

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**"OPTIMIZACIÓN DE METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS APLICADOS A LA CARRETERA
BAMBAMARCA – CHOTA – COCHABAMBA
TRAMO: KM 142+000 – KM 163+540"**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

SALVADOR INGA VALDIVIA

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

LIMA – PERÚ
2004

AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente trabajo debo expresar mi más sincero reconocimiento a mi alma máter, la Universidad Nacional de Ingeniería, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y a todos los profesores que día a día desarrollan una abnegada labor en la formación de profesionales que contribuirán al desarrollo de nuestros pueblos.

También quiero expresar mi agradecimiento a las siguientes personas.

Al Ing. Gonzalo Brazzini Silva, por su invaluable y acertado asesoramiento.

Al Ing. Milton A. Hidalgo Alván (Profesional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones), por sus valiosos consejos y apoyo desinteresado.

A los Ingenieros y Técnicos que laboran en la oficina de Control de Calidad del MTC. quienes de una u otra forma hicieron posible la realización de la presente Tesis, en especial mi agradecimiento al Ing. Ezequiel Rivas Durán, por su constante orientación e información facilitada.

A mi abnegada esposa e hijos por su paciencia, amor y comprensión.

Y a todas aquellas personas como (Familiares, amigos que hicieron posible la culminación de esta Tesis)

DEDICATORIA

A la memoria de mi Padre
Víctor Manuel, a mi Madre
Beatriz por su constante
esfuerzo, con su ejemplo de
sencillez y humildad, a mi
esposa Isabel, a mis hijos
Luis y Sheyla

A mi Alma Máter
por las enseñanzas recibidas
para mi desarrollo profesional

A Dios por sus bendiciones

INDICE

	<u>Pág</u>
1.0 CAPITULO I : CONSIDERACIONES PREVIAS	1
1.1. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	2
1.1.1. NOMENCLATURA EMPLEADA	3
1.2. FUNCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO	7
1.3. PRINCIPIOS DE ESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	9
1.4. PROPIEDADES Y/O CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS EN TRABAJOS DE PAVIMENTACIÓN	11
1.4.1 SUBRASANTE	11
1.4.2. SUB BASE GRANULAR	12
1.4.3. BASE GRANULAR	13
1.4.4. MEZCLAS ASFÁLTICAS	14
1.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÍA ESTUDIADA	20
1.6. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	21
2.0. CAPITULO II : ESTUDIO DE SUELOS Y MATERIALES	29
2.1. ESTUDIO DE SUELOS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN	30
2.1.1. EXPLORACIÓN	30
2.1.2. ENSAYOS COMUNES DE CARACTERIZACIÓN	31
2.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS A TRAVÉS DE ENSAYO DE LABORATORIO	33
2.2. MÓDULO RESILENTE DE LOS SUELOS	34
2.2.1. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS MATERIALES	35
2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL MR	38
2.2.3. MODELOS DE COMPARTIMIENTO DE LOS SUELOS EN FUNCIÓN A LOS MR.	39
2.2.4. SISTEMA TRIAXAL DINÁMICO CON CARGAS REPETIDAS	41
2.2.5. REFERENCIAS SOBRE LA NORMA AASHTO	43
2.3. CAPACIDAD SOPORTE DEL TERRENO DE FUNDACIÓN	48

2.4.	PERFIL ESTRATIGRÁFICO	49
2.5.	ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO	49
2.5.1.	GENERALIDADES	49
2.5.2.	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN	50
2.5.3.	GEOMORFOLOGÍA	50
2.5.4.	GEOLOGÍA REGIONAL	52
2.5.5.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	53
2.5.6.	CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS DE LA VÍA	53
2.5.7.	CLIMA Y VEGETACIÓN	56
2.6.	ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	59
2.6.1.	INTRODUCCIÓN	59
2.6.2.	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE LAS CANTERAS	59
2.6.3.	TIPOS DE FUENTES DE MATERIALES	60
2.6.4.	CARACTERÍSTICAS DE LAS CANTERAS A TRAVÉS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	61
2.6.5.	DESCRIPCIÓN DE LAS CANTERAS ESTUDIADAS	63
2.6.6.	DIAGRAMAS DE CANTERAS	67
2.6.7.	UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA	67
3.0.	CAPÍTULO III: DISEÑO DE PAVIMENTO	68
3.1.	GENERALIDADES	69
3.1.1.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO	70
3.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA ZONA	73
3.2.1.	INTRODUCCIÓN	73
3.2.2.	INDICE MEDIO ANUAL (IMDA) Y COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO	73
3.2.3.	TIPO DE VEHÍCULO, DIMENSIÓN Y PESO	77
3.2.4.	PROYECCIÓN DE TRÁFICO	79
3.3.	CARGAS POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE (EAL)	90
3.3.1.	GENERALIDADES	90
3.3.2.	FACTORES DESTRUCTIVOS DE CARGAS (ASPHALT INSTITUTE)	94

3.3.3. FACTORES DE EQUIVALENCIA, AASHTO (1972 Y 1986) AASHTO 1986 VARIACIONES SOBRE LOS VALORES INICIALES DEL AÑO 1962	95
3.3.4. CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TN (EAL) CÁLCULO DE EJES DE REPETICIÓN	96
3.4. MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ESPESORES	97
3.4.1. METODOLOGÍA AASHTO 93	97
3.4.2. METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	105
3.5. ELECCIÓN Y CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO	108
3.6. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA AASHTO 2000	111
3.7. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	112
4.0. CAPITULO IV : ANEXOS	114
4.1. CERTIFICADOS, ANÁLISIS DE SUELOS	115
4.2. CERTIFICADOS, ANÁLISIS DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	140
4.3. CUADROS DE ESTUDIO DE TRÁFICO	153
4.4. REGLAMENTO DE PESO Y DIMENSIÓN VEHICULAR PARA LA CIRCULACIÓN EN LA RED VIAL NACIONAL	167
4.5. ÁBACOS DE DISEÑO	192
4.6. PLANO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	210
4.7. PLANO RED VIAL DEL PERÚ	213
4.8. PLANO RED VIAL DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	215
4.9. PANEL FOTOGRÁFICO	217

INTRODUCCIÓN

La carretera elegida materia de la presente tesis se encuentra ubicada en la región de Cajamarca tramo: Bambamarca (Km97+500) – Chota (Km133+500) y Cochabamba (Km166+600). Esta carretera es componente de la red nacional ruta 034, el tramo del estudio es el sector (Km142+000 – Km163+540) cuya longitud es de 21.54Kms, se encuentra ubicada en la provincia de Chota, une los distritos de Chota(2382 m.s.n.m), Lajas(2290 m.s.n.m), y Cochabamba (2000 m.s.n.m) se encuentra ubicado geográficamente en la parte noreste del departamento de Cajamarca. Se proyecta mejorar la vía actual a nivel de asfaltado, mejorando las condiciones de transitabilidad y confort al usuario, cuya ejecución beneficiará a la población en tiempo y costo de transporte impulsando el desarrollo integral de la zona, para el desarrollo del tema se utilizarán las normas y metodologías actuales para diseño de pavimentos optimizando así métodos y procedimientos que garantizan la calidad y vida del pavimento. Se desarrollará de forma tradicional la parte del estudio de tráfico, cálculo de ejes de repetición y diseño de pavimentos con las metodologías de uso actual que involucran el módulo resiliente de los suelos. El tema pretende aportar fundamentalmente criterios actuales de diseño, dando importancia de la ejecución del módulo resiliente relacionándolo con el ensayo de CBR realizados en laboratorio. El ensayo del módulo resiliente a tomado una gran cobertura en los últimos años, debido a que es un parámetro de caracterización del comportamiento pseudo - elástico de los suelos y materiales granulares no tratados, que pueden ser utilizados satisfactoriamente en los métodos analíticos de diseño estructural del pavimento tales como las versiones 1986 y 1993 del método AASHTO y una introducción a la versión AASHTO 2000. En el capítulo I se desarrolla en forma

detallada los tipos de pavimentos existentes, de igual modo los principios de estructuración y estudio de los materiales que conforman las diversas partes de un pavimento, en los capítulos II Y III se indican los estudios de suelos, canteras, fuentes de agua, módulo resiliente de los suelos, diseño de pavimentos, estudio del tráfico, cálculo de espesores; detallando los aspectos mas saltantes durante las etapas de campo y gabinete además tenemos el cálculo de ejes equivalentes y métodos de cálculo de espesores (Instituto del Asfalto y AASHTO 1993). En el capítulo IV se muestra los certificados de control de calidad (certificados del estudio de suelos, canteras, fuentes de agua, muestras tomadas de la zona del proyecto), cuadros del estudio de tráfico, ábacos de diseño, plano del perfil estratigráfico, plano de la red vial departamental , nacional y al final se muestra un panel fotográfico. El diseño que se realiza en esta tesis es para pavimentos flexibles dando énfasis en el estudio del suelo de fundación (sub-rasante), debe tener una buena capacidad de soporte (CBR). Se usará el Método AASHTO.

CAPÍTULO I
CONSIDERACIONES PREVIAS

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES PREVIAS

1.1 CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

El pavimento es una estructura artificialmente alisada en su superficie con condiciones especiales de resistencia que hace posible el tráfico vehicular con seguridad y economía previstos por el proyecto, esta estructura esta formada por una capa o conjuntos de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre el nivel de terreno de fundación (sub rasante) y la superficie de rodadura, sobre esta estructura descansan los efectos de las cargas estáticas o en movimiento, resistiendo los efectos destructivos del tránsito y los efectos atmosféricos, esta estructura se encarga de transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas estáticas y dinámicas, siendo el pavimento una estructura que puede estar constituido por un solo elemento llamándose pavimento simple o formado por varios elementos llamándose pavimento compuesto, en el proceso constructivo se puede hacer por capa ó capas con materiales seleccionados y naturales sometidos a diferentes tratamientos en los pavimentos, la superficie de rodamiento puede ser una carpeta asfáltica, una losa de cemento o formado por acumulaciones de materiales pétreos, acomodados y compactados. De acuerdo en la

forma que transmiten las cargas a la sub-rasante, los pavimentos se dividen en pavimentos rígidos, flexibles y mixtos, la diferencia radica en la clase de materiales que lo conforman y de la manera como se estructura dichos materiales.

Pavimento Rígido.- son aquellos que transmiten la carga que reciben de manera uniforme en una extensión considerable y a distancia apreciable de su puesto de aplicación.

Pavimento Flexible.- es aquel que transmite a la sub- rasante las cargas que recibe solo en las zonas próximas a la aplicación de la carga, en este tipo de pavimento se considera una carpeta asfaltada relativamente delgada y de elevada calidad, entre esta capa y el terreno de fundación se encuentra un sistema de varias capas de material seleccionado cuya calidad va disminuyendo con la profundidad en concordancia con los niveles de esfuerzos producidos por el tránsito que sigue una ley en ese mismo sentido decreciente. En esta tesis se desarrollara el diseño de pavimentos flexibles.

Pavimentos mixtos.- son aquellos que tratan de utilizar las ventajas que tienen tanto los pavimentos rígidos y flexibles su utilización se limita a los pavimentos de tipo urbano su costo es muy elevado en su construcción tiene unas capas rígidas y otras que se encuentran constituidas por mezclas bituminosas.

1.1.1 TERMINOLOGÍA EMPLEADA

La terminología se ha tomado de la guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos 1993 (Fig. 1.1) y de la ASTM, en la actualidad no existe una terminología única para la designación de las diferentes partes que constituyen un pavimento, pues se tiene diferentes definiciones como estas:

- a) Es una capa superficial bituminosa.
- b) También le llaman firme y algunos autores lo llaman pavimento al conjunto de todas las capas.

-Pavimento: es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que esta constituida por las diferentes capas llámese sub base, base y carpeta de rodadura.

-Terreno de fundación: (viene ha ser el terreno natural) es aquel que sirve de fundación al pavimento luego de haber terminado la exploración y que una vez compactada tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño. Es una franja de terreno natural donde se incluye el derecho de vía, cuyo estado de esfuerzo original resulta afectado por la construcción de la obra vial.

- **Subrasante:** se define como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura del pavimento, viene ha ser la cimentación de la estructura del pavimento, el suelo o material de subrasante es llamado a veces "basamento" o suelo de cimentación, la subrasante viene a ser la capa superior del terreno de fundación (espesor mínimo de 0.15ms de espesor) es una superficie terminada luego de ejecutar los cortes, rellenos y terraplenes.

- **Sub-base:** la capa de sub-base es la porción de la estructura del pavimento flexible, entre el terreno de fundación preparado y la capa de base.

Comúnmente consiste en una capa compacta de material granular, tratado o sin tratar o de una capa de suelo tratado con un aditivo apropiado, además de su ubicación en el pavimento, se distingue del material de base por tener requerimientos menos estrictos de especificación en la resistencia, plasticidad y gradación.

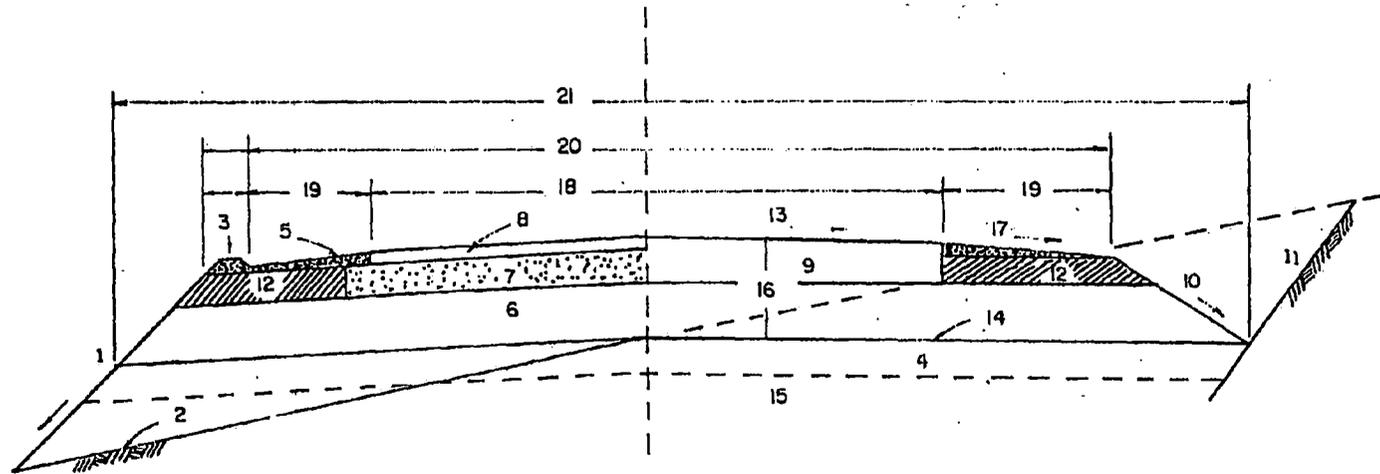
El material de sub-base deberá ser de mejor calidad que el suelo de fundación por motivos de costo, la sub-base frecuentemente es omitida si: los suelos de fundación son de alta calidad, el uso de una capa de su-base es frecuentemente la solución más económica para la construcción de pavimentos sobre suelo de fundación pobre.

-Base: es la porción de la estructura del pavimento inmediatamente debajo de la capa de la superficie se construye sobre la sub-base, o si no se usa sub-base directamente sobre la subrasante, esta formado de agregados tales como piedra chantada, escoria chancada, grava chancada y arena, o combinación de estos

materiales. Puede usarse tratada o sin tratar con aditivos estabilizantes apropiados, tales como cemento Pórtland, asfalto, cal, cemento de cenizas volantes y cal de cenizas volantes, por ejemplo en las bases puzolánicas estabilizadas. Las especificaciones para materiales de base, son generalmente mas estrictas que las especificaciones usadas en la subbase en lo que respecta a los requerimientos de resistencia, plasticidad y gradación una amplia variedad de materiales no apropiados para ser usado como capas de base no tratada han dado compartimiento satisfactorios cuando se han mejorado por adición de un aditivo estabilizante, tal como cemento Pórtland, asfalto o cal, debería considerarse al uso de tales materiales tratados para capas de base, cuando ellos sean económicamente factibles.

-Carpeta Asfáltica: (Capa Superficial)

La capa superficial de una estructura flexible consiste de una mezcla de agregados minerales y materiales bituminosos colocada en la parte mas superior y usualmente construida sobre una capa de base, además de su función principal como una parte estructural del pavimento, debe también ser diseñadas para resistir las fuerzas abrasivas del trafico, reducir la cantidad de agua superficial que puede penetrar en el pavimento, proveer una superficie resistente al patinaje y proporcionar una superficie de manejo lisa y uniforme. La capa superficial es generalmente preparada con cemento asfáltico en plantas de mezclas en caliente, aunque también se puede preparar en frío con asfaltos líquidos o con emulsiones asfálticas. Las especificaciones de construcción usualmente requieren que se aplique un material bituminoso sobre la capa de base de agregados no tratados, como un revestimiento primario, sobre la capa de base tratadas y entre capas intermedias de la capa superficial para servir como una capa de imprimación. El éxito de una capa superficial depende del grado con que se obtenga una mezcla con la óptima gradación de agregados y porcentaje de ligante bituminoso para ser durable y resistir la rotura y el desgaste superficial, sin volverse inestable bajo las cargas del tráfico y las condiciones climáticas.



Sección de Pavimento Flexible

Sección de Pavimento Rígido

- 1 - TALUD DE RELLENO
- 2 - TERRENO NATURAL
- 3 - DIQUE
- 4 - MATERIAL SELECCIONADO O SUELO DE FUNDACION PREPARADO
- 5 - RECUBRIMIENTO DE LA BERMA
- 6 - SUBBASE
- 7 - CAPA DE BASE
- 8 - CAPA DE SUPERFICIE
- 9 - LOSA DE PAVIMENTO
- 10 - TALUD DE LA CUNETETA

- 11 - TALUD DE CORTE
- 12 - BASE DE LA BERMA
- 13 - BOMBEO
- 14 - SUBRASANTE
- 15 - SUELO DE FUNDACION
- 16 - ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
- 17 - TALUD DE LA BERMA
- 18 - CARRILES DE CIRCULACION
- 19 - BERMA
- 20 - ANCHO DE VIA
- 21 - CAMA DE LA VIA

Figura 1-1: TERMINOS EMPLEADOS EN LA GUIA AASHTO-1993 DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

1.2 FUNCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Un pavimento para cumplir sus funciones debe tener una buena carpeta asfáltica con la rugosidad necesaria que garantice una buena fricción con los neumáticos de los vehículos, debe tener un color adecuado para evitar los espejismos también debe poseer una resistencia adecuada para soportar las cargas impuesta por el tránsito sin fallas y con deformaciones que no sean permanentes (que sean disipadas).

