-20	1	1					3	1	1									7	4%
20-21	2	1					1	1										5	3%
21-22	3	2			1		3	1										10	5%
22-23		2			4		1											7	4%
23-24		1					4	2										7	4%
Total	35	34			20		52	28	23									192	100%
%	18%	18%			10%		27%	15%	12%									100%	

Fuente : Oficina de Ingeniería y Servicios Técnicos S.A.

Cuadro N° 4  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: E-1

Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 153+360 Cachora

Fecha: Domingo 20 Junio 1999

Dirección: Ambos

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones			Camiones Articulados				4				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1									2									2	1%
1-2	3	3			4		3	1										14	8%
2-3					1		1	2										4	2%
3-4							4	1										5	3%
4-5							1	3										4	2%
5-6							2		1									3	2%
6-7							1											1	1%
7-8	1	2			3		5	2										13	7%
8-9	2	2			2		2	1	2									11	6%
9-10		1			1		1											3	2%
10-11	1	1					1	2										5	3%
11-12	3	3						1	4									11	6%
12-13	1	1					4											6	3%
13-14	1	2					3	1	1									8	5%
14-15								3	2									5	3%
15-16	1	2			1		2	2										8	5%
16-17	1	2					2	3	2									10	6%
17-18	2	3			1			2	4									12	7%
18-19	1	5			1		3	2										12	7%
19-20	1						1	1	1									4	2%
20-21	1						1	2	2									6	3%
21-22	3						2	1	2									8	5%
22-23					2		4	2	3									11	6%
23-24					3		5	1										9	5%
Total	22	27			19		48	33	26									175	100%
%	13%	15%			11%		27%	19%	15%									100%	

Fuente : Oficina de Ingeniería y Servicios Técnicos S.A.

**Anexo 1.d**

**Conteos volumétricos  
post-construcción**



Cuadro N° 1  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Lunes 15 octubre 2001  
Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados				4				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	2				3				2										7	6%
1-2	3								2										5	4%
2-3	1								1										2	2%
3-4																				
4-5																				
5-6	2								2										4	3%
6-7	7	1							3				1						13	11%
7-8	4							1					1						5	4%
8-9	4				2				1										7	6%
9-10	2																		2	2%
10-11	2	1																	3	3%
11-12	3	1	1	1	4				1	1									12	10%
12-13	3			1															4	3%
13-14	3	4							1										8	7%
14-15	1				1														2	2%
15-16	2	1						2	3										8	7%
16-17	4																		4	3%
17-18		1			4														5	4%
18-19		2			1				2	1									6	5%
19-20	3				1				1										5	4%
20-21	3				1			1											5	4%
21-22		1		1	2			1					1	1					7	6%
22-23	1	1																1	3	3%
23-24					2														2	2%
Total	50	13	1	5	19	1	4	7	14		2	2						1	119	100%
%	42%	11%	1%	4%	16%	1%	3%	6%	12%		2%	2%						1%	100%	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 2  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Lunes 15 octubre 2001  
Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados				Total	%				
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3			2T2	2T3	3T2	3T3
0-1					3		1	1	1										6	4%
1-2		1			1				2	1									2	1%
2-3																			3	2%
3-4	1							1											2	1%
4-5	2			1				1	1										5	3%
5-6	9	1		2				2	2					1					17	11%
6-7	7	2		1	1			1	1										12	8%
7-8	2				1			1		1									5	3%
8-9														2					2	1%
9-10	1	1							1										3	2%
10-11	1	1			2				3										8	5%
11-12	4	1			4	1			3	1			1	1					16	10%
12-13	5				3				1										9	6%
13-14	3				2			2											7	4%
14-15	1	1		1				1	3										7	4%
15-16	4								1	1									6	4%
16-17	1	2						2		1				1					7	4%
17-18	2	1			2					2									7	4%
18-19	3							2		2									8	5%
19-20	1								2	1									5	3%
20-21	2				1				1				1					1	6	4%
21-22	1				2			1	1	3				1					9	6%
22-23	1							2		1			1						6	4%
23-24					1					1									2	1%
Total	51	11		7	21	1	16	20	18		2	3	5					2	157	100%
%	32%	7%		4%	13%	1%	10%	13%	11%		1%	2%	3%					1%	100%	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 3  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Lunes 15 octubre 2001  
Dirección : Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados				Total	%				
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3			2T2	2T3	3T2	3T3
0-1	2				6		1	1	3										13	5%
1-2	3	1			1				2										7	3%
2-3	1								2										5	2%
3-4	1							1											2	1%
4-5	2			1				1											5	2%
5-6	11	1		2				2	2					1					21	8%
6-7	14	3		1	1			1	1	3			1						25	9%
7-8	6				1			1		1									10	4%
8-9	4	1		2						1				2					9	3%
9-10	3																		5	2%
10-11	3	2			2				3										11	4%
11-12	7	2	1	1	8	1			4	2			1	1					28	10%
12-13	8			1	3			1											13	5%
13-14	6	4			2			2		1									15	5%
14-15	2	1		1	1			1	3										9	3%
15-16	6	1						2	4	1									14	5%
16-17	5	2			2			2		1			1						11	4%
17-18	2	2		2	4					2									12	4%
18-19	3	2			1			2	2	1									11	4%
19-20	4				1				3	1									10	4%
20-21	5				2	1		2	1			1						1	11	4%
21-22	1	1		1	4			2	1	3				1					16	6%
22-23	2	1						2		1			1					1	9	3%
23-24					3					1									4	1%
Total	101	24	1	12	40	2	20	27	32		2	4	3	5				3	276	100%
%	37%	9%	0%	4%	14%	1%	7%	12%		1%	1%	1%	2%					1%	100%	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 4  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Martes 16 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulado							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1	1				2			1										2	8	7%
1-2					1			1						1					2	2%
2-3					1			1		1									2	2%
3-4	1								2										3	2%
4-5		1						2						1	1				5	4%
5-6	3			1				1						1					6	5%
6-7	2			1	2			1					1						6	5%
7-8	2				2			2	1	2									8	7%
8-9	1	2			1			1			1								5	4%
9-10	1	2							1					1					5	4%
10-11	2	2			1			1											6	5%
11-12	2	1			2			1	1	1									7	6%
12-13	1	1			4			1	1	1		1							8	7%
13-14	1				2				1	1									5	4%
14-15	3	2			1														6	5%
15-16	3							1				1							5	4%
16-17	2	2										1		1					6	5%
17-18	3	1		2				1	2				1					1	9	7%
18-19	4		1					1	1										6	5%
19-20	1							1	1	1									3	2%
20-21	1				2			1	1										5	4%
21-22	1							2	1										3	2%
22-23	1							2	1										1	1%
23-24	2				1														3	2%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>30%</b>	<b>11%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>15%</b>	<b>1%</b>	<b>12%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>			<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 5  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Martes 16 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulado							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1		1			3			2											6	4%
1-2					1			1											2	1%
2-3								1	1										2	1%
3-4	2							1		1									4	3%
4-5								1											1	1%
5-6	1							2				1							4	3%
6-7	1							1	2	2			1						7	5%
7-8	5							1		1									7	5%
8-9	4			1				1	1										7	5%
9-10		1								1				1					3	2%
10-11	6	1		1				1		1									11	8%
11-12	1	1			4					1			1						8	6%
12-13	3			2				1											6	4%
13-14	1	1						2	1	1				1					7	5%
14-15	4	1							1										6	4%
15-16	5	1							1										7	5%
16-17	3	1		1				2		1									7	5%
17-18	3	1			4								1						9	6%
18-19	1				1			1	1					1					5	3%
19-20		3			2			2		1									8	6%
20-21	1		1					3	3	1							1		7	5%
21-22	2	1			1		1	2	1	3									9	6%
22-23	2				1			1	1										4	3%
23-24	2				1			2	1	1									7	5%
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>14</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>144</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>12%</b>	<b>14%</b>	<b>10%</b>		<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>			<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 6  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ceanabamba Alta

Fecha: Martes 16 octubre 2001  
 Dirección: Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulado							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1	1	1			5			2	3									2	14	5%
1-2					1			1	1										4	1%
2-3								2	1	1									4	1%
3-4	3							1		3									7	3%
4-5		1						2	1					1	1				6	2%
5-6	3			1				1	3			1							10	4%
6-7	3			1	2			1	1	2			1						13	5%
7-8	7				2			3	3	3									15	6%
8-9	5	2		1				2	1										12	4%
9-10	1	3							2					1					8	3%
10-11	8	3		1	1			1	1	1			1						17	6%
11-12	3	2			6			1		2									15	6%
12-13	4	1		2	4				1	1		1							14	5%
13-14	2	1			2			2	1	2			1						12	4%
14-15	7	3		1	1				1										12	4%
15-16	8	1						1	1										12	4%
16-17	5	3		1				2				1		1					13	5%
17-18	6	2		2	4			1		2				1					18	7%
18-19	5		1		1			2	1				1						11	4%
19-20	1	3			2			2	2	2									11	4%
20-21	1	1	1		2			1	4	1						1			12	4%
21-22	1		1		1		1	4	2	3									12	4%
22-23	3				1			1	1										5	2%
23-24	4				2			2	1	1									10	4%
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>12%</b>		<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>			<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 7  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Viernes 12 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1					2			1											4	2%
1-2		1	1		1			2	1										6	3%
2-3								1											1	1%
3-4	1							1											2	1%
4-5	1	1			1			1	1										6	3%
5-6	1	1		1				3	2										8	4%
6-7	4	4		1	1	1		6		1									19	10%
7-8	2	2			1			1	1	1									8	4%
8-9	2																		2	1%
9-10	1							1						1					3	2%
10-11	1	1						1											3	2%
11-12	4	4			1			1	1										11	6%
12-13	1	1	1		3			2	1									1	9	5%
13-14	5	1			4			1											11	6%
14-15	5	2	1			1		1	1			1							12	6%
15-16	4	2																	6	3%
16-17	6	1						2											8	4%
17-18	3	1		2				1	1										8	4%
18-19	4	2						1	1		1								9	5%
19-20	4	2						1	1	1									9	5%
20-21	3	2	1					1	1	1									9	5%
21-22	2	3	1		2			3	2	3			1						17	9%
22-23	1	1						1	1	1									4	2%
23-24	1	2			3			3				1							10	5%
Total	55	34	5	4	19	2	20	25	14	1	2	1	2					1	185	100%
%	30%	18%	3%	2%	10%	1%	11%	14%	8%	1%	1%	1%	1%					1%	100%	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 8  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Viernes 12 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3	
0-1		1			2														3	2%	
1-2					1			1											1	3	2%
2-3	1							3											4	2%	
3-4										1									1	1%	
4-5		1						1	2		1								5	3%	
5-6	3	2						3	3			1							12	7%	
6-7	5	1							1					1					9	5%	
7-8	3	2						2	1										8	4%	
8-9	4							3	1										8	4%	
9-10	7	2	1					1		1									11	6%	
10-11	1	1		1	2			1		2									8	4%	
11-12	4				1			1						1					7	4%	
12-13	10										1								12	7%	
13-14	8	1		1				2	2						1				15	8%	
14-15	4			2				2	1						1				10	6%	
15-16	2			4				1					1						8	4%	
16-17	4	1	1		2			1	1										10	6%	
17-18	2	2		2															6	3%	
18-19	6	4						1	1	1									12	7%	
19-20	2	3	1		2			1	1	3									13	7%	
20-21	2	1			1			1	1	1									7	4%	
21-22	1	1			2			1	1	1					1				7	4%	
22-23	1	1	1		2			1											2	1%	
23-24										1									1	1%	
Total	68	23	4	4	19		22	12	15		6		2	4	1			1	181	100%	
%	38%	13%	2%	2%	10%		12%	7%	8%		3%		1%	2%	1%			1%	100%		

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 9  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Viernes 12 octubre 2001  
 Dirección: Amba

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3	
0-1		1			4			1	1										7	2%	
1-2		1	1		2			1	2	1									1	9	2%
2-3	1							4											5	1%	
3-4	1							1											2	1%	
4-5	1	1			1			1	1	2									7	2%	
5-6	1	2		1				4	4		1								13	4%	
6-7	7	6		1	1	1		4	7	3	1								31	8%	
7-8	7	3			1			1	1	1				1					17	5%	
8-9	5	2						2	1	1									10	3%	
9-10	5							3	1	1									11	3%	
10-11	8	3	1					1	1										14	4%	
11-12	5	5		1	3			1		3									19	5%	
12-13	5	1	1		4			2	1					1					16	4%	
13-14	15	1			4			1							1				23	6%	
14-15	13	3	1	1		1		3	2	1			1						27	7%	
15-16	8	2		2				2	1										16	4%	
16-17	8	1			4			1	1					1					16	4%	
17-18	7	2	1	2	2			1	3										18	5%	
18-19	6	4			2			1	1			1							15	4%	
19-20	10	6						1	2	2									21	6%	
20-21	5	5	2		2			2	2	4									22	6%	
21-22	4	4	1		3			4	3	3			1	1					24	7%	
22-23	1	2	1		2			3	2	1									11	3%	
23-24	1	2			3			3		1									12	3%	
Total	123	57	9	8	38	2	42	37	29	1	8	1	4	4	1			2	366	100%	
%	34%	16%	2%	2%	10%	1%	11%	10%	8%	0%	2%	0%	1%	1%	0%			1%	100%		

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 10  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Ocoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Sábado 13 de octubre del 2001  
Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1					1	1	1	3	1										7	4%
1-2					1		1	1	1										2	1%
2-3								1											1	1%
3-4								1											2	1%
4-5	2	1						1				1							3	2%
5-6								1											1	1%
6-7								1	1	3	1							1	6	3%
7-8	2	1						1	1	1	1		1						8	4%
8-9	5	1	1	1				1	1				1					1	11	6%
9-10	1	2						1	1	1									6	3%
10-11	2	2						1	1	1				2					8	4%
11-12	3	1		3	1			1	1	1									10	5%
12-13	3	2		1	2			1	1				1				1	1	13	7%
13-14	1	1		1										1					4	2%
14-15	5	2						2		1									10	5%
15-16									1	1	1								3	2%
16-17	7	2	1					1	1	1		1							13	7%
17-18	1	2						3	3	1									12	6%
18-19	5			1	3			1	2	1				1					14	7%
19-20	5	2		1	1	1		1	1	3									14	7%
20-21	2	2			1	1		3	1	1				1					11	6%
21-22	4	1			2			1	2	2									12	6%
22-23	1	1			4			2	1	1									10	5%
23-24	1	2			2			1	1	1									7	4%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>				<b>188</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>27%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>11%</b>	<b>2%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>				<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 11  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Ocoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Sábado 13 de octubre del 2001  
Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
0-1	1	3			1			1	1										5	3%
1-2								1	1										2	1%
2-3								1	2			1							4	3%
3-4	2	1						1	1	1									6	4%
4-5	2	1							2										5	3%
5-6	2			1	1			1	1										6	4%
6-7	3			1	1				1										6	4%
7-8	5				1			2											8	6%
8-9	6	2	1					1											10	7%
9-10	1	1			2														4	3%
10-11	3	1			1				1	1									7	5%
11-12	3	2			2			1											8	6%
12-13	5				3				3					1					12	8%
13-14	1	2			4	1		1	1			1							12	8%
14-15	4	2		1	1				1			1							10	7%
15-16	3																		3	2%
16-17	3	1						2	1					1					8	6%
17-18	3	2		2	1														8	6%
18-19	1	2						2				1							6	4%
19-20																			1	1%
20-21	1				2			1											4	3%
21-22		1	1		1													1	4	3%
22-23	2	1						1											4	3%
23-24	1	1		1															2	1%
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>		<b>2</b>				<b>145</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>35%</b>	<b>16%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>		<b>1%</b>				<b>1%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 12  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: C-1  
Tramo: IV Ocoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Sábado 13 de octubre del 2001  
Dirección: Amba

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados							Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3	
0-1	1	3			2	1	1	3	1										12	4%	
1-2					1			2	1										4	1%	
2-3								1	3			1							5	2%	
3-4	2	2						2	1	1									8	2%	
4-5	4	1							2			1							8	2%	
5-6	2			1	1			2	1	1									7	2%	
6-7	3			1	1				1	4									12	4%	
7-8	7	1			1			3	1	1			1						16	5%	
8-9	11	3	2	1	1			1	1	1			1					1	21	6%	
9-10	2	3			2			1	1	1									10	3%	
10-11	5	3			1			1	1	2				2					15	5%	
11-12	6	3		3	3			2	1										18	5%	
12-13	8	2		1	5			1	1	3							1	1	25	8%	
13-14	2	3		1	4	1		1	1	1			1						16	5%	
14-15	9	4		1	1			2		2									20	6%	
15-16	3								1	1									6	2%	
16-17	10	3	1					1	3	1				1					21	6%	
17-18	4	4		2	4			3	3	1				1					20	6%	
18-19	6	2		1	3			1	4	1			1						20	6%	
19-20	5	2	1	1	1	1		1	1	3									15	5%	
20-21	3	2			3	1		4	1					1					15	5%	
21-22	4	2	1		3			1	2	2								1	16	5%	
22-23	3	2			4			3	1	1									14	4%	
23-24	1	3	1		2			1	1	1									9	3%	
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>				<b>1</b>	<b>5</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>30%</b>	<b>14%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>				<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 13  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Domingo 14 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados						Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3			3T2	3T3
0-1					2		1	1											4	3%
1-2								1											1	1%
2-3					1														1	1%
3-4																				
4-5	1							1					1					1	5	3%
5-6	3	1			2				1										7	5%
6-7	5	1			2			1				2							13	9%
7-8	3	1			1														7	5%
8-9	1									2									3	2%
9-10	5				1				1										8	5%
10-11	3	2			1				1		1								7	5%
11-12	3	1			2				1	1									8	5%
12-13	3				5														10	7%
13-14	4				1	1		1				1					1		9	6%
14-15	1	2						1	1									1	7	5%
15-16	6	1						1	2	1									13	9%
16-17	2	1	1					1						1					6	4%
17-18	4				2			3	1										10	7%
18-19	1		1		1			1	1	1				1					6	4%
19-20	3							1		1									5	3%
20-21	2				2			2	1										7	5%
21-22								1		2								1	4	3%
22-23					3			1	2										6	4%
23-24									2										2	1%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>149</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>34%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>8%</b>	<b>9%</b>	<b>10%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>				<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 14  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Domingo 14 octubre 2001  
 Dirección: Abancay-Cusco

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados						Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3			3T2	3T3
0-1					4		2	2	1										7	5%
1-2	1								1										2	1%
2-3	1																		1	1%
3-4								1											1	1%
4-5																				
5-6								1	1										2	1%
6-7	2	1						1					2						6	4%
7-8	2									1									4	3%
8-9	1				1							1							3	2%
9-10	1	1											1						2	1%
10-11									1										2	1%
11-12	2	1			3	1		1				1							9	7%
12-13	2	1			1			1						1					8	6%
13-14	4								1									1	5	4%
14-15	2							2		1		1							7	5%
15-16	4								2										6	4%
16-17	6							2		1									9	7%
17-18	5	1			4									1					12	9%
18-19	6				1				1										8	6%
19-20	4	1			2			3		3			1						14	10%
20-21	1	1	1		1	1		2		1									8	6%
21-22	2	1						1		1									5	4%
22-23	1	1			2			1		1									10	7%
23-24	1				1			1		2									5	4%
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>35%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>13%</b>	<b>2%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>			<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

Cuadro N° 15  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: C-1  
 Tramo: IV Occoruro-Abancay

Ubicación: Km 173+680 Ccanabamba Alta

Fecha: Domingo 14 octubre 2001  
 Dirección: Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Camiones Articulados						Total	%		
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3			3T2	3T3
0-1					6		3	1	1										11	4%
1-2	1								1										3	1%
2-3	1				1														2	1%
3-4								1											1	0%
4-5	1							1				1						1	5	2%
5-6	3	1			2			1	1										9	3%
6-7	7	2			1	2		2				2							19	7%
7-8	5	1			1			1				1							11	4%
8-9	2				1					2									6	2%
9-10	6	1			1					1									10	4%
10-11	3	2			1					2									9	3%
11-12	5	2			1	1		1	1			1							17	6%
12-13	5	1			6			1							2			1	18	6%
13-14	8				1	1		1				1					1		14	5%
14-15	3	2						2	1	2		1	1					1	14	5%
15-16	10	1						1	2	3				1					19	7%
16-17	8	1	1					2	1	1		1							15	5%
17-18	9	1			3	4		3	1				1						22	8%
18-19	7		1		2			1		2			1						14	5%
19-20	7	1			2			4		4									19	7%
20-21	3	1	1		3	1		4	1	1									15	5%
21-22	2	1						1		3									9	3%
22-23	1	1			5			1	2	1							1	1	16	6%
23-24	1				1			1		4									7	2%
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>40</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>			<b>2</b>	<b>5</b>	<b>285</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>34%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>10%</b>	<b>11%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>				<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ing. Doris Cardenas

**Anexo 1.e**

**Resultados del  
Estudio de Velocidad  
post-construcción**

CUADRO N° 16  
 VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO  
 TRAMO : Km 145 - ABANCAY  
 AMBAS DIRECCIONES  
 AUTOMOVILES

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
14	51	52	14	21	54	31.25	ABANCAY-CUSCO
12	52	58	12	23	10	31.43	ABANCAY-CUSCO
9	27	4	9	0	11	34.84	ABANCAY-CUSCO
6	49	13	6	24	54	38.52	ABANCAY-CUSCO
10	40	28	10	18	4	41.81	ABANCAY-CUSCO
6	42	9	6	20	1	42.32	ABANCAY-CUSCO
8	56	37	8	34	30	42.35	ABANCAY-CUSCO
15	16	29	14	55	6	43.80	ABANCAY-CUSCO
12	5	23	11	44	2	43.87	ABANCAY-CUSCO
16	9	51	15	48	50	44.56	ABANCAY-CUSCO
13	41	16	13	20	26	44.96	ABANCAY-CUSCO
8	12	41	7	52	14	45.80	ABANCAY-CUSCO
10	29	38	10	10	6	47.95	ABANCAY-CUSCO
14	15	24	13	56	1	48.32	ABANCAY-CUSCO
9	9	31	8	50	43	49.82	ABANCAY-CUSCO
12	29	39	12	10	54	49.95	ABANCAY-CUSCO
17	35	5	17	17	24	52.97	ABANCAY-CUSCO
14	7	19	14	30	2	41.23	CUSCO-ABANCAY
11	31	31	11	53	59	41.69	CUSCO-ABANCAY
6	40	14	7	2	34	41.94	CUSCO-ABANCAY
14	18	30	14	40	47	42.03	CUSCO-ABANCAY
7	10	43	7	32	59	42.06	CUSCO-ABANCAY
17	11	54	17	33	18	43.77	CUSCO-ABANCAY
14	38	40	14	59	30	44.96	CUSCO-ABANCAY
16	58	25	17	18	13	47.30	CUSCO-ABANCAY
9	48	15	10	7	34	48.49	CUSCO-ABANCAY
14	44	59	15	4	0	49.25	CUSCO-ABANCAY
12	34	3	12	53	3	49.29	CUSCO-ABANCAY
8	44	1	9	2	46	49.95	CUSCO-ABANCAY
16	37	23	16	54	59	53.22	CUSCO-ABANCAY
16	54	28	17	11	56	53.62	CUSCO-ABANCAY
12	16	36	12	33	58	53.93	CUSCO-ABANCAY
15	34	51	15	52	9	54.14	CUSCO-ABANCAY
9	42	10	9	59	0	55.64	CUSCO-ABANCAY
10	53	29	11	9	58	56.82	CUSCO-ABANCAY
7	17	45	7	34	6	57.28	CUSCO-ABANCAY
7	17	47	7	34	4	57.52	CUSCO-ABANCAY
14	16	13	14	31	48	60.10	CUSCO-ABANCAY
6	13	52	6	28	55	62.23	CUSCO-ABANCAY
6	13	34	6	28	36	62.30	CUSCO-ABANCAY

Cantidad	40
Promedio	47.6
Máximo	62.3
Mínimo	31.3
Desviación standar	8
Error	1.43
Confianza 95	44.7 50.4

**CUADRO N° 17**  
**VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO**  
**TRAMO : Km 145 - ABANCAY**  
**AMBAS DIRECCIONES**  
**CAMIONETAS PICK UP**

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
16	6	21	15	41	0	36.95	ABANCAY-CUSCO
11	19	11	10	56	51	41.94	ABANCAY-CUSCO
13	33	10	13	11	12	42.64	ABANCAY-CUSCO
7	49	58	7	29	37	46.02	ABANCAY-CUSCO
7	38	59	7	18	58	46.79	ABANCAY-CUSCO
8	31	13	8	11	18	47.03	ABANCAY-CUSCO
17	30	19	17	10	25	47.07	ABANCAY-CUSCO
6	40	28	6	20	36	47.14	ABANCAY-CUSCO
17	15	31	17	37	36	42.41	CUSCO-ABANCAY
12	14	37	12	33	40	49.17	CUSCO-ABANCAY
12	55	14	13	14	4	49.73	CUSCO-ABANCAY
13	3	5	13	21	47	50.09	CUSCO-ABANCAY
8	54	3	9	12	38	50.40	CUSCO-ABANCAY
10	16	42	10	34	42	52.03	CUSCO-ABANCAY
17	30	30	17	48	17	52.67	CUSCO-ABANCAY
12	26	20	12	43	50	53.52	CUSCO-ABANCAY
12	26	24	12	43	5	56.14	CUSCO-ABANCAY
12	28	26	12	44	6	59.78	CUSCO-ABANCAY

Cantidad 18  
Promedio 48.42  
Máximo 59.78  
Mínimo 36.95

**CUADRO N° 18**  
**VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO**  
**TRAMO : Km 145 - ABANCAY**  
**AMBAS DIRECCIONES**  
**CAMIONETAS RURALES Y MICROS**

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
17	15	8	16	42	24	28.61	ABANCAY-CUSCO
17	12	3	16	45	39	35.48	ABANCAY-CUSCO
17	28	3	17	2	52	37.19	ABANCAY-CUSCO
7	42	33	7	20	24	42.28	ABANCAY-CUSCO
14	57	6	14	35	40	43.70	ABANCAY-CUSCO
13	1	57	13	24	16	41.97	CUSCO-ABANCAY
12	50	56	13	12	38	43.16	CUSCO-ABANCAY
10	37	10	10	58	35	43.73	CUSCO-ABANCAY
9	3	56	9	23	29	47.91	CUSCO-ABANCAY
12	26	3	12	43	40	53.17	CUSCO-ABANCAY

Cantidad 10.00  
Promedio 41.72  
Máximo 53.17  
Mínimo 28.61



CUADRO N° 19  
VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO  
TRAMO : Km 145 - ABANCAY  
AMBAS DIRECCIONES

OMNIBUS

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
6	38	18	6	10	57	34.24	ABANCAY-CUSCO
12	52	58	12	26	15	35.06	ABANCAY-CUSCO
13	22	35	12	57	0	36.61	ABANCAY-CUSCO
12	42	48	12	18	22	38.33	ABANCAY-CUSCO
12	5	20	11	42	13	40.52	ABANCAY-CUSCO
10	36	8	10	13	4	40.60	ABANCAY-CUSCO
13	47	58	13	25	4	40.90	ABANCAY-CUSCO
11	59	5	11	36	28	41.41	ABANCAY-CUSCO
7	2	43	6	41	30	44.14	ABANCAY-CUSCO
13	4	12	12	43	21	44.92	ABANCAY-CUSCO
7	30	24	7	9	42	45.25	ABANCAY-CUSCO
11	15	30	10	54	49	45.28	ABANCAY-CUSCO
9	2	49	8	42	23	45.84	ABANCAY-CUSCO
17	25	10	17	47	45	41.47	CUSCO-ABANCAY
11	23	36	11	45	38	42.51	CUSCO-ABANCAY
6	35	54	6	57	20	43.70	CUSCO-ABANCAY
11	49	46	12	10	39	44.85	CUSCO-ABANCAY
17	9	2	17	29	39	45.43	CUSCO-ABANCAY
12	2	22	12	21	41	48.49	CUSCO-ABANCAY
17	36	38	17	55	52	48.70	CUSCO-ABANCAY
17	33	45	17	52	22	50.31	CUSCO-ABANCAY

Cantidad	21
Promedio	42.79
Máximo	50.31
Mínimo	34.24

**CUADRO N° 20**  
**VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO**  
**TRAMO : Km 145 - ABANCAY**  
**AMBAS DIRECCIONES**  
**CAMIONES 2 Y 3 EJES**

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
11	10	55	10	33	19	24.91	ABANCAY-CUSCO
11	48	14	11	10	45	24.99	ABANCAY-CUSCO
10	22	50	9	56	57	36.19	ABANCAY-CUSCO
11	36	16	11	12	26	39.30	ABANCAY-CUSCO
6	28	10	6	6	17	42.80	ABANCAY-CUSCO
11	37	23	11	17	56	48.15	ABANCAY-CUSCO
11	37	31	11	18	8	48.32	ABANCAY-CUSCO
15	26	41	14	47	0	23.60	ABANCAY-CUSCO
15	32	8	14	53	58	24.54	ABANCAY-CUSCO
10	1	1	9	27	29	27.93	ABANCAY-CUSCO
15	56	16	15	23	12	28.32	ABANCAY-CUSCO
17	28	10	16	56	2	29.15	ABANCAY-CUSCO
16	57	45	16	28	28	31.98	ABANCAY-CUSCO
8	51	13	8	25	21	36.21	ABANCAY-CUSCO
11	38	48	11	13	19	36.75	ABANCAY-CUSCO
15	26	47	15	7	58	49.78	ABANCAY-CUSCO
7	50	48	7	32	14	50.45	ABANCAY-CUSCO
15	2	47	15	42	22	23.66	CUSCO-ABANCAY
15	11	10	15	50	12	23.99	CUSCO-ABANCAY
11	32	11	12	6	33	27.25	CUSCO-ABANCAY
7	36	10	8	5	58	31.43	CUSCO-ABANCAY
8	22	13	8	49	25	34.43	CUSCO-ABANCAY
12	23	42	12	50	39	34.75	CUSCO-ABANCAY
12	23	48	12	49	23	36.61	CUSCO-ABANCAY
7	33	42	7	58	6	38.39	CUSCO-ABANCAY
8	25	10	8	46	9	44.64	CUSCO-ABANCAY
11	31	16	12	1	53	30.59	CUSCO-ABANCAY
16	5	15	16	34	35	31.93	CUSCO-ABANCAY
9	42	25	10	11	18	32.43	CUSCO-ABANCAY
6	26	43	6	54	51	33.29	CUSCO-ABANCAY
6	43	27	7	11	18	33.63	CUSCO-ABANCAY
11	21	28	11	49	15	33.71	CUSCO-ABANCAY
9	44	41	10	11	36	34.80	CUSCO-ABANCAY
8	6	47	8	33	0	35.73	CUSCO-ABANCAY
13	56	4	14	19	37	39.77	CUSCO-ABANCAY
8	4	57	8	23	42	49.95	CUSCO-ABANCAY

Cantidad	36
Promedio	34.84
Máximo	50.45
Mínimo	23.60
Desviación standar	7.91
Error	1.74
Confianza 95	31.37 38.32

**CUADRO N° 21**  
**VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO**  
**TRAMO : Km 145 - ABANCAY**  
**AMBAS DIRECCIONES**  
**ARTICULADOS**

PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
12	25	46	11	44	29	22.69	ABANCAY-CUSCO
10	42	26	10	10	36	29.42	ABANCAY-CUSCO
14	17	55	13	50	20	33.96	ABANCAY-CUSCO
12	54	57	13	46	11	18.28	CUSCO-ABANCAY
12	50	49	13	37	37	20.01	CUSCO-ABANCAY
15	5	10	15	48	42	21.51	CUSCO-ABANCAY
12	53	41	13	34	25	22.99	CUSCO-ABANCAY
12	53	33	13	33	59	23.16	CUSCO-ABANCAY
15	4	59	15	43	10	24.53	CUSCO-ABANCAY

Cantidad	9
Promedio	24.06
Máximo	33.96
Mínimo	18.28

CUADRO N° 22  
VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO  
TRAMO : Km 145 - ABANCAY  
AMBAS DIRECCIONES  
CAMIONES DE TODOS LOS TIPOS

TIPO DE VEHICULO	PROGRESIVA 173 + 680			PROGRESIVA 189 + 290			PROMEDIO KM/HORA	SENTIDO
	HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG		
3S3	12	25	46	11	44	29	22.69	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E G	15	26	41	14	47	0	23.60	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E G	15	32	8	14	53	58	24.54	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	11	10	55	10	33	19	24.91	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	11	48	14	11	10	45	24.99	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	10	1	1	9	27	29	27.93	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	15	56	16	15	23	12	28.32	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	17	28	10	16	56	2	29.15	ABANCAY-CUSCO
2S3	10	42	26	10	10	36	29.42	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	16	57	45	16	28	28	31.98	ABANCAY-CUSCO
2S2	14	17	55	13	50	20	33.96	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	10	22	50	9	56	57	36.19	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E G	8	51	13	8	25	21	36.21	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	11	38	48	11	13	19	36.75	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	11	36	16	11	12	26	39.30	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	6	28	10	6	6	17	42.80	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	11	37	23	11	17	56	48.15	ABANCAY-CUSCO
CAM. 3 E	11	37	31	11	18	8	48.32	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E G	15	26	47	15	7	58	49.78	ABANCAY-CUSCO
CAM. 2 E CH	7	50	48	7	32	14	50.45	ABANCAY-CUSCO
3S2	12	54	57	13	46	11	18.28	CUSCO-ABANCAY
3S2	12	50	49	13	37	37	20.01	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	9	23	6	10	6	53	21.39	CUSCO-ABANCAY
2S3	15	5	10	15	48	42	21.51	CUSCO-ABANCAY
3T3	12	53	41	13	34	25	22.99	CUSCO-ABANCAY
3S2	12	53	33	13	33	59	23.16	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	15	2	47	15	42	22	23.66	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	15	11	10	15	50	12	23.99	CUSCO-ABANCAY
2S3	15	4	59	15	43	10	24.53	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	11	32	11	12	6	33	27.25	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E CH	11	31	16	12	1	53	30.59	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	7	36	10	8	5	58	31.43	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E CH	16	5	15	16	34	35	31.93	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E G	9	42	25	10	11	18	32.43	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E G	6	26	43	6	54	51	33.29	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E G	6	43	27	7	11	18	33.63	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E CH	11	21	28	11	49	15	33.71	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	8	22	13	8	49	25	34.43	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	12	23	42	12	50	39	34.75	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E G	9	44	41	10	11	36	34.80	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E CH	8	6	47	8	33	0	35.73	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	12	23	48	12	49	23	36.61	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	7	33	42	7	58	6	38.39	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E G	13	56	4	14	19	37	39.77	CUSCO-ABANCAY
CAM. 3 E	8	25	10	8	46	9	44.64	CUSCO-ABANCAY
CAM. 2 E CH	8	4	57	8	23	42	49.95	CUSCO-ABANCAY

Cantidad	46
Promedio	32.44
Máximo	50.45
Mínimo	18.28
Desviación standar	8.61
Error	1.61
Confianza 95	29.22
	35.67

**Anexo 2.a**

**Refinerías en el Perú**

# REFINERÍAS

En el Perú existen siete Refinerías de Petróleo, mediante las cuales se abastece gran parte de la demanda total de combustibles del país. Estas refinerías procesan crudos nacionales e importados.

A continuación se presenta una breve descripción del tipo de unidades de procesamiento y capacidad con que cuentan las citadas refinerías, así como otros datos de importancia:

## REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.

Propietario : Consorcio donde REPSOL es socio mayorista (Pertenece a PETROPERU hasta Agosto de 1996)  
 Inicio de Operaciones : 17 de Diciembre de 1967  
 Ubicación : Carretera a Ventanilla Km. 25, Distrito de Ventanilla, Provincia del Callao, Departamento de Lima

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria I 37 000 BPD (Barriles por día)  
 Unidad de Destilación Primaria II 65 000 BPD  
 Unidad de Destilación al Vacío 18 000 BPD  
 Unidad de Craqueo Catalítico FCC 8 500 BPD  
 Unidad de Reformación Catalítica 1 700 BPD  
 Unidad de Desulfurización (Unifining) 2 700 BPD

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 2 248 000 B (Barriles)  
 Productos 2 621 000 B

Unidades de Generación Eléctrica Tres generadores de emergencia de 800 KW, 104 KW y 100 KW de Potencia Nominal

## REFINERÍA TALARA

Propietario : PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)  
 Inicio de Operaciones : 1917  
 Ubicación : Distrito de Paríñas, Provincia de Talara, Departamento de Piura

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 62 000 BPD (Barriles por día)  
 Unidad de Destilación al Vacío 24 000 BPD  
 Unidad de Craqueo Catalítico FCC 16 600 BPD  
 Unidad Merax 10 000 BPD  
 Planta de Bases Lubricantes 1 200 BPD

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 992 000 B (Barriles)  
 Productos 2 560 000 B

## REFINERÍA EL MILAGRO

Propietario : PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)  
 Inicio de Operaciones : Se trasladó desde la ciudad de Marsella hasta la actual ubicación en 1996  
 Ubicación : El Milagro, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 1 700 BPD (Barriles por día)

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 5 000 B (Barriles)  
 Productos 42 500 B

Unidades de Generación Eléctrica 330 KW de Potencia Nominal

## REFINERÍA PUCALLPA

Propietario : PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)  
 Actualmente viene siendo operada por la Compañía The Maple Gas Corporation del Perú S.A.  
 Inicio de Operaciones : 11 de Setiembre de 1966  
 Ubicación : Pucallpa, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Porfírio, Departamento de Ucayali

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 3 300 BPD (Barriles por día)  
 Unidad Merax 500 BPD

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 134 500 B (Barriles)  
 Productos 79 200 B

Unidades de Generación Eléctrica 325 KW de Potencia Nominal

## REFINERÍA IQUITOS

Propietario : PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)  
 Inicio de Operaciones : 15 de Octubre de 1982  
 Ubicación : Margen Izquierda del Río Amazonas, a 14 Km de la ciudad de Iquitos, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 10 500 BPD (Barriles por día)

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 217 000 B (Barriles)  
 Productos 252 000 B

Unidades de Generación Eléctrica 2 500 KW de Potencia Nominal

## REFINERÍA CONCHÁN

Propietario : PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)  
 Inicio de Operaciones : 1954 (Cese temporal de Operaciones desde 1977 hasta 1980)  
 Ubicación : Km. 26.5 de la Carretera Panamericana Sur, Distrito de Lurin, Provincia de Lima, Departamento de Lima

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 15 500 BPD (Barriles por día)  
 Unidad de Destilación al Vacío 10 000 BPD

#### Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 260 000 B (Barriles)  
 Productos 417 000 B

Unidades de Generación Eléctrica 350 KW de Potencia Nominal

## REFINERÍA SHIVYACU

Propietario : OCCIDENTAL PERUANA INC  
 Inicio de Operaciones : 13 de Marzo de 1993  
 Ubicación : Shivyacu - Lote 1-AB, Distrito del Tigre, Provincia de Loreto, Departamento de Loreto.

### Capacidad Instalada

#### Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 2 000 BPD (Barriles por día)

#### Capacidad de Almacenamiento:

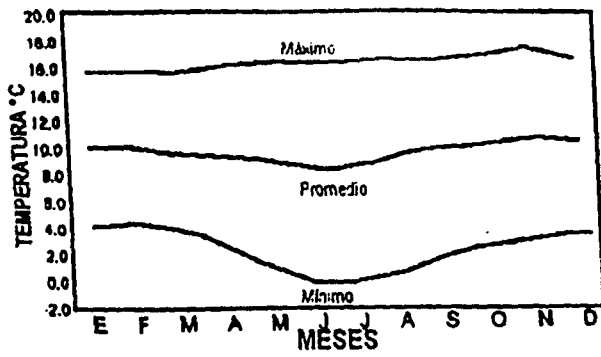
Crudo 15 000 B (Barriles)  
 Productos 5 000 B

Unidades de Generación Eléctrica 1200 KW de Potencia Nominal

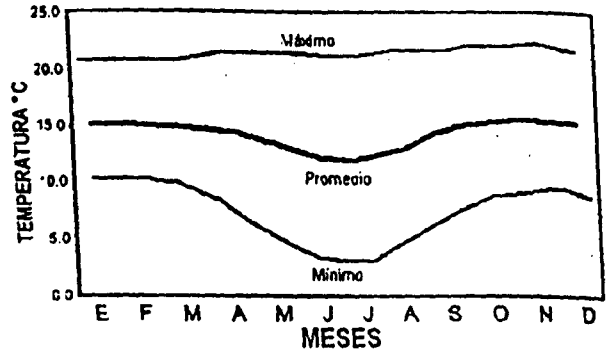
## **Anexo 3.a**

**Regimen climático entre  
ciudades del hemisferio norte  
y ciudades de altura  
en nuestro país**

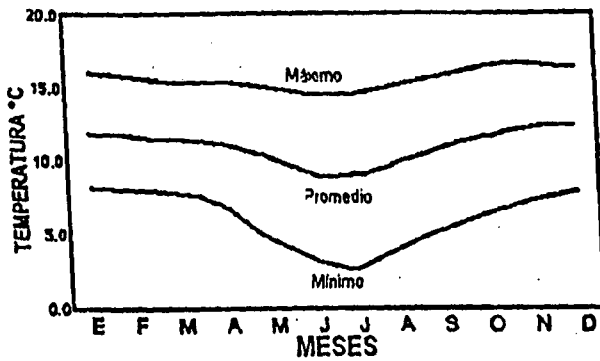
### HUANCAVELICA



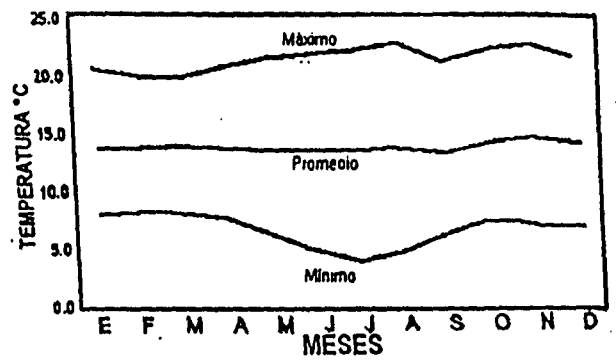
### CUSCO



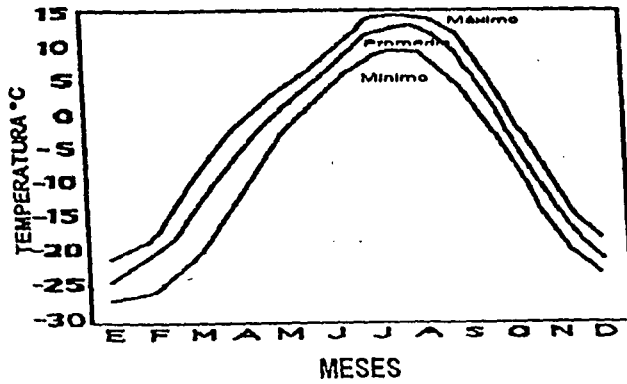
### PUNO



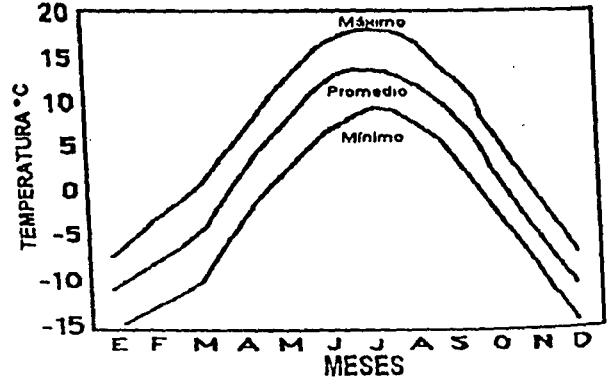
### HUARAZ



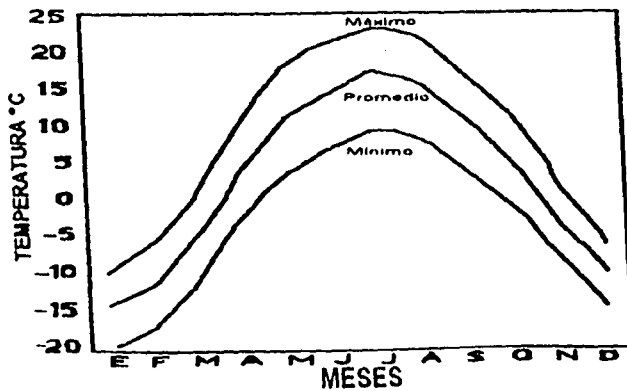
### OKHOTSK



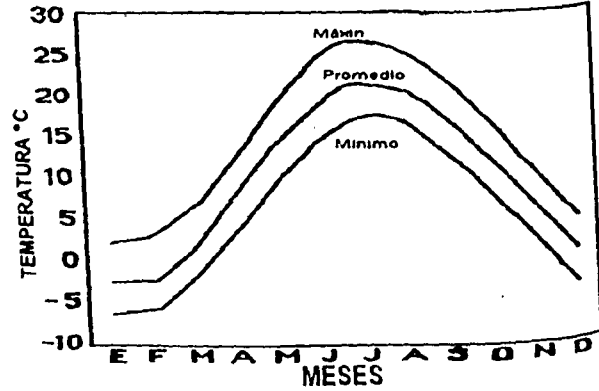
### ANCHORAGE



### EDMONTON



### BOSTON



**Anexo 4.a**

**Reportes de ensayos  
del agregado grueso**





UPACA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

ENSAYO DE LAMINARIDAD Y CARAS FRACTURADAS

OBRA: \_\_\_\_\_ CERTIF. N°: 001  
TRAMO IV Occoruro - ABANCAY MUSTRA: 001  
PROGRESIVAS: Km. 150+080 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
MATERIAL: GRAVA PARA ASFALTO CAPA: \_\_\_\_\_  
LABORATORISTA: \_\_\_\_\_ FECHA: 03, 11, 99

ENSAYO DE LAMINARIDAD

PESO TOTAL	PESO LAMINAR	PORCENTAJE DE LAMINARIDAD
<u>1/2 - 169.5</u>	-	
<u>3/8 - 548.0</u>	<u>2.1</u>	<u>0.4</u>
<u>4 - 805.4</u>	<u>19.2</u>	<u>2.4</u>
<u>8 - 41.1</u>	<u>3.7</u>	<u>9.0</u>
<u>1564.0</u>	<u>25.0</u>	<u>1.6 %</u>

ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS

PESO TOTAL	PESO Caras Fracturadas	PESO DE CANTO RODADO	% CARAS FRACTURADAS	% CANTO RODADO
<u>1/2 - 169.5</u>	<u>169.5</u>	-	<u>100</u>	
<u>3/8 - 548.0</u>	<u>545.9</u>	-	<u>99.6</u>	
<u>4 - 805.4</u>	<u>786.2</u>	-	<u>97.6</u>	
<u>8 - 41.1</u>	<u>37.4</u>	-	<u>91.0</u>	
<u>1564.0</u>	<u>1539.0</u>	-	<u>98.4</u>	
			<b>% TOTAL</b>	<b>98.4 %</b>

LABORATORIO

SUPERVISION

CONS: BUFETE INDI. CONST. UPACA S.A.  
  
**Rafael Bello**  
Ing. Residente  
CONTRATISTA

TO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
IV: OCCORURO - ABANCAY  
LISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
ACION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

ENSAYO DE LAMINARIDAD Y CARAS FRACTURADAS

OBRA: \_\_\_\_\_ CERTIF. N°: 002  
 TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY MUSTRA: 001  
 PROGRESIVAS: CANTERA Km: 150+080 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: GRAVA PARA ASFALTO CAPA: \_\_\_\_\_  
 LABORATORISTA: \_\_\_\_\_ FECHA: 03, 11, 99

ENSAYO DE LAMINARIDAD

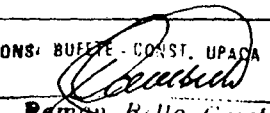
PESO TOTAL	PESO LAMINAR	PORCENTAJE DE LAMINARIDAD
1/2 - 167.5	-	-
3/8 - 535.1	8.1	1.5 %
4 - 777.7	22.0	2.8 %
8 - 8.1	0.6	7.4 %
1488.4	30.7	2.1 %

ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS

PESO TOTAL	PESO Caras Fracturadas	PESO DE CANTO RODADO	% CARAS FRACTURADAS	% CANTO RODADO
1/2 - 167.5	167.5	-	100	
3/8 - 535.1	527.0	-	98.5	
4 - 777.7	755.7	-	97.2	
8 - 8.1	7.5	-	92.6	
1488.4	1457.7		97.9	
			% TOTAL	97.9

  
LABORATORIO

  
SUPERVISIÓN

CONSORCIO BUFETE - CONST. UPACA S.A.  
  
Ing. Residente  
CONTRATISTA



**CONSTRUCTORA  
UPACA S.A.**

MINISTERIO DE TRANSPORTE, COMUNICACIONES  
Y VIVIENDA Y CONSTRUCCION

OBRA : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO-ABANCA  
 UBICACION : \_\_\_\_\_  
 CANTERA : Km. 150 + 080  
 TRAMO : IV : OCCORURO - ABANCA  
 FECHA : 14, 11, 99

*REVESTIMIENTO Y DESPRENSAMIENTO DE MEZCLAS*

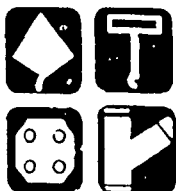
*AGREGADO BITUMEN*

TIPO DE ASFALTO : PEN 120-150

AGREGADO : PASA TAMIZ 3/8" - RETIENE TAMIZ 1/4"	
PESO AGREGADO :	100 GRS.
PESO PEN :	5.5 GRS.
TEMP. DE MEZCLADO :	140° C
% AREAS REVESTIDAS :	> 95 99 %

ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE OBRA

 LABORATORIO	 SUPERVISION	 CONS. BUJETS. CONS. UPACA S <b>Ramon Rello Garcia</b> Ing. Mecanica CIP 23554 CONTRATISTA
-----------------	-----------------	---



# SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION  
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE AGREGADOS Y CONCRETO

PETICIONARIO  
OBRA  
FECHA

BUFFETE UPACA  
CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO OCORURO ABANCAY  
09/11/99

### ENSAYO DE ABRASION ASTM - C 131 "GRADUACION B"

TAMIZ		PESO DE LA MUESTRA	PESO DE LA PERDIDA	%
3/4"	1/2"	2500		
1/2"	3/8"	2500	3962	20.76

Observaciones : El muestreo del material fue realizado por el peticionario

SENCICO  
LABORATORIO MECANICA DE SUFLOS

Tec. Felipe Vargas Huisa  
Tecnico Laboratorista

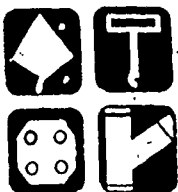
SENCICO  
LABORATORIO MECANICA DE SUFLOS

Ing. Miguel Jara Oré  
Jefe de Laboratorio  
C.I.P. 56404

ARQ. CESAR ANTONIO ANGELI  
DIRECTOR SECTORIAL SUR ESTE  
SENCICO - CUSCO

CONS. BUFFETE CONST. UPACA S.A.