-Terreno de Fundación: la función principal del terreno de fundación es la capacidad de soporte, de este parámetro depende el espesor que debe tener un pavimento.

El tratamiento del terreno de fundación es una consideración importante en el comportamiento de los pavimentos, para mejorar la confiabilidad general del diseño es necesario especificar provisiones especiales para la compactación. Si los suelos son excesivamente expansivos o resilientes deberán recibir una consideración especial. Una solución consiste en cubrir esos suelos con un espesor apropiado de material granular seleccionado (sub-base), esto antes de colocar la base y capa de rodamiento. Para el funcionamiento óptimo del terreno de fundación, se debe tener en cuenta las situaciones de drenaje, esto es importante donde se encuentran grandes flujos de agua (por ejemplo en filtraciones y ojos de agua), donde se presentan condiciones dañinas de congelación, el drenaje subterráneo especial puede incluir provisiones de capas adicionales de materiales permeables debajo del pavimento, para intercepción y recolección de agua, y tuberías de drenaje para la colección y conducción del agua, si el terreno de fundación tiene una elevada capacidad de soporte ya no es necesario construir la capa sub-base, desde el punto de vista técnico-económico, también es factible emplear fibras geotextiles, las cuales evitan la contaminación de los agregados por el continuo bombeo de suelos finos de la subrasante hacia la capa granular manteniendo una alta permeabilidad y permitiendo el drenaje de las aguas acumuladas en la base o en la subrasante.

Sub-base:

*** Sus funciones principales son:**

- Esta carpeta sirve de drenaje al pavimento.
- Control de ascensión capilar del agua proveniente de la napa freática que se encuentran casi superficial, protegiendo al hinchamiento, que es causado por el congelamiento del agua capilar fenómeno que sucede en suelos limosos, donde la ascensión capilar es grande.
- Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material.

*** Funciones Secundarias**

- Prevenir la intrusión de los suelos de fundación de gradación fina, dentro de las capas de base.
- Permitir la acumulación de agua libre dentro o debajo de la estructura del pavimento.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para el equipo de construcción (importante cuando el suelo de fundación no puede proporcionar el soporte adecuado.

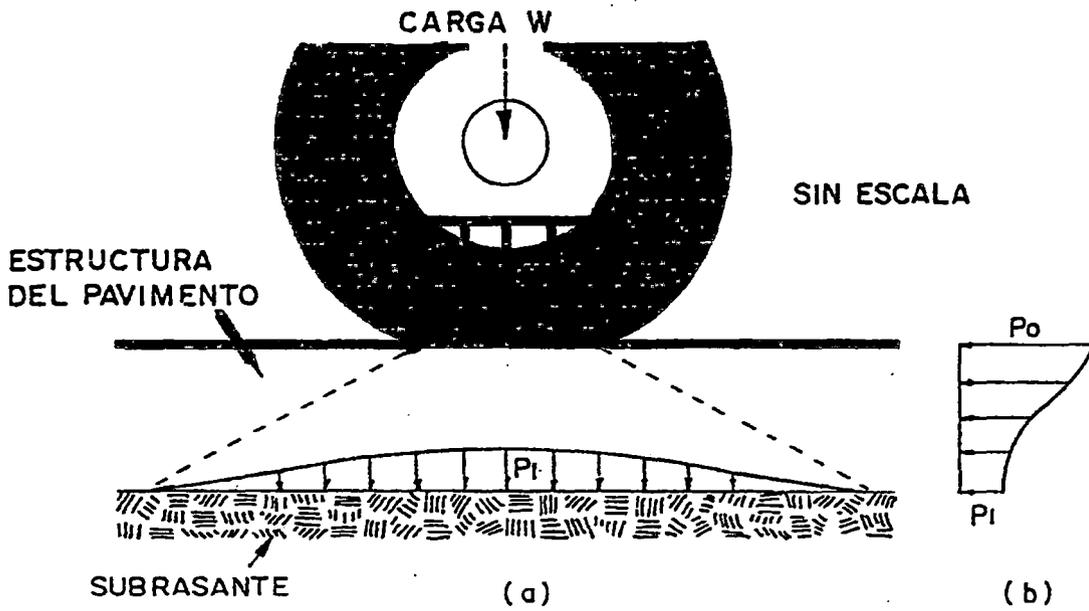
Base: esta capa absorbe los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, encargándose de distribuir uniformemente los esfuerzos de modo que a la subbase y subrasante lleguen en niveles mínimos que no produzcan fallas ni asentamientos u otros, deformaciones perjudiciales, esta capa debe estar formada por materiales friccionantes que son los más adecuados para cumplir una función estructural.

Superficie de Rodadura: para este tema la carpeta asfáltica es conformada por mezcla en caliente, esta capa protege la base impermeabilizando la superficie para evitar infiltraciones del agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Es importante que la capa superior sea apropiadamente compactada durante su construcción, una compactación inapropiada originara una

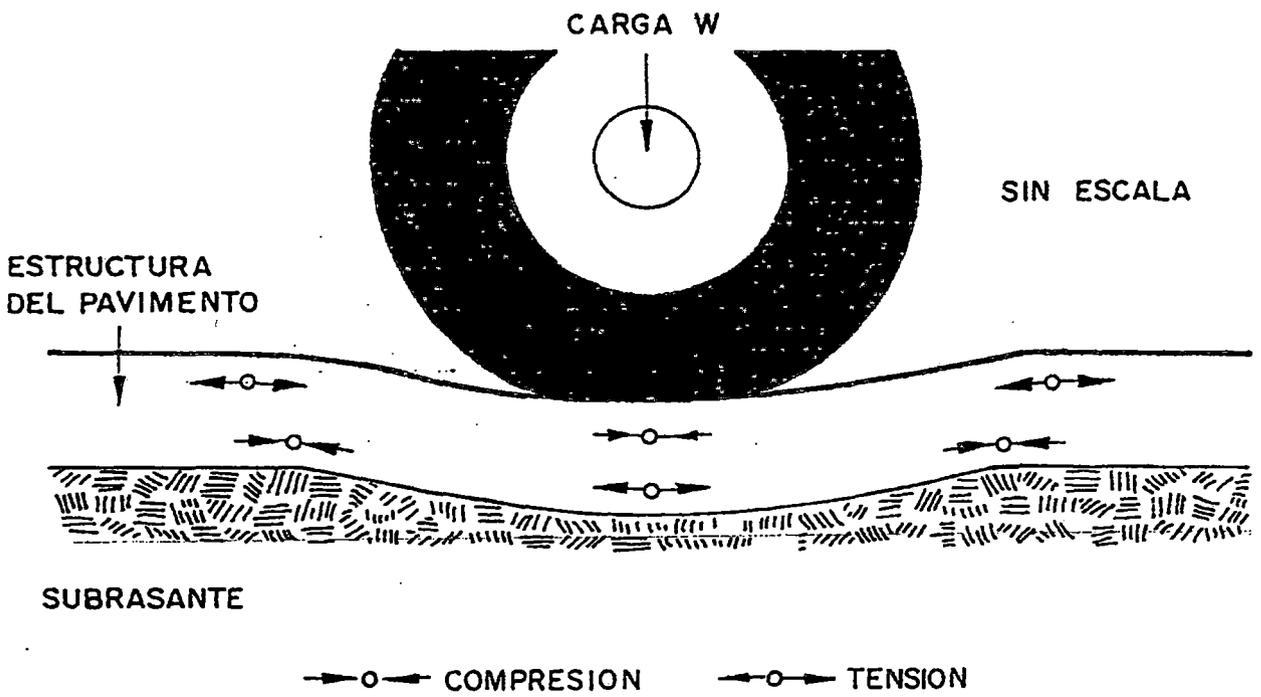
variedad de tipos de daños que reducen la vida y comportamiento de pavimento. Tenemos los ahuellamientos resultantes de una densificación del tráfico, fallas estructurales debido a un exceso de infiltración de las aguas superficiales a través de la capa superficial, y agrietamiento o desconchamiento de la capa superficial esto como consecuencia del resquebrajamiento del ligante bituminoso por expansión de la mezcla al aire y al agua.

1.3 PRINCIPIOS DE ESTRUCTURACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para la estructuración de un pavimento es importante ejecutar estudios completos acerca del tráfico, medio ambiente y suelos de fundación, considerando calidad de materiales y construcción muy estrictos con la finalidad de lograr comportamientos satisfactorios durante la vida útil prevista para el pavimento en la actualidad, el diseño estructural de un pavimento flexible es muy complejo, ahora se debe adoptar consideraciones tecnológicas que permitan obtener una estructura que soporten las condiciones a las que estará sometido el pavimento. Los esfuerzos en el pavimento debido a las cargas de tránsito se analizan en principio empleando la teoría de Boussinesq, donde la condición de área circular uniformemente cargada, es representado por el contacto entre la llanta y la superficie de rodadura, y se considera a las capas granulares y a la subrasante como un único espacio semiinfinito, isótropo homogéneo y elástico. Hoy en día el criterio para el diseño de los espesores de un pavimento flexible se basa en que la deformación vertical por compresión se induce en la capa superficial de la subrasante y la deformación máxima por tensión se induce al apoyo de la capa inferior de la carpeta asfáltica por la carga que trasmite una llanta. En el diseño de pavimentos flexibles, los materiales son caracterizados por su modo de elasticidad (llamado también módulo dinámico, si son mezclas asfálticas, o módulo resiliente, si son materiales granulares no tratados o simplemente suelos) y el coeficiente de Poisson. Para el cálculo elástico de los pavimentos modernos la subrasante o capa baja, se asume infinita en las direcciones verticales hacia abajo y horizontal, las capas del pavimento de espesor finito, son consideradas horizontalmente infinitas, así mismo se asume que existe una continuidad (fricción total) en la interfase entre capas. Este concepto se muestra en la figura No 1.2 (extraído del manual MS. N° 1 del Asphalt Institute) que muestra la distribución de presiones y deflexiones de un pavimento como



Distribución de la presión del neumático a través de la estructura del pavimento



La deflexión del pavimento trae consigo esfuerzos de compresión y tensión en su estructura

Figura N° 1-2: DISTRIBUCION DE PRESIONES Y DEFLEXIONES EN EL PAVIMENTO

consecuencia de las cargas de los vehículos. En la metodología elástica, las cargas sobre la superficie del pavimento producen los esfuerzos que son críticos para el diseño, ellas son: esfuerzo de tensión en el fondo de la capa asfáltica mas profunda y el esfuerzo de compresión (vertical) en la parte superior de la capa de subrasante si el esfuerzo de tensión es excesivo puede producir fisuras en la capa tratada, si el esfuerzo de compresión es excesivo, se producirán deformaciones permanentes en la superficie del pavimento por sobrecargar la subrasante, ahora se simplifica el desarrollo de estos criterios en el diseño de pavimentos, porque existen programas de computo donde consideran una serie de parámetros, de entrada, condiciones de carga y condiciones ambientales.

1.4 PROPIEDADES Y/O CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS EN TRABAJOS DE PAVIMENTACIÓN

A continuación se indica en forma general. Los requerimientos o propiedades mínimas que deben cumplir los materiales que deben ser usados en los trabajos de pavimentación, dichos valores han sido logrados en base a las experiencias efectuadas.

1.4.1 SUBRASANTE

Debe tener partículas duras, y debe estar limpio, sin residuos orgánicos, grumos o terrones de arcilla, debe de cumplir con la especificación del huso granulométrico indicado en el siguiente cuadro

CUADRO N° 1.1
HUSOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUBRASANTE

TAMAÑO DE LA MALLA (Abertura cuadrada)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA		
	Gradación A	Gradación B	Gradación C
75mm(3")	100	-	-
37.5mm(1.5")	-	100	-
25mm(1")	-	-	100
4.75mm(N°4)	30 - 70	30 - 70	40 - 80
75µm(N° 200)	0 -15	0 - 15	5 - 20

El espesor mínimo de la subrasante debe ser 0.15ms, esto con la finalidad de garantizar la obtención de densidades exigidas, empleando un equipo de compactación idónea, este material se humedecerá o aireara para alcanzar la humedad mas apropiada de compactación. El porcentaje de compactación no debe ser menor del 95% de la máxima densidad seca determinada en el ensayo de Proctor modificado por otro lado. El contenido de humedad del terreno no debe diferir al momento de la compactación, en más del 2% del óptimo contenido de humedad.

1.4.2 SUBBASE GRANULAR

El material debe estar formado de partículas duras y durables o fragmentos de piedra o grava se debe rellenar con arena u otro material partido en partículas finas. El material mayor de 2" será retirado por tamizado o triturado, debe presentar una granulometría lisa continua bien graduada, tiene que cumplir con uno de los husos indicados en el cuadro No 1.2 el material debe estar, libre de restos orgánicos, el material de subrasante debe cumplir con las siguientes características físico – mecánicas. Que se indican:

- Limite liquido (ASTM D-4318) máximo 25%
- Índice plástico máximo 6%

- Equivalente de arena (ASTM D2419) mínimo 30%
- Abrasión (ASTM C-131) máximo 50%
- Partículas chatas y alargadas (ASTM D-4791) máximo 25%
- Caras de fractura (ASTM D-5821) mínimo 25%
- Valor relativo de soporte (C.B.R)
4 días en agua
(ASTM D-1557) mínimo 40%
- Sales solubles totales máximo 1%
- Porcentaje de compactación del
Proctor modificado (ASTM D-1557) mínimo 100%
- Variación en el óptimo contenido de
Humedad del Próctor modificado $\pm 1.5\%$

1.4.3. BASE GRANULAR

Esta capa debe estar compuesta de partículas duras y durables, o fragmentos de piedra o grava y un relleno de arena u otro material partido de partículas finas, el material de tamaño excesivo debe ser retirado por tamizado o será triturado, hasta obtener el tamaño requerido. No menos del 50% en peso de las partículas del agregado grueso, deben tener por lo menos una cara de fractura o forma cúbica angulosa, para cumplir este requisito la grava será tamizada antes de ser triturada, el material de base debe estar libre de impurezas, debe presentar en lo posible una granulometría lisa, continua y graduada de acuerdo a uno de los husos expuesto en el cuadro No 1.2

La base debe cumplir con las siguientes características físico – mecánicas

-  Limite liquido (ASTM D-4318) máximo 25%
- Índice plástico máximo 4%
- Equivalente de arena (ASTM D- 2419) mínimo 35%
- Abrasión (ASTM C-131) máximo 40%
- Partículas chatas y alargadas (ASTM D-4791) máximo 20%
- Caras de Fractura (ASTM D – 5821) mínimo 50%
- Valor Relativo de Soporte, C.B.R.

- 4 días inmersión en agua (ASTM D-1883) mínimo 80%
- Sales Solubles Totales máximo 1%
- Porcentaje de compactación del Proctor Modificado (ASTM D-1557). mínimo 100%
- Variación del óptimo contenido de humedad Del Próctor modificado $\pm 1.5\%$

CUADRO No 1.2

HUSOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUBBASES Y BASES GRANULARES

TAMAÑO DE LA MALLA (Abertura cuadrada)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA GRADACIÓN			
	A	B	C	D
50mm (2")	100	100	-	-
25mm (1")	-	75 - 95	100	100
9.5mm (3/8)	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.00mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25µm (N° 40)	08 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75µm (N° 200)	02 - 08	05 - 15	05 - 15	08 - 15

1.4.4. MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las mezclas asfálticas están compuestas por agregados minerales gruesos, finos, filler, mineral y material bituminoso, dos diferentes constituyentes minerales se separan por tamaño y deben ser graduados uniformemente y combinados en proporciones, tales que la mezcla llene las exigencias de graduación para el tipo específico contratado. A los agregados mezclados consideradas por peso en un 100%. Se deberá agregar bitumen dentro de los límites porcentuales fijados en las especificaciones. Los materiales deben cumplir con los siguientes requisitos:

Agregado Grueso: se denomina agregado grueso a la piedra triturada, grava triturada, escoria triturada o grava zarandeada; es una proporción retenida en la malla N° 4. Estos materiales deben estar limpios, compactos y durables, no estarán recubiertas de arcilla, limo u otras sustancias contaminantes; no deben contener arcilla.

- En la capa superficial no se utilizaran agregados con tendencia a pulimentarse por acción vehicular.
- Los agregados gruesos también deben cumplir con los requerimientos indicados en el cuadro No 1.3.
- Durante el acopio o manipulación del agregado; deberán suministrarse el material en dos o mas tamaños separados; para evitar la segregación.
- En el ensayo de revestimiento y desprendimiento en mezclas de agregados – asfalto, deberá tener en cuenta un porcentaje retenido mayor a 95%.
- En la mezcla de dos o más agregados gruesos e l mezclado deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio

.CUADRO No 1.3

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

ENSAYO	CAPA DE	
	SUPERFICIE	BASE
Durabilidad (sulfato de sodio)	12%	15%
Abrasión (desgaste máximo)	40%	50%
Partículas chatas y alargadas	Máx. 15%	Máx. 15%
Absorción de agua	Máx. 1%	Máx. 1%
Adherencia (% retenido)	+ 95	+ 95

Agregado Fino: la cantidad de los agregados que pasan la malla N° 4 se llama agregado fino y se compondrá de arena natural y/o material obtenido de la trituración de piedra, grava o escoria o de una combinación de estos. El material

fino tiene partículas limpias, compactos de superficie rugosa y moderadamente angulares; no deben tener componentes de arcilla, los acopios del material fino deberán estar cubiertos para evitar la contaminación, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones menores en el agregado fino.

- En la superficie de rodadura no se deben utilizar agregados finos con tendencia a pulimentarse por efectos del tráfico vehicular.
- El agregado fino debe pasar el ensayo según el método ASTM C-88, Durabilidad con sulfato de sodio aquí debe presentar una pérdida menor a 15%, así mismo la absorción de agua será menor de 1% (ASTM C-128).
- El equivalente de arena (ASTM D-2419), será como mínimo de 40% para su empleo en capas de base y 50% para la capa superficial.
- El índice de plasticidad del material que pasa la malla N° 200 será menor de 4.
- Si el agregado fino tiene una variación mayor de ± 0.25 del módulo de finura del material representativo, será rechazado.
- En el ensayo por el método de Riedel – Weber, el agregado fino deberá tener un índice de adherencia mayor de 4, de no cumplirse este requisito deberá mejorarse la afinidad del agregado asfáltico, especialmente para el caso de carpeta de rodadura con la adición de 0.5% del peso total del asfalto de un aditivo orgánico que mejora la adherencia

Relleno Mineral: Sirve para rellenar los vacíos, mejorar la adherencia entre agregado-asfalto este relleno consiste de polvo de roca, polvo de escoria, cemento Pórtland, cal hidratada. Estos materiales deben estar completamente secos con la finalidad de fluir libremente en la mezcla, su granulometría debe cumplir con las especificaciones que se indica en el cuadro

CUADRO No 1.4
HUSO GRANULOMÉTRICO PARA RELLENO MINERAL

TAMAÑO DE LA MALLA (abertura cuadrada)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA
0.590mm(Nº 30)	100
0.297mm(Nº 50)	95 – 100
75µm(Nº 200)	70 - 100

Cemento Asfáltico: El cemento asfáltico será homogéneo y no formará espuma cuando sea calentado a 1750 °C, este material será del grado de penetración requerido por el proyecto, preparado por refinación del petróleo crudo por métodos apropiados.