Ing. Raimon Ballo Garcia  
CIP 23359



# SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION  
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE AGREGADOS Y CONCRETO

PETICIONARIO BUFFETE UPACA  
OBRA CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO OCORURO ABANCAY  
FECHA 09/11/99

### ENSAYO DE INALTERABILIDAD DEL AGREGADO EN $SO_4Na_2$

#### AGREGADO FINO

TAMAÑO DE MALLAS		GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES ENSAYO	FRACCIONES DESPUES ENSAYO	% PERDIDA REAL	% PERDIDA CORREGIDA
3/8"	4	31.3	100	77	23.0	7.20
4	8	41.0	100	94	6.0	2.48
8	16	19.3	100	95	5.0	0.98
16	30	4.8	100	97	3.0	0.14
30	60	3.6	100	89	11.0	0.40
		100	DESGASTE PROMEDIO			11.1623

#### AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE MALLAS		GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES ENSAYO	FRACCIONES DESPUES ENSAYO	% PERDIDA REAL	% PERDIDA CORREGIDA
3/4"	1/2"	0	300	297	3.0	0.00
1/2"	3/8"	21.0	300	292	8.0	1.68
3/8"	1/4"	32.5	300	296	4.0	1.30
1/4"	4	37.5	300	297	3.0	1.13
4	8	9.0	300	298	2.0	0.18
		100	DESGASTE PROMEDIO			4.285

Observaciones : El muestreo del material fue realizado por el peticionario

SENCICO  
LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

Tec. Felipe Vargas Huiza  
Tecnico Laboratorista

SENCICO  
LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

Tec. Miguel Jara Ore  
Jefe de Laboratorio  
C.I.P. 66404

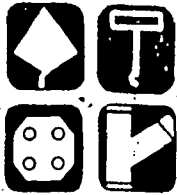
ING. CESAR MORANTE ANGELES  
DIRECTOR SECTORIAL SUR ESTE  
SENCICO-CUSCO

CONS. BUFFETE-CONST. UPACA

Rafael Ballo Garcia  
Ing. Residente  
CIP 23059

Av. Tomasa Tito Condemayta 411 Wanchaq - CUSCO - ☎ Fax: 084-232680  
EMAIL: cuzco@sencico.com.pe.

"CAPACITACION ... SOPORTE DEL FUTURO"



# SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION  
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE AGREGADOS Y CONCRETO

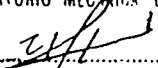
PETICIONARIO  
OBRA  
FECHA

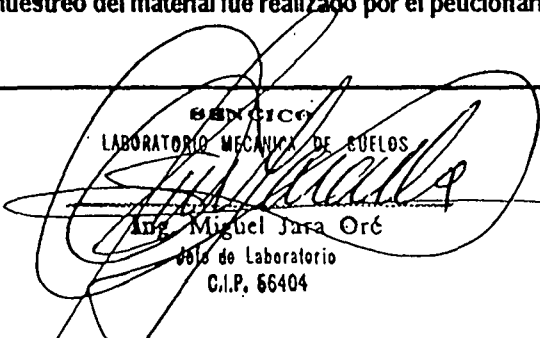
BUFFETE UPACA  
CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO OCORURO ABANCAY  
9/11/99

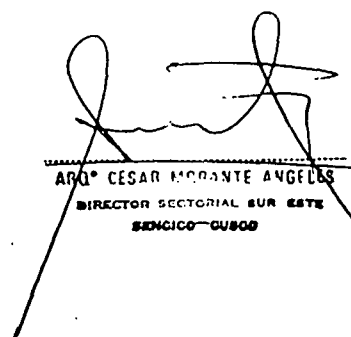
### ENSAYO DE IMPURESAS ORGANICAS

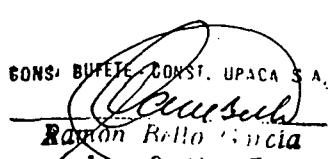
ENSAYOS	RESULTADO
MATERIA ORGANICA EXPRESADA EN OXIGENO	NEGATIVO
SALES SOLUBLES	0
SÓLIDOS EN SUSPENSION	0
Observaciones : El muestreo del material fue realizado por el peticionario	

SENCICO  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

  
Tcc. Felipe Vargas Huisa  
Tecnico Laboratorista

SENCICO  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
  
Ing. Miguel Jara Oré  
Jefe de Laboratorio  
C.I.P. 66404

  
ABO. CESAR MIRANDA ANGELES  
DIRECTOR SECTORIAL SUR ESTE  
SENCICO-CUSCO

CONS. BUFFETE CONST. UPACA S.A.  
  
Raimon Bello Garcia  
Ing. Raimon Bello Garcia  
CIP 23359

**Anexo 4.b**

**Reportes de ensayos  
del agregado fino**



**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION**

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
 OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
 RAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
 CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
 SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

**MECANICA DE SUELOS**

MUESTRA N° MATERIAL PASANTE MALLA # 200 CERT. N° \_\_\_\_\_  
 PROGRESIVA: CANTERA KM: 150+080 OPERADOR: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: PARA ASFALTO CAPA \_\_\_\_\_ FECHA 12 / 11 / 1999

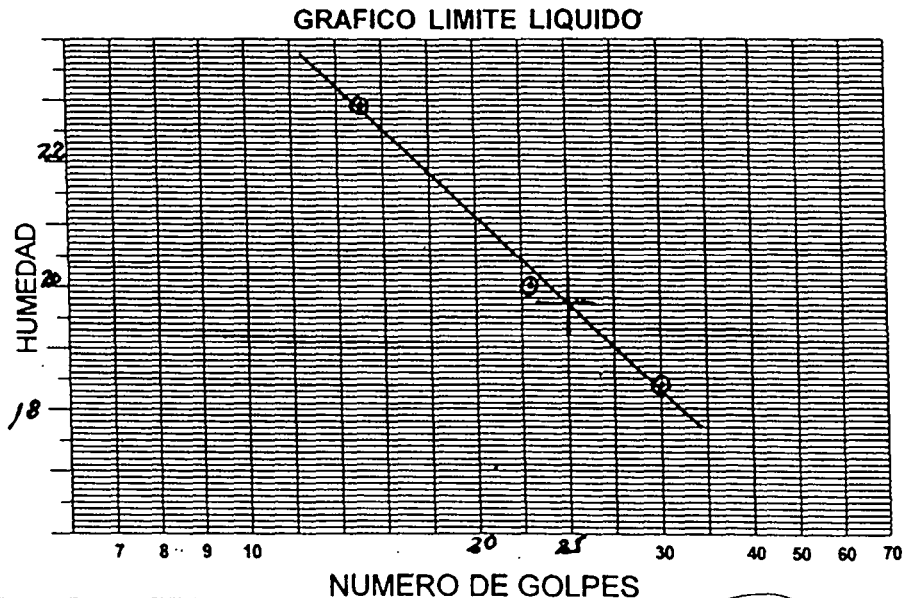
LIMITE LIQUIDO							
CAPSULA N°	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO HUMEDO (g)	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO SECO (g)	PESO DE LA CAPSULA (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	PORCENTAJE DE AGUA	NUMERO DE GOLPES
3	38.84	34.52	15.66	4.32	18.86	22.91	15
7	48.27	44.50	25.70	3.77	18.80	20.05	23
6	38.78	35.36	16.89	3.42	18.47	18.52	30

LIMITE PLASTICO							
CAPSULA N°	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO HUMEDO (g)	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO SECO (g)	PESO DE LA CAPSULA (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	PORCENTAJE DE AGUA	LIMITE PLASTICO
4	21.0	19.89	13.4	1.11	6.49	17.1	

PESO ESPECIFICO REAL		
NUMERO DEL PICNOMETRO		
PESO DEL PICNOMETRO Y AGUA (g)		
TEMPERATURA (°C)		
PESO DEL PICNOMETRO SUELO Y AGUA (g)		
PESO DEL SUELO (g)		
VOLUMEN DE AGUA DISLOCADA (cm³)		
PESO ESPECIFICO REAL (g/cm³)		
MEDIA		

INDICE DE PLASTICIDAD	
LIMITE LIQUIDO (%)	19.8
LIMITE PLASTICO (%)	17
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	2.7

LECTURA NIVEL SUP ARENA	LECTURA NIVEL SUP ARCILLA	E.A.



CLASIFICACION \_\_\_\_\_

INDICE DE GRUPO \_\_\_\_\_

*[Signature]*  
LABORATORIO

*[Signature]*  
SUPERVISION

CONSORCIO BUFETE CONST. UPACA S.A.  
*[Signature]*  
 Ramón Rillo García  
 Ing. Geólogo  
 CONTRATISTA





**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION**

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
 OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
 TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
 CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
 SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

**MECANICA DE SUELOS**

MUESTRA N° MATERIAL PASANTE MALLA # 40

CERT. N° \_\_\_\_\_

PROGRESIVA.: CANTERA Km: 150+080

OPERADOR: \_\_\_\_\_

MATERIAL: PARA ASFALTO CAPA \_\_\_\_\_

FECHA 1 / 1

LIMITE LIQUIDO							
CAPSULA N°	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO HUMEDO (g)	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO SECO (g)	PESO DE LA CAPSULA (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	PORCENTAJE DE AGUA	NUMERO DE GOLPES
6	43.40	39.66	16.89	3.74	22.77	16.43	13
7	53.90	50.07	25.70	3.83	24.37	15.72	20
8	42.80	39.45	17.08	3.32	22.37	14.84	30

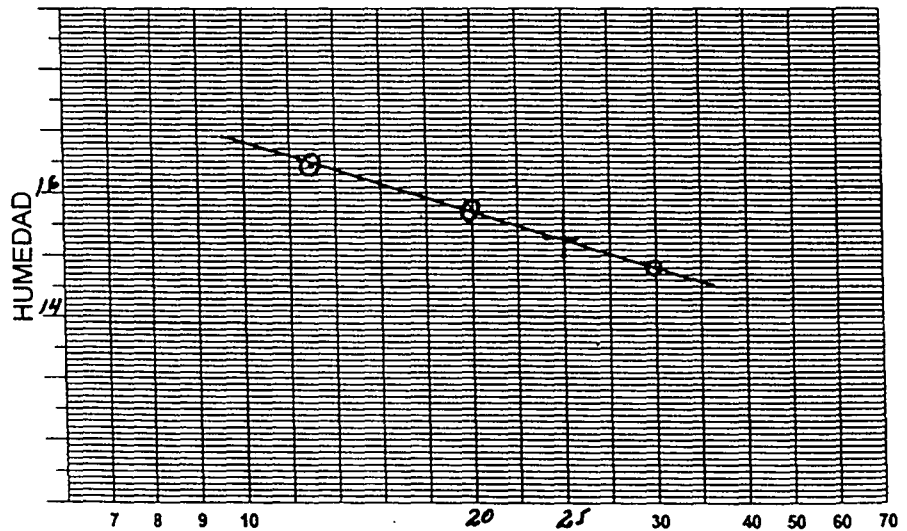
LIMITE PLASTICO							
CAPSULA N°	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO HUMEDO (g)	PESO DE LA CAPSULA Y SUELO SECO (g)	PESO DE LA CAPSULA (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	PORCENTAJE DE AGUA	LIMITE PLASTICO

PESO ESPECIFICO REAL		
NUMERO DEL PICNOMETRO		
PESO DEL PICNOMETRO Y AGUA (g)		
TEMPERATURA (°C)		
PESO DEL PICNOMETRO SUELO Y AGUA (g)		
PESO DEL SUELO (g)		
VOLUMEN DE AGUA DISLOCADA (cm³)		
PESO ESPECIFICO REAL (g/cm³)		
MEDIA		

INDICE DE PLASTICIDAD	
LIMITE LIQUIDO (%)	15.3
LIMITE PLASTICO (%)	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	

LECTURA NIVEL SUP ARENA	LECTURA NIVEL SUP ARCILLA	E.A.

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



CLASIFICACION \_\_\_\_\_

INDICE DE GRUPO \_\_\_\_\_

LABORATORIO

SUPERVISION

CONS. BUFETE - CONST. UPACA S.A.  
  
 Ramon Rello Garcia  
 Ing. Residente  
 CIP. 23559  
 CONTRATISTA



**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION**

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
 OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
 TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
 CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
 SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

KM.: CANTERA Km 150+080 MATERIALES PARA ASFALTO

FECHA 02. DE NOVIEMBRE DE 1999

**EQUIVALENTE DE ARENA**

Tamaño máximo			
Muestra N°	1	2	3
Hora de Entrada	2:35	2:38	2:41
Hora de Salida	2:45	2:48	2:51
Hora de Entrada	2:47	2:50	2:53
Hora de Salida	3:04	3:10	3:13
Altura máx. del mat. fino pulgadas	3.5	3.2	3.4
Altura máx. de la arena pulgadas	5.3	4.9	5.2
Equivalente de arena	66	65	65

**EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO** 65 %

**OBSERVACIONES:**

CONS. BUFETE - CONST. UPACA S.A.  
  
**Ramon Bello Garcia**  
 Ing. Presidente  
 CIP 23559

LABORATORISTA

ING. JEFE

SUPERVISION



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST


KM.: CANTERA Km: 150 + 080 MATERIALES PARA ASFALTO


FECHA 04 DE NOVIEMBRE DE 1999

EQUIVALENTE DE ARENA			
Tamaño máximo	4	4	4
Muestra N°	1	2	3
Hora de Entrada	8:50	8:53	8:56
Hora de Salida	9:00	9:03	9:06
Hora de Entrada	9:02	9:05	9:08
Hora de Salida	9:22	9:25	9:28
Altura máx. del mat. fino pulgadas	3.5	3.2	3.3
Altura máx. de la arena pulgadas	4.9	4.7	4.7
Equivalente de arena	71	68	70


EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO 70%

OBSERVACIONES:

  
 CONS. BUFETE CONST. UPACA S.A.  
**Ramon Bello Garcia**  
 Ing. Residente  
 OIP 23559

  
 LABORATORISTA

ING. JEFE

  
 SUPERVISION



**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONE  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION**

CONTRATO N°: 046-99-MTC / 15. 02. PERT. 04. PCVS  
 OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABANCAY  
 TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
 CONTRATISTA: CONSORCIO BUFETE IND. CONSTRUCCIONES de C.V. CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
 SUPERVISION: ASOCIACION ENERGOPROJEKT - OIST

KM.: CANTERA Km 150+080 MATERIALES PARA ASFALTO

FECHA 04 DE NOVIEMBRE DE 1999

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>			
Tamaño máximo	4	4	4
Vuestra N°	1	2	3
Hora de Entrada	10:40	10:43	10:46
Hora de Salida	10:50	10:53	10:56
Hora de Entrada	10:52	10:55	10:58
Hora de Salida	11:12	11:15	11:18
Altura máx. del mat. fino pulgadas	3.5	3.3	3.2
Altura máx. de la arena pulgadas	4.9	4.6	4.5
Equivalente de arena	71	72	71

**EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO**      71 %

**OBSERVACIONES:**

 LABORATORISTA	CONS: BUFETE - CONST. UPACA S.A.  <b>Ramon Billo Garcia</b> Ing. Residente CIP 23539 ING. JEFE	 SUPERVISION
-------------------	---	-----------------



**CONSTRUCTORA  
UPACA S.A.**

MINISTERIO DE TRANSPORTE, COMUNICACIONES  
Y VIVIENDA Y CONSTRUCCION

OBRA : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO - ABAJKAY  
 UBICACION : \_\_\_\_\_  
 CANTERA : Km: 150+080  
 TRAMO : IV OCCORURO - ABAJKAY  
 FECHA : 11, 11, 99

**ADHESIVIDAD DE ARENA - ASFALTO**

**ENSAYO DE RIEDEL - WEBER  
D.E.E. M.8. 1988**

TIPO DE ASFALTO : PEN 120-150

CONCENTRACION MOLECULAR	INDICE DE ADHESIVIDAD	REACCION MOLECULAR
	0	NEGATIVO
M/256	1	"
M/128	2	"
M/64	3	"
M/32	4	"
M/16	5	DESPRENSAMIENTO PARCIAL
M/08	6	DESPRENSAMIENTO TOTAL
M/04	7	
M/02	8	
M/01	9	

ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE OBRA : AGREGADO LAVADO (METODO CHILENO)  
 Norma LNV10-86. Proporción EN VOLUMEN

 LABORATORIO	 SUPERVISION	 CONTRATISTA
-----------------	-----------------	-----------------

CONS. BUENOS AIRES CONST. UPACA S.A.  
**Ramon Rello Garcia**  
 Ing. Residente



**CONSTRUCTORA  
UPACA S.A.**

MINISTERIO DE TRANSPORTE, COMUNICACIONES  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

OBRA : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUSCO ABANCAY

UBICACION :

CANTERA : Km 150+080

TRAMO : IV - OCCORURO - ABANCAY

FECHA : 11, 11, 99

**ADHESIVIDAD DE ARENA - ASFALTO**

**ENSAYO DE RIEDEL - WEBER  
D.E.E. M.8. 1988**

TIPO DE ASFALTO : PEN 120-150

CONCENTRACION MOLECULAR	INDICE DE ADHESIVIDAD	REACCION MOLECULAR
	0	NEGATIVO
M/256	1	"
M/128	2	"
M/64	3	"
M/32	4	"
M/16	5	"
M/08	6	DESPRENDIMIENTO PARCIAL
M/04	7	DESPRENDIMIENTO TOTAL
M/02	8	
M/01	9	

ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE OBRA AGREGADO SIN LAVAR (METODO PERUANO)  
D.E.E. MA 8-1988 - PROPORCION EN PESO

 LABORATORIO	 SUPERVISION	 BONS. BUETE. CH. ST. UPACA S. <u>Ramon Alberto Garcia</u> Ing. Residente CONTRATISTA
-----------------	-----------------	---

**Anexo 4.c**

**Reportes de ensayos  
de la cal**



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES,  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION  
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

Lima, Junio 16 de 1999

OFICIO N° 302 -99-MTC/15.17.02.-

Srs.

**CALERA PERUANA S.A.**

Atención:

Sr. Angelo Carella

Asunto: Remisión de Resultados de Ensayos

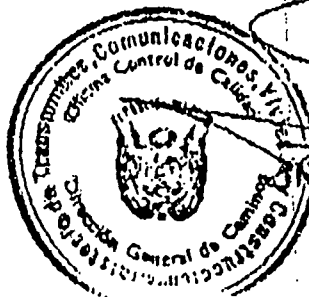
Ref. : Carta S/N (99-06-10)

Presente:

Es grato dirigirme a Ud. para remitirle el Memorándum N°070-99-MTC/15.17.02.ams.jsj.- con los certificados de ensayos físico-químicos (AASHTO T-219) solicitados con el documento de la referencia y ejecutados a la muestra de Cal Hidratada remitida e identificada por Uds. Dichos resultados señalan que ésta cumple Especificaciones Técnicas AASHTO M-303.

Hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de especial consideración y estima.

Atentamente,



**ING. JOSÉ DOMINGUEZ DAVILA**  
DIRECTOR  
Oficina Control de Calidad  
D.C.Q.

c.c.:  
AMS  
Archivo  
JDD/jsj

CONS. BUFETE-CONST. UPAQA S.A.

**X Ramón Retto Garcia**  
Ing. Residente  
OIP 23559





DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES,  
VIAJES Y CONSTRUCCION  
LIMA CONTROL DE CALIDAD

MEMORANDUM N° 070-99-MFC/15.17.02.ams.1sg.-

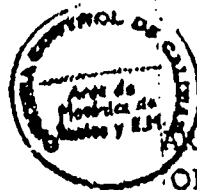
AL : DIRECTOR CONTROL DE CALIDAD  
DEL : ING° JUAN SANCHEZ GUANDO  
ASUNTO : ELEVACION DE RESULTADOS DE ENSAYOS  
SOLICITADO: CALERA PERUANA S.A.  
EF. : CARTA S/N (99-06-10)  
FECHA : LIMA, JUNIO 16 DE 1999

Se adjunta al presente resultados de los Ensayos de Calidad (AASHTO T-219) efectuados a la muestra de Cal Hidratada remitida e identificada por los interesados, los que fueran solicitados mediante documento de la referencia y que cuentan con Registro OCC N°259(99-06-1).

Los resultados obtenidos indican que la muestra analizada mediante el ensayo AASHTO T-219 cumple las correspondientes especificaciones Técnicas (AASHTO M-303).

Agradeceré hacer llegar dichos certificados a los interesados.

Atentamente,



ING° JUAN SANCHEZ GUANDO  
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y E.M.  
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

.di.  
.M.S  
archivo  
g

CONS. BUFETE - CONST. MPACA S.A.

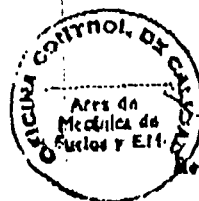
*Ramón Rello García*  
Ing. Residente  
OIP 23559

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD  
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

COMITADO : CALERA PERUANA S.A.  
OBJETO : UNA MUESTRA DE CAL HIDRATADA  
IDENTIFICACION N° : 259(99-06-11)  
RESPONSABLE : EZEQUIEL RIVAS DURÁN  
RESPONSABLE : ERIKA VALLADARES ALARCÓN  
FECHA : LIMA, JUNIO 15 DE 1999

ENSAYOS	RESULTADOS
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4318)	35.6 %
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D - 4318)	N.P.
FINEZA - AASHTO T-219	
Malla N° 6	0.0
Malla N° 10	0.0
Malla N° 30	0.0
Malla N° 200	10.3 %

A.- La interpretación ajena de los resultados, es de exclusiva responsabilidad del Usuario, salvo las recomendaciones expresas adjuntas.



*[Firma]*  
JULIO CESAR MATRIQUE PINO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de Ingenieros N° 10883

BONS. BUFETE - BONET OPACA S.A.  
*[Firma]*  
X Ramón Bello García  
Ing. Residente  
OIP 23559

TRANSPORTES, COMUNICACIONES,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCION  
AREA DE CONTROL DE CALIDAD

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD  
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

ESTRUCTURA : UNA "CAL HIDRATADA"  
REGISTRO N° : 259 (99-06-11)  
LICITADO : CALERA PERUANA S.A.  
EFECTUADO : QUIM. ALINA MAGUIÑA A.  
FECHA : LIMA, JUNIO 16 DE 1999

ENSAYOS QUÍMICOS PARA CAL TIPO I  
(AASHTO T-219)

ALCALINIDAD HIDRATADA  
PORCENTAJE EN PESO DE  $\text{Ca(OH)}_2$  ..... 90.0  
  
CONTENIDO DE CAL NO HIDRATADO  
PORCENTAJE EN PESO DE  $\text{CaO}$ ..... 0.0  
  
CONTENIDO DE AGUA LIBRE  
PORCENTAJE EN PESO DE  $\text{H}_2\text{O}$ ..... 0.6

La muestra de Cal Hidratada analizada cumple Especificaciones AASHTO M-303, tipo I para su empleo en mezclas asfálticas.

La interpretación ajena de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del Usuario, salvo las recomendaciones expresas adjuntas.



*[Handwritten Signature]*  
ING. ALINA MAGUIÑA AGUIRRE

BORR. BUFETE - CONSULTOR UPACA S.A.  
*[Handwritten Signature]*  
Ing. *[Handwritten Name]* la  
DIP 25000



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES,  
VIVIENDA Y CONSTRUCCION  
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

AREA MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES  
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

SOLICITADO  
REGISTRO N°  
ING. RESPONSABLE  
TEC. RESPONSABLE  
FECHA

CALERA PERUANA S.A  
203 (99.05.10)  
EZEQUIEL RIVAS DURAN  
ERIKA VALLADARES ALARCON  
Lima, Mayo 12 de 1999.

ENSAYOS	MUESTRA CAL HIDRATADA
Peso Especifico (ASTM C-188)	2.315 gr/cc
Límite Líquido (ASTM D-4318)	38.0 %
Límite Plástico (ASTM D-4318)	N.P.
Fineza (%) A.A.S.H.T.O. M-303	
Malla N° 6	0.00 %
Malla N° 10	0.00 %
Malla N° 30	0.00 %
Malla N° 200	10.70 %

CONS. PUESTO - CONST. UPA  
*Ramón Bello Ga*  
Ing. Residente  
OIP 23559

La interpretación ajena de los resultados, es de exclusiva responsabilidad del usuario,  
salvo las recomendaciones expresas adjuntas.

*Julio Cesar Manrique Pino*  
JULIO CESAR MARIQUE PINO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 48833



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

*Facultad de Ciencias*

ENTIDAD SOLICITANTE  
REFERENCIA DEL CLIENTE  
MUESTRA  
ANALISIS  
FECHA DE SOLICITUD  
FECHA DE EMISION

CALERA PERUANA S.A  
Sr. ANGELO CARELLA  
CALIZA  
Peso especifico en agua y aceite  
24/11/98  
25/11/98

## RESULTADOS

- 1.- Peso especifico en agua destilada = 2.39
- 2.- peso especifico en aceite mineral - 2.54

se utilizó, aceite mineral de 1.02 g/ml de densidad

CONS. BUFE. CONST. UPACA S.A.  
*Ramón Bello García*  
Ramón Bello García  
Ing. Residente  
OIP 23559

*Otilia Acha de la Cruz*  
M.Sc OTILIA ACHA DE LA CRUZ  
Responsable del análisis

70.9047215  
Otilia Acha de la Cruz  
Magister en Química  
C Q R N° 203

## **Anexo 4.d**

**Reportes de ensayos  
del cemento asfáltico**



# REFINERIA CONCHAN

## CERTIFICACION C.A. 120/150

Nº RFCO-LAB-1258-89

FECHA DE REPORTE <b>30.10.1999</b>	FECHA DE RECEPCION <b>29.10.1999</b>	EMBARQUE IT
HORA DE RECEPCION <b>10:30 AM</b>	PROCEDENCIA <b>DPTO. REFINACION</b>	NUM. DE TANKAGE
TANQUE DE TERRA <b>9</b>	VOLUMEN CERTIFICADO	DESTINO <b>TERMINAL CONCHAN.</b>

PROPIEDADES	METODO ASTM	OTRO METODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				Min	Max
<b>PENETRACION:</b>					
a 10°C, 100 gr, 5 seg	D 5				
a 25°C, 100 gr, 5 seg.	D 5		130	120	150
a 30°C, 100 gr, 5 seg	D 5				
<b>DUCTILIDAD:</b>					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113		>160	100	
<b>FLUIDEZ:</b>					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170		1675		
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170		215	140.0	
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	D 2171			Reportar	
<b>COMPOSICION:</b>					
Contenido de Parafinas, % Masa		UOP 40		Reportar	
<b>SOLUBILIDAD:</b>					
Solubilidad en Tricloroetileno, % Masa	D 2042		99.0	99.0	
Prueba de la Mancha, % Xileno		T 102	10	Reportar	
<b>VOLATILIDAD:</b>					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92		299	218	
<b>DENSIDAD:</b>					
Gravedad API	D 70		8.6	Reportar	
Gravedad Especifica a 60/60°F	D 70		1.0100	Reportar	
<b>SUSCEPTIBILIDAD TERMICA:</b>					
Punto de Fractura FRAAS				Reportar	
Punto de Ablandamiento, °C	D 38		42	Reportar	
Indice de Penetración		RUI-1004		Reportar	
<b>Efecto de Calor y Aire (Película Fina):</b>					
- Pérdida por calentamiento, % Masa			0.8		1.3
- Penetración Retenida, % de la Original			59	42	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113		125	100	
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170			Reportar	
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	D 2171			Reportar	
<b>ADHERENCIA:</b>					
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3825		>95	Reportar	

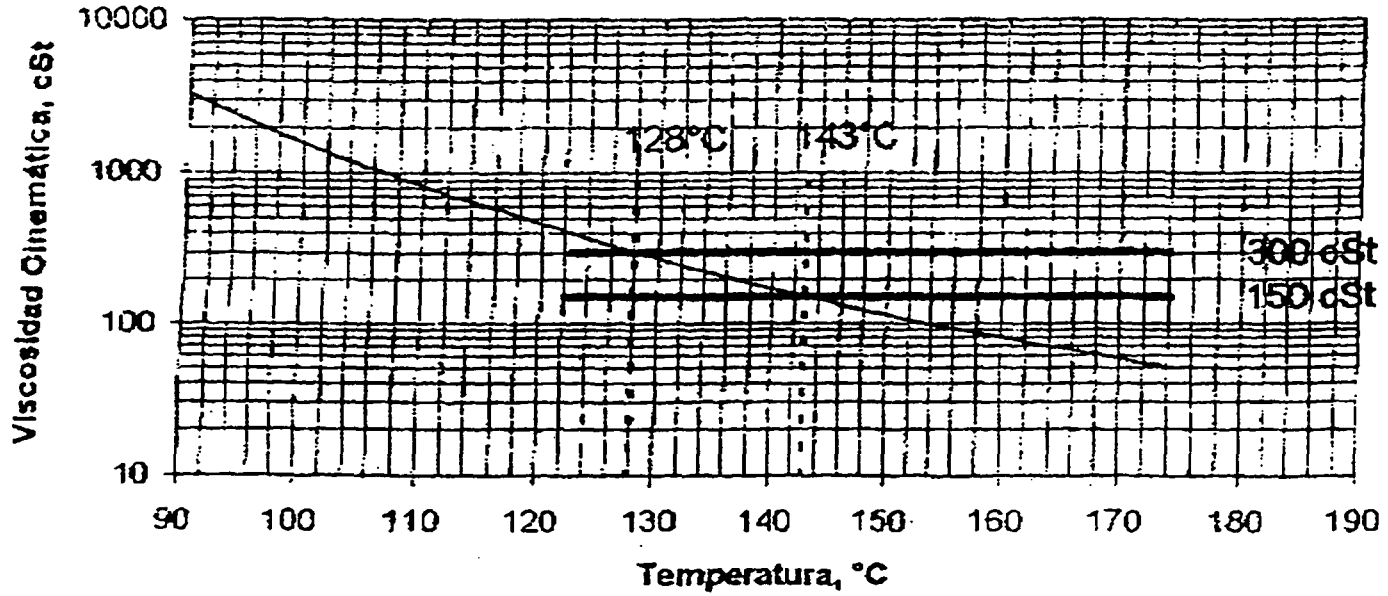
**OBSERVACIONES:** PRODUCTO APTO PARA SU VENTA.  
 La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 128°C y 143°C  
 Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.

Original : Solicitante Copia 1 : Operaciones Copia 2 : Laboratorio	ANALIZADO POR <b>Original Firmado por Yvonne Pizarro</b>	APROBADO POR <b>RICARDO E. BISSO F.</b> ING. PETROQUIMICO Fecha: 30.10.99
--	---	--

CONS. BUETE CONST. UPAC  
**Ramon B. B. B.**  
 Ing Residente  
 CIP 23559



Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341  
Rango de Temperatura Optima de Mezcla  
TQ. 9 - C. A. 120/150 PEN. - 29.10.1999 - 10:30 Horas



CONS. SUPETA, CONS. UPACA S.A.  
*Ramón Rillo García*  
Ing. Residente  
OIP 23559





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

## INFORME N°S99-1286

SOLICITANTE : CONSORCIO BUFETE INDUSTRIAL S.A. DE C.V.  
CONSTRUCTORA UPACA S.A.  
OBRA : CARRETERA CUZCO - ABANCAY  
LUGAR : TRAMO IV: OCCORURO - ABANCAY  
FECHA : 23 DE NOVIEMBRE DE 1999

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. CALIDAD DE ASFALTO : PEN 120-150  
PROCEDENCIA : PETROLEOS DEL PERU - PLANTA CONCHAN

I.1 Punto de Inflamación, copa abierta °C : 281.4  
I.2 Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg., 0.1 mm : 128  
I.3 Solubilidad en Tricloroetileno, % : 99.81  
I.4 Ductilidad a 25°C, 5 cm/mín, cm : +100  
I.5 Punto de Ablandamiento (°C) : 47.7  
I.6 Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) : +0.3

#### Viscosidad a 135°C

1.7 Saybol Furol S.S.F Seg. : 89.5  
1.8 Cinematca, centistokes, CS : 191

#### Prueba de calentamiento sobre película fina a 163°C, 5 horas

1.7 Perdida % de masa : 0.82  
1.8 Penetración del residuo (% de la original), 25°C : 55.0  
1.9 Ductilidad a 25°C, 5 cm/mín, cm : +100

#### Ensayo de la mancha (Ollensis)

1.10 Solvente Nafta - Standard : Negativo

#### NOTA.-

El asfalto fue remilido e identificado por el solicitante en nuestro Laboratorio.



JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES  
ING. JEFE DEL LAB. No. 2  
Mecánica de Suelos - UNI

CONSORCIO BUFETE - CONSTR. UPACA S.A.

X Ramón Belto García  
Ing. Residente  
CIP 28659



# REFINERIA CONCHAN

CERTIFICACION C.A. 85/100

N° GRCO-LAB-0933-2000

FECHA DE REPORTE: <b>18.07.2000</b>	FECHA DE RECEPCION: <b>16.07.2000</b>	EMBARQUE N°:
HORA DE RECEPCION: <b>4:55 PM</b>	PROCEDENCIA: <b>DPTO. REFINACION</b>	BUQUE/TANQUE:
TANQUE DE TIERRA: <b>47</b>	VOLUMEN CERTIFICADO:	DESTINO: <b>TERMINAL CONCHAN.</b>

PROPIEDADES	METODO ASTM	OTRO METODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				Mín.	Máx.
<b>PENETRACION:</b>					
a 10°C, 100 gr, 5 seg.	D 5				
a 25°C, 100 gr, 5 seg.	D 5		<b>89</b>	85	100
a 30°C, 100 gr, 5 seg.	D 5				
<b>DUCTILIDAD:</b>					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113		<b>&gt;150</b>	100	
<b>FLUIDEZ:</b>					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170		<b>2,468</b>		
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170		<b>285</b>	170.0	
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	D 2171			Reportar	
<b>COMPOSICION:</b>					
Contenido de Parafinas, % Masa		<b>307 45</b>		Reportar	
<b>SOLUBILIDAD:</b>					
Solubilidad en Tricloroetileno, % Masa	D 2042		<b>99.5</b>	99.0	
Prueba de la Mancha, 10 % Xileno		T 102	<b>NEGATIVO</b>	Reportar	
<b>VOLATILIDAD:</b>					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 82		<b>296</b>	232	
<b>DENSIDAD:</b>					
Gravedad API	D 70		<b>7.6</b>	Reportar	
Gravedad Específica a 60/60°F	D 70		<b>1.017</b>	Reportar	
<b>SUSCEPTIBILIDAD TERMICA:</b>					
Punto de Fractura FRAAS		IP 80/87		Reportar	
Punto de Ablandamiento, °C	D 36			Reportar	
Indice de Penetración		RLB1-1964		Reportar	
<b>Efecto de Calor y Aire (Película Fina):</b>					
- Pérdida por calentamiento, % Masa	D 1754		<b>0.40</b>		
- Penetración Retenida, % de la Original			<b>53</b>	47	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113		<b>127.0</b>	75	
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170			Reportar	
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	D 2171			Reportar	
<b>ADHERENCIA:</b>					
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3025			Reportar	

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT - OIST  
*[Signature]*  
Ing. Bogdan U.  
Jefe de Supor

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT - OIST  
*[Signature]*  
ING. DRAGOSLAV  
JEFE DE PROYECTO

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT - OIST  
*[Signature]*  
Ing. Bogdan U.  
Jefe de Supervisión

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT - OIST  
*[Signature]*  
ING. DRAGOSLAV VASILEVIC  
JEFE DE PROYECTO

OBSERVACIONES: PRODUCTO DENTRO DE ESPECIFICACION  
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre : **134°C y 149°C**

Original : Solicitante  
Copia 1 : Operaciones  
Copia 2 : Laboratorio

ANALIZADO POR:  
*[Signature]*  
**HUGO CORTEZ SANCHEZ**

APROBADO POR:  
*[Signature]*  
**JOSE ESTRADA VALVERDE**  
Jefe de Laboratorio  
12137



# CERTIPETRO

Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros  
Gas Natural y Derivados

## INFORME DE ENSAYOS N° IE- 20500

1 de 1 (IE-20500)

INFORMACION GENERAL DEL SOLICITANTE		
Solicitante (Nombre Legal)	CONSORCIO BUFETE CONSTRUCCIONES S.A. de C.V. - COSTRUCTORA UPACA S.A.	
Dirección Legal	Av. Francisco Canaval y Moreyra 452- San Isidro	
Provincia/Departamento	Lima / Lima	
Telefonos/Fax	442-6501 / 442-9626	
Registro Unico del Contribuyente (N°)	42488399	
Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-091-00	
Fecha de Recepción de Solicitud	00- 07- 10	
Ensayos/ Servicios Solicitados	10 ensayos fisico-quimicos	
INFORMACION DEL PRODUCTO		
Producto (Nombre Genérico)	ASFALTO SÓLIDO PEN 85/100	
Identificación de las Muestras Recepcionadas	Ninguna	
Marca Comercial o Especial de las Muestras		
Número de Muestras Recepcionadas	1	
Cantidad de Muestra Recepcionada	04 galones	
Forma de Presentación de las Muestras	Galonera de aluminio	
RESULTADOS		
ENSAYOS	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO APLICADO
Penetración a 25°C 100gr. 5 seg.	85	ASTM D-5
Punto de Inflamación C.O.C.	320	ASTM D-92
Ductilidad a 25°C 5cm/min, cm.	>150	ASTM D-113
Solubilidad en Tricloroetileno (%)	99,9	ASTM D-2042
Índice de Penetración	-1,2	S-KEUKELOM
Ensayo de Oliensis	Negativo	AASTHO T-102
Ensayo de película delgada 3,2 mm, 163°C, 5hrs.		ASTM D-1754
Pérdida por calentamiento a 163°C, 5h	1,0	ASTM D-1754
Penetración del residuo a 25°C, 100gr 5 seg.	49,0	ASTM D-5
Ductilidad del Residuo a 25°C 5cm/min (cm)	82,0	ASTM D-113

certificaciones sobre el uso del Informe

Este presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada.

Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente.

Las enmiendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de acciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes.

Es prohibida la reproducción parcial del presente Informe de ensayo.

La reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública.

Este presente Informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión.

Este presente Informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios.

Todo uso no autorizado sin la previa autorización escrita del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo-UNI.

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT

Ing. DRAGOSLAV  
JEFE DE PROYECTO

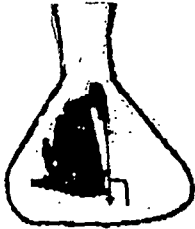
ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT - QIST

Ing. Bogdan Petrovic  
Jefe de supervisión

c, 18 de Julio del 2000.

Ing. BEATRIZ ADANIYA HIGA  
Asociación Técnica de CERTIPETRO  
ENERGOPROJEKT - QIST  
Ing. Bogdan Petrovic  
Jefe de supervisión

ASOCIACION  
ENERGOPROJEKT  
Ing. DRAGOSLAV  
JEFE DE PROYECTO



# CERTIPETRO

Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros,  
Gas Natural y Derivados

## INFORME DE ENSAYOS N° IE- 22600


1 de 1 (IE-22500)

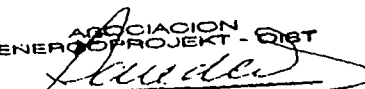
7 INFORMACIÓN GENERAL DEL SOLICITANTE			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	CONSORCIO BUFETE INDUSTRIAL CONSTRUCCIONES S. de C.V. - CONSTRUCTORA UPACA S.A.	
1.2	Dirección Legal	Av. Francisco Canaval y Moreyra 452- San Isidro	
1.3	Provincia/Departamento	Lima / Lima	
1.4	Telefonos/Fax	442-6501 / 442-9626	
1.5	Registro Unico del Contribuyente(N°)	42488399	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos(N°)	SS-109-00	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	00- 08- 03	
1.8	Ensayos/ Servicios Solicitados	04 Ensayos fisico-químicos	
8 INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	ASFALTO SÓLIDO PEN 85/100	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	Ninguna	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	-	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	1	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	03 litros	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras.	Envase de lata	
9 RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO APLICADO
1	Penetración a 10°C, 100gr. 5 seg.	15	ASTM D5
2	Penetración a 25°C, 100gr. 5 seg.	85	ASTM D5
3	Penetración a 30°C, 100gr. 5 seg.	148	ASTM D5
4	Punto de ablandamiento	46,8	ASTM D36

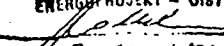
### Especificaciones sobre el uso del Informe

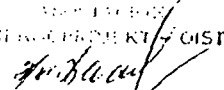
- El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada.
- Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente.
- Las enmiendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes.
- Esta prohibida la reproducción parcial del presente informe de ensayo:
  - El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública
  - El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión.
  - El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios.
- Salvo previa autorización escrita del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo-UNI

Lima, 10 de Agosto del 2000

  
 Ing. BEATRIZ ADANIYA HIGA  
 Director Técnico de CERTIPETRO

ASOCIACION  
 ENEROPROJEKT - OIST  
  
 Ing. Luis Paredes H.  
 Esp. Suelos y Pav.

ASOCIACION  
 ENEROPROJEKT - OIST  
  
 Ing. Bogdan Petrovic  
 Jefe de Supervisión

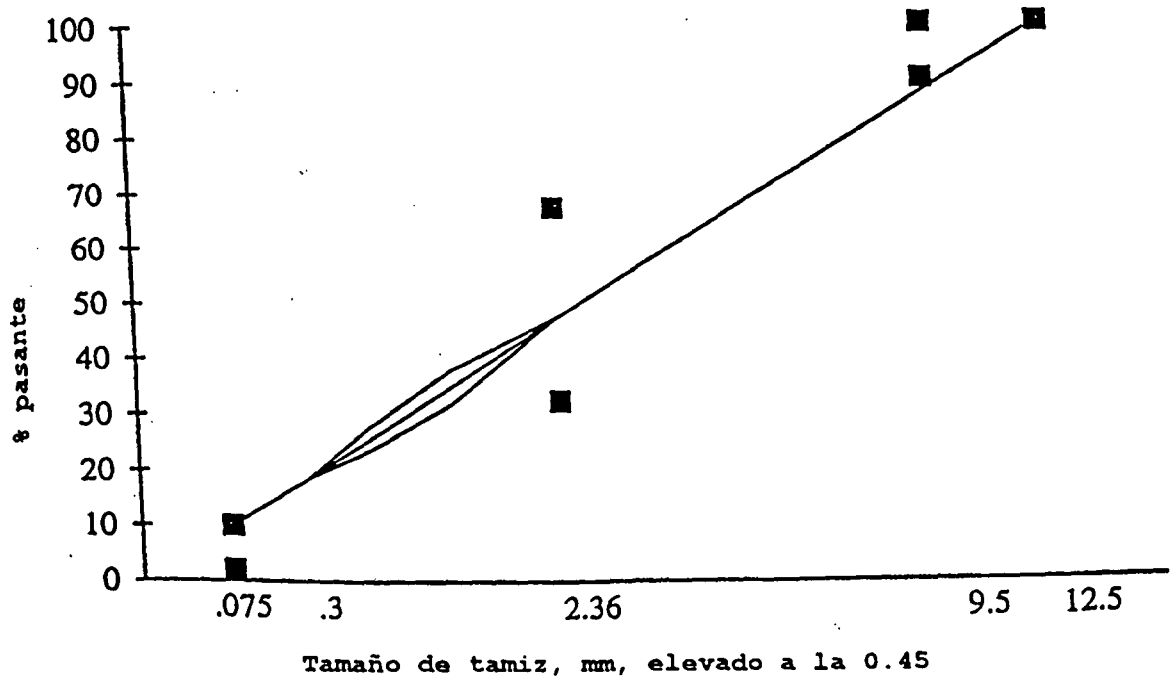
ASOCIACION  
 ENEROPROJEKT - OIST  


**Anexo 4.e**

**Requerimientos granulometricos  
según SUPERPAVE**

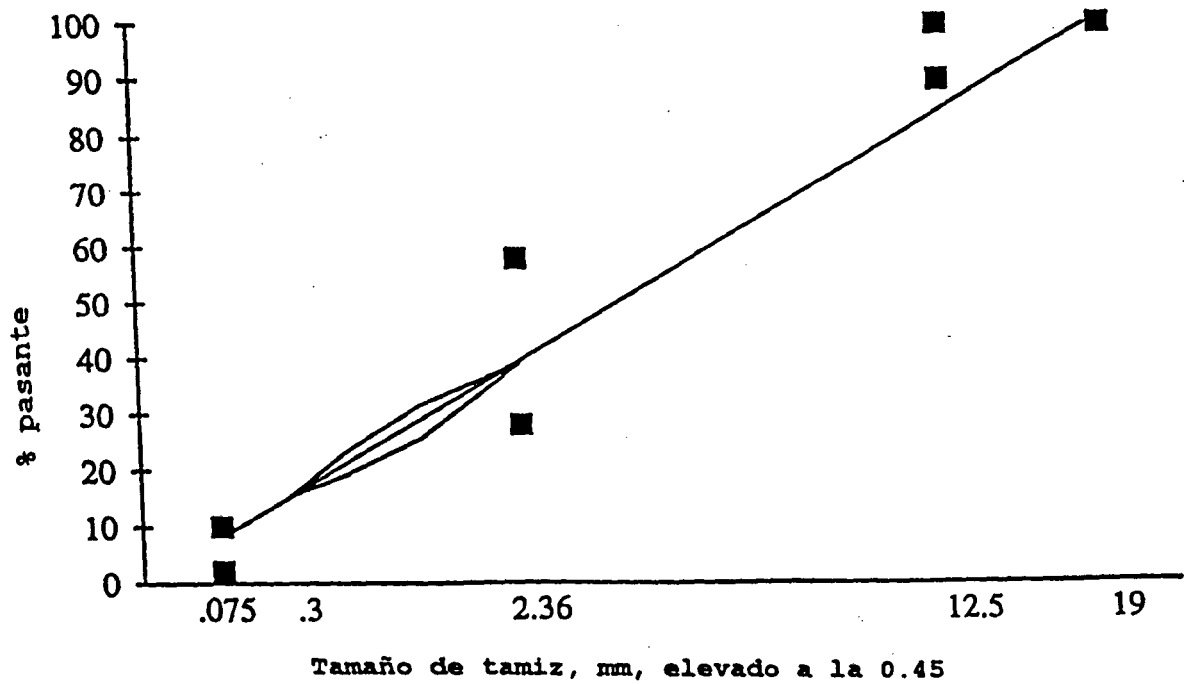
## TAMAÑO NOMINAL 9.5 MM

Tamiz, mm	Puntos de control		Zona restringida	
			mínimo	máximo
12.5		100		
9.5	90	100		
4.75				
2.36	32	67	47.2	47.2
1.18			31.6	37.6
.600			23.5	27.5
.300			18.7	18.7
.150				
.075	2	10		



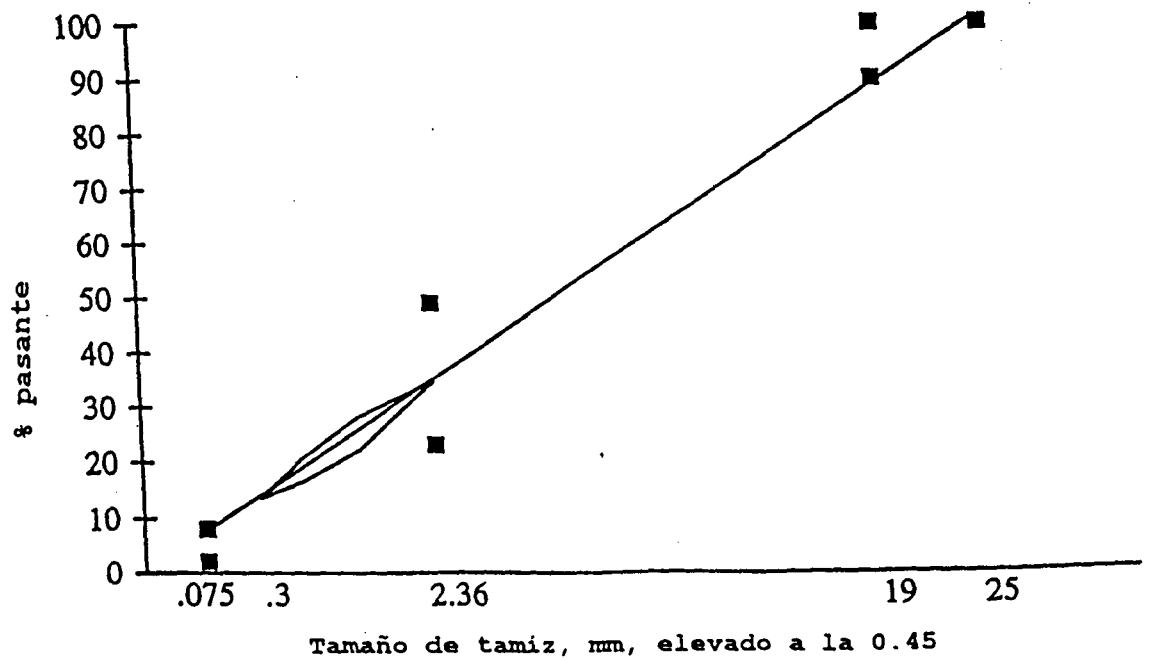
## TAMAÑO NOMINAL 12.5 mm

Tamiz, mm	Puntos de control		Zona restringida	
			mínimo	máximo
19		100		
12.5	90	100		
9.5				
4.75				
2.36	28	58	39.1	39.1
1.18			25.6	31.6
.600			19.1	23.1
.300			15.5	15.5
.150				
.075	2	10		



## TAMAÑO-NOMINAL 19 mm

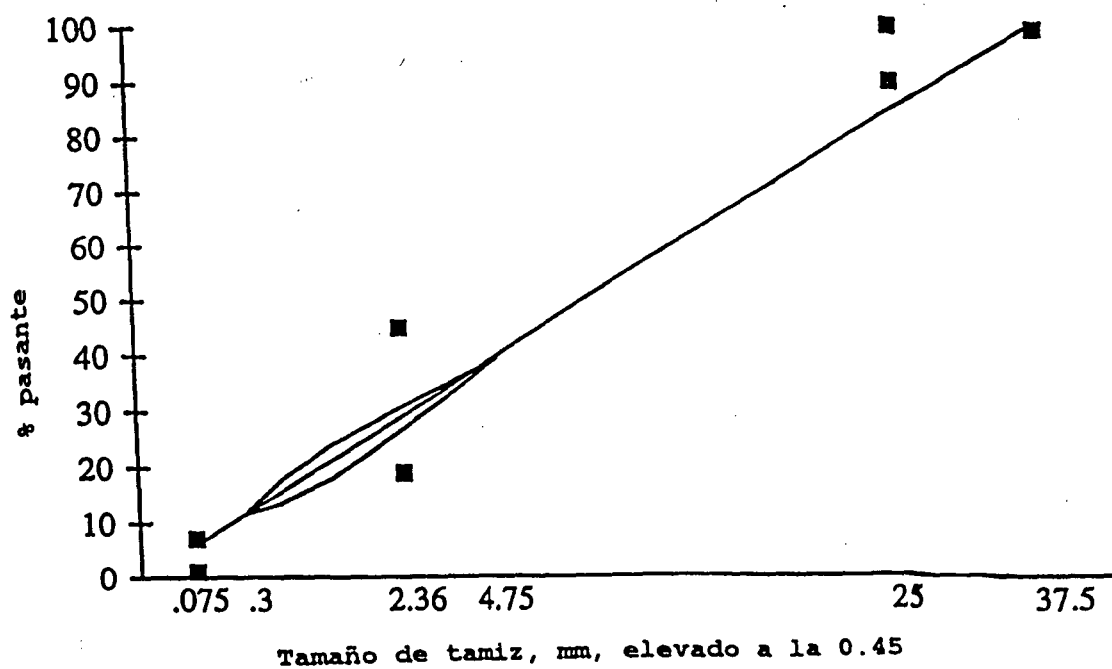
Tamiz, mm	Puntos de control		Zona restringida	
			mínimo	máximo
25		100		
19	90	100		
12.5				
9.5				
4.75				
2.36	23	49	34.6	34.6
1.18			22.3	28.3
.600			16.7	20.7
.300			13.7	13.7
.150				
.075	2	8		