Características De Las Mezclas Asfálticas En Caliente: En una mezcla asfáltica en caliente, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas, las proporciones relativas de estos materiales se preparan y analiza en laboratorio para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento.

En esta clase de mezcla se distinguen cuatro características a saber.

- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire o simplemente vacíos.
- Vacíos en el agregado mineral.
- Contenido de asfalto.

Estas características físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para tráfico pesado, mediano y ligero en nuestro medio se definen empleando el método ASTM D-1559 ó AASHTO T-245, llamado "Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall".

En el cuadro No 1.5 se indica los siguientes aspectos.

- Clasificación del tráfico

- Ligero. EAL de diseño $< 10^4$
- Medio. EAL de diseño entre 10^4 Y 10^6
- Pesado. EAL de diseño $> 10^6$

- Los esfuerzos de compactación en laboratorio deberán aproximarse a la densidad máxima obtenida en el pavimento por la acción del tráfico.
- Los valores de fluencia se refieren al punto en donde la carga comienza a disminuir.
- El porcentaje de vacíos en el agregado mineral debe ser calculado en base al peso específico total del agregado.
- En el cálculo de vacíos deberá permitirse cierta tolerancia en la porción de cemento asfáltico, perdida por absorción en las partículas de agregado.

CUADRO No 1.5
REQUISITO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN EL DISEÑO MARSHALL

REQUERIMIENTO	TRÁFICO					
	PESADO		MEDIO		LIGERO	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Nº de golpes en c/lado del Especí.	75		50		35	
Estabilidad (lb.)	1800	-	1200	-	750	-
Flujo, 0.25mm (0.01 pulg.)	8	14	8	16	8	18
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
% de vacíos llenos de asft. (VFA)	65	75	65	78	70	80

Los porcentajes mínimos de vacíos en el agregado mineral (VMA), requeridos según el porcentaje de vacíos de la mezcla se indican en el cuadro No 1.6. Los vacíos en el agregado mineral viene a ser el espacio inter granular que se

encuentran entre las partículas del agregado de la mezcla asfáltica compactada, tanto estos vacíos como los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto se expresan como un porcentaje del volumen total de la mezcla asfáltica, con todos los criterios establecidos no es recomendable diseñar una mezcla para optimizar una propiedad en particular, las mezclas con valores muy altos de estabilidad son con frecuencia poco deseables, estos tienden a ser menos durables y presentan fisuras prematuras bajo altos volúmenes de tráfico

CUADRO No 1.6
PORCENTAJE MÍNIMO DE VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA)

TAMAÑO MÁXIMO		% VMA MÍNIMO % VACIOS DE DISEÑO		
		3.0	4.0	5.0
Mm	Pulg.			
1.18	Nº 16	21.5	22.5	23.5
2.36	Nº 8	19.0	20.0	21.0
4.75	Nº 4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19.0	3/4	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÍA ESTUDIADA.

El estudio corresponde a un proyecto de mejoramiento de la carretera existente. El índice medio diario (IMD), así como las características de la vía, la definen como una carretera de penetración de la sierra y que según el servicio a cumplir para 10 años de diseño corresponde a una carretera de segunda clase del sistema vial nacional, se ha tomado como base lo indicado en las normas peruanas para el diseño de carreteras, las características técnicas fundamentales de la carretera Bambamarca – Chota – Cochabamba Tramo (Km. 142+000 – Km. 163+540),son:

• Categoría	2da clase
• Velocidad directriz	40 Km./Hr
• Superficie de rodadura	6.00m
• Berma	0.75m c/lado, salvo Excepciones.
• Cunetas	Trapezoidales
• Radio mínimo	45.00m
• Radio mínimo excepcional	18.00m
• Radio máximo	600.00m
• Pendiente máxima	7.00%
• Pendiente mínima	0.50%
• Bombeo	2.0%
• Peraltes	De acuerdo a normas
• Sobreancho	De acuerdo a normas
• Curvas verticales	De acuerdo a normas, Salvo excepciones
• Talud en corte	Variable en función al Estr. Geológicos.
• Pavimento	Flexible
• Alcantarillas	Tuberías metálicas (TMC), corrugadas.

1.6 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

INTRODUCCIÓN.

La carretera, Bambamarca – Chota – Cochabamba , materia de estudio de la presente tesis modificara temporalmente el estado ambiental en dos etapas bien definidas, la primera que se da durante los trabajos de mejoramiento que da lugar a un malestar e influencia negativa con relación a los usuarios y la segunda etapa es al termino de la ejecución del mejoramiento donde predominan los aspectos positivos, en el presente estudio se trata de determinar los aspectos positivos durante el periodo de ejecución de la obra y la puesta en servicio con la finalidad de realizar un adecuado manejo y gestión del entorno ambiental, el estudio es con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de protección ambiental.

DESCRIPCIÓN DE PROYECTO.

La obra se desarrollará de acuerdo a las características siguientes.

Carretera	: Bambamarca – Chota – Cochabamba.
Región	: Cajamarca
Distritos	: Bambamarca, Chota, Iajas y Cochabamba
Altitud	: 1,750 msnm – 2,600msnm.
Ruta	: 003-(Nacional).
Ubicación Fuentes de Agua	: Km. 142+600, Km. 135+500.
Ubicación de Canteras	: Km. 126+900, Km. 135+500, Km. 138+700, Km. 142+600, Km. 143+400, Km. 154+600, Y Km. 164+200.
Ubicación de Botaderos	: Km. 128+220 y Km. 152+570.
Ubicación de Campamento	: Km. 149+770 (Chota) y Km. 166+200 Cochabamba.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

La ejecución de las diferentes actividades en el mejoramiento de la vía ocasionara alteraciones ambientales que serán necesarias evitar ó mitigar para no afectar los recursos físicos, biológicos, socio-económicos y culturales en este ámbito, los principales problemas ambientales en la carretera esta relacionada con los siguientes conceptos.

1. **Drenajes.-** En su recorrido la carretera atraviesa cursos de agua tales como quebradas, ríos, riachuelos, los cuales pueden ser de escurrimiento eventual, temporal ó permanente. En estos puntos para el cruce de la carretera se puede encausar y/o modificar los cursos de las vías de drenaje natural y en estos casos interrumpir estos flujos de agua, originando problemas ambientales que afectan la misma infraestructura vial y el ecosistema de la zona, principalmente en épocas de máximas avenidas.
2. **Procesos Erosivos.-** El escurrimiento de aguas superficiales provocadas por la lluvia u otros factores, producen erosión de los taludes de corte y relleno, cuando estos no tienen cobertura vegetal u obras de drenaje que los proteja de las fuerzas erosivas de las aguas que llegan de la parte alta de las laderas o son evacuadas de la plataforma de la carretera, existen también otro tipo de erosión, conocido como erosión eólica que se da en las zonas de fuerte vientos, los cuales propician el desprendimiento de material particulado (polvo), y pueden originar derrumbes en los taludes de corte y relleno, cuando estos están constituidos por material granular fino y deleznable, como limos y arenas consolidadas, con el transcurrir del tiempo se van intemperizando.
3. **Explotación de Canteras y Manejo de Botaderos.-** La explotación de canteras en laderas, generalmente provocan zonas inestables; principalmente, por la ejecución de cortes altos en taludes inestables provocando derrumbes y deslizamientos en su mayoría ocurren una vez concluidas las obras, respecto a la explotación de canteras en los cursos de agua tales como ríos y quebradas, existen riesgos de

afectar el equilibrio del ecosistema hidrobiológico que allí se localizan, siendo la remoción del lecho del cauce la principal causa de estos efectos adversos; es de suma importancia que el material del proceso constructivo sea dispuesto convenientemente en botaderos, cuya ubicación no debe ocupar áreas inestables de inertes humanos y/o biológicos.

4. **Campamentos y Patio de Maquinas.-** La instalación de campamentos genera problemas ambientales, relacionados básicamente con la disposición de residuos sólidos domésticos, aguas servidas y excretas, además por costumbres inadecuadas del personal foráneo que provocan la pesca y caza indiscriminada estos problemas si no son resueltos adecuadamente, representan un riesgo para la salud de la población local, e incluso para los mismos trabajadores de la obra, debido a la proliferación de vectores infecciosos. Así mismo pueden contaminarse fuentes de aguas superficiales y subterráneas por el vertimiento y disposición de los residuos domésticos, que se producen en los campamentos y por la caída de los residuos de hidrocarburos en los patios de las maquinas, estos últimos retardan el crecimiento de la vegetación, por lo que es recomendable retirar el suelo afectado depositándolo en los botaderos respectivos.
- 5.- **Mantenimiento.-** El mantenimiento de la carretera particularmente es importante para sostener la fluidez del sistema de drenaje en forma debida. Durante el mantenimiento de la carretera se originará la acumulación del material que resulta de la limpieza en la plataforma de la carretera, en las cunetas, en las alcantarillas y demás obras del proyecto vial. La inadecuada disposición de este material residual podría afectar terrenos agrícolas u otras áreas de interés humano y biológico. La carretera que pase por o cerca de restos arqueológicos durante el mantenimiento deben respetar estas áreas, conforme manda la ley.
- 6.- **Sistemas de Drenaje.-** El sistema de drenaje es una de las partes importantes del diseño, cuya finalidad es preservar la vida útil del pavimento y el medio ambiente. Entre los objetivos básicos más importantes de estos sistemas de drenaje son:

- a.- Encauzar toda la cantidad de agua de los cursos naturales que crucen el camino.
- b.- Sacar el agua de la superficie de la vía sin dañar su estructura.
- c.- Prevenir los posibles problemas ambientales que pueden ocurrir a los lados de la vía.
- d.- Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
- e.- Reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- f.- Drenar el agua subterránea que se encuentra, cuando sea necesario.

Los sistemas de drenaje para la vía esta conformado por las siguientes estructuras. Alcantarillas, Badenes, Bombeo, Cunetas, Subdrenes en las partes húmedas y Puentes.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES EN LA INSTALACIÓN Y USO DE ALCANTARILLAS.

- a.- Cuando exista un cauce, la alcantarilla deberá seguir la dirección natural del Mismo, a fin de reducir al mínimo la perturbación en el sitio.
- b.- En zonas inundables, se debe proyectar varias alcantarillas, en lugar de Concentrar el flujo de agua en una alcantarilla grande, debido a que puede Originar socavación debajo de las alcantarillas.
- c.- Las modificaciones del cauce se deben reducir al mínimo, sin embargo, en Los cauces sinuosos las modificaciones son necesarias, a fin de que los Cursos de agua puedan entrar a la alcantarilla en forma recta.
- d.- La carretera y las alcantarillas, deben cruzarse en lo posible formando un Ángulo recto. Por lo dicho, es probable que los cauces sinuosos necesiten Modificaciones a fin de alinear el cauce.
- e.- A fin de evitar la socavación, se deberán usar disipadores de energía, Como un emboquillado tanto en la entrada y salida de las alcantarillas
Así mismo se debe retirar todo tipo de obstáculos para evitar el represamiento
- f.- En toda alcantarilla tipo tubo (TMC) se construirá muros de cabecera La capacidad de la tubería, también reducir la erosión del Con alas, en la entrada y

salida. Para mejorar la captación y aprovechar el relleno y controlar el nivel de entrada del agua.

g.- Una manera de evitar la obstrucción prematura de la alcantarilla es proyectar una sección razonablemente mayor que la requerida y una óptima pendiente

Badenes.- Son estructuras de revestimiento ubicado en las superficies de calzada, en la zona de cruces con cursos de agua de tipo estacional, como una alternativa económica a los puentes y alcantarillas grandes, a fin de impedir la erosión de dicha superficie. La construcción de un badén debe ser con pavimento rígido en los lugares donde ocurren las mayores avenidas Para poder evacuar piedras, lodo, empalizada etc., en épocas de invierno.

Cunetas.- Son estructuras de sistema de drenaje de la carretera, se construye al pie de los taludes de corte y se utilizan para evacuar el agua de la vía. Cuando las cunetas y demás obras de drenaje de una vía convergen directamente en un río, esta deberá estar provista de obras civiles que permitan la decantación de sedimentos y eviten la erosión, las cunetas deben estar limpias y protegidas, ya sean de empedrado, vegetación, emboquillado de piedra ó concreto. El revestimiento de las cunetas es importante, debido a que el agua puede infiltrarse hacia la base de la carretera causando el deterioro de la superficie de rodadura. Es necesario limitar la pendiente de las Cunetas de 2% a 5%, cuando sea necesario hacer cunetas de pendientes mayores de 5%, se deberá reducir la velocidad del agua con diques de contención, Si en el mantenimiento se constata que las cunetas no tienen suficiente capacidad para la intensidad pluvial local, se debe agregar desfuegos intermedios entre las alcantarillas existentes.

Consideraciones Ambientales en la Erosión.- La erosión de la superficie de rodadura, es ocasionada por el flujo de agua que corre sobre la misma, inclusive hasta la formación de cárcavas, debido principalmente a la falta de drenaje superficial (bombeo ó peralte, cunetas, alcantarillas, badenes), La erosión en los taludes de corte y relleno, se produce a medida que se acumula el agua en canales estrechos, el cual continúa removiendo el suelo Este es el caso más severo de la erosión y puede remover la tierra hasta grandes profundidades. La forma de controlar este tipo de erosión es aumentando la cubierta vegetal (gramíneas,

arbustos, árboles, etc.) en los taludes y áreas de suelos desnudos, también se debe construir zanjas de Coronación.

Explotación y Transporte de Materiales de Canteras a Obra.- Las canteras serán seleccionadas previo análisis de alternativas, y su explotación, será sometida a una aprobación técnica. La cubierta vegetal removida de una zona de préstamo, debe ser almacenada para ser utilizada en las restauraciones futuras. Los drenajes naturales interceptados por los cortes deberán ser canalizados para proteger el talud y evitar la erosión e inestabilidad del mismo. Respecto a las fuentes de material de origen aluvial (en los ríos), la explotación del material se recomienda hacer fuera de los cursos de agua y sobre las aguas del lecho, ya que la movilización de la maquinaria genera remoción de material con el consecuente aumento de turbiedad del agua.

Durante el transporte de materiales de las canteras (de agregados y material asfáltico) a obra pueden producirse emisiones de material contaminante, afectando a la población local y/o vida silvestre. Al respecto, esta emisión de contaminantes, (polvo) se puede minimizar, humedeciendo periódicamente la vía en construcción ó humedeciendo la superficie de materiales transportados y cubriéndolos con toldo. Una vez terminado la construcción de la vía se iniciará el proceso de restauración de las canteras, se reforestará con plantas de la zona. Se deberá prestar especial atención a la protección de las márgenes de los ríos que son fundamentales para evitar desbordamientos en épocas de grandes avenidas.

Botaderos.- los botaderos son lugares donde se colocan los materiales excedentes de la obra, los provenientes de los cortes y de la limpieza que se realizan en el proceso de construcción de la vía. Los lugares recomendados para la ubicación de botaderos, son las zonas adyacentes a la vía, donde se ha tomado material de préstamo para los terraplenes (canteras abandonadas) y que son suelos estériles, sin ningún tipo de cobertura vegetal y sin uso aparente. Se debe evitar zonas de importancia ambiental como lugares de alta productividad. Tampoco se podrá depositar materiales en los cursos de agua ó quebradas. No se permitirá depositar materiales a media ladera, en zonas de fallas geológicas, ó en sitios donde la capacidad de soporte de los suelos sea muy baja.

Campamentos y Patio de Maquinas.-Cuando sea necesario instalar campamentos es conveniente tener en cuenta las diversas normas de construcción, sanitarias y ambientales. En lo posible los campamentos serán construidos con material prefabricado, en caso contrario, se empleara árboles de la zona sin que esto comprometa la biodiversidad del lugar. En la instalación de los campamentos se debe conservar la topografía natural del terreno, no se debe realizar movimientos excesivos de tierra. Por ningún motivo se debe interferir en el uso de agua de la población local, sobre todo aquellas fuentes de captación susceptible de agotarse. Los campamentos deberán estar provistos de los servicios básicos de saneamiento. Para la disposición de excretas se podrán construir silos artesanales en lugares seleccionados que no afecten a los cuerpos de agua. Al final del mejoramiento, los silos serán adecuadamente sellados. Deberán contar con extinción de incendios y material de primeros auxilios médicos, a fin de atender urgencias de salud del personal de obra. El agua para el consumo humano deberá ser potabilizada, utilizando técnicas de tratamiento como la cloración mediante pastillas. Se instalarán en los talleres y patios de maquinas, sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites, así mismo los residuos de aceites y lubricantes se deben colocar en recipientes herméticos y almacenarlos para su posterior eliminación en un botadero adecuado. El abastecimiento de combustible y mantenimiento de la maquinaria se efectuará de forma tal que evite el derrame de hidrocarburos, u otras sustancias contaminantes, a ríos, quebradas, arroyos ó al suelo. Una vez retirada la maquinaria de la obra, por conclusión de trabajos, se procederá al reacondicionamiento de las áreas ocupadas por el patio de maquinarias, en el que se incluyen la remoción y eliminación de los suelos contaminados con residuos de combustibles y lubricantes, así como la correspondiente revegetación.