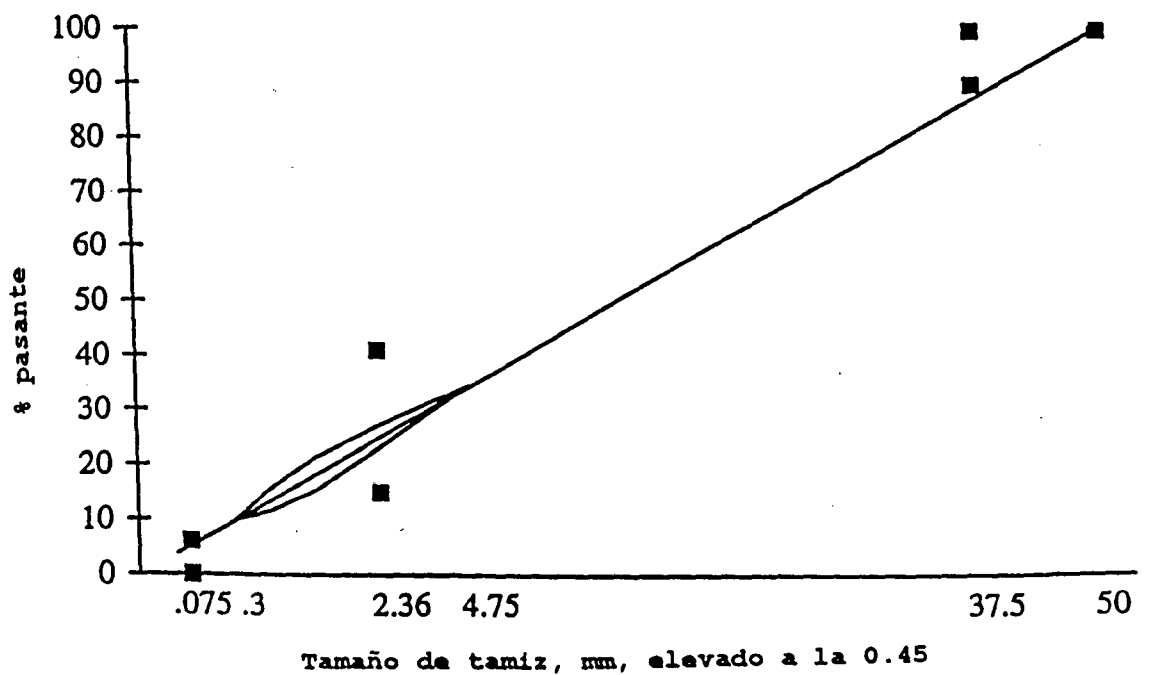
## TAMAÑO NOMINAL 25 mm

Tamiz, mm	Puntos de control		Zona restringida	
			mínimo	máximo
37.5		100		
25	90	100		
19				
12.5				
9.5				
4.75			39.5	39.5
2.36	19	45	26.8	30.8
1.18			18.1	24.1
.600			13.6	17.6
.300			11.4	11.4
.150				
.075	1	7		



## TAMAÑO NOMINAL 37.5 mm

Tamiz, mm	Puntos de control		Zona restringida	
			mínimo	máximo
50		100		
37.5	90	100		
25				
19				
12.5				
9.5				
4.75			34.7	34.7
2.36	15	41	23.3	27.3
1.18			15.5	21.5
.600			11.7	15.7
.300			10	10
.150				
.075	0	6		



## **Anexo 4.f**

### **Resultados Marshall de las Mezclas de Prueba**



**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
METODO MARSHALL ASTM D-1559

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	D-01
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	5.50	5.50	5.50		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.640	40.640	40.640		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.970	51.970	51.970		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.890	1.890	1.890		
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briqueeta	6.020	6.040	6.030		
12	Peso de la Briqueeta al aire [gr]	1185.6	1190.0	1187.1		
13	Peso de la Briqueeta + parafina en el aire [gr]	1201.7	1203.1	1202.2		
14	Peso de Briqueeta mas parafina en el agua [gr]	681.6	681.9	681.6		
15	Volúmen de la Briqueeta más parafina - (13-14) [cc]	520.1	521.2	520.6		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	16.1	13.1	15.1		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	18.721	15.233	17.558		
18	Volúmen de la Briqueeta por desplazamiento = (15-17) [cc]	501.379	505.967	503.042		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	501.379	505.967	503.042		
21	Peso Especifico Bulk de la Briqueeta = (12)/(18) [gr/cc]	2.365	2.352	2.360		2.359
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.454	2.454	2.454		
23	Peso Especifico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	86.124	85.651	85.942		
26	Peso Especifico efectivo del agregado total = GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.677	2.677	2.677		
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.192	1.192	1.192		
28	% de Asfalto Efectivo = ((1)-((27)/100)x[100-(1)])/{100-((27)/100)x[100-(1)]}*100	4.423	4.423	4.423		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	10.357	10.300	10.335		
30	% Vacios = (100 x (22-21))/22	3.627	4.156	3.830		3.871
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	13.876	14.349	14.058		14.094
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	74.64	71.782	73.517		73.313
33	Flujo [mm]	2.6	2.7	2.7		2.7
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	786.0	816.0	816.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	817	849	849		838
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	3142	3144	3144		3143
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

METODO MARSHALL ASTM D-1559

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	D-02
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.00	6.00	6.00		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.420	40.420	40.420		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.700	51.700	51.700		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.880	1.880	1.880		
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briqueta	6.070	6.080	6.040		
12	Peso de la Briqueta al aire [gr]	1195.5	1196.9	1194.7		
13	Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1203.4	1204.5	1202.8		
14	Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	689.2	688.0	689.2		
15	Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	514.2	516.5	513.6		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	7.9	7.6	8.1		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	9.186	8.837	9.419		
18	Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	505.014	507.663	504.181		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	505.014	507.663	504.181		
21	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.367	2.358	2.370		2.365
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.435	2.435	2.435		
23	Peso Especifico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]	85.741	85.415	85.850		
26	Peso Especifico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$	2.676	2.676	2.676		
27	% de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$	1.178	1.178	1.178		
28	% de Asfalto Efectivo = $\{(1)-[(27/100) \times (100-(1))]/\{100-[(27/100) \times (100-(1))]\} \times 100$	4.947	4.947	4.947		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21)/(5)$ [cc]	11.594	11.550	11.608		
30	% Vacios = $(100 \times (22-21))/22$	2.793	3.162	2.669		2.875
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$	14.259	14.585	14.150		14.331
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$	81.31	79.191	82.035		80.845
33	Flujo [mm]	3	3	3.1		3.0
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	749.0	712.0	782.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36	Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]	779	740	813		777
37	Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]	2597	2467	2623		2562
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

METODO MARSHALL ASTM D-1559

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	D-03
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.50	6.50	6.50		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.210	40.210	40.210		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.420	51.420	51.420		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870	1.870		
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briqueta	6.020	6.040	6.010		
12	Peso de la Briqueta al aire [gr]	1194.3	1192.5	1190.7		
13	Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1201.1	1200.3	1197.8		
14	Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	687.4	686.4	687.0		
15	Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	513.7	513.9	510.8		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	6.8	7.8	7.1		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P. E. de la Parafina [cc]	7.907	9.070	8.256		
18	Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	505.793	504.830	502.544		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	505.793	504.830	502.544		
21	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.361	2.362	2.369		2.364
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.423	2.423	2.423		
23	Peso Especifico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	85.069	85.105	85.357		
26	Peso Especifico efectivo del agregado total = GSE = (100-(1))/(100/22)-(1/5))	2.684	2.684	2.684		
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5)	1.291	1.291	1.291		
28	% de Asfalto Efectivo = {(1)-[(27)/100]x[100-(1)]}/[100-[(27)/100]x[100-(1)]]*100	5.358	5.358	5.358		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	12.525	12.530	12.567		
30	% Vacios = (100 x (22-21))/22	2.559	2.518	2.229		2.435
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	14.931	14.895	14.643		14.823
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	83.886	84.122	85.823		84.610
33	Flujo [mm]	3.3	3.3	3.2		3.3
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	615.0	622.0	645.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	640	647	671		653
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	1939	1961	2097		1999
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

METODO MARSHALL ASTM D-1559

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	D-04
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	7.00	7.00	7.00		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	39.990	39.990	39.990		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.150	51.150	51.150		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.860	1.860	1.860		
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briqueta	6.000	6.010	6.050		
12	Peso de la Briqueta al aire [gr]	1189.2	1190.7	1193.2		
13	Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1196.7	1198.6	1200.3		
14	Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	680.8	682.3	683.4		
15	Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	515.9	516.3	516.9		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	7.5	7.9	7.1		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	8.721	9.186	8.256		
18	Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	507.179	507.114	508.644		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	507.179	507.114	508.644		
21	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.345	2.348	2.346		2.346
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.395	2.395	2.395		
23	Peso Especifico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	84.040	84.148	84.076		
26	Peso Especifico efectivo del agregado total =GSE=(100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.671	2.671	2.671		
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.107	1.107	1.107		
28	% de Asfalto Efectivo = ((1)-((27)/100)x[100-(1)])/{100-((27)/100)x[100-(1)]}*100	6.033	6.033	6.033		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	14.007	14.025	14.013		
30	% Vacios = (100 x (22-21))/22	2.088	1.962	2.046		2.032
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	15.960	15.852	15.924		15.912
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	87.763	88.475	87.999		88.079
33	Flujo [mm]	3.6	3.8	3.8		3.7
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	575.0	582.0	575.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.00		
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	598	605	575		593
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	1661	1592	1513		1589
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc



**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
METODO MARSHALL ASTM D-1559

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAI

TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAI

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	D-05
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°				
	1	2	3	4	Promedio
1 % Asfalto en peso de la mezcla	7.50	7.50	7.50		
2 % Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	39.780	39.780	39.780		
3 % Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	50.870	50.870	50.870		
4 % En filler en peso de la mezcla	1.850	1.850	1.850		
5 Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6 Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7 Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8 Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9 Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10 Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11 Altura promedio de la briqueeta	5.970	5.990	5.980		
12 Peso de la Briqueeta al aire [gr]	1183.2	1186.6	1184.0		
13 Peso de la Briqueeta + parafina en el aire [gr]	1190.6	1194.1	1192.1		
14 Peso de Briqueeta mas parafina en el agua [gr]	674.9	675.7	676.2		
15 Volúmen de la Briqueeta más parafina - (13-14) [cc]	515.7	518.4	515.9		
16 Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	7.4	7.5	8.1		
17 Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	8.605	8.721	9.419		
18 Volúmen de la Briqueeta por desplazamiento = (15-17) [cc]	507.095	509.679	506.481		
19 Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20 Volúmen adoptado [cc]	507.095	509.679	506.481		
21 Peso Especifico Bulk de la Briqueeta = (12)/(18) [gr/cc]	2.333	2.328	2.338		2.333
22 Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.371	2.371	2.371		
23 Peso Especifico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24 Peso Especifico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$	2.699	2.699	2.699		
25 Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]	83.161	82.983	83.339		
26 Peso Especifico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$	2.662	2.662	2.662		
27 % de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$	0.980	0.980	0.980		
28 % de Asfalto Efectivo = $\{(1)-[(27)/100] \times [100-(1)]\} / \{(100)-[(27)/100] \times [100-(1)]\} \times 100$	6.654	6.654	6.654		
29 Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21) / (5)$ [cc]	15.370	15.337	15.403		
30 % Vacios = $(100 \times (22-21)) / 22$	1.603	1.814	1.392		1.603
31 % Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$	16.839	17.017	16.661		16.839
32 % Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$	91.276	90.128	92.449		91.284
33 Flujo [mm]	4.1	4	4.2		4.1
34 Estabilidad sin corregir [Kg]	531.0	525.0	548.0		
35 Factor Corrección	1.04	1.00	1.04		
36 Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]	552	525	570		549
37 Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]	1346	1313	1357		1339
38 Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

## **Anexo 4.g**

### **Resultados Marshall de la verificación del diseño**

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

METODO MARSHALL ASTM D-1559

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAJ

TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAJ

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	VD-01
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.30	6.30	6.30		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	40.290	40.290		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	51.540	51.540		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870	1.870		
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briketa					
12	Peso de la Briketa al aire [gr]	1186.3	1191.8	1188.4		
13	Peso de la Briketa + parafina en el aire [gr]	1194.6	1199.7	1196.4		
14	Peso de Briketa mas parafina en el agua [gr]	683.1	687.2	684.6		
15	Volúmen de la Briketa más parafina - (13-14) [cc]	511.5	512.5	511.8		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	8.3	7.9	8.0		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P. E. de la Parafina [cc]	9.651	9.186	9.302		
18	Volúmen de la Briketa por desplazamiento = (15-17) [cc]	501.849	503.314	502.498		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	501.849	503.314	502.498		
21	Peso Especifico Bulk de la Briketa = (12)/(18) [gr/cc]	2.364	2.368	2.365		2.366
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430	2.430		
23	Peso Especifico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]	85.359	85.504	85.395		
26	Peso Especifico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$	2.684	2.684	2.684		
27	% de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$	1.291	1.291	1.291		
28	% de Asfalto Efectivo = $\{(1)-\{(27/100) \times [100-(1)]\} / \{100-\{(27/100) \times [100-(1)]\}\} \times 100$	5.153	5.153	5.153		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21) / (5)$ [cc]	12.061	12.081	12.066		
30	% Vacios = $(100 \times (22-21)) / 22$	2.716	2.551	2.675		2.647
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$	14.641	14.496	14.605		14.581
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$	82.378	83.34	82.616		82.778
33	Flujo [mm]	3.1	3.3	3.2		3.2
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	707.0	688.0	693.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36	Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]	735	716	721		724
37	Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]	2371	2170	2253		2265
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY**

**TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	13/11/99

Certificado N°	VD-02
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N					
	1	2	3	4	5	6
1 % Asfalto en peso de la mezcla	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2 % Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	-	-	40.29	-	-
3 % Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	-	-	51.54	-	-
4 % En filler en peso de la mezcla	1.870	-	-	1.87	-	-
5 Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	-	-	1.01	-	-
6 Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	-	-	2.61	-	-
7 Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	-	-	2.71	-	-
8 Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	-	-	2.59	-	-
9 Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	-	-	2.70	-	-
10 Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	-	-	2.54	-	-
11 Altura promedio de la briqueta						
12 Peso de la Briqueta al aire [gr]	1186.3	1191.8	1188.4	1189.4	1189.6	1192.0
13 Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1194.6	1199.7	1196.4	1200.5	1197.2	1200.5
14 Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	683.1	687.2	684.6	684.0	686.2	687.0
15 Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	511.5	512.5	511.8	516.5	511.0	513.5
16 Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	8.3	7.9	8.0	11.1	7.6	8.5
17 Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	9.651	9.186	9.302	12.907	8.837	9.884
18 Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	501.849	503.314	502.498	503.593	502.163	503.616
19 Volúmen geométrico = (11) x 81.07						
20 Volúmen adoptado [cc]	501.849	503.314	502.498	503.593	502.163	503.616
21 Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.364	2.368	2.365	2.362	2.369	2.367
22 Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
23 Peso Especifico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595	2.595	2.595	2.595	2.595
24 Peso Especifico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699
25 Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	85.359	85.504	85.395	85.287	85.540	85.467
26 Peso Especifico efectivo del agregado total =GSE =(100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.684	2.684	2.684	2.684	2.684	2.684
27 % de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.291	1.291	1.291	1.291	1.291	1.291
28 % de Asfalto Efectivo = {(1)-[(27)/100]x[100-(1)]}/(100-[(27)/100]x[100-(1)])*100	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153
29 Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	12.061	12.081	12.066	12.051	12.087	12.076
30 % Vacios = (100 x (22-21))/22	2.716	2.551	2.675	2.798	2.510	2.593
31 % Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	14.641	14.496	14.605	14.713	14.460	14.533
32 % Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	82.378	83.34	82.616	81.907	83.589	83.094
33 Flujo [mm]	3.1	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2
34 Estabilidad sin corregir [Kg]	707.0	688.0	693.0	669.0	665.0	649.0
35 Factor Corrección	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
36 Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	735	716	721	696	692	675
37 Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	2371	2170	2253	2175	2163	2109
38 Número de Golpes por cara	75	75	75	75	76	76

30' Estab.Prom. = 724

24 Hrs. Estab.Prom. = 688

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

**ESTABILIDAD RETENIDA**

$$\frac{688}{724} \times 100 = 95\%$$

Especificación Mínima = 90 %

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	13/11/99

Certificado N°	VD-03
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N					
	1	2	3	4	5	6
1 % Asfalto en peso de la mezcla	6.00	6.00	6.30	6.30	6.60	6.60
2 % Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla						
3 % Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla						
4 % En filler en peso de la mezcla						
5 Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]						
6 Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]						
7 Peso Especifico aparente del Agregado Grueso						
8 Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]						
9 Peso Especifico aparente del agregado fino						
10 Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]						
11 Altura promedio de la briqueta						
12 Peso de la Briqueta al aire [gr]	1191.1	1191.6	1193.2	1196.5	1192.8	1194.2
13 Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1200.9	1216.2	1203.5	1223.1	1202.6	1212.5
14 Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	672.6	624.9	678.5	631.3	676.6	630.8
15 Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	528.300	591.300	525.000	591.800	526.000	581.700
16 Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	9.800	24.600	10.300	26.600	9.800	18.300
17 Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	11.395	28.605	11.977	30.930	11.395	21.279
18 Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	516.905	562.695	513.023	560.870	514.605	560.421
19 Volúmen geométrico = (11) x 81.07						
20 Volúmen adoptado [cc]	516.905	562.695	513.023	560.870	514.605	560.421
21 Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.304	2.118	2.326	2.133	2.318	2.131
22 Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]						
23 Peso Especifico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]						
24 Peso Especifico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$						
25 Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]						
26 Peso Especifico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$						
27 % de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$						
28 % de Asfalto Efectivo = $\{(1)-[(27)/100] \times [100-(1)]\} / \{100-[(27)/100] \times [100-(1)]\} \times 100$						
29 Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21)/(5)$ [cc]						
30 % Vacíos = $(100 \times (22-21))/22$						
31 % Vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$						
32 % Vacíos llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$						
33 Flujo [mm]						
34 Estabilidad sin corregir [Kg]						
35 Factor Corrección						
36 Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]						
37 Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]						
38 Número de Golpes por cara	50	5	50	5	50	5

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc



5.38

5.18

5.35

INDICE DE COMPACTIBILIDAD

$$\frac{1}{(GEB.50 - GEB.5)}$$

Donde:

G.E.B.50 , G.E.B.5 Son las gravedades especificas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Especificación >=5

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	13/11/01

Certificado N°	VD-08
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°				
	1	2	3	4	Promedio
1 % Asfalto en peso de la mezcla	6.60	-	-		
2 % Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.180	-	-		
3 % Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.370	-	-		
4 % En filler en peso de la mezcla	1.870	-	-		
5 Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	-	-		
6 Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	-	-		
7 Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	-	-		
8 Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	-	-		
9 Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	-	-		
10 Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	-	-		
11 Altura promedio de la briketa					
12 Peso de la Briketa al aire [gr]	1192.9	1186.2	1192.3		
13 Peso de la Briketa + parafina en el aire [gr]	1200.0	1193.5	1200.0		
14 Peso de Briketa mas parafina en el agua [gr]	685.2	682.0	685.2		
15 Volúmen de la Briketa más parafina - (13-14) [cc]	514.8	511.5	514.8		
16 Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	7.1	7.3	7.7		
17 Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	8.256	8.488	8.953		
18 Volúmen de la Briketa por desplazamiento = (15-17) [cc]	506.544	503.012	505.847		
19 Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20 Volúmen adoptado [cc]	506.544	503.012	505.847		
21 Peso Especifico Bulk de la Briketa = (12)/(18) [gr/cc]	2.355	2.358	2.357		2.357
22 Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.415	2.415	2.415		
23 Peso Especifico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]	2.594	2.594	2.594		
24 Peso Especifico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$	2.699	2.699	2.699		
25 Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]	84.813	84.921	84.885		
26 Peso Especifico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$	2.678	2.678	2.678		
27 % de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$	1.221	1.221	1.221		
28 % de Asfalto Efectivo = $\{(1)-[(27)/100] \times [100-(1)]\} / \{100-[(27)/100] \times [100-(1)]\} \times 100$	5.523	5.523	5.523		
29 Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21) / (5)$ [cc]	12.878	12.894	12.889		
30 % Vacios = $(100 \times (22-21)) / 22$	2.484	2.360	2.402		2.415
31 % Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$	15.187	15.079	15.115		15.127
32 % Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$	84.796	85.51	85.273		85.193
33 Flujo [mm]	3.3	3.4	3.4		3.4
34 Estabilidad sin corregir [Kg]	699.0	649.0	682.0		
35 Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36 Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]	727	675	709		704
37 Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]	2203	1985	2085		2091
38 Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

FRANJA DE TRABAJO

## **Anexo 4.h**

**Resultados Marshall  
para los graficos de  
Energia Variable**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	13/11/99

Certificado N°	VD-04
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.30	6.30			
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	40.290			
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	51.540			
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870			
5	Peso Especifico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010			
6	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608			
7	Peso Especifico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708			
8	Peso Especifico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587			
9	Peso Especifico aparente del agregado fino	2.699	2.699			
10	Peso Especifico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540			
11	Altura promedio de la briqueeta					
12	Peso de la Briqueeta al aire [gr]	1190.6	1194.9			
13	Peso de la Briqueeta + parafina en el aire [gr]	1205.6	1207.0			
14	Peso de Briqueeta mas parafina en el agua [gr]	645.9	653.0			
15	Volúmen de la Briqueeta más parafina - (13-14) [cc]	559.7	554.0			
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	15.0	12.1			
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	17.442	14.070			
18	Volúmen de la Briqueeta por desplazamiento = (15-17) [cc]	542.258	539.930			
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	542.258	539.930			
21	Peso Especifico Bulk de la Briqueeta = (12)/(18) [gr/cc]	2.196	2.213			2.205
22	Peso Especifico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430			
23	Peso Especifico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595			
24	Peso Especifico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699			
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	79.293	79.907			
26	Peso Especifico efectivo del agregado total = GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.684	2.684			
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.291	1.291			
28	% de Asfalto Efectivo = ((1)-((27)/100)x[100-(1)])/(100-((27)/100)x[100-(1)])*100	5.153	5.153			
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	11.204	11.291			
30	% Vacios = (100 x (22-21))/22	9.630	8.930			9.280
31	% Vacios en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	20.707	20.093			20.400
32	% Vacios llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	54.107	56.194			55.151
33	Flujo [mm]	2.3	2.2			2.3
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	284.0	307.0			
35	Factor Corrección	0.93	0.93			
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	264	286			275
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	1148	1300			1224
38	Número de Golpes por cara	15	15			

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

**Graficos ENERGIA VARIABLE vs OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO**  
**15 golpes**



**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
METODO MARSHALL ASTM D-1559

OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY

TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	13/11/99

Certificado N°	VD-05
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.30	6.30			
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	40.290			
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	51.540			
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870			
5	Peso Específico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010			
6	Peso Específico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608			
7	Peso Específico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708			
8	Peso Específico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587			
9	Peso Específico aparente del agregado fino	2.699	2.699			
10	Peso Específico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540			
11	Altura promedio de la briqueta					
12	Peso de la Briqueta al aire [gr]	1193.2	1194.0			
13	Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1202.5	1204.8			
14	Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	662.7	665.2			
15	Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	539.8	539.6			
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	9.3	10.8			
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	10.814	12.558			
18	Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	528.986	527.042			
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	528.986	527.042			
21	Peso Específico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.256	2.265			2.261
22	Peso Específico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430			
23	Peso Específico Bulk agregado total = $(100-(1))/(2/6+3/8+4/10)$ [gr/cc]	2.595	2.595			
24	Peso Específico apar. del agreg. Total = $(100-(1))/(2/7+3/9+4/10)$	2.699	2.699			
25	Volúmen Agregado = $(2)+(3)+(4) \times (21)/(23)$ [cc]	81.459	81.784			
26	Peso Específico efectivo del agregado total = $GSE = (100-(1))/((100/22)-(1/5))$	2.684	2.684			
27	% de absorción = $100(26-23)/(26 \times 23) \times 5$	1.291	1.291			
28	% de Asfalto Efectivo = $\{(1)-[(27/100) \times (100-(1))]\} / \{100-[(27/100) \times (100-(1))]\} \times 100$	5.153	5.153			
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = $(28 \times 21) / (5)$ [cc]	11.510	11.556			
30	% Vacíos = $(100 \times (22-21)) / 22$	7.160	6.790			6.975
31	% Vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) = $100-(25)$	18.541	18.216			18.379
32	% Vacíos llenados con asfalto (V.F.A.) = $(29/31) \times 100$	62.079	63.439			62.759
33	Flujo [mm]	2.5	2.6			2.6
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	441.0	451.0			
35	Factor Corrección	0.96	0.96			
36	Estabilidad corregida = $(34 \times 35)$ [Kg-f]	423	433			428
37	Factor rigidez = $(36/33) \times 100$ [Kg-f/cm]	1692	1665			1679
38	Número de Golpes por cara	30	30			

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

Graficos ENERGIA VARIABLE vs OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO  
30 golpes

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY**

**TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

<b>Asfalto</b>	<b>PEN 120/150</b>
<b>Fecha</b>	<b>13/11/01</b>

<b>Certificado N°</b>	<b>VD-06</b>
<b>Hecho por</b>	<b>CNJTO.</b>

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>			
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	40.290			
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	51.540			
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870			
5	Peso Específico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010			
6	Peso Específico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608			
7	Peso Específico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708			
8	Peso Específico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587			
9	Peso Específico aparente del agregado fino	2.699	2.699			
10	Peso Específico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540			
11	Altura promedio de la briqueta					
12	Peso de la Briqueta al aire [gr]	1196.8	1188.4			
13	Peso de la Briqueta + parafina en el aire [gr]	1207.0	1198.9			
14	Peso de Briqueta mas parafina en el agua [gr]	679.9	671.8			
15	Volúmen de la Briqueta más parafina - (13-14) [cc]	527.1	527.1			
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	10.2	10.5			
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	11.860	12.209			
18	Volúmen de la Briqueta por desplazamiento = (15-17) [cc]	515.240	514.891			
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	515.240	514.891			
21	Peso Específico Bulk de la Briqueta = (12)/(18) [gr/cc]	2.323	2.308			2.316
22	Peso Específico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430			
23	Peso Específico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595			
24	Peso Específico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699			
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	83.879	83.337			
26	Peso Específico efectivo del agregado total =GSE =(100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.684	2.684			
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.291	1.291			
28	% de Asfalto Efectivo = ((1)-((27)/100)x{100-(1)})/({100-((27)/100)x{100-(1)}})*100	5.153	5.153			
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	11.852	11.775			
30	% Vacíos = (100 x (22-21))/22	4.403	5.021			4.712
31	% Vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	16.121	16.663			16.392
32	% Vacíos llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	73.519	70.666			72.093
33	Flujo [mm]	3	3			3.0
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	615.0	598.0			
35	Factor Corrección	1.00	1.00			
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	615	598			607
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	2050	1993			2022
38	Número de Golpes por cara	50	50			

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

**Graficos ENERGIA VARIABLE vs OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO**  
**50 golpes**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**  
**METODO MARSHALL ASTM D-1559**

**OBRA: CARRETERA CUSCO - ABANCAY** **TRAMO: IV OCCORURO-ABANCAY**

Asfalto	PEN 120/150
Fecha	10/11/99

Certificado N°	VD-07
Hecho por	CNJTO.