Conclusiones:

El presente proyecto tendrá un impacto en el medio ambiente, a partir de la puesta en servicio de la obra, los aspectos negativos que se presentarán básicamente referidos a los accidentes y al atropello de la fauna serán menguados con una buena señalización y una permanente educación a los pobladores a través de los medios masivos de comunicación social, de las autoridades locales y organismos populares, también se espera el civismo y conciencia de todos los conductores a lo

largo de esta vía. Los impactos positivos están dirigidos a mejorar el aspecto socio-económico de los pobladores de las zonas aledañas. Los problemas ambientales que se presente durante el mejoramiento de la vía deben ser indicados en el cuaderno de obra, y poner en conocimiento a la supervisión respectiva

1.7.- ESTUDIO HIDROLÓGICO

El proyecto en estudio que comprende las provincias de Hualgayoc y Chota, los distritos de Bambamarca, Chota, Lajas, Cochabamba y accesos implicados dentro de la vía se encuentran dentro de una zona lluviosa en los periodos de enero a marzo, por lo que es muy importante tener en cuenta las precipitaciones pluviales extraordinarias, que son fuentes de incremento de caudales de los ríos y riachuelos. Para diseñar algunas estructuras sobre ellas es necesario considerar las máximas avenidas y las áreas tributarias de las cuencas hidrográficas. En el periodo enero-abril se registra una precipitación pluvial mínima anual de 692.87mm y una máxima anual de 1,555.63mm. En los meses de mayo a octubre es de estiaje y en los meses de octubre a diciembre las precipitaciones son moderadas.

CAPITULO II
ESTUDIO DE SUELOS Y MATERIALES

CAPÍTULO II

ESTUDIOS DE SUELOS Y MATERIALES

2.1.- ESTUDIO DE SUELOS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN.

2.1.1.- EXPLORACIÓN.-La exploración de suelos de fundación es fundamental para el diseño del pavimento, esta exploración se realizó en puntos significativos y representativos por donde transcurrirá la vía, se ubicó los puntos para ejecutar las calicatas, teniendo en cuenta la variación de los suelos existentes, el objetivo es hacer un trabajo minucioso y económico para luego elaborar el perfil estratigráfico. Se realiza un reconocimiento de campo de la zona con la finalidad de visualizar la topografía y drenaje del terreno de fundación. En el campo se escoge la separación ó distanciamiento entre calicatas, en nuestro medio se realiza prospecciones a una distancia máxima de 250m. Esto depende de la variación de los suelos en el eje de la carretera, pero si no existe variaciones del suelo se puede ampliar esta longitud. Para cimentar carreteras las prospecciones se ejecutan con calicatas 1.50m, por debajo de la subrasante que se ha definido, de cada calicata se extrae muestras disturbadas de los diferentes horizontes que conforman la profundidad de dicha calicata, se describirá de manera visual los suelos conformantes de los estratos, anotando su textura, color, forma de los agregados, contenido de sustancias orgánicas, ubicación del nivel freático, espesor del estrato y la humedad que presenta con la profundidad. Cuando el terreno esta conformado por diferentes estratos, debe muestrearse los suelos de cada estrato y anotar

adecuadamente sus características en el cuaderno de campo. El muestreo en campo es importante y conlleva a la exactitud del estudio, los errores que se cometan arrastrará costos indebidos en el diseño ó en la conformación de las capas, El muestreo es igual de importante que los ensayos, las muestras deben ser representativas de los materiales que va ha ser estudiadas ó analizadas. En esta etapa de los trabajos, se debe contar con un técnico especialista en suelos, con conocimiento de los ensayos de laboratorio, se recogerá las muestras representativas en cantidad suficiente para las necesidades y requerimientos de laboratorio. Existen métodos adecuados para la clasificación de los materiales, en base a su composición granulométrica, de ello se ha podido determinar que los suelos granulares, separados por métodos mecánicos (cribado ó tamizado), son fáciles de determinar sus propiedades físicas. En suelos finos sus propiedades mecánicas e hidráulicas dependen del grado de estructuración e historia geológica y muy poco por el conocimiento de su granulometría. La clasificación de los suelos pueden ser realizados por dos métodos: Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos) y la, Clasificación AASHTO (Recomendado para describir suelos en carreteras), ambos métodos son solicitados en estudios de carreteras. En el presente estudio en cada prospección se realizó una separación de los materiales de acuerdo a su granulometría, en forma visual, para luego ser clasificada y muestreada para su análisis en laboratorio después de los trabajos de laboratorio se indico la clasificación de los suelos, con estos resultados se elaboró el perfil estratigráfico a lo largo de la vía (este plano se muestra en el capítulo 4 – Anexos).

2.1.2.- ENSAYOS COMUNES DE CARACTERIZACIÓN EN CAMPO.- Es poco común encontrar en la naturaleza a los materiales con un solo componente, mas bien se presentan como suelos compuestos, en esta composición se identifican a los suelos en cinco grupos básicos: Grava, arena, limos, arcillas y coloide, con la finalidad de aprovechar en vías de transporte se menciona a continuación una forma de identificar visualmente a los suelos y poder tener una descripción preliminar de campo.

- **Estructura.** Se refiere a la disposición natural de las partículas cuando el suelo se encuentra in-situ e inalterado (como perfil estructural), ó en cualquier grado de alteración, los términos utilizados para describir la

estructura, indican las características de la disposición, la forma general y el tamaño del agregado, en muchos casos pueden indicar la consistencia de los agregados.

- **Textura:** La textura será determinada por la cantidad de cada tamaño del contenido en una mezcla de suelo, el tacto y la apariencia de los grupos textuales indican el tipo de suelo que se encuentran en la exploración y será de mucha ayuda en su clasificación. El ensayo se debe efectuar de la siguiente manera, se forma una moldeadora con la mano, de suelo seco ó húmedo y comprimiéndola con los dedos se realiza el ensayo de campo para juzgar su textura

- **Forma de los Granos:** Viene a ser la descripción de las partículas que forman el suelo, grava ó arena, de acuerdo a su redondez, angulosidad en general de la forma del agregado.

- **Granulometría:** Con la experiencia en el reconocimiento de los materiales, se realiza una granulometría visual in-situ, dando una gradación (grava, arena, limo etc.) y este debe ser reforzado con ensayos de laboratorio.

- **Plasticidad:** Consiste en rodar una muestra de suelo húmedo entre las palmas de la mano y estimar la tenacidad del rolo resultante, esta tenacidad es un indicio de plasticidad del suelo, cualquier suelo que es rodado es plástico. Plasticidad alta esta indicada por un rolo resistente. Plasticidad media esta indicada por la resistencia media del rolo, pero que se desmoronará después de haber alcanzado el límite plástico. Plasticidad baja, esta indicada por un rolo débil que no puede ser mantenido intacto bajo el estado plástico.

- **Ensayo al Ácido:** Consiste en dejar caer una gota de ácido clorhídrico sobre un pedazo de suelo, si hay efervescencia entonces hay carbonato de calcio.

2.1.3.- CARACTERISTICAS FISICO – MECÁNICAS A TRAVES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos a través de ensayos de laboratorio, ayuda a identificar las características de estos, se describe a continuación los aspectos importantes de cada ensayo, los certificados de laboratorio se encuentran en el capítulo 4 – Anexos.

- **Análisis Granulométrico:** Se refiere a los suelos desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo conforman, los ensayos de laboratorio están normados y expuestos en manuales de ASTM y AASHTO, el ensayo granulométrico está designado con ASTM D – 422, el procedimiento es el siguiente:

. El ensayo es realizado en una muestra representativa de la zona ó estrato a ser analizado, es lavado (método de vía húmeda), para eliminar a través de la malla N° 200 el material fino, como limos, arcillas y coloide.

. En seguida al material seleccionado se sacan muestras, que serán secadas en horno a un temperatura de 110°C, luego será tamizada de donde se obtendrá los porcentajes de los retenidos en cada malla, anotando en los formatos correspondientes.

- **Constantes Físicas ó Limites De Atterberg:** Estas constantes físicas están determinados en los ensayos de limite liquido y plástico, el objetivo de este ensayo es determinar los porcentajes de humedad de los suelos, en las que pasan de una fase liquida (suelo totalmente saturado), a una plástica y sólida, es decir la cantidad de agua que se necesita para romper las fuerzas de cohesión de un suelo (limite liquido), y la de un comportamiento plástico de un material (caso de limite plástico), este ensayo es normado y se encuentra designado con ASTM D – 4318.

- **Clasificación de los suelos.** Los ensayos de granulometría y constantes físicas no llegan a clasificar a los suelos de una manera descriptiva y cualitativa, primero se debe identificar a los suelos como (gravas, arena, finos), los que ayudan a reconocer su característica mas sobresaliente, para

ello se han universalizado los símbolos, son conocido en nuestro medio las clasificaciones, SUCS y AASHTO, que son utilizados para identificar suelos para cimentación de carreteras.

- **Peso Especifico de los Suelos.**- Este parámetro nos da a conocer las propiedades volumétricas y gravimétricas de los suelos, están normados con la designación de ASTM D-854 ó AASHTO T- 100, esto para determinar los pesos específicos del material pasante la malla Nº 4, y para el retenido esta designado con ASTM C – 127 ó AASHTO T – 85, también utilizada para determinar la curva de saturación en el ensayo de Proctor modificado.

- **EL Próctor Modificado.**- Este ensayo es sumamente importante, para determinar la máxima densidad que se le puede dar a un suelo, parámetro de laboratorio que determina las condiciones de compactación que debe tener un suelo en obra. Esta designado con el ASTM D – 1557, el ensayo proporciona el óptimo contenido de humedad (OCH), que debe tener los suelos para alcanzar la máxima densidad seca (MDS), siendo estas las características fundamentales que se deben dar en la obra, a los materiales para las condiciones de trabajo (COMPACTACION), los valores encontrado en este ensayo se emplean en el ensayo de CBR,(llamado ensayo de soportabilidad de un suelo), que se utilizarán para caracterizar a los materiales en el diseño de pavimentos. Todos estos ensayos mencionados son los básicos para estudiar los suelos, con la finalidad de conocer, las propiedades físico mecánicas, que sirven en la construcción de carreteras

2.2.- MODULO RESILENTE DE LOS SUELOS: El módulo resiliente, es el que cuantifica la calidad de los suelos, dando a conocer la resistencia y su capacidad de disipar los esfuerzos de cargas aplicadas, en nuestro medio el ensayo de CBR, es el más difundido, en el desarrollo de las metodologías para el diseño estructural de pavimentos. El ensayo de CBR, esta descrito en la norma, ASTM D-1883 (en el capítulo 4 se muestra los certificados de CBR del suelo de fundación de la vía).En la actualidad, de acuerdo al avance tecnológico el ensayo CBR, esta siendo remplazado por el ensayo de **Módulo**

Resiliente (Mr), especificado en la norma AASHTO T-274, ahora se utiliza en las guías de diseño por las siguientes razones.

- El módulo resiliente indica una propiedad básica del material, que puede ser usada en un análisis mecánico de sistemas multicapas para predecir la rugosidad, el agrietamiento, el ahuellamiento del pavimento.
- Este ensayo pretende caracterizar mejor que los ensayos utilizados tradicionalmente, el comportamiento del suelo ante las solicitaciones de carga durante su vida útil.
- En la actualidad el módulo resiliente es empleado en el diseño y gestión de pavimentos, además sirve para estimar el Mr, de varios materiales por medio de ensayos no destructivos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de su oficina de Control de Calidad esta realizando estudios e investigaciones de la capacidad de soporte de los suelos en función del módulo resiliente. El concepto de módulo resiliente, se conocía hasta hace poco, solo por referencias bibliográficas, sin embargo casi todos los países sudamericanos utilizan desde hace un buen tiempo, este método en sus diseños de pavimentos. En estados unidos y Europa es imprescindible este ensayo. El objetivo de esta tesis es efectuar una relación aproximada entre el CBR y Mr, presentados en los diversos ábacos de acuerdo a nuestras condiciones propias, para acceder a los métodos de diseño actuales y obtener resultados reales. Se verá el método del instituto del asfalto, el método AASHTO – 93 y una introducción a la versión AASHTO – 2000.

2.2.1.- COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS MATERIALES. Para el diseño de un pavimento se debe considerar varios parámetros tales como: tráfico, clima, drenaje, geotecnia, proceso constructivo, de todos estos el mas importante es el tráfico, por que impondrá las condiciones de servicio de la vía, principalmente por lo siguiente.

- Velocidad de los vehículos.

- Frecuencia de las cargas.
- Distribución de los vehículos en la vía.
- Distribución de carga en el vehículo y radio de influencia de la carga.
- Área de contacto en la llanta.
- Tipo de vehículo (numero de ejes, separación entre ejes, numero de llantas).

Todas estas acciones dan lugar en el pavimento y subrasante, esfuerzos vertical y horizontal, además esfuerzos de corte, que cuando el elemento esta bajo la carga aplicada es cero. Ver la siguiente figura.

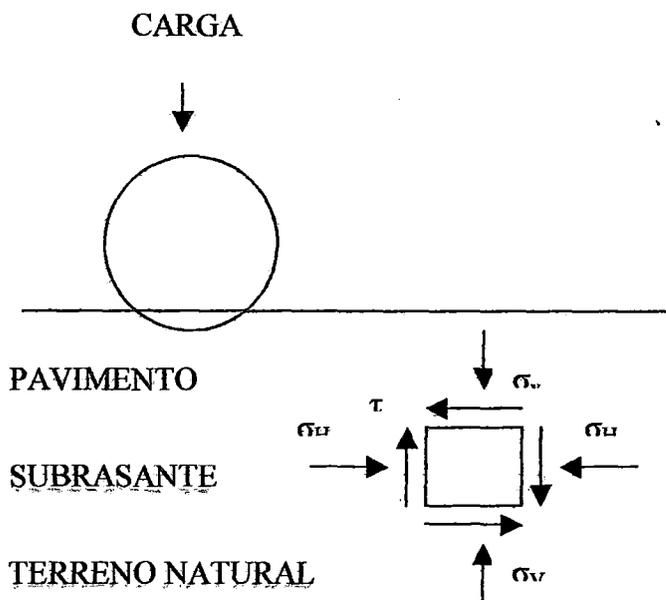


FIGURA N° 2.1

Ante el efecto de esfuerzos el elemento responde con la deformación y/o falla, ya sea rotura por fatiga ó por excesiva acumulación de deformaciones permanentes, de acuerdo a estos conceptos establecemos la diferencia entre los materiales isotrópicos elásticos con los suelos de subrasante.

- Los materiales isotrópicos elásticos permitirán la deformación y recuperación con parámetros como el módulo de elasticidad y la relación de Poisson del material.
- Los materiales de construcción del pavimento y los suelos de subrasante, permiten que solo una parte de la deformación total inducida se recupera, al cesar la aplicación de la carga, en consecuencia en estos casos no es válido el concepto teórico de elasticidad pero si el módulo resiliente.

Una de las formas de encontrar el módulo resiliente y el comportamiento de resiliencia de los materiales, con bastante aproximación, es mediante los ensayos triaxiales dinámicos con cargas repetidas, para ello se ensaya un testigo de material granular del suelo de forma cilíndrica natural ó confeccionado, bajo las condiciones representativas a las cuales estaría sometido en su condición insitu, a una presión de confinamiento (σ_3) y la acción de un esfuerzo desviador pulsante (σ_d). El módulo resiliente significa la relación de las cargas pulsantes aplicadas y las deformaciones recuperables cuando se suprimen estas cargas, siendo la siguiente expresión.

$$M_r = \sigma_d / \epsilon_r$$

Donde:

M_r = Módulo resiliente

σ_d = Esfuerzo desviador pulsante

ϵ_r = Deformación resiliente

σ_3 = Presión de confinamiento

La distribución de estos esfuerzos que actúan en la cámara triaxial dinámica, con la aplicación de esfuerzos desviadores se representa en la siguiente figura.

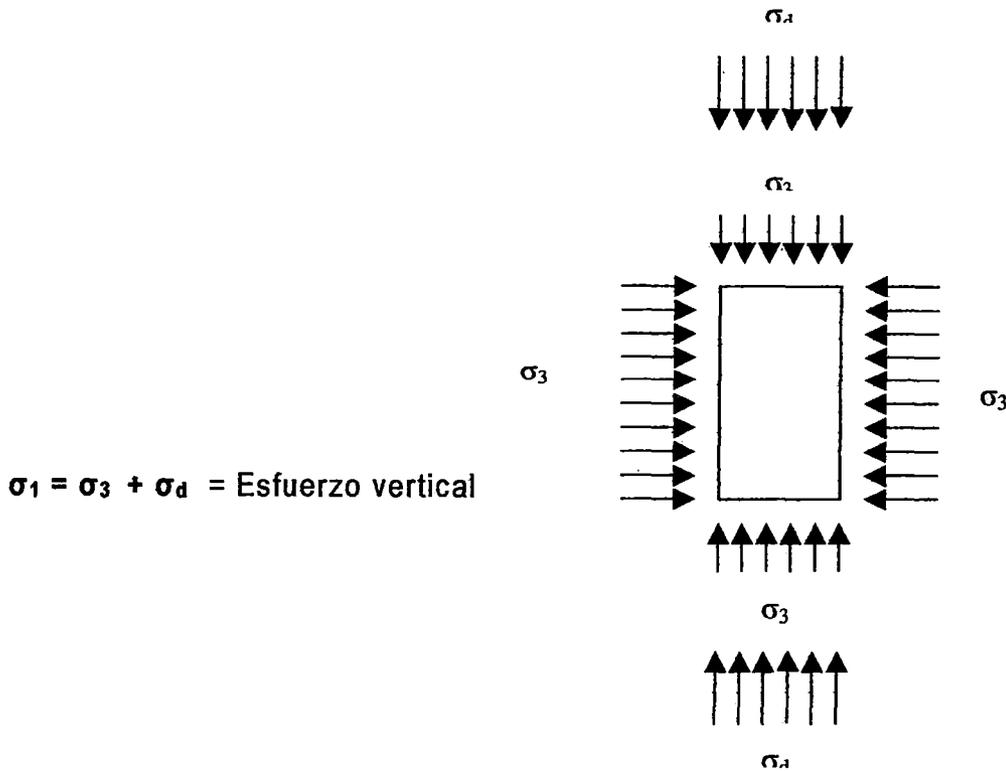


FIGURA N° 2.2

2.2.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL MR. Los factores fundamentales que influyen en la determinación del módulo resiliente son

- Los que influyen directamente en los valores del módulo resiliente, son la humedad y por consiguiente la densidad, los suelos con un grado de saturación inferior al 80%, muestran valores de módulo resiliente altos y con pequeña dispersión, al aumentar la humedad (superando su óptimo contenido de humedad), las deformaciones se incrementan rápidamente sin mantener un orden respecto de otros testigos con la misma edad, causando la disminución del Mr y obteniéndose resultados variados y dispersos
- Los esfuerzos aplicados al testigo donde σ_3 , que es el esfuerzo de confinamiento con menos efecto que el esfuerzo desviador σ_d , en los suelos

finos y plásticos principalmente, lo contrario sucede con los suelos granulares, donde la presión de confinamiento tiene mayor influencia que el esfuerzo desviador pulsante

- Otro factor es el método de compactación empleado en el testigo, toda vez que estos influyen en forma diferente a la estructura de los diversos tipos de suelos, debido a los acomodados que se van a producir en las partículas durante la compactación. La compactación por amasado (con el equipo Kneading) o los de impacto provocan estructuras dispersas de las partículas (es decir se acomodan en paralelo) principalmente cuando el grado de saturación es mayor al 80%
- Muchos investigadores han encontrado que ha mayor tiempo de almacenamiento de suelos compactados inicialmente con altos contenidos de humedad, al ser sometidos a los esfuerzos repetidos inicialmente aumenta su resistencia y por tanto aumenta también su módulo resiliente. Debido a las interacciones físicas químicas (electroquímica) que han producido la cementación de las partículas finas superficiales, esta mayor resistencia tiende a desaparecer ante la mayor aplicación de cargas (mayor a 4000 repeticiones).

2.2.3.- MODELOS DE COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS EN FUNCIÓN A LOS MÓDULOS RESILIENTES.

Los factores como de humedad, densidad, grado de saturación y principalmente los esfuerzos aplicados en suelos granulares y finos, han incidido en el comportamiento del módulo resiliente, estableciéndose los modelos que a continuación se indican:

Para Suelos Granulares:

$$Mr = A1 \sigma_3^{B1}$$

$$Mr = A2 \theta^{B2}$$

Donde:

σ_3 = Presión de confinamiento

$$\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_d + 3\sigma_3$$

(Esfuerzo total en la masa ó primer invariante de esfuerzos)

A1, A2, B1 y B2: Son las constantes experimentales definidos en

Los Ensayos triaxiales dinámicos

Para Suelos Finos:

Modelo Bilineal

$$M_r = K_1 + K_2 \sigma_d \quad \text{Donde } \sigma_d < \sigma_{di}$$

$$M_r = K_3 + K_4 \sigma_d \quad \text{Donde } \sigma_d > \sigma_{di}$$

σ_{di} = Es el esfuerzo desviador en que la pendiente de M_r vs. σ_d cambia.

K_1, K_2, K_3 y K_4 : Son parámetros del modelo dependiente del tipo de suelo

Y estado físico, (K_1 y K_2) son negativos.

Modelo de Power:

$$M_r = K \sigma_d^n$$

Donde:

K y n : son parámetros dependientes del tipo de suelo y estado

(n es negativo)

Modelo Hiperbólico

$$M_r = (K + n\sigma_d) / \sigma_d$$

A parte de estos modelos se han establecidos relaciones entre el módulo resiliente y la succión de la humedad, en función a tres variables de esfuerzo.

$(\sigma_d \cdot \mu_0)$, esfuerzo confinado del sistema

$(\sigma_d \cdot \sigma_3)$, esfuerzo axial y $(\mu_0 \cdot \mu_n)$, succión de matriz.

Estos modelos se están empleando en investigaciones y representan funciones valederas dentro de sus limitaciones ya establecidas, estos modelos son una base para los estudios que se vienen realizando en el ministerio de transportes y comunicaciones.

2.2.4 SISTEMA TRIAXIAL DINÁMICO CON CARGAS REPETIDAS

En la oficina de control de calidad de la dirección general de caminos y ferrocarriles perteneciente al ministerio de transportes y comunicaciones, existe un sistema universal de ensayo de materiales, consistente en un ordenador controlado por una maquina de recargo neumático, el cual esta capacitado para ejecutar ensayos sobre mezclas asfálticas y materiales granulares/finos confinados o sueltos. Este sistema facilita el registro y exposición de la respuesta de los testigos ante la aplicación de esfuerzos (para extensos periodos de tiempo o número de ciclos de recargo), como son las deformaciones y rigidez alcanzadas por el espécimen ensayado. El sistema recoge las lecturas tomadas por transmisiones adaptadas al espécimen, después expone en el ordenador los datos de deformación, módulo o movimiento ondular en el momento de ocurrencia. Los esfuerzos son ampliados a través de un activador neumático de baja fricción acoplado a una válvula de aire operado eléctricamente. La válvula es un dispositivo asistido de aire a alta velocidad. Un transmisor calibrado es colocado en el eje de recargo o sobrecarga, para medir la fuerza aplicada al testigo de prueba.

El esfuerzo vertical es suministrado por un acumulador de aire, ante la orden proveniente de un terminal de ingreso de datos desde la válvula de control solenoide. La presión de confinamiento en este equipo esta dado por un liquido en base a aceite de silicona (viscosidad de 0.2 Stokes), la presión esta dado por aire

estático o impulsado, suministrado desde el acumulador y activado por la válvula solenoide.

La celda Triaxial está condicionada para ensayar testigos de 200mm de altura por 100mm de diámetro, esta tiene una capacidad para soportar una presión hasta de 1700 KPa y está acondicionada de compuertas para el ingreso de accesorios que tienen como función.

- La aplicación de la presión de confinamiento y/o el drenaje de las celdas (una compuerta).
- Dos compuertas proporcionan acceso en la base del espécimen, para medir la presión de poros ó cambio de volumen.
- La cuarta compuerta es para drenaje sobre la parte superior del espécimen.

En la parte superior de la celda, anexada al eje de carga, se coloca un transmisor de desplazamiento. Internamente 4 transmisores sensibles de desplazamientos de baja fricción, que se colocan en la parte lateral del testigo para medir directamente su desplazamiento axial y radial en forma permanente durante la aplicación de la carga. 02 transmisores están fijados al espécimen (encima y debajo de su centro) por resortes de tensión y que actúan como una correa ajustada alrededor del testigo, estos a su vez se encuentran unidos en un bloque. Cada bloque colocado soporta un transmisor de desplazamiento axial y otro radial. Las mediciones radiales (concéntricas) son obtenidas por un cable dentro de cada resorte de tensión que están acoplados a los bloques en un extremo y en el otro están fijados a núcleos de transmisores LVDT. Los transmisores axiales LVDT, en cada bloque tienen sus núcleos unidos a una varilla fijada por un clip insertado bajo el resorte de tensión del transmisor opuesto. Un juego de tornillos sobre cada barra proporciona el ajuste de la posición del núcleo.

El sistema de control y toma de datos es una unidad compacta que por si misma proporciona todas las funciones de control, cronometraje y adquisición de datos para el marco o la estructura del ensayo y transmisores. La presión de aire esta controlada sobre el rango de (0 – 700 Kpa). Por los convertidores digitales se

aplica un voltaje para modificar la presión de aire a los niveles requeridos y a intervalos de tiempos programados, los cambios de voltaje de las válvulas solenoides permiten al aire operar a los activadores para un tiempo de duración programable. Mientras se somete al espécimen a esfuerzos, el sistema toma los datos desde los transmisores y transmite estos datos a los ordenadores para el almacenamiento y procesamiento. Más adelante se aprecia las partes principales del sistema triaxial dinámico con cargas repetidas.

2.2.5 REFERENCIAS SOBRE LA NORMA AASHTO

La norma AASHTO T 292 – 91, trata sobre la ejecución de ensayos triaxiales dinámicos de carga repetida, esta norma se refiere al “Módulo Resiliente de Suelos de subrasante y materiales de subbase, base no tratados”. Aquí se definen los lineamientos correspondientes a la magnitud de los esfuerzos aplicados (σ_3 y σ_d), repeticiones y frecuencias de estas; preparación y condiciones de las muestras a ensayar, etc. La versión AASHTO – 91 presenta mayores precisiones respecto a la norma AAHSTO T 274 – 86, en los siguientes puntos.

- En la norma AASHTO T 292 – 91, en el ensayo se involucra a suelos finos y granulares tanto a los de base y subbase granular, lo que no hacía la AAHSTO T274, que solo aplicaba a suelos de subrasante...
- El periodo de acondicionamiento señalado en esta norma ha sido modificada respecto de lo que establece la norma AASHTO T 274– 86 , esto con la finalidad de minimizar los efectos que se pudieran ocasionar entre la etapa de muestreo y el ensayo, así como el contacto imperfecto inicial entre los cabezales de carga y la superficie del testigo.

Se establecieron secuencia de ensayos para suelos cohesivos, granulares de base y subbase como se indica en el cuadro N° 2.1.

CUADRO No 2.1

DURACIÓN DE CARGA (EXPRESADAS EN SEGUNDOS) PARA ESPECIMENES DE SUELOS DE SUBRASANTE COHESIVOS

VELOCIDAD DE DISEÑO	ESPESOR BAJO LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO	
	≤ 508mm	> 508mm
72 Km./h ó menos	0,1	0,15
Mayor a 72 Km./h	0,05 *	0,1

(*) Si estas duraciones no son posibles por limitaciones del equipo, usar 0.1sg

- El método de saturación para suelos finos es especificado en función a la saturación del testigo durante el tiempo de compactación y/o durante el de servicio, como se muestra en el cuadro No 2.2.

CUADRO No 2.2

SELECCIÓN DE METODOS DE COMPACTACIÓN PARA ESPECÍMENES COMPACTADOS EN LABORATORIO

CONDICIONES IN SITU		METODO DE COMPACTACIÓN APLICABLE
SATURACIÓN DURANTE LA ETAPA DE SATURACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD EN SERVICIO POST CONSTRUCCIÓN	
< 80	Menor al contenido de humedad durante el tiempo de compactación	Impacto Estático Kneading
> 80	Mayor o igual al contenido de humedad durante la construcción	Impacto Kneading
< 80	Mayor que el contenido de humedad de la construcción	Estático

- Se establecen secuencia de ensayo para suelos cohesivos, granulares, base y subbase.

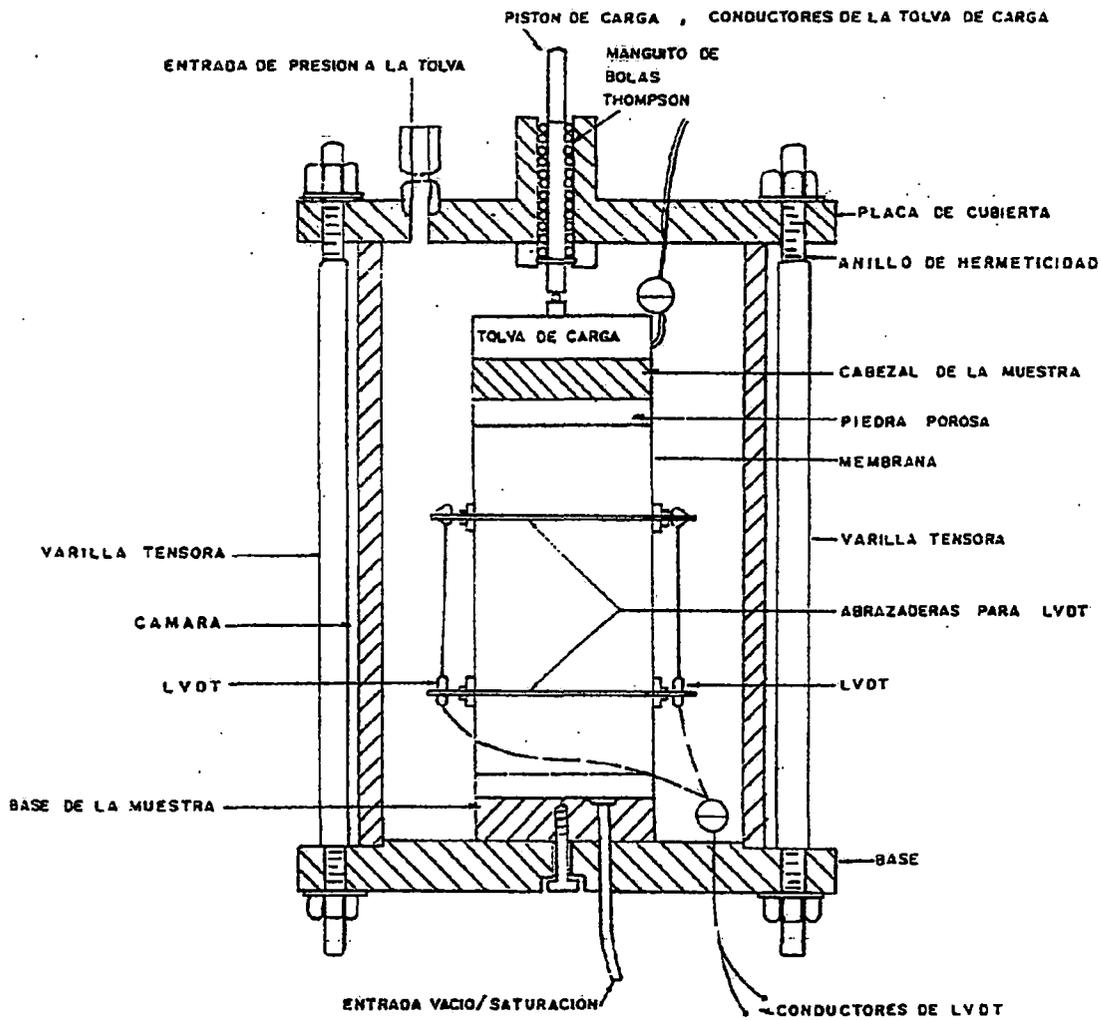


Figura 2.3: Aparato para determinar el módulo resiliente del suelo

CUADRO No 2.3
SECUENCIA DE ENSAYOS PARA SUELOS COHESIVOS

FASE	SECUENCIA No	ESFUERZO DESV (kpa)*	No DE REPETICIONES
Acondicionamiento del Espécimen	1	21** 41***	1000
ENSAYO	2	21	50****
	3	34	50
	4	48	50
	5	69	50
	6	103	50

** Usar para especímenes con esfuerzo de corte hasta de 48 KPa

*** Usar para especímenes con esfuerzo de cortes mayores a 48 KPa.

**** Para todos los estados de esfuerzos el número mínimo de repeticiones

Necesarias es 50

CUADRO No 2.4

**SECUENCIA DE ENSAYO PARA ESPECÍMENES GRANULARES DE SUELOS DE
SUBRASANTE**

FASE	SECUENCIA No	ESFUER. DESV (kPa)	PRES.DE.CONF. (KPa)	No DE REPET. **
Acondicionamiento del Espécimen	1	83	103	1000
ENSAYO	2	48	103	50
	3	69	103	50
	4	103	103	50
	5	34	69	59
	6	48	69	50
	7	69	69	50
	8	103	69	50
	9	21	34	50
	10	34	34	50
	11	48	34	50
	12	69	34	50
	13	21	14	50
	14	34	14	50
	15	48	14	50

** Para todos los estados de esfuerzos el mínimo número de repeticiones es 50.

CUADRO No 2.5

**SECUENCIA DE ENSAYO PARA ESPECÍMENES GRANULARES DE MATERIAL DE
BASE Y SUBBASE**

FASE	SECUENCIA No	ESFZ. DESV. (KPa)	PRES.DE.CONF. (KPa)	No DE REPET. **
ACONDICIONAM. DEL ESPECIMEN	1	103	138	1000
ENSAYO	2	69	138	50
	3	138	138	50
	4	207	138	50
	5	276	138	50
	6	69	103	50
	7	138	103	50
	8	207	103	50
	9	276	103	50
	10	34	69	50
	11	69	69	50
	12	138	69	50
	13	207	69	50
	14	34	34	50
	15	69	34	50
	16	103	34	50
	17	34	21	50
	18	48	21	50
	19	62	21	50

** Para todos los estados de esfuerzos el mínimo número de repeticiones es 50.

- La diferencia entre estas normas, viene a ser la determinación del módulo resiliente. La Norma AASHTO T 292 – 91 emplea la deformación resiliente como determinativo. Para el ensayo, si la diferencia entre deformaciones resilientes para una carga establecida es mayor o igual al 5%, se deberá continuar aplicando otra secuencia de la misma carga (en número de 50 repeticiones) hasta cumplir dicha condición, lo cual será el indicativo para continuar con la siguiente secuencia de carga. Al respecto la magnitud de las cargas es regido de acuerdo al tipo de suelo (fino o granular) toda vez que el comportamiento visco-elástico es de mayor

significancia en los fino, permitiéndose una mayor amplitud de las cargas en los suelos granulares.

2.3 CAPACIDAD SOPORTE DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Se considera el método AASHTO T – 274 (módulo resiliente de los suelos de fundación), que viene a ser el ensayo definitivo para caracterizar y evaluar el soporte del suelo, pero en nuestro medio no contamos con el equipo para un ensayo directo, en esta tesis se ha usado las estimaciones del módulo resiliente a partir de los ensayos de CBR, realizados por el ministerio de transportes y comunicaciones por intermedio de la oficina de control de calidad. La guía AASHTO, ha encontrado correlaciones para suelos con CBR bajos, se viene realizando investigaciones para correlacionar valores mas altos de CBR (estas correlaciones se tratará en el capítulo 3 – diseño de pavimento). Los valores de CBR, obtenidos de los ensayos realizados a muestras de los suelos en los puntos críticos por donde transcurre la carretera. Bambamarca – Chota – Cochabamba (proyecto de esta tesis) se indica en el siguiente cuadro.

CUADRO No 2.6

VALORES DE CBR TRAMO: KM. 118+800 – KM. 162+000

PROGRESIVAS	TIPO DE SUELO	CBR AL 95% DE MSD(*)	CBR AL 100%
KM. 118+800	GC	17	40
KM. 122+200	GC	23	50
KM. 143+100	SM – SC	8	18
KM. 154+200	GP – GM	25	53
KM. 154+600	GC	31	65
KM. 157+400	GC	24	50
KM. 159+100	ML – CL	5	11
KM. 162+000	GM - GC	34	71

(*) Máxima Densidad Seca obtenido del Ensayo: Próctor Modificado. (La certificación se Anexa en el capítulo IV).

2.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El plano de perfil estratigráfico, es elaborado con los datos que se obtiene de los análisis granulométricos de las muestras, extraídas de las calicatas a lo largo de la franja donde transcurrirá la carretera (tramo: Bambamarca – Chota – Cochabamba), dichas calicatas alcanzan una profundidad de 1.50m, en la mayoría de los sectores que se encuentran a nivel de trocha carrozable, la misma que coincide con la subrasante, lo que hace mas confiable los datos hallados. En los lugares donde no tienen esta coincidencia la exploración vertical de los suelos determinará los estratos que lo conforman y a través de su identificación se podrá determinar las implicancias de estos en los costos de movimiento de tierra, en la etapa de construcción. El plano del perfil estratigráfico, es importante por que nos da una idea global de los suelos, nos muestra los estratos y sus horizontes que conforman la franja de diseño de la vía. Este plano se encuentra en el Capítulo IV – Anexos.