ITEM	BRIQUETA N°					
	1	2	3	4	Promedio	
1	% Asfalto en peso de la mezcla	6.30	6.30	6.30		
2	% Agregado grueso N° 1 en peso de la mezcla	40.290	40.290	40.290		
3	% Agregado fino N° 2 en peso de la mezcla	51.540	51.540	51.540		
4	% En filler en peso de la mezcla	1.870	1.870	1.870		
5	Peso Específico aparente del C.A. [gr/cc]	1.010	1.010	1.010		
6	Peso Específico Bulk del Agregado Grueso [gr/cc]	2.608	2.608	2.608		
7	Peso Específico aparente del Agregado Grueso	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Específico Bulk del Agregado Fino [gr/cc]	2.587	2.587	2.587		
9	Peso Específico aparente del agregado fino	2.699	2.699	2.699		
10	Peso Específico aparente del Filler [gr/cc]	2.540	2.540	2.540		
11	Altura promedio de la briketa					
12	Peso de la Briketa al aire [gr]	1186.3	1191.8	1188.4		
13	Peso de la Briketa + parafina en el aire [gr]	1194.6	1199.7	1196.4		
14	Peso de Briketa mas parafina en el agua [gr]	683.1	687.2	684.6		
15	Volúmen de la Briketa más parafina - (13-14) [cc]	511.5	512.5	511.8		
16	Peso de la Parafina = (13)-(12) [gr]	8.3	7.9	8.0		
17	Volumen de la Parafina = (16)/P.E. de la Parafina [cc]	9.651	9.186	9.302		
18	Volúmen de la Briketa por desplazamiento = (15-17) [cc]	501.849	503.314	502.498		
19	Volúmen geométrico = (11) x 81.07					
20	Volúmen adoptado [cc]	501.849	503.314	502.498		
21	Peso Específico Bulk de la Briketa = (12)/(18) [gr/cc]	2.364	2.368	2.365		2.366
22	Peso Específico máximo ASTM D 2041 [gr/cc]	2.430	2.430	2.430		
23	Peso Específico Bulk agregado total = (100-(1))/(2/6+3/8+4/10) [gr/cc]	2.595	2.595	2.595		
24	Peso Específico apar. del agreg. Total = (100-(1))/(2/7+3/9+4/10)	2.699	2.699	2.699		
25	Volúmen Agregado = (2)+(3)+(4) x (21)/(23) [cc]	85.359	85.504	85.395		
26	Peso Específico efectivo del agregado total =GSE=(100-(1))/((100/22)-(1/5))	2.684	2.684	2.684		
27	% de absorción = 100(26-23)/(26x23)x5	1.291	1.291	1.291		
28	% de Asfalto Efectivo = {(1)-[(27)/100]x[100-(1)]}/[100-{(27)/100}x[100-(1)]]*100	5.153	5.153	5.153		
29	Volúmen de Asfalto Efectivo = (28x21)/(5) [cc]	12.061	12.081	12.066		
30	% Vacíos = (100 x (22-21))/22	2.716	2.551	2.675		2.647
31	% Vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) = 100-(25)	14.641	14.496	14.605		14.581
32	% Vacíos llenados con asfalto (V.F.A.) = (29/31) x 100	82.378	83.34	82.616		82.778
33	Flujo [mm]	3.1	3.3	3.2		3.2
34	Estabilidad sin corregir [Kg]	707.0	688.0	693.0		
35	Factor Corrección	1.04	1.04	1.04		
36	Estabilidad corregida = (34 x 35) [Kg-f]	735	716	721		724
37	Factor rigidez = (36/33)x100 [Kg-f/cm]	2371	2170	2253		2265
38	Número de Golpes por cara	75	75	75		

OBSERVACIONES: P.e. Parafina = 0.86 gr/cc

**Graficos ENERGIA VARIABLE vs OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO**  
**75 golpes**

## **Anexo 5.a**

# **Informe de Inspección a la Planta de Asfalto**

**INFORME SOBRE INSPECCION PRELIMINAR  
DE LA PLANTA DE ASFALTO**

PROYECTO CARRET. CUSCO-ABANCAY TRAMO IV UBICACIÓN ABANCAY FECHA NOVIEMBRE 1999

**INFORME SOBRE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES**

**1. TIPO DE PLANTA**

BACHEO \_\_\_\_\_ CONTINUA X PERMANENTE \_\_\_\_\_ PORTATIL X  
 MARCA CEDARAPIDS MODELO O NUMERO DE SERIE S P L 5 4 2 6  
 CONDICION GENERAL EXCELENTE

**2. RUMAS DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES**

NUMERO	TAMAÑO AGREGADO	TIPO DE ALIMENTADOR	OBSERVACIONES	A	B
<u>1</u>	<u>3/4" N° 4</u>	_____	_____	<u>X</u>	
<u>2</u>	<u>3/8" N° 200</u>	_____	_____	<u>X</u>	
_____	_____	_____	_____		
_____	_____	_____	_____		
_____	_____	_____	_____		

PROCEDENCIA DE AGREGADO \_\_\_\_\_

PIEDRA CANTERA Km 150 + 080

ARENA CANTERA Km 150 + 080

DIVISION ENTRE RUMAS ADECUADAS X INADECUADAS \_\_\_\_\_

TRASLADO DE MATERIAL DE RUMA A PLANTA TRACTOR \_\_\_\_\_ CARGADOR X

OBSERVACIONES LAS RUMAS SE ENCUENTRAN SEPARADAS  
EN CANCHA

**3. SECADOR**

MARCA ADM MODELO \_\_\_\_\_

TAMAÑO Diametro 1.40 m. X Longitud 7.30 m.

COMBUSTIBLE DIESEL 2 TIPO DE QUEMADOR HAUCK

CAPACIDAD 60 ton / hora

OBSERVACIONES EL QUEMADOR TIENE ENCENDIDO AUTOMATICO MEDIANTE "PILOTO" A GAS.

SECADOR - MEZCLADOR ( DRUM MIXER )

SISTEMA INDICADOR DE CALENTAMIENTO

MARCA HONEYWELL TEMPERATURA LIMITE 400 °F GRADUACION CADA 10 °F

REGULABLE SI TIEMPO REQUERIDO PARA  $\Delta = \pm 10^{\circ}\text{C}$  01 min.

LOCALIZACION DE SENSOR TERMOCUPLA EN DUCTO DE SALIDA

DE GASES Y DESCARGA DE MEZCLA

ASFALTICA

**4. COLECTOR DE POLVO**

MARCA ADM TIPO DEPURADOR HUMEDO

CONTROL DE RETORNO NO EXISTE

OBSERVACIONES LOS FINOS SE COLECTAN EN UNA POZA DE

SEDIMENTACION Y LUEGO SE ELIMINAN

**5. TOLVAS DE ALMACENAMIENTO Y ZARANDAS (AGREGADOS CALIENTES)**

CONDICIONES DE CHUTE

TOLVA NUMERO \_\_\_\_\_ ABERTURA ZARANDA \_\_\_\_\_ AREA \_\_\_\_\_ TAMAÑO DE AGREGADO \_\_\_\_\_ DE DESFOGUE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MATERIAL SOBRECARRREADO N° 8 : TOLVA N° 2 \_\_\_\_\_ % TOLVA N° 3 \_\_\_\_\_ % TOLVA N° 4 \_\_\_\_\_ %

**6. BALANZAS**

MODELO \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_ CAPACIDAD \_\_\_\_\_ GRADUACION \_\_\_\_\_  
 AGREGADOS \_\_\_\_\_  
 ASFALTO \_\_\_\_\_  
 CAMIONES \_\_\_\_\_

A	B

ENSAYOS TOLVA DE DESCARGA (\*) \_\_\_\_\_  
 ERROR PERMISIBLE DE PESADA : PESO PLANTA vs PESO PLATAFORMA \_\_\_\_\_  
 NUMERO DE ENSAYOS STANDARD ( 50 lb) \_\_\_\_\_

A	B

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**7. AMASADOR**

MODELO \_\_\_\_\_ CAPACIDAD \_\_\_\_\_  
 CONDICION DE AMASADOR Y PALETAS \_\_\_\_\_  
 SISTEMA DE ENCENDIDO \_\_\_\_\_  
 MARCA \_\_\_\_\_ EXACTITUD \_\_\_\_\_ seg.  
 TIPO DE SEÑAL \_\_\_\_\_ SINCRONIZACION SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**8. TERMOMETRO DE LINEA DE ASFALTO**

MODELO HONEYWELL LIMITES 400 °F GRADUACION 10 °F  
 UBICACIÓN TERMOCUPLA EN TANQUE DE ASFALTO

**9. TANQUES DE ASFALTO**

NUMERO Y CAPACIDADES 4 X 1,000 GALONES  
 INGRESO DE TUBERIA DE RETORNO - ARRIBA \_\_\_\_\_ DEBAJO X \_\_\_\_\_ DEL NIVEL DE ASFALTO  
 METODO DE CALENTAMIENTO TRANSFERENCIA DE CALOR  
 TANQUES CALIBRADOS SI X NO \_\_\_\_\_ APAGADO AUTOMATICO DE PLANTA X

A	B
X	
X	
X	

**10. SISTEMA DE ALARMA EN TOLVAS**

TIPO BUZZER APAGADO AUTOMATICO SI X NO \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES SWITCH EN DECARGA DE TOLVAS

A	B
X	

**11. MEDIDOR DE ASFALTO (\*)**

MODELO DIGITAL ELECTRONICO (LTS / MIN)  
 TUBERIAS Y BOMBAS ENCHAQUETADAS SI X NO \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES BOMBA DE ASFALTO CON SISTEMA DE VELOCIDAD VARIABLE

A	B
X	
X	

**12. AUTOMATIZACION DE LA ALIMENTACION DE AGREGADOS (\*)**

MECANICO \_\_\_\_\_ ELECTRICO X SINCRONIZADOR CON BOMBA SI X NO \_\_\_\_\_  
 CONTADOR DE REVOLUCIONES \_\_\_\_\_ LECTURAS A \_\_\_\_\_ REV.  
 OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

A	B
X	

**13. FACILIDADES PARA MUESTREOS**

DE LA TOLVA DE AGREGADOS \_\_\_\_\_ NO  
 TIPO DE EQUIPO PARA MUESTREO \_\_\_\_\_  
 DEL AMASADOR \_\_\_\_\_ NO  
 DE LOS TANQUES DE ASFALTO \_\_\_\_\_ SI

**14. INFORMACION ADICIONAL Y OBSERVACIONES**

DESCARGA DEL ASFALTO DE LA CISTERNA DEL  
 TRANSPORTISTA A LOS TANQUES ESTACIONARIOS  
 MEDIANTE BOMBA DE TRASIEGO DE 2" (diam)

(\*) PERTINENTE SOLO A PLANTAS DISCONTINUAS  
 A CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES  
 B NO CUMPLES CON LAS ESPECIFICACIONES

**Anexo 6.a**

**Presupuesto Oferta y  
Análisis de Precios Unitarios**

**Presupuesto**

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Cliente IVAN ABEL PAEZ TEMBLADERA

Tarjeta 0001 Costo al 20/08/2001

Departamento APURIMAC Provincia ABANCAY

Distrito ABANCAY

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
1.00	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>						
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	342,186.24	342,186.24		
1.02	ROCE Y LIMPIEZA (REND. 1.0 HA/DIA)	HA	12.62	464.86	5,866.53		
1.03	TRASLADO DE POSTES	UND	29.00	2,163.72	62,747.88		410,800.65
2.00	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
2.01	CORTE EN EXPLANACIONES	M3	801,982.60	2.89	2,317,729.71		
2.02	CORTE PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO NATURAL	M3	12,085.82	2.36	28,522.54		
2.03	RELLENO PARA SUBRASANTE CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	123,643.12	7.97	985,435.67		
2.04	ESCARIFICADO Y REGULARIZACION DE SUBRASANTE	M3	43,538.63	0.47	20,463.16		
2.05	REMOCION DE DERRUMBES RENDIMIENTO=300 M3/DIA	M3	39,250.00	2.39	93,807.50		
2.06	EXCAVACION PARA PRESTAMO DE CANTERA	M3	17,144.92	3.56	61,035.92		3,506,994.50
3.00	<b>PAVIMENTOS</b>						
3.01	SUB - BASE (e=15 cm)	M3	68,542.69	21.16	1,450,363.32		
3.02	BASE GRANULAR (e=20 cm)	M3	95,803.05	23.02	2,205,386.21		
3.03	IMPRIMACION	M2	453,801.31	0.31	140,678.41		
3.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE (e=5 cm)	M3	17,813.37	50.83	905,453.60		
3.05	BASE GRANULAR EN BERMAS	M3	2,458.20	23.02	56,587.76		
3.06	ASFALTO LIQUIDO RC-250	GLN	227,424.03	1.31	297,925.48		
3.07	ASFALTO SOLIDO PEN 85/100	GLN	317,586.85	1.15	365,224.88		
3.071	ASFALTO SOLIDO PEN 120/150	GLN	300,588.75	1.15	345,677.06		
3.08	FILLER	TON	1,046.54	222.11	232,447.00		
3.09	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	M2	92,694.00	1.67	154,798.98		6,154,542.70
4.00	<b>TRANSPORTE</b>						
4.01	TRANSPORTE DE MATERIAL HASTA 1 KM	M3K	292,764.62	0.75	219,573.47		
4.02	TRANSPORTE DE MATERIAL DESPUES DE 1 KM	M3K	1,557,915.35	0.44	685,482.75		
4.03	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1 KM	M3K	17,813.37	1.34	23,869.92		
4.04	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA DESPUES DE 1 KM	M3K	309,504.97	0.47	145,467.34		1,074,393.48
5.00	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>						
5.01	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	M3	32,398.78	5.13	166,205.74		
5.02	RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS	M3	12,765.68	8.18	104,423.26		
5.03.1	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO ELEVACIONES	M2	23,968.27	10.32	247,352.55		
5.03.2	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO CIMENTACIONES	M2	4,305.70	7.90	34,015.03		
5.04	ACERO DE REFUERZO	KG	50,053.98	0.86	43,046.42		
5.05.1	CONCRETO F'C=140KG/CM2 +30 % P.G.	M3	14,690.50	56.32	827,368.96		
5.05.2	CONCRETO F'C=140KG/CM2	M3	1,052.42	73.06	76,889.81		
5.05.3	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3	646.32	84.66	54,717.45		
5.06.1	ALCANTARILLA METALICA TMC 0=48"	M	69.66	178.46	12,431.52		
5.06.2	ALCANTARILLA METALICA TMC 0=36"	M	2,157.03	125.43	270,556.27		
5.07	CUNETAS REVESTIDAS	M	62,841.78	10.40	653,554.51		
5.08	ZANJA DE CORONACION	M	840.00	3.21	2,696.40		
5.09	REUBICACION DE CANALES	M3	188.50	1.44	271.44		
5.10	REVESTIMIENTO DE CANALES	M	50.00	53.72	2,686.00		
5.11	ALIVIADEROS PARA ALCANTARILLAS	M2	2,575.95	16.48	42,451.66		
5.12	SUB DRENES	M	660.00	35.21	23,238.60		
5.13	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	M3	533.28	14.04	7,487.25		
5.14	TUBERIA DE DESAGUE EN MUROS	M	2,721.50	5.34	14,532.81		
5.15	REVESTIMIENTO POROSO	M3	3,019.39	22.24	67,151.23		2,651,076.91
6.00	<b>SEÑALIZACION</b>						
6.01	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	1,025.00	147.03	150,705.75		



**Presupuesto**

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Cliente IVAN ABEL PAEZ TEMBLADERA

Departamento APURIMAC

Provincia ABANCAY

Tarjeta 0001 Costo al

20/08/2001

Distrito ABANCAY

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
6.02	SEÑALES INFORMATIVAS	UND	22.00	929.17	20,441.74		
6.03	SEÑALES REGLAMENTARIAS	UND	44.00	164.83	7,252.52		
6.04	HITOS DE KILOMETRAJE	UND	52.00	29.95	1,557.40		
6.05	GUARDAVIAS (INCLUYE TERMINAL)	M	2,978.00	40.55	120,757.90		
6.06.1	ELEMENTOS REFLECTIVOS BIDIRECCIONALES - TACHAS	UND	1,022.00	3.77	3,852.94		
6.07	MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO	M2	20,264.75	3.81	77,208.70		381,776.95
7.00	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>						
7.01	ACOMODO DE MATERIAL EN BOTADEROS	M3	645,070.57	0.61	393,493.05		
7.02.1	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA ACOMODO EN M3K BOTADEROS HASTA 1 KM	EN M3K	645,070.57	0.75	483,802.93		
7.02.2	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA ACOMODO EN M3K BOTADEROS A MAS DE 1 KM	EN M3K	2,502,003.57	0.26	650,520.93		
7.03	TALA Y REPOSICION DE ARBOLES AFECTADOS	UND	2,105.00	13.00	27,365.00		1,555,181.91
	COSTO DIRECTO						15,734,767.10
	GASTOS GENERALES 12.62730092%						1,986,876.39
	UTILIDAD 7.55319791%						1,188,478.10
	SUBTOTAL						18,910,121.59
	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS 18%						3,403,821.89
	TOTAL						22,313,943.48

**SON : VEINTIDOS MILLONES TRESCIENTOS TRECE MIL NOVECIENTOS CUARENTITRES Y 48/100 DOLARES AMERICANOS**

**Análisis de precios unitarios**

<b>Obra</b>	0491001	CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV					
<b>Fórmula</b>	01	PRESUPUESTO OFERTA					<b>Fecha</b> 20/08/2001
<b>Partida</b>	1.01	0400020001		MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS			
<b>Rendimiento</b>		GLB/DIA				<b>Costo unitario directo por : GLB</b>	342,186.24
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH		4,800.0000	2.78	13,344.00	13,344.00
	<b>Equipos</b>						
481382	CAMION 30 TON.	DIA		140.0000	1,135.95	159,033.00	
481383	CAMION CAMA BAJA 30 TON.	TON		240.0000	108.19	25,965.60	
481384	CAMION TRAYLER 30 TON.	TON		1,800.0000	75.73	136,314.00	
491201	CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON.	DIA		24.0000	43.27	1,038.48	
491812	GRUA HIDRAULICA AUTOP. 155HP 35TON-9.6M.	DIA		12.0000	540.93	6,491.16	328,842.24
<b>Partida</b>	1.02	9701060226		ROCE Y LIMPIEZA (REND. 1.0 HA/DIA)			
<b>Rendimiento</b>		1.000 HA/DIA				<b>Costo unitario directo por : HA</b>	464.86
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	10.00	80.0000	2.49	199.20	199.20
	<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	199.20	5.98	
490903	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	HM	1.00	8.0000	32.46	259.68	265.66
<b>Partida</b>	1.03	1102010203		TRASLADO DE POSTES			
<b>Rendimiento</b>		0.500 UND/DIA				<b>Costo unitario directo por : UND</b>	2,163.72
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Materiales</b>						
300014	REUBICACION DE POSTES	UND		1.0000	2,163.72	2,163.72	2,163.72
<b>Partida</b>	2.01	0303030103		CORTE EN EXPLANACIONES			
<b>Rendimiento</b>		M3/DIA				<b>Costo unitario directo por : M3</b>	2.89
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Insumos Partida</b>						
910157	CORTE EN MATERIAL SUELTO	M3		0.5645	1.98	1.12	
910158	CORTE EN ROCA SUELTA	M3		0.4061	2.76	1.12	
910159	CORTE EN ROCA FIJA	M3		0.0294	14.72	0.43	
910162	RELLENO PROPIO COMPENSADO	M3		0.0593	3.26	0.19	
910163	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE	M2		0.0543	0.47	0.03	2.89







## Análisis de precios unitarios

Obra	0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV			Fecha	20/08/2001	
Fórmula	01 PRESUPUESTO OFERTA					
<b>Partida</b>	<b>3.05</b>	<b>9701031107</b>	<b>BASE GRANULAR EN BERMAS</b>	<b>Costo unitario directo por : M3</b>		<b>23.02</b>
<b>Rendimiento</b>	<b>180.000</b>	<b>M3/DIA</b>				
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0444	3.09	0.14
470104	PEON	HH	8.00	0.3556	2.49	0.89
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.03	0.03
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	1.00	0.0444	32.46	1.44
490309	RODILLO LISO VIBR AUTOP 136-170HP 15-17T	HM	1.00	0.0444	39.67	1.76
490903	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	HM	1.00	0.0444	32.46	1.44
<b>Insumos Partida</b>						
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3		1.2500	0.87	1.09
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3		1.2500	12.98	16.23
<b>17.32</b>						
<b>Partida</b>	<b>3.06</b>	<b>0401910013</b>	<b>ASFALTO LIQUIDO RC-250</b>	<b>Costo unitario directo por : GLN</b>		<b>1.31</b>
<b>Rendimiento</b>		<b>GLN/DIA</b>				
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Materiales</b>						
130113	ASFALTO RC-250	GLN		1.0150	0.71	0.72
320054	FLETE TERRESTRE LIMA-ABANCAY (RC-250)	GLN		1.0150	0.58	0.59
<b>1.31</b>						
<b>Partida</b>	<b>3.07</b>	<b>0401910014</b>	<b>ASFALTO SOLIDO PEN 85/100</b>	<b>Costo unitario directo por : GLN</b>		<b>1.15</b>
<b>Rendimiento</b>		<b>GLN/DIA</b>				
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Materiales</b>						
130165	CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100	GLN		1.0100	0.55	0.56
320055	FLETE TERRESTRE LIMA-ABANCAY (PEN)	GLN		1.0100	0.58	0.59
<b>1.15</b>						
<b>Partida</b>	<b>3.071</b>	<b>0401910015</b>	<b>ASFALTO SOLIDO PEN 120/150</b>	<b>Costo unitario directo por : GLN</b>		<b>1.15</b>
<b>Rendimiento</b>		<b>GLN/DIA</b>				
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Materiales</b>						
130166	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	GLN		1.0100	0.55	0.56
320055	FLETE TERRESTRE LIMA-ABANCAY (PEN)	GLN		1.0100	0.58	0.59
<b>1.15</b>						

## Análisis de precios unitarios

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV  
Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

Partida 3.08 0302010102 FILLER  
Rendimiento 30.000 TON/DIA Costo unitario directo por : TON 222.11

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	2.00	0.5333	2.49	1.33
						1.33
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		38.0000	5.81	220.78
						220.78

Partida 3.09 0404951011 TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA  
Rendimiento 1,500.000 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 1.67

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0053	3.09	0.02
470104	PEON	HH	4.00	0.0213	2.49	0.05
						0.07
<b>Materiales</b>						
340003	GAS PROPANO (BIDON GRANDE)	UND		0.0005	27.95	0.01
530000	KEROSENE INDUSTRIAL	GLN		0.5500	1.01	0.56
						0.57
<b>Equipos</b>						
490190	BARREDORA MECANICA	HM	0.50	0.0027	14.42	0.04
490208	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM	HM	0.50	0.0027	14.42	0.04
490361	TRACTOR DE TIRO MF 265 DE 63 HP	HM	0.50	0.0027	16.23	0.04
490530	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	HM	1.00	0.0053	10.82	0.06
491112	RODILLO NEUMAT.AUTOP.81-100 HP	HM	1.00	0.0053	24.92	0.13
491136	RODILLO TANDEM 8 A 10 TN.	HM	1.00	0.0053	14.69	0.08
						0.39
<b>Insumos Partida</b>						
910164	EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA	M3		0.0250	2.85	0.07
910168	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (SUB BASE)	M3		0.0250	1.63	0.04
910171	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL 3/8"	M3		0.0250	21.30	0.53
						0.64

Partida 4.01 9701020612 TRANSPORTE DE MATERIAL HASTA 1 KM  
Rendimiento 438.462 M3K/DIA Costo unitario directo por : M3K 0.75

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0182	2.78	0.05
						0.05
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	1.00	0.0182	38.23	0.70
						0.70





## Análisis de precios unitarios

Obra	0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV						
Fórmula	01 PRESUPUESTO OFERTA						Fecha 20/08/2001
Partida	5.03.1	9701040203	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ELEVACIONES				
Rendimiento	10.000	M2/DIA	Costo unitario directo por : M2				10.32
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.8000	3.09	2.47	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.8000	2.78	2.22	
470104	PEON	HH	1.00	0.8000	2.49	1.99	
						<b>6.68</b>	
<b>Materiales</b>							
020008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	0.88	0.18	
020105	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2000	0.88	0.18	
450101	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	P2		3.5000	0.88	3.08	
						<b>3.44</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.68	0.20	
						<b>0.20</b>	
Partida	5.03.2	9701040204	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIMENTACIONES				
Rendimiento	15.000	M2/DIA	Costo unitario directo por : M2				7.90
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.5333	3.09	1.65	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.5333	2.78	1.48	
470104	PEON	HH	1.00	0.5333	2.49	1.33	
						<b>4.46</b>	
<b>Materiales</b>							
020008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	0.88	0.18	
020105	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2000	0.88	0.18	
450101	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	P2		3.3500	0.88	2.95	
						<b>3.31</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.46	0.13	
						<b>0.13</b>	
Partida	5.04	0401040816	ACERO DE REFUERZO				
Rendimiento	250.000	KG/DIA	Costo unitario directo por : KG				0.86
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0320	3.09	0.10	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0320	2.78	0.09	
						<b>0.19</b>	
<b>Materiales</b>							
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0600	0.88	0.05	
030032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO	KG		1.0500	0.55	0.58	
						<b>0.63</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	0.19	0.00	
370319	CIZALLA P/IERRO CONST. HASTA 1"	HM	1.00	0.0320	1.10	0.04	
						<b>0.04</b>	

## Análisis de precios unitarios

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

<b>Partida</b>	5.05.1	0510010106	CONCRETO F'C=140KG/CM2 + 30 % P.G.			
<b>Rendimiento</b>	20.000	M3/DIA		<b>Costo unitario directo por : M3</b>		56.32