2.5 ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.5.1 GENERALIDADES

El estudio geológico es una labor previa, indispensable en todos los trabajos de construcción de obras de ingeniería, nos sirve para estudiar la resistencia de las rocas, su porosidad, elasticidad, grado y tipo de fracturamiento, estos estudios principalmente analizan la existencia de fallas geológicas. Los problemas geológicos que se debe tener en cuenta son, los deslizamientos, fallas geológicas, las filtraciones de agua y los movimientos de tierra. En las alturas se toma en cuenta los efectos de las heladas, la posibilidad de aludes de nieve y las avalanchas tras el deshielo, también se debe estudiar los cauces secos y otros cursos torrenciales que en una repentina avenida tras fuertes lluvias, pueden provocar inundaciones o arrastrar la vía. Se estudian los trazos de los cursos de agua, las superficies erosionadas y otras formas de relieve (todo esto por intermedio de la Geodinámica Externa), a parte de estos aspectos externos tenemos, al viento, a los glaciares y aguas marinas.

Por intermedio de la Petrología, se estudian los distintos tipos de roca que afloran en una región, la variación o paso de unos tipos a otros, características externas de las rocas (color, estructura, etc.), otro grupo de observaciones pertenecen al campo de la Estratificación y Geología Histórica: estudio de las rocas sedimentarias y metamórficas, estudio de los fósiles decisivo para determinar la edad de las formaciones rocosas.

En la **Geología Estructural**, las características más notorias lo constituyen los plegamientos fracturados y las fallas en las rocas intrusitas y metamórficas. Las fallas han ocasionado desplazamientos longitudinales de más de 500m. El Batolito de Pataz se presenta muy fracturado, siendo las zonas de debilitamiento y fracturamiento aquellas que han servido para las migraciones de soluciones mineralizadas y formación de vetas.

2.5.2 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN

La carretera: Bambamarca – Cochabamba. Tramo Km. (142+000 – Km. 163+540) esta ubicada en la Región Cajamarca, provincia de Chota, entre las paralelas 5° 57' y 6° 41' de latitud sur y meridiano 78° 14' y 79° 27' de longitud oeste, comprende la sierra norte del país, con una altitud variable entre 2000 m.s.n.m (Cochabamba) y 2532 m.s.n.m (Bambamarca). El Km. 142+000 se encuentra ubicado en la cercanía de la localidad de lajas con dirección a Cochabamba, el Km. 163+540 se encuentra ubicado en el centro poblado menor Santa Isolina, a este punto convergen varios caseríos aledaños

2.5.3 GEOMORFOLOGÍA

GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

En el área en estudio se distinguen dos zonas geomorfológicas regionales:

a) Cordillera Occidental de los Andes

En esta zona se ha reconocido una serie de superficies antiguas de erosión, como planicies altas limitadas por grupos de cumbres de aproximadamente la misma altura. La superficie de erosión de 2000 m.s.n.m se ha desarrollado a ambos lados

de la cordillera occidental y atraviesa los andes por Huallgayoc y Bambamarca siguiendo la orientación NW – SE.

b) Depresiones y Valles Interandinos

Se caracteriza por un relieve abrupto con quebradas, ríos encañonados y laderas pronunciadas con pendientes hasta 50%, con valles en formación emplazados en el flanco occidental de la cordillera, cuyas aguas discurren de sur a norte formando las estribaciones mas altas del marañon, los valles o cañones actuales presentan cierto grado recontrol estructural siguiendo la misma dirección de la estructura geológica.

GEOMORFOLOGÍA LOCAL. Tenemos las siguientes unidades Geomorfológicas locales.

LAS QUEBRADAS: En general han llegado a un estado de equilibrio dinámico evidenciando estabilidad en sus laderas y cauces. El río chotano es el curso de agua mas importante, la carretera va paralelo a este río, las terrazas pluviales en el pueblo de Cochabamba podrían ser erosionadas en crecidas excepcionales del río, por tal motivo es recomendable un sistema de defensa contra la erosión lateral de la terraza pluvial donde pasa la carretera.

LOS ENTRERIOS: Son las áreas montañosas entre las quebradas y valles. La carretera Bambamarca – Cochabamba se desarrolla principalmente en esta unidad geomorfológica, siguiendo la mayor parte de su longitud a orilla del río chotano y el resto faldeando los cerros descendiendo desde Bambamarca hasta Cochabamba, tiene una topografía ondulada con pocas áreas planas. El proceso geodinámico mas importante son la acción pluvial y la erosión pluvial. Menor importancia tiene los procesos cársticos y la meteorización diferencial. La erosión pluvial generalmente deja desnudas las superficies rocosas en la mayoría de las quebradas y la erosión lateral que afecta las terrazas pluviales en el río chotano (En su recorrido pasando por chota, lajas, Cochabamba, chamaya uniéndose al río marañon). La acción cárstica se observa en las calizas masivas cerca al centro poblado menor de Santa Isolina.

2.5.4 GEOLOGÍA REGIONAL

ESTRATIGRAFIA

Las unidades estratigráficas que afloran en el área de influencia de la carretera son:

FORMACIÓN CONTAVA: Esta es la unidad más antigua que subyace al complejo marañón, consistente en lutitas y pizarras negras o gris oscuras en capas delgadas, en los cuales se intercalan capas delgadas de cuarcitas, su espesor máximo es de 500 mts..

COMPLEJO MARAÑÓN: Las rocas más antiguas de la región se encuentran en el complejo marañón que consiste de rocas metamórficas de bajo grado, fillita negra, meta-andesita verdosa y mica esquisto gris verdoso. La secuencia tiene un espesor máximo de 2,000 m y data del precámbrico al cambriano.

GRUPO AMBO: El grupo ambo tiene un espesor promedio de 300 m, alcanzando un máximo de 500 m, consistiendo en areniscas y lutitas con intercalaciones de conglomerados y restos de plantas del carbonífero.

GRUPO MITU: Las areniscas y conglomerados rojos oscuros del grupo Mitu tienen un espesor promedio de 200 m, el conglomerado basal del grupo se compone de elementos suredondados de caliza arenisca parda, andesita rosada y areniscas arcóscicas.

GRUPO PUCARÁ: El grupo Pucará está caracterizado por bancos gruesos de caliza gris clara que en partes es silicificada y seguido por caliza negra, bituminosa, bien estratificadas en capas delgadas de un espesor máximo de 500 m.

FORMACIÓN GOYLLARIQUIZGA: Esta unidad está compuesta de areniscas grises, marrones y rojizas de grano medio a grueso en capas medianas a gruesas que llevan intercalaciones de lutita gris y rojiza, con espesor total de 300 m.

FORMACIÓN CRISNEJAS: La formación crisnejas conformada por calizas, areniscas calcáreas y lutitas calcáreas con un espesor promedio de 200 m.

FORMACIÓN CHOTA: La formación chota está conformada por lutitas, arcillitas rojas y areniscas

DEPOSITOS DEL CUATERNARIO: A lo largo de los cauces de los ríos principales aparecen terrazas extensas, el material del que están compuestas es de un conglomerado mal clasificado de guijarros.

ROCAS INTRUSIVAS: Las principales rocas intrusivas que afloran extensamente en el área son: el granito rojo, grano diorita y diorita.

DEPOSITOS FLUVIALES Y ALUVIALES: Se encuentran ubicados entre las progresivas Km. 163+540, Km.166+600, Santa Isolina y Cochabamba respectivamente se encuentra constituida por conglomerados, gravas, arenas, limo y arcilla que forman el lecho del valle y además conforman las terrazas pluviales y conos aluviales.

2.5.5 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la zona de estudio se ha distinguido la provincia tectónica de Chota, las estructuras principales son pliegues largos que tienen la dirección NW – SE, generalmente falladas en uno o ambos flancos. Los pliegues son muy apretados, las fallas son inversas de alto ángulo y tienen desplazamientos longitudinales de más de 500 m y verticales de 200 m (predominan estas características en las cercanías de lajas), los domos y cuencas son comunes, con capas ligeramente inclinadas en sus partes centrales y muy inclinados en los extremos.

2.5.6 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

Se indican las características litológicas de la carretera en estudio:

- **Km. 142+400:** Presenta calizas, lutitas y tufos volcánicos, taludes de fuerte pendiente.
- **Km. 142+980:** Calizas grises masivas y lutitas, taludes de fuerte pendiente.
- **Km. 142+400:** Lutitas grises amarillentas, taludes de pendiente moderada.
- **Km. 143+450:** Presenta calizas grises masivas en bancos gruesos y delgados, además lutitas gris oscura.
- **Km. 143+640:** Quebrada que coincide con posible falla geológica (lugar llamado la quinta).
- **Km. 144+720:** Calizas grises en capas delgadas con taludes de fuerte pendiente.
- **Km. 145+300:** Calizas grises en bancos medianos, con buzamientos desfavorables, taludes de fuerte pendiente.
- **Km., 145+630:** Depósitos Coluviales. Taludes bajos y estables.
- **Km. 146+380:** Calizas en bancos gruesos, lutitas gris oscura.
- **Km. 147+050:** Lutitas grises micáceas, areniscas de grano fino.
- **Km. 148+180:** Lutitas amarillentas, con pendiente moderada, en este punto existe un deslizamiento continuo (intersección de la carretera Chota-Cochabamba con la carretera santa cruz- Chota).
- **Km. 150+210:** Calizas en estratos delgados, presentan bloques inestables, taludes con una fuerte pendiente.
- **Km. 150+800:** Lutitas y limonitas amarillentas, encima calizas grises con mayor pendiente.
- **Km. 151+080:** Lutitas grises, debajo calizas grises en bancos gruesos, taludes de fuerte pendiente (altura del túnel chotano, represamiento de agua que abastece a las ciudades de la costa, chongoyape, Chiclayo, etc.).
- **Km. 151+850:** depósitos Coluviales, topografía suavemente ondulada, lutitas de color marrón amarillento, pendiente moderada.
- **Km. 152+550:** Calizas grises debajo de lutitas amarillentas, taludes de fuerte pendiente.
- **Km. 152+910:** Lutitas grises y amarillas, taludes bajos y estables (caserío el naranjo).
- **Km. 153+240:** Limonitas en relieve, lutitas marrones, taludes de pendiente moderada.
- **Km. 153+710:** Lutitas muy alteradas, rojizas acartonadas con taludes de pendiente moderada, topografía suavemente ondulada.

- **Km. 154+920:** Lutitas alteradas, cubiertas por depósitos aluviales finos (lugar llamado mamaluribamba baja).
- **Km. 155+180:** Calizas grises, masivas, con buzamientos suaves. Taludes de fuerte pendiente.
- **Km. 156+040:** Lutitas grises, físciles. Taludes de pendiente maderada.
- **Km. 156+590:** Depósitos Coluviales. La topografía es suavemente ondulada, de color amarillento marrón.
- **Km. 157+130:** Lutitas grises, físciles, con limonitas en relieve por mayor resistencia a la meteorización. Taludes de pendiente maderada.
- **Km.157+620:** Calizas grises, en estratos delgados y lutitas se observaron filtraciones de agua procedentes de acequia de regadío. Taludes bajos.
- **Km. 158+850:** Calizas blanquecinas, estratos gruesos y estratificados. Taludes con fuerte pendiente (zona de continuos desprendimientos rocosos, se denomina la peña de los loros).
- **Km. 160+440:** Calizas grises masivas. Taludes con pendiente moderada.
- **Km. 162+300:** Lutitas plumizas, topografía ondulada, inicio del valle que va hacia Cochabamba. Taludes de pendiente moderada.
- **Km. 163+540:** Fin del trazo del proyecto, se observan depósitos de material aluvial, grava, areniscas, lutitas de color amarillo (centro poblado menor Santa Isolina).

Para el tramo **Km. 142 + 000 - Km. 163 + 540**. Se recomienda lo siguiente.

Km. 142 + 800- Km. 144 + 500: Presentan calizas, areniscas y lutitas con taludes bajos de fuerte pendiente. Se recomienda taludes de 1:4 y 1:5.

Km. 147 + 050- Km. 148 + 200: Existe una zona de deslizamiento permanente cerrando la plataforma, se recomienda la permanencia de un cargador frontal para la limpieza, se recomienda taludes de 1:3 y 1:4.

Km. 158 + 800 – Km. 163 + 500: Calizas y lutitas. Taludes bajos de fuerte pendiente en algunos sectores. Se recomienda pendientes de 1:4. Parcialmente hay depósitos de pie de monte con taludes bajos, se recomienda pendientes de 1:3, en el Km.158+900, se debe desquinchar los taludes rocosos y eliminar todo el material

suelto. En las proximidades de Santa Isolina en tiempos de lluvia sufre inundaciones por lo que se debe elevar la rasante

2.5.7 CLIMA Y VEGETACIÓN

El tramo de carretera (Bambamarca – Chota – Cochabamba), atraviesa 3 tipos climáticos identificados según Tornthwaite:

- Desde el distrito de Iajas (Km. 143+200) hasta el caserío el naranjo (Km. 154+180), presenta el tipo climático B1B3"a", o sea húmedo y semifrío con pocas lluvias en el invierno sin cambio térmico invernal bien definido.
- Desde el poblado el naranjo hasta el centro poblado menor Santa Isolina (Km. 163+300), presenta el tipo climático CIOB2"a", que significa subhúmedo y templado con escasez de lluvias en el otoño e invierno.
- De Santa Isolina hasta Cochabamba (Km.166+600), presenta el tipo climático BiB2"a", que significa húmedo y templado.

De acuerdo a la clasificación Ecogeográfica de L.R.Holdridge, el área del proyecto se ubica en la zona de vida natural: Bosque húmedo montano Bajo tropical (BH-mBT), las características ecogeográficas de esta zona de vida natural identificada se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO N 2.7

CARACTERÍSTICAS ECOGEOGRÁFICAS DE LA ZONA ESTUDIADA SEGÚN L.R.HOLDRIDGE

ZONA DE VIDA NATURAL	SIMBOLO	CARACTERÍSTICAS ECOGEOGRÁFICAS	UBICACIÓN
Bosque húmedo montano bajo tropical	Bh-MBT	Altitud: 2000 hasta 2532msnm Precip: 1000 a 2000mm Periodo seco: Junio setiembre Biotemperatura anual: 13 y 17°C Vegetación: Aliso, álamo, capulí, pino, chamana, eucalipto, tunas, sauce, chirimoyas, remerillo, etc.	Desde el Km. 97+000 Hasta el Km.166+200 Bambamarca y Cochabamba respectivamente.

- En el siguiente cuadro se presenta la descripción de las características de los tipos climáticos identificados en la zona de la vía.

CUADRO No 2.8

TIPOS CLIMÁTICOS IDENTIFICADOS SEGÚN: THORNTHWAITE

TIPO CLIMÁTICO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
BiB3"a"	<p>Húmedo y semifrío (1000mm y 12°C de isoterma), deficiencias de lluvias en el invierno, sin cambio térmico invernal, estiaje bien definido (julio, agosto), temperatura (10 y 14°C). Altitudes: 2500 a 3000 m.s.n.m.</p>	<p>Del Km. 97+000 Hasta el caserío El "Naranja" en el Km.154+200.</p>
CioB2"a"	<p>Subhúmedo y templado (900mm y 16°C de isoterma), deficiente de lluvias en el invierno y otoño, sin cambio térmico invernal bien definido, periodo de estiaje de junio a agosto, rango de temperatura entre 14 y 18°C. Altitudes: 1800 hasta 2600 m.s.n.m.</p>	<p>Desde el Naranja Hasta Santa Isolina en el Km. 163+300</p>
BiB2"a"	<p>Húmedo y templado (1000mm y 16°C de isoterma), deficiente de lluvias en el invierno y sin cambio térmico invernal bien definido, Estiaje real: julio a setiembre. Rango de temperatura: 14 a 18°C. Altitudes: 1600 hasta 2000 m.s.n.m.</p>	<p>Desde Sta Isolina Hasta la localidad De Cochabamba Km. 166+600.</p>

Esta zona tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año que varía entre (0.5 – 1.0) al volumen promedio de precipitación total por año, por lo que le ubica a esta zona de vida en la Provincia de humedad: HÚMEDO. El tramo presenta sectores de microclimas con buenas condiciones para las actividades agrícolas y ganaderas, la agricultura de secano se desarrolla durante los meses de octubre a abril, el resto del año se utiliza el riego especialmente para las hortalizas, la

principal producción es la papa, en la localidad de Cochabamba produce caña de azúcar y árboles frutales en menor escala.

2.6 ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA.

2.6.1 INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia en la calidad, durabilidad y economía de las obras viales, se debe establecer volúmenes necesarios de los materiales tales como: rocas, gravas arenas y suelos seleccionados denominados como, "agregados", "áridos", "inertes", se analizarán las propiedades físicas de dichos materiales, así como las formas en que se presentan y su disponibilidad, son los factores principales que determinan los usos de estos, así como el tipo de tratamiento que requerirán antes de su uso.

La tarea importante es asegurar la existencia de agregados con calidad y en cantidades suficientes, para cubrir las necesidades de la obra. Las técnicas de diseño y construcción actuales han establecido especificaciones bastante precisas para el uso de estos materiales, como ejemplo en la construcción de terraplenes y obras básicas de la carretera, tanto en la construcción del pavimento rígido y flexible en sus primeras capas, la búsqueda de materiales idóneos para cada tipo de obra es una labor que exige bastante cuidado y conocimiento de la zona, existen proyectos que en su ámbito no se encuentran canteras, por lo que encarece el costo de la obra. Los costos unitarios se elevan como consecuencia de existir canteras lejanas, para considerar como cantera ya sea de río ó de cerro, el requisito que debe cumplir es la calidad de los materiales y su potencia.

2.6.2. IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE LAS CANTERAS

Se ha efectuado una investigación de los diversos tipos de materiales existentes en la zona. Las labores se iniciaron con el reconocimiento de de las probables áreas explotables de actividad determinante para localizar las fuentes de materiales más adecuados, de esta manera en las extensiones comprometidos para los posibles bancos de materiales y fuentes de agua se han ejecutado

muestra de agua respectivamente tomándose las muestras negativas correspondientes, la dificultad en la búsqueda depende muchas veces de la topografía de la zona en estudio, por eso es necesario hacer un reconocimiento previo en gabinete de los planos topográficos, con el fin de orientar la búsqueda para no fallar en la exploración, algunas veces ya existen las canteras por lo cual se tendrá que verificar los parámetros como (potencia, calidad, etc.), se debe verificar el área de explotación para determinar los volúmenes de la cantera, esta labor es ejecutada por medio de calicatas que en algunas oportunidades alcanzan hasta 5ms. de profundidad. Se anota los diferentes estratos; si se realiza mayor número de perforaciones por área de las calicatas nos permite obtener mayor exactitud en el estudio, la explotación por lo general es vertical cuando se encuentre estratos contaminantes se debe indicar su ubicación con la finalidad de ser eliminados en la etapa de explotación para evitar la contaminación con el resto del material (estos bolsones contaminantes incumplirán los ensayos de calidad en el laboratorio).

La localización e identificación de materiales naturales aptos para la construcción, requiere ante todo de un conocimiento bastante amplio de la Geología y Fisiografía de la región ya que la naturaleza y características de dichos materiales están íntimamente ligados a las propiedades básicas de las rocas que la originaron. La forma en la que encontramos a los bancos de materiales depende de la evolución geológica que tiene el depósito.

2.6.3 TIPOS DE FUENTES DE MATERIALES

Afloramiento Rocoso: Los materiales se presentan en forma masiva como un afloramiento rocoso; su explotación es con explosivos y maquinaria especializada (la rocas será reducida a tamaño requerido)

El derivado de las rocas será el agregado que proviene de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; se tendrá que ver sus posibles ventajas o inconvenientes de procesamiento

Depósitos Fluviales: Son los depósitos en ríos constituidos por gravas, arenas o la combinación de estas; dichos materiales son los mas abundantes y apropiados para diversos usos en la construcción.

Depósitos Aluviales: Son formados por efecto de las precipitaciones pluviales intensas que forman, corrientes cargados de detritos y sedimentos que van recogiendo en su trayecto por las quebradas y cañones, en su recorrido encuentran bruscos cambios de pendientes, refrenan su velocidad y depositan dichos materiales, los cuales se esparcen en forma de abanico aluvial. Normalmente el uso de materiales aluviales para la construcción vial requiere un procesamiento previo, principalmente destinado a la reducción de tamaño de las partículas mayores o eliminación de exceso de finos

Depósitos Glaciales: Estos ocurren en las regiones glaciares, se encuentran en las altas cordilleras, se forman acumulaciones en las faldas de las montañas; dado su escasa homogeneidad estos materiales no se consideran aptos para el uso de las obras viales en torno a agregarse.

Depósitos Coluviales o de Talud: Son acumulaciones de escombros que provienen de la acción del intempresimo mecánico de taludes de rocas que produce fragmentos gruesos, angulosos y heterogéneos que se desprenden, ladera abajo estos materiales son utilizados en enrocados rellenos permeables o como elementos primarios para la producción de agregados triturados.

Depósitos Eólicos: Son arenas muy finas con granos bien redondeados, están formados por cuarzo y otros minerales que resisten al frotamiento y roce al que están sujetos los materiales eólicos (existen problemas en la compactación, carecen de cohesión) pero se utiliza mezclando con otros elementos.

Depósitos Marinos: Son materiales del litoral que pueden estar formados por gravas, arena o mezcla de ambas las partículas son redondeadas heterométricas y heterogéneas en su composición, el uso de estos materiales en mezclas de concretos hidráulico o asfáltico debe ser cuidadoso , debido a la presencia elevada de sales.

2.6.4 CARACTERISTICAS DE LAS CANTERAS A TRAVES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Para proyectos viales los materiales de las canteras son sometidos a ensayos de laboratorio, dichos materiales en carretera se les utiliza para la conformación de las estructuras; en este caso serán utilizados en relleno sub.-base, base, concreto Pórtland y concreto Asfáltico, los materiales son sometidos a los ensayos indicados en el estudio de los suelos y se complementan con el ensayo de: Pesos específicos Bulk (arena y piedra) absorción, modulo de fineza, durabilidad, afinidad entre agregados y el bitumen, equivalente de arena, constantes físicas del material pasante la malla No 200, caras de fractura, chatas y alargadas (estos ensayos son efectuados de acuerdo a las normas ASTM y AASHTO)

CARACTERISTICAS PARA SU EMPLEO

En la construcción de carreteras se utilizan materiales que debe cumplir requisitos de calidad específicas; mientras no cumpla con la calidad que se requiera (después de efectuar los ensayos de laboratorio antes mencionados) no se va a desarrollar los modos operativos de los ensayos ASTM ó AASHTO.

- **Peso específico Bulk:** Son realizados para ser utilizados en el diseño de mezclas asfálticas y concreto Pórtland y para las centrales de obras.
- **Absorción:** Nos indica la capacidad de absorción de agua que posee cada tipo de material, también se la absorción de asfalto del agregado que es diferente a la del agua.
- **Modulo de Fineza:** Se obtiene de la granulometría del material fino (arena) con propósito de observar si la arena es útil desde el punto de vista granulométrico y que nos advierte la formación de cangrejeras en el resultado final del concreto.

- **Durabilidad:** El agregado fino y grueso es sometido en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio durante 5 ciclos, al final de los cuales obtenemos en desgaste o desintegración (perdida) de las partículas, este ensayo mide la agresividad de los cambios bruscos climáticos sobre el material y es efectuado tanto para materiales que serán utilizados en mezclas asfálticas, base granular y de concreto Pórtland.
- **Afinidad entre el Agregado y al Bitumen:** Para evitar los problemas de afinidad del agregado del asfalto la arena y la grava sin ensayados en forma distinta y calificados en forma cualitativa; si el ensayo no cumple con las especificaciones se debe descartar.
- **Equivalente de Arena:** Este ensayo se efectúa para calificar material para sub. base, base granular, mezcla asfáltica, concreto Pórtland, este ensayo nos da un índice del porcentaje de materia arenoso en la muestra y por ende la cantidad de material fino (arcilla, limo y coloide).
- **Constantes físicas del material que pasa la malla No 200**

Este ensayo es realizado para materiales usados en mezclas asfálticas para determinar las influencias de las arcillas en el comportamiento de mezclas asfálticas (reología).

- **Abrasión** Con este ensayo se determina la resistencia a los trabajos y esfuerzos que serán sometidos el agregado grueso (piedra) es un proceso abrasivo.

2.6.5 DESCRIPCION DE LAS CANTERAS ESTUDIADAS

Para esta obra se ubicaron las canteras y fuentes de agua que se indican a continuación:

Cantera Bambamarca

Cantera Río Chotano

Cantera Km. 138+700
Cantera La Retama
Cantera Laja
Cantera Tayal
Cantera Km. 154+600
Cantera Tayapampa

CANTERA BAMBAMARCA

Esta ubicada en el Km. 126+900 del tramo Bambamarca – Chota, es un depósito coluvial al pie de la carretera lado derecho. Constituido por grava pobremente graduada y grava arcillosa según (susc) y presenta plasticidad. Se estima que el material mayor de 2" es de aproximadamente 10%, su potencia es mayor a 15,000 m³. El material para ser utilizado debe ser zarandeado y mezclado bajo la siguiente clasificación 70% del banco de materiales Km. 126+900 y 30% del Banco de materiales del Río Chotano Km. 135+500 para que cumpla con las especificaciones técnicas, su explotación puede efectuarse todo el año con equipo convencional.

Propiedad: Terceros.

CANTERA RIO CHOTANO

Ubicación : Km. 135+500
Acceso : 100 MS (lado izquierdo)
Potencia : 20,000 m³; es un depósito fluvial.
Explotación : Equipo convencional, chancadora.
Periodo de Utilización : Estiaje (mayo-noviembre)
Usos : sub.- base, base, asfalto y concreto.
Tratamiento : Sub.-base zarandeo
Base chancada y zarandeado
Agregarlos lavado de arena

Su empleo se hará bajo la siguiente dosificación:

- Río Chotano Km. 135+500 30% y
Km. 126+900 70%

- Río Chotano Km. 135+500 90% y
 Km. 138+700 10%
- Río Chotano Km. 135+500 85% y
 Km. 139+300 15%

Rendimiento : 80%

Propiedad: Terceros

CANTERA KM. 138+700

Ubicada en la carretera: Chota – Cochabamba, en el Km. 138+700, a pie de la carretera en el lado izquierdo; es un deposito coluvial, tiene grava limosa (sucs), tiene plasticidad. Para su utilización debe ser zarandeado y mezclado bajo la siguiente dosificación, 70% del Banco de Materiales del Km. 126+900 con el 30% del Banco de Materiales del río chotano Km. 135+500 respectivamente de tal forma que cumpla con los requerimientos de gradación respectivos en concordancia a las especificaciones técnicas.La explotación puede efectuarse todo el año mediante equipo convencional.

Propiedades: Terceros.

CANTERA LA RETAMA

Se encuentra en el cause de una quebrada (aguas arriba), ubicada en la carretera chota – Cochabamba Km. 142+600, es un deposito fluvial según sucs. Su constitución es grava pobremente graduada, presenta aproximada 68% de agregado grueso siendo el restante fino (arena). Se estima que el material mayor de 2"es aproximadamente 20%. Tiene una potencia mayor de 2,000 m³. Para su utilización debe ser zarandeado (arena y piedra) para que cumpla con las especificaciones técnicas, la arena debe ser lavada antes de usarse para bajar el porcentaje de fino a porcentajes menores o iguales a 5%. La piedra puede ser utilizada en su estado natural para concretos cuya resistencia de diseño menor o igual a ($F'c \leq 210\text{Kg/cm}^2$), para mayor resistencia la piedra tendrá que ser chancada.Su explotación se realiza en épocas de estiaje con equipo convencional.

Propiedad: Terceros

CANTERA LAJAS

Ubicada en la carretera: chota – Cochabamba en el Km. 143+400 a pie de la carretera por el lado izquierdo. Se trata de un deposito coluvial, constituido por un material constituido por un material que clasifica como grava pobremente graduada y grava arcillosa (SUCS) aproximadamente el material mayor de 2" es aproximadamente 10 a 20% tiene una potencia mayor a 20,000 m³. Su rendimiento es de 80% aproximadamente. Su explotación se realiza todo el año con equipo convencional.

Propiedad: Terceros.

CANTERA TAYAL

Ubicación : Km. 154+600 (pie de la carretera por lado izquierdo)

Potencia : 15,000 m³.

Explotación : Equipo convencional, chancadora

Periodo de Utilización : Todo el año

Usos : Relleno (debe zarandearse)

Rendimiento : 80% (aproximadamente)

Propietarios : Terceros

CANTERA KM. 154+600

Esta ubicada en la carretera de Chota – Cochabamba; en el Km. 154+600 a pie de la carretera por el lado izquierdo, es un deposito coluvial constituido de grava bien graduada y grava arcillosa según SUCS aproximadamente el material mayor de 2" es 20% tiene una potencia mayor a 15,000 m³. Su rendimiento es aproximadamente a 80%.

Propiedad: Terceros.

CANTERA TAYAPAMPA

Ubicación : Km. 164+200 (al costado de la carretera lado izquierdo)

Potencia : 20,000 m³.

Explotación	: Equipo convencional
Periodo de Utilización	: Todo el año
Usos	: Relleno (necesita zarandeo)
Rendimiento	: 80%. (aproximadamente)
Propietarios	: Terceros

NOTA: Los certificados de análisis respectivo se muestran en el capítulo IV – ANEXOS.

2.6.6 DIAGRAMA DE CANTERAS

En este diagrama se señalan la ubicación distancias de acceso, accesibilidad, uso, potencia, rendimiento y la recomendación de uso, donde se presenta un resumen de las características de las canteras (ver en el capítulo IV, se muestra en el diagrama de canteras)

2.6.7 UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

FUENTE DE AGUA (RIO CHOTANO)

Ubicación: La muestra fue tomada en el cauce del río chotano (Km. 135+500), se accede a ella por la carretera: chota – Cochabamba; siendo el acceso por el lado izquierdo a 100ms a través de un camino que se encuentra a nivel de trocha carrozable, el agua puede utilizarse para la fabricación de concreto con cemento Pórtland.

FUENTE DE AGUA (QUEBRADA LA RETAMA)

Ubicación: La muestra fue tomada en el cruce de la quebrada, La Retama en el Km.142+600 de la carretera chota – Cochabamba.

Uso: Para la fabricación de concreto con cemento Pórtland.

Los resultados de los ensayos químicos de la fuente de agua del río chotano se presenta en el capítulo IV.

NOTA: Los certificados de análisis respectivo se muestran en el capítulo IV – ANEXOS.

CAPÍTULO III
DISEÑO DE PAVIMENTO

CAPÍTULO III

DISEÑO DE PAVIMENTO

3.1 GENERALIDADES

Para la red vial nacional es necesario una fuente de inversión que realiza el país, estas vías requieren una planificación, diseño, construcción, y mantenimiento (rutinario y periódico) de todos estos conceptos el mas importante es el diseño por su efecto en el costo inicial y en el periodo de vida.

Los diseños preliminares y finales son muy importantes; ya que son el comienzo del proyecto que tiene gran impacto, no solo en la construcción inicial; sino de todos los otros costos como mantenimiento, rehabilitación, y los costos para el usuario; generalmente el ingeniero de pavimento, no tiene a su disposición un método indiscutible o absoluto para seleccionar un cierto tipo de pavimento para ciertas condiciones específicas.

Para la administración general de pavimentos, es pobre debido a la precaria retroalimentación de parámetros críticos de comportamiento, en la actualidad se ha tomado conciencia de esta necesidad para establecer métodos mas precisos de diseño. El monitoreo del comportamiento de los pavimentos debe cumplir por lo menos con características superficiales de manifestaciones de deterioro.

Una base de datos es el punto control del sistema de administración que debe incluir información pertinente del diseño, materiales, clima, construcción y mantenimiento a través de esta información se debe tomar en cuenta, la modalidad de manejo (serviciabilidad y negociabilidad) características estructurales, (deflexiones, capas del pavimento) y características friccionantes de rodadura (seguridad) a demás tráfico y censos de carga.

3.1.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO

La selección del tipo del pavimento no es una ciencia exacta para esta selección tenemos múltiples factores que conllevan hacia el diseño de esta estructura. El profesional debe basar su decisión en una serie de circunstancias que afectan el comportamiento de los pavimentos como son: tráfico, los suelos, materiales disponibles, condiciones de drenaje, ambientales (lluvia y temperatura) técnicas de construcción y mantenimiento.

TRÁFICO

Es uno de los factores mas importantes en el diseño del pavimento; el tráfico produce los cargos que va a soportar el pavimento, nos interesa conocer la magnitud de las cargas, presiones de inflado de los neumáticos, así como su área de contacto, su disposición y arreglo en el vehículo, la frecuencia y numero de repeticiones de las cargas y las velocidades de aplicación.

Esta aplicación de cargas se refiere al concepto de repetición, Se dice que una carretera ha tenido lugar a una repetición cuando ocurren dos pasados sucesivos de una misma llanta por un mismo punto, es decir se considera que han de pasar dos unidades de un cierto tipo para que se produzca una repetición en el pavimento. La velocidad con que se aplica las cargas también influye sobre el pavimento. Las cargas estáticas o lentas ejercen peores efectos que las más rápidas. Por este motivo en los caminos de rampa, es frecuente ver mas destruidos los tramos de subida que los de bajada. Las cargas repetitivas afectan la resistencia de las capas del pavimento; así en las carpetas y bases estabilizados, pueden ocurrir fenómenos de fatiga muy difícil de analizar y cuantificar, la repetición de cargas es causa de rotura de granos en las particulares granulares lo que mortifica la resistencia de las capas. La repetición también produce la interpenetración de partículas granulares en las capas de suelos finos. Las cargas del tráfico producen en el pavimento deformaciones de varias clases, las elásticas son de recuperación instantáneas y se llaman plásticas a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora. Bajo carga móvil y repetida, la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa o puede llegar a alcanzar valores inadmisibles.

Sorprendentemente este proceso suele ir acompañado de una densificación de los materiales de manera que el pavimento puede ser mas resistente que el original la deformación elástica repetida afecta sobre todo a los materiales con resistencia a la tensión, colocados en la parte superior de la estructura en donde puede llegar a generar falla por fatiga si la deformación es importante y los materiales son débiles.

A mayor importancia de la vía tanto en volumen como en carga del tráfico se requieren mayores coeficientes de seguridad para la estimación del tráfico futuro, es importante tener en cuenta la velocidad de los vehículos en zona de paradas pueden ser mas susceptibles de deformaciones ante cargas lentas a temperaturas ambientes elevadas. En un diseño de pavimento moderno es importante evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por ejes supuestos a aplicarse al pavimento durante un periodo de tiempo dado. Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del pavimento de una carga por eje de mayor masa, puede representarse por una cantidad equivalente a 80KN (18,000 lb.) de aplicación de carga por eje simple. El análisis de tráfico es importante y puede variar de acuerdo a la metodología empleada, sin embargo los resultados deben ser compatibles de acuerdo con la cantidad de vehículos de diferentes tipos; pueden ser microbuses, omnibuses, camiones de eje simple y camiones de multiejes de diferentes tipo que transitaran por esta carretera. En los estados Unidos la clasificación y conteo del tráfico es muy riguroso. Se hace periódicamente por el departamento de carreteras disponibles esta información de inmediato en el diseño de un pavimento. En nuestro país en muchas oportunidades es necesario utilizar datos estadísticos o conteos rápidos para este parámetro que es tan importante en el diseño. Un pavimento debe diseñarse para un adecuado servicio de tráfico necesario para un periodo de tiempo en años. El crecimiento del tráfico (esto a veces crece o declina) anticipándose esto cuando se determinan los requerimientos de la estructura del pavimento. En Estados Unidos: el crecimiento es próximo al 3% a 5% por año, pero por el avance de nuevas facilidades en los desarrollos urbanos. Se ha creado un incremento de 4% a 9% (carreteras rurales en EEUU) y de 8% a 10% para una carretera interestatal. En el Perú para una carretera vía rápida se considera incrementos desde 4% a 6%.

El diseñador de pavimento debe trabajar cercanamente con el personal del tráfico para estar seguros de que la información apropiada sea proporcionada y que las consecuencias de una estimación pobre del tráfico presente y futuro, sean conocidas por todo el personal involucrado.

Suelo de la subrasante.

El suelo de la subrasante define los requerimientos reestructurales del pavimento, debido a su heterogeneidad de dicho suelo a lo largo de la carretera, es decir los materiales que constituyen el terreno natural y la capa subrasante de una vía, juegan un papel fundamental en el pavimento y espesor requerido del pavimento. Una subrasante resistente será capaz de tolerar niveles de esfuerzos relativamente altos, entonces se podrá conformar sobre ella espesores reducidos. Sin perjudicar la estabilidad general. El terreno de fundación no solo define los requerimientos estructurales del pavimento, sino que pueden dar origen a definir el tipo de pavimento y ciertas estrategias como son la construcción por etapas; como ejemplo tenemos suelos que cambian de volumen (suelos demasiado blandos).