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.4000	2.78	1.11
470104	PEON	HH	7.00	2.8000	2.49	6.97
						<b>9.32</b>
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		5.5000	5.81	31.96
						<b>31.96</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		8.0000	9.32	0.75
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.4000	6.74	2.70
						<b>3.45</b>
<b>Insumos Partida</b>						
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3		0.6700	0.87	0.58
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3		0.6700	12.98	8.70
910172	PIEDRA MAX. 8"	M3		0.3900	5.92	2.31
						<b>11.59</b>

<b>Partida</b>	5.05.2	0510010107	CONCRETO F'C=140KG/CM2			
<b>Rendimiento</b>	20.000	M3/DIA		<b>Costo unitario directo por : M3</b>		73.06

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.8000	2.78	2.22
470104	PEON	HH	7.00	2.8000	2.49	6.97
						<b>10.43</b>
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0800	5.81	41.13
						<b>41.13</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	10.43	0.21
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.4000	1.47	0.59
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.4000	6.74	2.70
						<b>3.50</b>
<b>Insumos Partida</b>						
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3		1.3000	0.87	1.13
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3		1.3000	12.98	16.87
						<b>18.00</b>

<b>Partida</b>	5.05.3	0510010108	CONCRETO F'C=210 KG/CM2			
<b>Rendimiento</b>	20.000	M3/DIA		<b>Costo unitario directo por : M3</b>		84.66

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.8000	2.78	2.22
470104	PEON	HH	6.00	2.4000	2.49	5.98
						<b>9.44</b>
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.2500	5.81	53.74
						<b>53.74</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	9.44	0.19
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.4000	1.47	0.59
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.4000	6.74	2.70
						<b>3.48</b>
<b>Insumos Partida</b>						

## Análisis de precios unitarios

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV  
Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3	1.3000	0.87	1.13
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3	1.3000	12.98	16.87
					<b>18.00</b>

Partida 5.06.1 9701042302 ALCANTARILLA METALICA TMC 0=48"  
Rendimiento 8.000 M/DIA Costo unitario directo por : M 178.46

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	1.00	1.0000	2.78	2.78
470104	PEON	HH	6.00	6.0000	2.49	14.94
<b>Materiales</b>						
091248	ALCANTARILLA METALICA 0=48" C=12	M		1.0000	123.69	123.69
130113	ASFALTO RC-250	GLN		1.0000	0.71	0.71
320054	FLETE TERRESTRE LIMA-ABANCAY (RC-250)	GLN		1.0000	0.58	0.58
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	17.72	0.53
481351	CAMION BARANDA 3 TON.	HM	0.10	0.1000	33.05	3.31
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	0.10	0.1000	43.27	4.33
<b>Insumos Partida</b>						
910175	RELLENO PARA ALCANTARILLAS	M3		2.2000	12.54	27.59
						<b>27.59</b>

Partida 5.06.2 9701042303 ALCANTARILLA METALICA TMC 0=36"  
Rendimiento 10.000 M/DIA Costo unitario directo por : M 125.43

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.8000	2.78	2.22
470104	PEON	HH	6.00	4.8000	2.49	11.95
<b>Materiales</b>						
091436	ALCANTARILLA METALICA 0=36" C=14	M		1.0000	78.62	78.62
130113	ASFALTO RC-250	GLN		0.8000	0.71	0.57
320054	FLETE TERRESTRE LIMA-ABANCAY (RC-250)	GLN		0.8000	0.58	0.46
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	14.17	0.43
481351	CAMION BARANDA 3 TON.	HM	0.10	0.0800	33.05	2.64
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	0.10	0.0800	43.27	3.46
<b>Insumos Partida</b>						
910175	RELLENO PARA ALCANTARILLAS	M3		2.0000	12.54	25.08
						<b>25.08</b>

**Análisis de precios unitarios**

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

Partida	5.07	0303030104	CUNETAS REVESTIDAS			Costo unitario directo por : M	10.40
Rendimiento	90.000	M/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	3.00	0.2667	3.09	0.82	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0889	2.78	0.25	
470104	PEON	HH	7.00	0.6222	2.49	1.55	
							<b>2.62</b>
<b>Materiales</b>							
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		0.8400	5.81	4.88	
450101	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	P2		0.2000	0.88	0.18	
							<b>5.06</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.62	0.08	
481401	DUMPER DE 1 M3	HM	1.00	0.0889	4.33	0.38	
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.0889	6.74	0.60	
							<b>1.06</b>
<b>Insumos Partida</b>							
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3		0.1200	0.87	0.10	
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3		0.1200	12.98	1.56	
							<b>1.66</b>

Partida	5.08	9701040107	ZANJA DE CORONACION			Costo unitario directo por : M	3.21
Rendimiento	6.500	M/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470104	PEON	HH	1.00	1.2308	2.49	3.06	
							<b>3.06</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.06	0.15	
							<b>0.15</b>

Partida	5.09	1101010403	REUBICACION DE CANALES			Costo unitario directo por : M3	1.44
Rendimiento	300.000	M3/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470104	PEON	HH	1.00	0.0267	2.49	0.07	
							<b>0.07</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.07	0.00	
490422	RETROEXCAVADOR S/ORUGA 80-110HP 0.5-1.3Y	HM	1.00	0.0267	51.42	1.37	
							<b>1.37</b>

## Análisis de precios unitarios

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

Partida	5.10	9701042912	REVESTIMIENTO DE CANALES				
Rendimiento	15.000	M/DIA	Costo unitario directo por : M				53.72
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	2.00	1.0667	3.09	3.30	
470103	OFICIAL	HH	2.00	1.0667	2.78	2.97	
470104	PEON	HH	6.00	3.2000	2.49	7.97	
<b>Insumos Partida</b>							
910147	ACERO DE REFUERZO	KG		8.8400	0.82	7.25	
910176	CONCRETO FC=140 KG/CM2 DE REVESTIMIENTO	M3		0.2250	62.16	13.99	
910178	ENCOFRADO	M2		2.3000	7.93	18.24	
<b>39.48</b>							

Partida	5.11	9701042304	ALIVIADEROS PARA ALCANTARILLAS				
Rendimiento	36.000	M2/DIA	Costo unitario directo por : M2				16.48
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.2222	3.09	0.69	
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.4444	2.78	1.24	
470104	PEON	HH	8.00	1.7778	2.49	4.43	
<b>Materiales</b>							
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		1.1250	5.81	6.54	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.36	0.19	
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	0.10	0.0222	32.46	0.72	
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.20	0.0444	6.74	0.30	
<b>Insumos Partida</b>							
910164	EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA	M3		0.1500	2.85	0.43	
910166	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL GRANULAR	M3		0.1500	6.42	0.96	
910172	PIEDRA MAX. 8"	M3		0.1500	5.92	0.89	
910181	CARGUIO MATERIAL A PREPARAR	M3		0.1500	0.63	0.09	
<b>2.37</b>							

Partida	5.12	1132020102	SUB DRENES				
Rendimiento	80.000	M/DIA	Costo unitario directo por : M				35.21
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Materiales</b>							
040110	ARCILLA IMPERMEABILIZANTE	M3		0.1800	9.74	1.75	
690051	TUBERIA REMACHADA Y PERFORADA DE 8 1/2"	M		1.0000	16.23	16.23	
<b>Equipos</b>							
490422	RETROEXCAVADOR S/ORUGA 80-110HP 0.5-1.3Y	HM	1.00	0.1000	51.42	5.14	
<b>Insumos Partida</b>							
910164	EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA	M3		0.7000	2.85	2.00	
910169	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL P/CARPETA	M3		0.7000	12.83	8.98	
910170	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (A,P)	M3		0.7000	1.58	1.11	
<b>12.09</b>							

## Análisis de precios unitarios

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

Partida	5.13	0508010102	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS			
Rendimiento	20.000	M3/DIA		Costo unitario directo por : M3		14.04

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	2.00	0.8000	2.49	1.99
						1.99
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.99	0.10
379904	PUNTA ACERO EXAGONAL ROMPE PAVIMENTO	PZA	0.10	0.0050	134.15	0.67
490208	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM	HM	1.00	0.4000	14.42	5.77
490611	MARTILLO NEUMATICO 24 KG C/CINCEL-ACCS	HM	2.00	0.8000	6.89	5.51
						12.05

Partida	5.14	0325030204	TUBERIA DE DESAGUE EN MUROS			
Rendimiento	20.000	M/DIA		Costo unitario directo por : M		5.34

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	2.00	0.8000	2.49	1.99
						1.99
<b>Materiales</b>						
690199	TUB.CSN ESFIGE Y CAMP.UNION FLEX.6"X1.00	M		1.0000	3.25	3.25
						3.25
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.99	0.10
						0.10

Partida	5.15	9701042913	REVESTIMIENTO POROSO			
Rendimiento	12.000	M3/DIA		Costo unitario directo por : M3		22.24

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	3.00	2.0000	2.49	4.98
						4.98
<b>Insumos Partida</b>						
910164	EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA	M3		1.0000	2.85	2.85
910169	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL P/CARPETA	M3		1.0000	12.83	12.83
910170	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (A,P)	M3		1.0000	1.58	1.58
						17.26

Partida	6.01	0400040011	SEÑALES PREVENTIVAS			
Rendimiento	30.000	UND/DIA		Costo unitario directo por : UND		147.03

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	2.00	0.5333	3.09	1.65
470104	PEON	HH	60.00	16.0000	2.49	39.84
						41.49
<b>Materiales</b>						
031102	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENS.	P2		4.5387	6.64	30.14
						30.14
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	41.49	2.07
481002	CAMIONETA 1 TN	HM	0.10	0.0267	5.51	0.15
						2.22
<b>Insumos Partida</b>						
910182	INSTALACION DE POSTE 3 MTS.	UND		1.0000	20.89	20.89
910184	POSTE CONCRETO 3 MTS.	UND		1.0000	34.45	34.45
910185	PLACA FIBRA/VIDRIO 4 MM	M2		0.3000	51.61	15.48
910186	REFUERZO METALICO	UND		1.0000	2.36	2.36

**Análisis de precios unitarios**

Obra 0491001 CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula 01 PRESUPUESTO OFERTA

Fecha 20/08/2001

73.18

Partida	6.02	0400040012	SEÑALES INFORMATIVAS				
Rendimiento	4.000	UND/DIA	Costo unitario directo por : UND				929.17
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	2.0000	3.09	6.18	
470103	OFICIAL	HH	1.00	2.0000	2.78	5.56	
470104	PEON	HH	2.00	4.0000	2.49	9.96	
<b>21.70</b>							
<b>Materiales</b>							
021210	SOPORTE DE SEÑAL INFORMATIVA 14 ML	UND		1.0000	452.36	452.36	
021331	EXCAVACION Y CIMENTACION S. INFORMATIVAS	UND		1.0000	103.86	103.86	
031102	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENS.	P2		13.0000	6.64	86.32	
031103	LAMINA REFLECTIVA GRADO INGEN.	P2		26.0000	2.88	74.88	
<b>717.42</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	21.70	1.09	
481002	CAMIONETA 1 TN	HM	0.10	0.2000	5.51	1.10	
<b>2.19</b>							
<b>Insumos Partida</b>							
910185	PLACA FIBRA/VIDRIO 4 MM	M2		3.6400	51.61	187.86	
<b>187.86</b>							

Partida	6.03	0400040013	SEÑALES REGLAMENTARIAS				
Rendimiento	7.000	UND/DIA	Costo unitario directo por : UND				164.83
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	1.1429	3.09	3.53	
470103	OFICIAL	HH	1.00	1.1429	2.78	3.18	
470104	PEON	HH	3.00	3.4286	2.49	8.54	
<b>15.25</b>							
<b>Materiales</b>							
024691	PERNO COCHE 5/16" X 6" GALV. C/T Y A	UND		2.2620	0.73	1.65	
031102	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENS.	P2		8.5000	6.64	56.44	
<b>58.09</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	15.25	0.76	
<b>0.76</b>							
<b>Insumos Partida</b>							
910182	INSTALACION DE POSTE 3 MTS.	UND		1.0000	20.89	20.89	
910184	POSTE CONCRETO 3 MTS.	UND		1.0000	34.45	34.45	
910185	PLACA FIBRA/VIDRIO 4 MM	M2		0.6400	51.61	33.03	
910186	REFUERZO METALICO	UND		1.0000	2.36	2.36	
<b>90.73</b>							









## Catálogo de insumos partida

Código	Descripción	Unidad
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3
910147	ACERO DE REFUERZO	KG
910157	CORTE EN MATERIAL SUELTO	M3
910158	CORTE EN ROCA SUELTA	M3
910159	CORTE EN ROCA FIJA	M3
910162	RELLENO PROPIO COMPENSADO	M3
910163	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE	M2
910164	EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA	M3
910165	AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"	M3
910166	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL GRANULAR	M3
910167	EXCAVACION Y CARGUIO EN CANTERA	M3
910168	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (SUB BASE)	M3
910169	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL P/CARPETA	M3
910170	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (A.P)	M3
910171	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL 3/8"	M3
910172	PIEDRA MAX. 8"	M3
910173	SELECCION Y CARGUIO DE MAT. P/ENROCADO	M3
910174	TRANSPORTE DE PIEDRA	M3
910175	RELLENO PARA ALCANTARILLAS	M3
910176	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 DE REVESTIMIENTO	M3
910177	AGREGADO P/BASE MAX. 2"	M3
910178	ENCOFRADO	M2
910179	PROCESAMIENTO DE MATERIAL P/BASE	M3
910180	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (BASE)	M3
910181	CARGUIO MATERIAL A PREPARAR	M3
910182	INSTALACION DE POSTE 3 MTS.	UND
910183	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 (AGREGADO CANTERA)	M3
910184	POSTE CONCRETO 3 MTS.	UND
910185	PLACA FIBRA/VIDRIO 4 MM	M2
910186	REFUERZO METALICO	UND
910187	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 (C)	M3
910188	TRANSPORTE MATERIAL GRANULAR A MAS DE 1 KM	M3
910189	TRAZO Y REPLANTEO	M3
910190	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 CICLOPEO	M3

**Análisis de precios unitarios**

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910126 CARGUIO MATERIAL PREPARADO  
Rendimiento 400.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 0.87

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Equipos</b>						
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0200	43.27	0.87
						<b>0.87</b>

910147 ACERO DE REFUERZO  
Rendimiento 250.000 KG/DIA Costo unitario directo por : KG 0.82

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0320	3.09	0.10
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0320	2.78	0.09
						<b>0.19</b>
<b>Materiales</b>						
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0600	0.88	0.05
029704	ACERO CONSTRUCCION CORRUGADO	KG		1.0500	0.55	0.58
						<b>0.63</b>

910157 CORTE EN MATERIAL SUELTO  
Rendimiento 400.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 1.98

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	2.00	0.0400	2.49	0.10
						<b>0.10</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.10	0.00
490436	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	HM	1.00	0.0200	94.10	1.88
						<b>1.88</b>

910158 CORTE EN ROCA SUELTA  
Rendimiento 300.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 2.76

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	2.00	0.0533	2.49	0.13
						<b>0.13</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.13	0.00
490436	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	HM	1.00	0.0267	94.10	2.51
490491	RIPPER	HM	1.00	0.0267	4.41	0.12
						<b>2.63</b>

### Análisis de precios unitarios

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910159 CORTE EN ROCA FIJA		Costo unitario directo por : M3					14.72
Rendimiento 160.000 M3/DIA							
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0500	3.09	0.15	
470103	OFICIAL	HH	6.00	0.3000	2.78	0.83	
470104	PEON	HH	7.00	0.3500	2.49	0.87	
<b>1.85</b>							
<b>Materiales</b>							
270000	MECHA DE SEGURIDAD IMPERMEABLE BLANCA	M		1.2000	0.12	0.14	
270193	FULMINANTE	PZA		1.0000	0.13	0.13	
280022	DINAMITA	KG		0.2000	2.54	0.51	
280201	NITRATO DE AMONIO AL 33%	KG		1.5000	0.69	1.04	
2901A5	RETARDO	UND		1.0000	2.88	2.88	
300296	BARRENO DE 5' X 7/8"	UND		0.0170	146.91	2.50	
<b>7.20</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.85	0.06	
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	1.00	0.0500	21.64	1.08	
490436	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	HM	0.50	0.0250	94.10	2.35	
490491	RIPPER	HM	0.50	0.0250	4.41	0.11	
490606	MARTILLO NEUMATICO DE 29 Kg.	HM	6.00	0.3000	6.89	2.07	
<b>5.67</b>							

910162 RELLENO PROPIO COMPENSADO		Costo unitario directo por : M3					3.26
Rendimiento 300.000 M3/DIA							
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470104	PEON	HH	1.00	0.0267	2.49	0.07	
<b>0.07</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.07	0.00	
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	0.50	0.0133	32.46	0.43	
490309	RODILLO LISO VIBR AUTOP 136-170HP 15-17T	HM	0.50	0.0133	39.67	0.53	
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	HM	1.00	0.0267	51.02	1.36	
490903	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	HM	1.00	0.0267	32.46	0.87	
<b>3.19</b>							

910163 PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE		Costo unitario directo por : M2					0.47
Rendimiento 1,700.000 M2/DIA							
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470104	PEON	HH	4.00	0.0188	2.49	0.05	
<b>0.05</b>							
<b>Equipos</b>							
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	0.50	0.0024	32.46	0.08	
490309	RODILLO LISO VIBR AUTOP 136-170HP 15-17T	HM	1.00	0.0047	39.67	0.19	
490903	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	HM	1.00	0.0047	32.46	0.15	
<b>0.42</b>							

**Análisis de precios unitarios**

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910164		EXTRACCION MATERIAL DE CANTERA				Costo unitario directo por : M3		2.85
Rendimiento		600.000 M3/DIA						
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Mano de Obra</b>								
470104	PEON	HH	1.00	0.0133	2.49	0.03		
<b>Materiales</b>								
050031	DERECHO DE CANTERA	M3		1.0000	1.80	1.80		
<b>Equipos</b>								
490422	RETROEXCAVADOR S/ORUGA 80-110HP 0.5-1.3Y	HM	1.00	0.0133	51.42	0.68		
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	HM	0.50	0.0067	51.02	0.34		
<b>1.02</b>								
910165		AGREGADO TAMAÑO MAX. 2"				Costo unitario directo por : M3		12.98
Rendimiento		2.000 M3/DIA						
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Insumos Partida</b>								
910166	CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL GRANULAR	M3		1.2500	6.42	8.03		
910167	EXCAVACION Y CARGUIO EN CANTERA	M3		1.2500	2.33	2.91		
910168	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (SUB BASE)	M3		1.2500	1.63	2.04		
<b>12.98</b>								
910166		CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL GRANULAR				Costo unitario directo por : M3		6.42
Rendimiento		300.000 M3/DIA						
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Mano de Obra</b>								
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0267	3.09	0.08		
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0267	2.78	0.07		
470104	PEON	HH	4.00	0.1067	2.49	0.27		
<b>0.42</b>								
<b>Equipos</b>								
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	1.00	0.0267	38.23	1.02		
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0267	43.27	1.16		
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	HM	1.00	0.0267	51.02	1.36		
490804	CHANCAD.PRIM.SECUND.5FAJAS 75HP 46-70 T/	HM	1.00	0.0267	55.09	1.47		
490812	ZARANDA MECANICA	HM	1.00	0.0267	19.14	0.51		
491516	GRUPO ELECTROGENO 100 KW	HM	1.00	0.0267	18.03	0.48		
<b>6.00</b>								

### Análisis de precios unitarios

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910167 EXCAVACION Y CARGUIO EN CANTERA  
Rendimiento 800.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 2.33

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	1.00	0.0100	2.49	0.02
<b>Materiales</b>						
050031	DERECHO DE CANTERA	M3		1.0000	1.80	1.80
<b>Equipos</b>						
490422	RETROEXCAVADOR SJORUGA 80-110HP 0.5-1.3Y	HM	1.00	0.0100	51.42	0.51
<b>0.51</b>						

910168 TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (SUB BASE)  
Rendimiento 576.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 1.63

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0139	2.78	0.04
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	3.00	0.0417	38.23	1.59
<b>1.59</b>						

910169 CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL P/CARPETA  
Rendimiento 150.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 12.83

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0533	3.09	0.16
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0533	2.78	0.15
470104	PEON	HH	4.00	0.2133	2.49	0.53
<b>0.84</b>						
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	1.00	0.0533	38.23	2.04
490411	CARGADOR S/LANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0533	43.27	2.31
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	HM	1.00	0.0533	51.02	2.72
490804	CHANCAD.PRIM.SECUND.5FAJAS 75HP 46-70 T/	HM	1.00	0.0533	55.09	2.94
490812	ZARANDA MECANICA	HM	1.00	0.0533	19.14	1.02
491516	GRUPO ELECTROGENO 100 KW	HM	1.00	0.0533	18.03	0.96
<b>11.99</b>						

**Análisis de precios unitarios**Obra **CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV**Fórmula **PRESUPUESTO OFERTA**

910170 **TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (A,P)**  
**Rendimiento** 400.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **1.58**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	1.00	0.0200	2.49	0.05
<b>0.05</b>						
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	2.00	0.0400	38.23	1.53
<b>1.53</b>						

910171 **CHANCADO Y ZARANDEO MATERIAL 3/8"**  
**Rendimiento** 100.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **21.30**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0800	3.09	0.25
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0800	2.78	0.22
470104	PEON	HH	4.00	0.3200	2.49	0.80
<b>1.27</b>						
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	1.00	0.0800	38.23	3.06
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0800	43.27	3.46
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	HM	1.00	0.0800	51.02	4.08
490804	CHANCAD.PRIM.SECUND.5FAJAS 75HP 46-70 T/	HM	1.00	0.0800	55.09	4.41
490812	ZARANDA MECANICA	HM	1.00	0.0800	19.14	1.53
4908C1	CHANCADORA TERCIARIA	HM	1.00	0.0800	25.60	2.05
491516	GRUPO ELECTROGENO 100 KW	HM	1.00	0.0800	18.03	1.44
<b>20.03</b>						

910172 **PIEDRA MAX. 8"**  
**Rendimiento** M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **5.92**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Insumos Partida</b>						
910173	SELECCION Y CARGUIO DE MAT. P/ENROCADO	M3		1.0000	4.95	4.95
910174	TRANSPORTE DE PIEDRA	M3		1.0000	0.97	0.97
<b>5.92</b>						

910173 **SELECCION Y CARGUIO DE MAT. P/ENROCADO**  
**Rendimiento** 100.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **4.95**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	0.10	0.0080	2.78	0.02
470104	PEON	HH	4.00	0.3200	2.49	0.80
<b>0.82</b>						
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.82	0.02
490422	RETROEXCAVADOR S/ORUGA 80-110HP 0.5-1.3Y	HM	1.00	0.0800	51.42	4.11
<b>4.13</b>						



**Análisis de precios unitarios**Obra **CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV**Fórmula **PRESUPUESTO OFERTA**

910174 **TRANSPORTE DE PIEDRA**  
**Rendimiento** 317.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **0.97**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	0.20	0.0050	2.78	0.01
<b>0.01</b>						
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	1.00	0.0252	38.23	0.96
<b>0.96</b>						

910175 **RELLENO PARA ALCANTARILLAS**  
**Rendimiento** 15.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **12.54**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.5333	2.78	1.48
470104	PEON	HH	4.00	2.1333	2.49	5.31
<b>6.79</b>						
<b>Equipos</b>						
490304	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP	HM	2.00	1.0667	4.33	4.62
<b>4.62</b>						
<b>Insumos Partida</b>						
910126	CARGUIO MATERIAL PREPARADO	M3		1.3000	0.87	1.13
<b>1.13</b>						

910176 **CONCRETO F'C=140 KG/CM2 DE REVESTIMIENTO**  
**Rendimiento** 20.000 M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** **62.16**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.8000	2.78	2.22
470104	PEON	HH	6.00	2.4000	2.49	5.98
<b>9.44</b>						
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0800	5.81	41.13
<b>41.13</b>						
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	9.44	0.19
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	0.05	0.0200	32.46	0.65
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.50	0.2000	6.74	1.35
<b>2.19</b>						
<b>Insumos Partida</b>						
910177	AGREGADO P/BASE MAX. 2"	M3		1.3000	7.23	9.40
<b>9.40</b>						

**Análisis de precios unitarios**

**Obra** CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV  
**Fórmula** PRESUPUESTO OFERTA

910177 AGREGADO P/BASE MAX. 2"  
**Rendimiento** 2.000 M3/DIA

**Costo unitario directo por : M3****7.23**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Insumos Partida</b>						
910167	EXCAVACION Y CARGUIO EN CANTERA	M3		1.1000	2.33	2.56
910179	PROCESAMIENTO DE MATERIAL P/BASE	M3		1.1000	2.66	2.93
910180	TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (BASE)	M3		1.1000	1.58	1.74
						<b>7.23</b>

910178 ENCOFRADO  
**Rendimiento** 10.000 M2/DIA

**Costo unitario directo por : M2****7.93**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.8000	3.09	2.47
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.8000	2.78	2.22
						<b>4.69</b>
<b>Materiales</b>						
020008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.0800	0.88	0.07
020105	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1000	0.88	0.09
450101	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	P2		3.5000	0.88	3.08
						<b>3.24</b>

910179 PROCESAMIENTO DE MATERIAL P/BASE  
**Rendimiento** 450.000 M3/DIA

**Costo unitario directo por : M3****2.66**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0178	3.09	0.06
470104	PEON	HH	4.00	0.0711	2.49	0.18
						<b>0.24</b>
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.24	0.01
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0178	43.27	0.77
490804	CHANCAD.PRIM.SECUND.5FAJAS 75HP 46-70 T/	HM	1.00	0.0178	55.09	0.98
490812	ZARANDA MECANICA	HM	1.00	0.0178	19.14	0.34
491516	GRUPO ELECTROGENO 100 KW	HM	1.00	0.0178	18.03	0.32
						<b>2.42</b>

910180 TRANSPORTE MATERIAL A PREPARAR (BASE)  
**Rendimiento** 400.000 M3/DIA

**Costo unitario directo por : M3****1.58**

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470104	PEON	HH	1.00	0.0200	2.49	0.05
						<b>0.05</b>
<b>Equipos</b>						
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	2.00	0.0400	38.23	1.53
						<b>1.53</b>



**Análisis de precios unitarios**

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910184		POSTE CONCRETO 3 MTS.		Costo unitario directo por : UND			34.45
Rendimiento		10.000 UND/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470103	OFICIAL	HH	2.00	1.6000	2.78	4.45	
470104	PEON	HH	6.00	4.8000	2.49	11.95	
<b>16.40</b>							
<b>Materiales</b>							
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.1500	0.88	0.13	
030032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO	KG		9.9000	0.55	5.45	
530327	THINER	GLN		0.0500	11.02	0.55	
<b>6.13</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	16.40	0.82	
<b>0.82</b>							
<b>Insumos Partida</b>							
910183	CONCRETO FC=140 KG/CM2 (AGREGADO CANTERA)	M3		0.1600	69.39	11.10	
<b>11.10</b>							
910185		PLACA FIBRA/VIDRIO 4 MM		Costo unitario directo por : M2			51.61
Rendimiento		9.000 M2/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.8889	3.09	2.75	
470104	PEON	HH	2.00	1.7778	2.49	4.43	
<b>7.18</b>							
<b>Materiales</b>							
303205	FIBRA DE VIDRIO DE 4 MM. ACABADO	M2		1.0000	44.07	44.07	
<b>44.07</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	7.18	0.36	
<b>0.36</b>							
910186		REFUERZO METALICO		Costo unitario directo por : UND			2.36
Rendimiento		30.000 UND/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.2667	3.09	0.82	
470104	PEON	HH	0.50	0.1333	2.49	0.33	
<b>1.15</b>							
<b>Materiales</b>							
510411	PLATINA DE FIERRO 3/16" x 1 1/2" x 6m	PZA		0.1600	7.35	1.18	
<b>1.18</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.15	0.03	
<b>0.03</b>							

**Análisis de precios unitarios**

Obra CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV  
Fórmula PRESUPUESTO OFERTA

910187		CONCRETO F'C=140 KG/CM2 (C)		Costo unitario directo por : M3			67.28
Rendimiento		20.000 M3/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24	
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.8000	2.78	2.22	
470104	PEON	HH	6.00	2.4000	2.49	5.98	
<b>9.44</b>							
<b>Materiales</b>							
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0800	5.81	41.13	
<b>41.13</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	9.44	0.19	
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.50	0.2000	6.74	1.35	
<b>1.54</b>							
<b>Insumos Partida</b>							
910177	AGREGADO P/BASE MAX. 2"	M3		1.3000	7.23	9.40	
910188	TRANSPORTE MATERIAL GRANULAR A MAS DE 1 KM	M3		1.3000	4.44	5.77	
<b>15.17</b>							
910188		TRANSPORTE MATERIAL GRANULAR A MAS DE 1 KM		Costo unitario directo por : M3			4.44
Rendimiento		211.850 M3/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0378	2.78	0.11	
<b>0.11</b>							
<b>Equipos</b>							
480437	CAMION VOLQUETE 15 M3.	HM	3.00	0.1133	38.23	4.33	
<b>4.33</b>							
910189		TRAZO Y REPLANTEO		Costo unitario directo por : M3			0.21
Rendimiento		200.000 M3/DIA					
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470104	PEON	HH	2.00	0.0800	2.49	0.20	
<b>0.20</b>							
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.20	0.01	
<b>0.01</b>							

**Análisis de precios unitarios**

**Obra** CARRETERA CUSCO ABANCAY TRAMO IV

**Fórmula** PRESUPUESTO OFERTA

910190 CONCRETO F'C=140 KG/CM2 CICLOPEO		Costo unitario directo por : M3				57.52
Rendimiento 20.000 M3/DIA						
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.4000	3.09	1.24
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.4000	2.78	1.11
470104	PEON	HH	4.00	1.6000	2.49	3.98
<b>6.33</b>						
<b>Materiales</b>						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0800	5.81	41.13
<b>41.13</b>						
<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	6.33	0.13
480404	CAMION CISTERNA 4x2(AGUA)178-210HP 3000G	HM	0.05	0.0200	32.46	0.65
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.50	0.2000	6.74	1.35
<b>2.13</b>						
<b>Insumos Partida</b>						
910172	PIEDRA MAX. 8"	M3		0.3000	5.92	1.78
910177	AGREGADO P/BASE MAX. 2"	M3		0.8500	7.23	6.15
<b>7.93</b>						

# Panel Fotográfico

## VISTA PANORAMICA DE LA OBRA

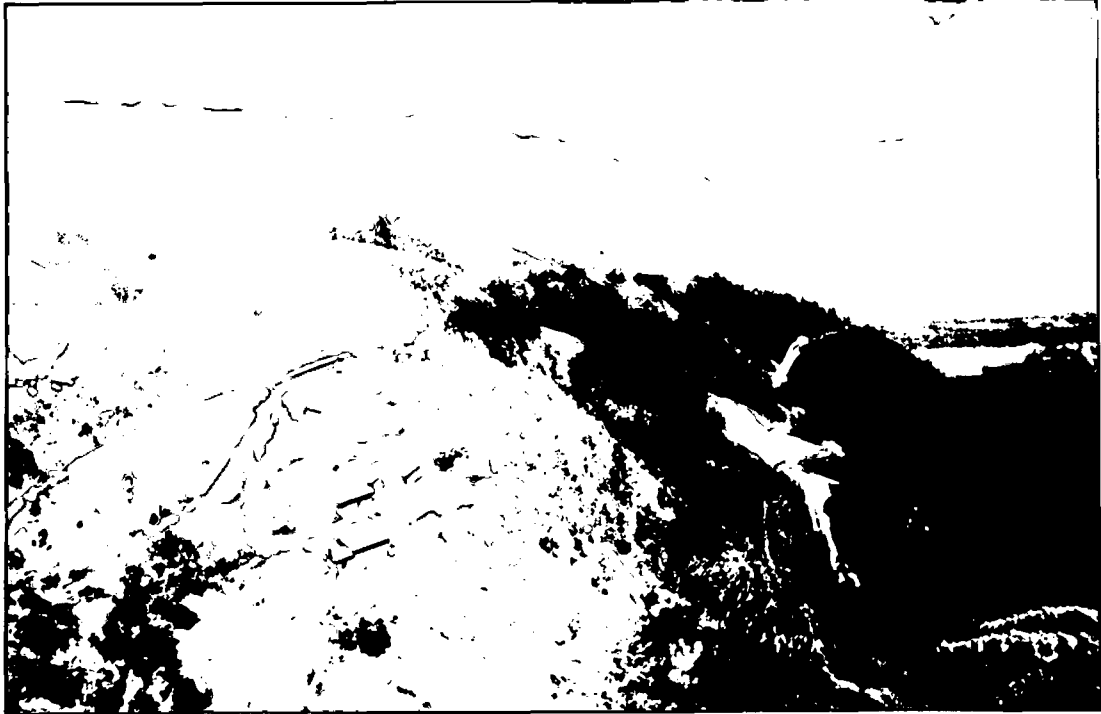


Foto N° 01 – Vista panorámica de la Carretera Cusco-Abancay Tramo IV, al fondo la ciudad de Abancay.



Foto N° 02 – Vista panorámica de la Carretera Cusco – Abancay en el sector de Occoruro, a partir de este poblado (Km 145+110) comienza el tramo IV materia del presente trabajo.



## EXPLANACIONES

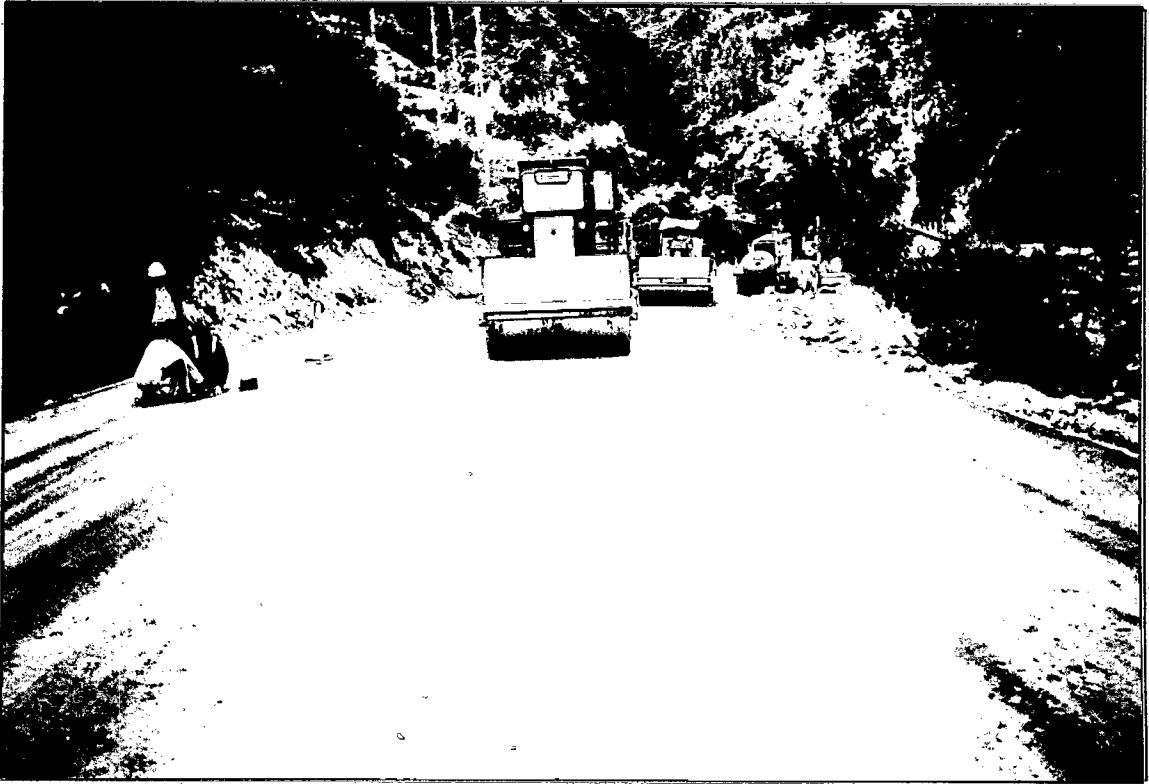


Foto N° 03 – Proceso de compactación y control de calidad del cimientó ó sub-base.



Foto N° 04 – Cimientó ó sub-base colocada en plataforma.

## OBRAS DE ARTE Y DRENAJE



Foto N° 05 – Proceso constructivo de la cuneta tipo triangular.

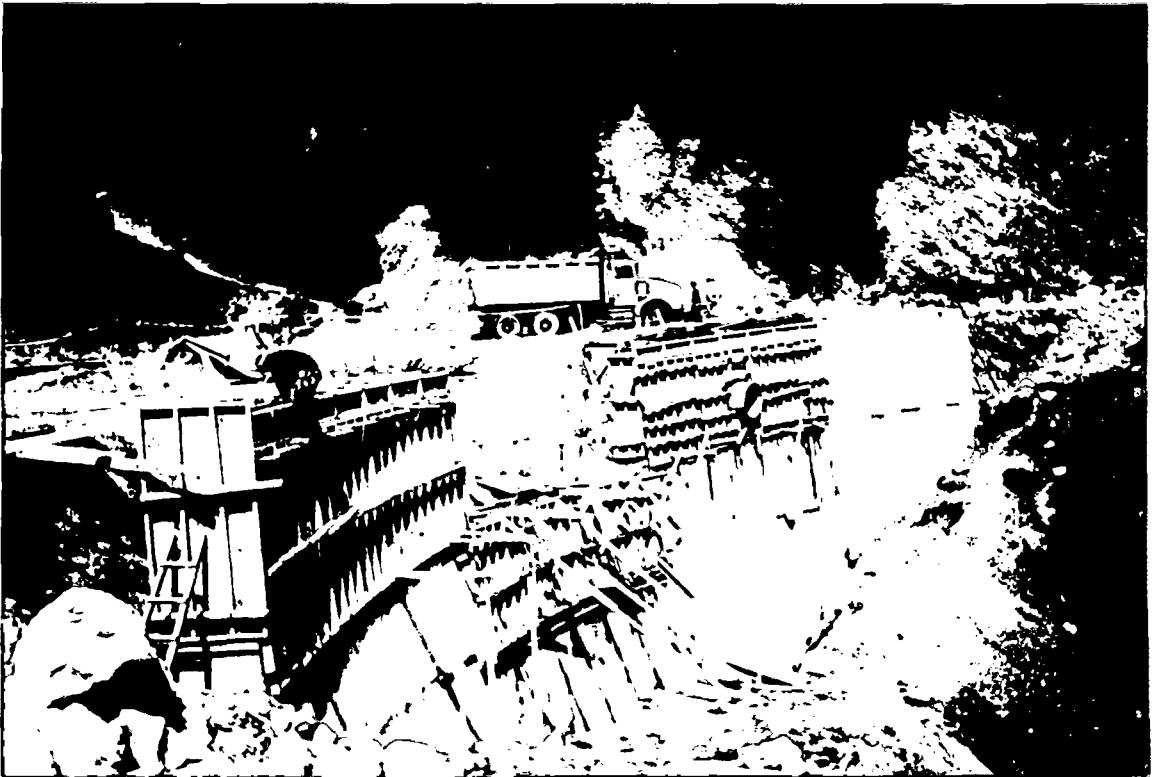


Foto N° 06 – Construcción del muro tipo coronación en un tramo curvo.

## OBRA DE ESTABILIDAD DE TALUDES



Foto N° 07 – Muro de Gaviones terminado, sirve para la estabilidad del talud, de esta manera se protege la torre N° 212 de la línea de transmisión eléctrica que pasa por Abancay.

## EXPLORACIÓN DE CANTERAS



Foto N° 08 – Proceso de producción de agregados en la cantera Km 150+080.



Foto N° 09 – Obtención del agregado grueso y fino en la chancadora secundaria.

## IMPRIMACION



Foto N° 10 – Imprimación de la plataforma previamente preparada y calificada por los controles de calidad.



Foto N° 11 – Dispositivo de calentamiento en el camión termo tanque para alcanzar la temperatura de rociado del asfalto líquido RC-250.

## PLANTA ASFÁLTICA



Foto N° 12 –Vista completa de la Planta de Asfalto tipo continuo.



Foto N° 13– Se observa el drum mixer y los tanques de almacenamiento de asfalto de la planta asfáltica.

## PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA



Foto N° 14 – Superficie previamente imprimada y preparada para la colocación de la mezcla asfáltica en caliente.



Foto N° 15 – Proceso de colocación de la mezcla asfáltica en pista.

## ESPARCIDO Y COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA



Foto N° 16 – Mediante la pavimentadora se esparce la mezcla asfáltica en forma uniforme.



Foto N° 17 – Proceso de compactación de la mezcla asfáltica, obsérvese la metodología de trabajo, de extremos hacia el centro, esto es para tramos rectos.



## COMPACTACION DE LA MEZCLA ASFALTICA

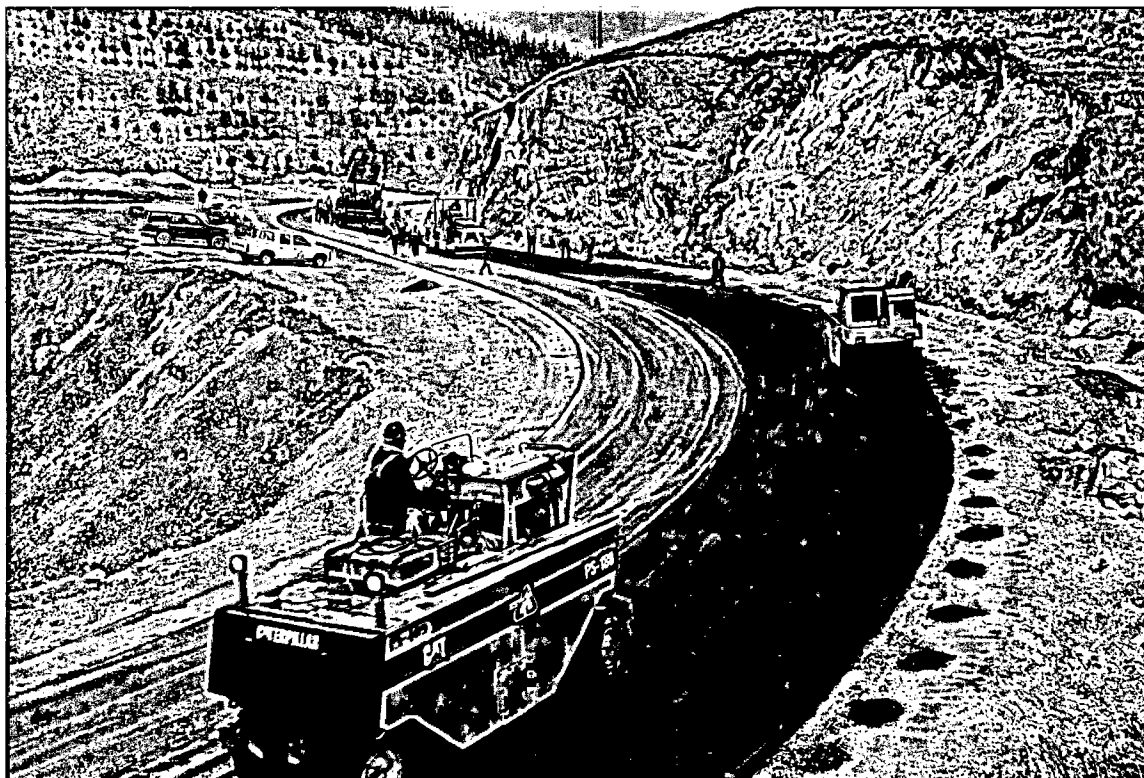


Foto N°18 – Vista general del proceso de compactación inicial y final de la mezcla asfáltica

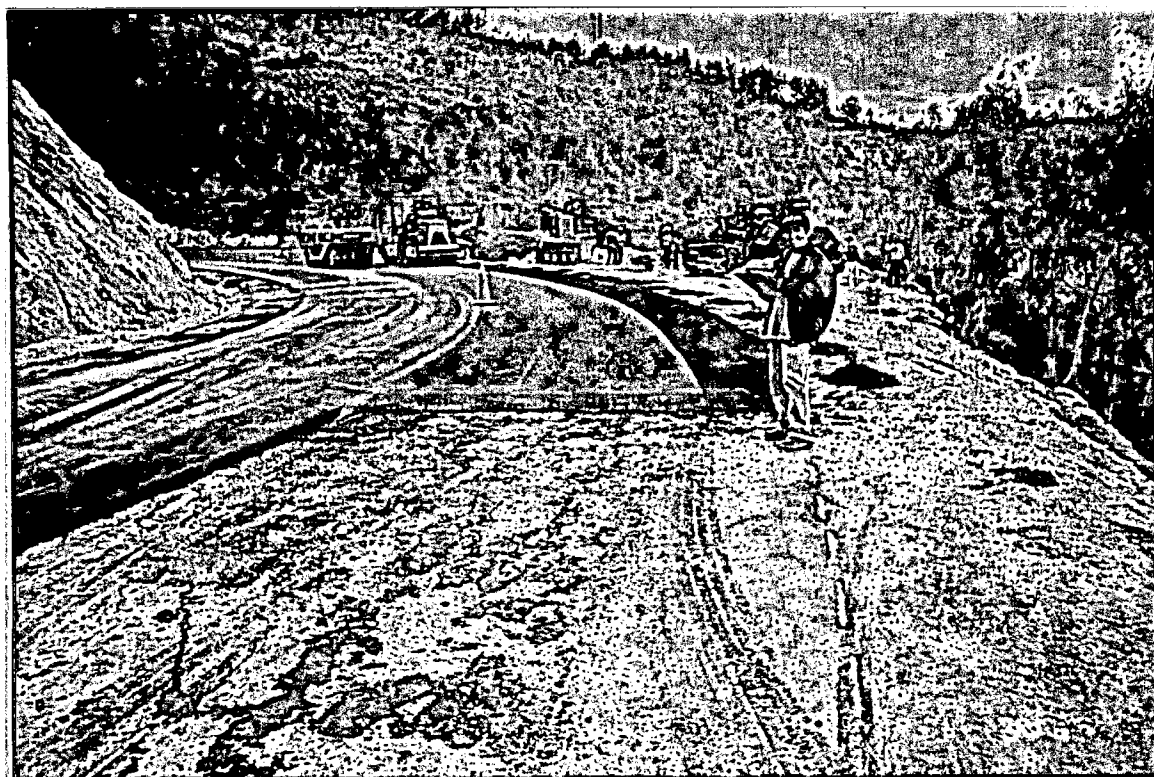


Foto N°17 – Proceso de compactación final de la mezcla con rodillos neumáticos

## PAVIMENTO TERMINADO

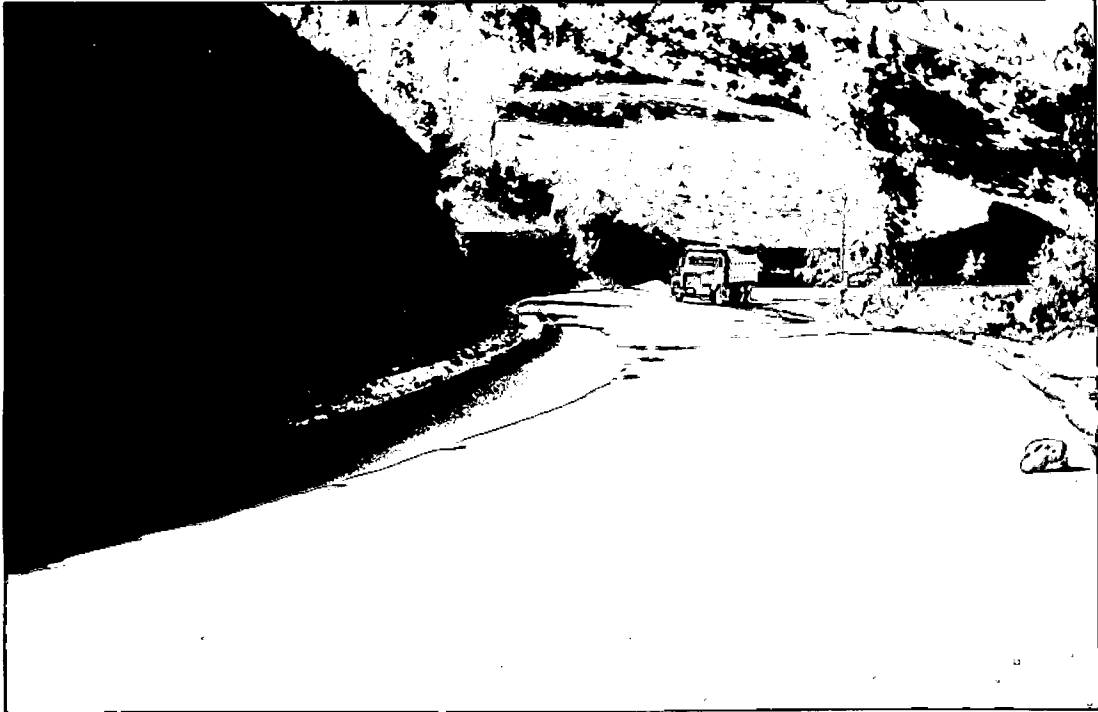


Foto N° 20 – Pavimento terminado en todo el ancho de plataforma.

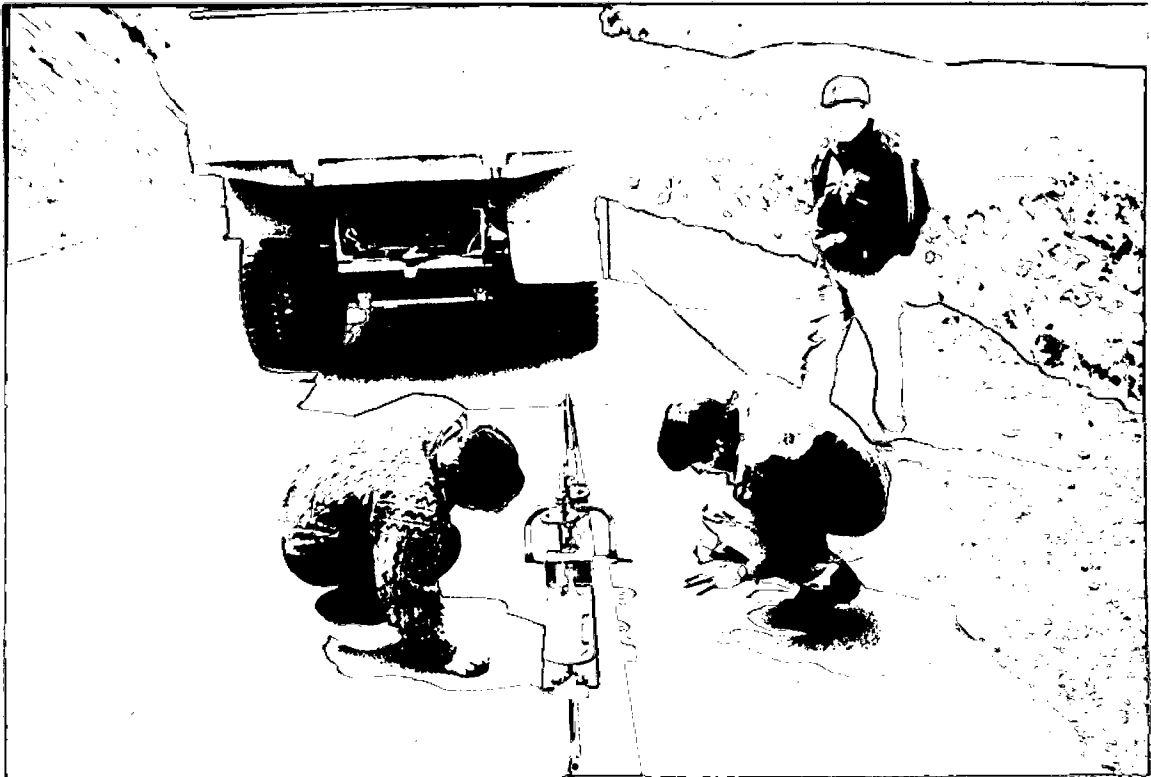


Foto N° 21 – Control de deflexiones del pavimento utilizando la Viga Benkelman de doble brazo.