Para estudiar el terreno de fundación que se encuentra por debajo de la subrasante, se tomo muestras hasta una profundidad de 1,50mts a lo largo de la carretera Bambamarca – Chota – Cochabamba tal que los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos reducidos a cargas por eje, sean mínimos.

Para el diseño, los ensayos de CBR son un índice del comportamiento del soporte de lo suelos, se le considera un factor de calidad de los materiales a utilizarse en la construcción de carreteras.

Existen criterios estadísticos para solucionar el valor apropiado de CBR para utilizar en el diseño d pavimento y es el que representa la calidad de los suelos de fundación para cimentar carreteras, con los métodos modernos de diseños de espesores de pavimento, se toma en cuenta una relación de los valores del CBR del suelo de fundación con el ensayo de **(Módulo Resilente.)**

Canteras

El tipo de materiales disponibles en las proximidades de la zona de estudio tiene gran influencia en lo que concierne al costo y comportamiento estructural; los cuales deben cumplir con las especificaciones indicadas, requisitos de calidad acorde al uso recomendado, de igual modo proveer volúmenes necesarios para atender la totalidad de actividades del proyecto (certificados de las canteras se indican en el capítulo IV)

Clima

La precipitación fluvial es un factor climático que afecta a los pavimentos, sea por su acción directa o por elevación de las aguas freáticas, con el consecuente fenómeno de ascensión capilar que influye negativamente en el comportamiento de las capas granulares como factores que afectan al pavimento tenemos las heladas, la temperatura por sus variaciones abruptas en los climas rigurosos y en suelos susceptibles pueden ser fuentes de un gran número de problemas en pavimentos.

Ejemplo: suelos finos con agua subterránea son susceptibles a congelamiento, lo que provoca el hinchamiento de las capas granulares del pavimento, la aparición de deformaciones permanentes y el fisuramiento de la capa asfáltica, el problema de ascensión capilar produce la pérdida de espesor efectivo en las capas granulares y como consecuencia de este se acorta la vida útil de los pavimentos.

En la carpeta asfáltica, los climas calidos reducen la estabilidad de las mezclas asfálticas, tienden a sufrir figuraciones. La superficie asfáltica en zona de grandes alturas y climas tropicales se encuentran sujetas al efecto de oxidación del cemento asfáltico, en climas extremadamente calidos las mezclas asfálticas deben ser diseñadas para resistir el ahuecamiento y mantener una adecuada rigidez a altas temperaturas.

3.2 ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA ZONA

3.2.1 INTRODUCCIÓN:

Tiene como finalidad proporcionar una estadística del tráfico actual, la cual servirá como base para efectuar la determinación de las características técnicas para el diseño de pavimento de esta vía: en primer lugar se realizó una investigación documental de los archivos de tráfico del ministerio de transportes y comunicaciones encontrando lo siguiente:

a) Estudio de Tráfico efectuado hasta el año 1997.

b) El tramo en estudio pertenece a la ruta 06 – 003H Cajabamba, Cajamarca, Bambamarca, Chota, Cutervo, Socota, San Andrés, Sto. Domingo, Pimpingos y Cuica corresponde a la red nacional (llamada también carretera longitudinal de la sierra)

Entre el lunes 10 y domingo 16 de marzo del 2003 se programó la ejecución de los trabajos de campo comprendiendo el conteo de vehículos mediante la instalación de una estación censada en el Km. 145+200 (caserío denominado AQUIPAMPA) que se encuentra en el tramo Chota – Cochabamba, se eligió este lugar porque por este punto circulan los vehículos que vienen de Chiclayo – Sta. Cruz – Chota; Chiclayo – Cumbill – Huambos – Cochabamba – Chota; Cutervo – Chota – Cochabamba y Cajamarca – Bambamarca – Chota – Cutervo. El conteo vehicular se realizó para tener una estadística veraz del volumen de tránsito vehicular diario que pasa por el punto predeterminado y de acuerdo a la clasificación según la capacidad de carga.

3.2.2 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) Y COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

En el trabajo de campo se ha observado que el estado actual de la carretera es deficiente el flujo vehicular es dificultoso, a pesar de esto el tránsito es constante debido al intercambio comercial que existe con la costa (Chiclayo - Cochabamba – Chota) y lugares aledaños (Cutervo – Sta Cruz – Bambamarca).

De acuerdo al conteo realizado en la etapa de campo los que se indican en el capítulo IV Anexo – cuadros Nros de 3.3 a 3.9 el tráfico que circula actualmente por la vía es alrededor de 110 vehículos por día siendo en la mayoría vehículos pesados. En el cálculo del índice medio diario (IMDA) se consideran los volúmenes de tráfico obtenidas en la estación central de la carretera pero esto tiene variación durante el año, debido a diferentes factores como pueden ser cosechas, festividades, religiosas o cívicas (Fiestas patronales: de Chota, Lajas, Cutervo en el mes de junio). El tráfico se incrementa por lo que es necesario afectar los datos puntuales de un conteo por un factor de corrección Estacional (FCE). En la presente Tesis; los resultados obtenidos en el trabajo de campo se corrigieron mediante un factor de corrección estacional, obtenido mediante un estudio estadístico de datos consignados para lugares similares en los informes de tráfico del MTC para el ajuste del cálculo de IMDA. Se considera un factor de corrección igual a 1.2.

Considerando el conteo semanal efectuado para el cálculo del IMDA, se ha aplicado la siguiente expresión matemática:

$$\text{IMDA} = \frac{(\text{Pdx}2 + \text{Pdt}x5) \times \text{FCE}}{7}$$

Donde :

- IMDA : Índice medio diario anual
- Pd : Volumen promedio del fin de semana (sábado y domingo)
- Pdt : Volúmenes promedio de días laborales en conteo
- FCE : Factor de corrección estacional = 1.2

En el conteo se considero todo tipo de vehículo que paso por la estación censal, es decir todo aquel vehículo que tuviera su origen o paso obligado por el caserío de Aquipampa los tipos de vehículos que transitan por la zona se dividen en dos grandes grupos. Tráfico liviano compuesto por vehículos libres con propulsión, destinados al transporte de (10) asientos como máximos estos comprenden: automóviles, jeeps, camionetas rurales, microbuses y combis. Tráfico pesado como vehículos destinados para el transporte de personas y de carga que sobrepasan las 4 toneladas, tales como: ómnibus, camionetas, semitrailers y trailer. Se concluye que el tráfico que circula por la vía esta compuesto en su mayoría por vehículos pesados en un 65%, vehículos ligeros en un 35% como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO No 3.2

**RESUMEN DE LOS TRABAJOS DE CONTEO VEHICULAR EJECUTADOS DEL 10 AL 16 DE MARZO DEL 2003
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA**

DIAS DE CONTEO	TRAFICO - LIGERO			TRAFICO - PESADO				TOTAL	
	AUTOMOV	CMTAS	COMB Y MI	OMNIB 2E	CAMIONES		S. TRAYLS		TRAYLER
					2-E	3-E			
LUNES 10	13	10	11	12	48	9	0	0	103
MARTES 11	15	13	9	11	51	10	0	0	109
MIERCOLES 12	14	9	12	13	49	9	0	0	106
JUEVES 13	12	11	17	11	48	12	0	0	111
VIERNES 14	19	12	11	13	49	11	0	0	115
SABADO 15	12	10	13	11	44	8	0	0	98
DOMINGO 16	16	14	15	12	48	8	0	0	113
IMD	14	11	13	12	48	10	0	0	108
IMDA *	17	13	16	14	58	12	0	0	130
%	13%	10%	12%	11%	45%	9%	0%	0%	

(*) Factor de corrección estacional = 1.2

CUADRO No 3.1
DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL IMD
TRAMO: CHOTA – COCHABAMBA

Tipo de vehículo		Porcentaje según Tipo	
		Individual	Total
Ligero	Autos	13%	35%
	Camionetas	10%	
	Microbuses	12%	
Pesado	Ómnibus 2 ejes	11%	65%
	Camiones 2 ejes	45%	
	Camiones 3 ejes	9%	

3.2.3 TIPO DE VEHÍCULO, DIMENSION Y PESO

En este acápite se aborda el tema de la variedad y limitación legales del parque automotor en nuestro país (tipos, tamaños y pesos) ya que estos conceptos son una herramienta importante para el diseño, conservación y mantenimiento de carretera. Las carreteras son diseñadas para soportar el tráfico previsto durante su periodo de vida, para lo cual se realiza estudios de las características del tráfico. Parámetros de diseños adecuados para cada realidad, en nuestro país el sector transporte tiene la obligación de normalizar estos parámetros el MTC a designado para cada vehículo símbolos para su configuración (dimensiones y pesos) determinando sus límites como máximos permitidos a través del "Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la circulación en la red vial nacional" emitido con Decreto supremo N° 013 – 98 – MTC. (Ver en el capítulo IV). Este reglamento establece una escala de multas al

no cumplir dichas restricciones, porque el objetivo básico es preservar el patrimonio vial y vehicular; así como la seguridad y reducción de todos los costos del transporte por carreteras necesarias para el desarrollo y la economía nacional. La norma establecida ha designado símbolos (letras y números) para su reconocimiento, así como para las combinaciones (camión - remolque).

Esta terminología se indica a continuación:

C	=	Camión.
T	=	Tractor Común
S	=	Semi - Remolque
R	=	Remolque
RB	=	Remolque Balanceado
B	=	Ómnibus
BA	=	Ómnibus Articulado

Las letras designan el tipo de vehículo y el dígito (que viene de inmediato) indica el número de eje: En las combinaciones de vehículos la designación de no matriz separados por un guión cuando se trata de una combinación de remolque.

Las denominaciones máximas que son permitidas a los vehículos para la circulación en las vías del país son:

Ancho : 2.60 mts.

Altura : 4.10 mts.

Las longitudes máximas permitidas para la circulación van en concordancia con la topografía, geometría de las carreteras existentes, comprendidas entre parachoques son:

Camión Simple	=	13.20 m
Ómnibus Convencional con chasis	=	13.20 m
Ómnibus Semi integral de hasta 3 ejes	=	14.0 m
Ómnibus Semi integral de hasta 4 ejes	=	15.0 m
Ómnibus integral de hasta 4 ejes	=	15.0 m

Ómnibus Articulado	= 18 m
Camión Remolque	= 18 m
Camión Remolque Balanceado	= 18.0 m
Remolque (incluido el enganche)	= 10.0 m
Remolque Balanceado (incluido el enganche)	= 10.0 m
Semi remolque (incluido el enganche)	= 13.5 m

En la actualidad el MTC ha ubicado en las principales carreteras estaciones de pesaje y control de cargas a fin de educar al usuario respecto del daño que ocasiona el incumplimiento del reglamento el mismo que establece que en ningún momento el peso bruto máximo total por vehículo ni deberá ser mayor de 48,000 Kg. en el capítulo IX se expone el cuadro normalizado de pesos por tipo de eje y números de llantas); también se debe considerar el exceso de peso por eje que se permiten en el país repercuten directamente en la vida del pavimento. En el capítulo IV – Anexos se observa la tabla de dimensiones y carga, así como la configuración de los ejes y sus pesos en los diferentes tipos de vehículos autorizados a circular en el territorio nacional.

3.2.4 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO

El tráfico es un parámetro para el adecuado diseño de espesores del pavimento por lo que es importante realizar una estimación minuciosa acercándose lo mas sea posible aun pronostico real del trafico al que se someterá la carretera. En la presente tesis se ha tomado en cuenta los datos obtenidos en los archivos MTC y el conteo de trafico realizado en el caserío AQUIPAMPA (Km. 145+200) que se ubica en la provincia de Chota. El volumen de tráfico que se va a estudiar esta formado por:

a) Tráfico normal y sus proyecciones: Es el tráfico existente que tendrá un crecimiento vegetativo no condicionado al mejoramiento de la carretera.

b) Tráfico Derivado: Es el volumen de trafico que será atraído por al carretera y que actualmente utiliza varias vías aledañas.

c) Tráfico Generado o Incluido: Viene a ser el volumen de tráfico que se produce a consecuencia del mejoramiento de esta vía.

A) TRÁFICO NORMAL Y SUS PROYECCIONES

A-1) Cálculo de la tasa de crecimiento del tráfico normal.

Este calculo se basa en las tasa de crecimiento de la población del Producto Bruto Interno (PBI) y del PBI por capita

El tráfico futuro se calculara con:

$$T_n = T_o \times (1 + r)^n$$

Donde:

T_n = Tráfico en el año n

T_o = Tráfico actual o año base

r = Tasa de Crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen del tráfico.

La tasa de crecimiento anual del volumen de tráfico se ha determinado con las siguientes expresiones:

Par vehículos ligeros y Ómnibus

$$r_{vp} = (1 + r_{PBIh} \times E_{vp}) (1 + r_h) - 1$$

Donde:

r_{vp} : Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de pasajeros.

r_{PBIh} : Tasa de crecimiento anual del PBI per cápita.

E_{vp} : Elasticidad de la demanda del tráfico vehicular de pasajeros
Con relación al PBI per cápita.

r_h : Tasa de crecimiento anual de la población.

Para Vehículos de Carga

$$rvc = rPBI \times Evc$$

Donde:

rvc : Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de carga.

rPBI : Tasa de crecimiento anual del PBI.

Evc : Elasticidad de la demanda del tráfico de vehículos de carga con.
Relación al producto interno.

A-2) POBLACIÓN

Para la tasa de crecimiento de la población se ha analizado los resultados del último Censo Nacional de Población del año 1993 y las proyecciones efectuadas por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). La que se muestra en el cuadro No 3.10. Para el departamento de Cajamarca se tiene una tasa de crecimiento de 1.7% y para la zona de estudio que corresponde a la provincia de Chota es de 1.30% como se indica en los (cuadros No 3.11 y 3.12)

La población del ámbito rural es la que mas predomina con un 82.7% Chota, asimismo la densidad poblacional es de 39,03 hab./ Km². que es suponer en mas del 100% al promedio nacional. El valor a utilizar para la proyección de la población del periodo 1995–2000 es de 1.7% el cual es el que refleja la tasa de crecimiento inter censal 1981–1993 para este departamento, dato que resulta de la proyección de población del INEI para el periodo comprendido entre 1995–2015 como se indica en el cuadro No 3.10

CUADRO No 3.10
PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVEL NACIONAL

AÑO	POBLACION (EN MILLONES)	TASA DE CRECIMIENTO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL (%)
1994	23,175		
1995	23,626	1,95	
1996	24,097	1,99	
1997	24,576	1,99	
1998	25,053	1,94	
1999	25,514	1,84	
2000	25,949	1,70	1,89
2001	26,392	1,71	(1995-2000)
2002	26,856	1,76	
2003	27,330	1,76	
2004	27,787	1,67	1,71
2005	28,242	1,64	(2000-2005)
2006	28,684	1,57	
2007	29,145	1,61	
2008	29,599	1,56	1,53
2009	30,028	1,45	(2005-2010)
2010	30,466	1,46	
2011	30,884	1,35	
2012	31,316	1,40	1,34
2013	31,744	1,37	(2010-2015)
2014	32,157	1,30	
2015	32,563	1,26	

CUADRO No 3.11
SUPERFICIE, POBLACIÓN, DENSIDAD, NÚMERO DE PROVINCIAS
Y DISTRITOS: 1995
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

VARIABLE	TOTAL PAIS	DEPARTAMENTO CAJAMARCA	AREA PROYECTO
SUPERFICIE (Km ²)	1285215,60	33247,33	6823,56
POBLACION TOTAL	23531701	1336179	326282
DENSIDAD (hab./K m ²)	18,31	40,19	47,82
N° DE PROVINCIAS	192	13	2
N° DE DISTRITOS	1802	126	4

CUADRO No 3.12
INDICADORES DE POBLACION SEGÚN PROVINCIA: 1993
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PROVINCIA	POBLACION TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO	% ⁴ POBLACION RURAL
PAIS	22 729 217	2,70	28,50
DEPARTAMENTO	1 297 835	1,70	75,30
SANTA CRUZ	46 110	0,30	83,30
CUTERVO	147 577	1,50	85,60
CHOTA	169 343	1,30	82,70
SAN IGNACIO	116712	2,60	89,60
SAN MIGUEL	63 344	0,50	88,10
CELENDIN	85 170	1,00	78,20
HUALAGAYOC	77 785	1,10	82,10
SAN PABLO	25 392	1,80	86,90
JAÉN	174 384	2,40	62,80
CONTUMAZA	33 606	0,90	61,00
CAJABAMBA	71 627	0,90	78,40
SAN MARCOS	50 275	1,50	83,00
CAJAMARCA	236 510	2,60	55,80

A-3) PRODUCTO BRUTO INTERNO

El PBI nacional sufre una variación negativa de -5.4% desde el año de 1990 esto con relación al año anterior, luego se incrementa a 3.6% y en 1992 desciende a -2.2%, a partir del año de 1993 la economía va en ascenso para el año de 1995 tenemos una variación positiva de 7% y en el departamento de Cajamarca llega a acumular una variación de 13.4% (cuadro No 3.13). De acuerdo a la participación departamental en el PBI del país y a la situación económica y social en el periodo de 1995 – 2015, se estima una tasa de crecimiento de 4.5 a 5% para la proyección del PBI.

A-4) PRODUCTO BRUTO INTERNO PERCÁPITA

Las tasas de crecimiento del país per cápita a nivel nacional se han calculado en base a datos del INEI para el periodo 1994 – 2015 (cuadro No 3.14) los valores de la tasa de crecimiento del PBI per cápita resultantes se muestran en el cuadro No 3.15, se ven tasa de crecimiento (a nivel nacional) de la población y del PBI para periodos comprendidos entre los años 1995 – 2015.

Según estos indicadores económicos, se estima que la zona en estudio, en el periodo 2000 - 2005 tendrá una tasa de crecimiento del PBI per cápita igual a 1.04%.

CUADRO No 3.13
PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI) POR DEPARTAMENTO
1990 – 1995
(Variación porcentual anual)

DPTO	1990	1991	1992	1993	1994	1995
NACIONAL	-5,4	3.6	-2.2	6.4	13.1	7.0
CAJAMARCA	-5,2	5.2	-3.5	11.2	20.1	13.4

CUADRO No 3.14
PBI PERCAPITA Y TASAS DE CRECIMIENTO
A NIVEL NACIONAL

		PBI N/SOLES	PBI	TASA	TASA DE CREC.
AÑO	POBLACION	CONSTANTE	PERCAPITA	DE	PROM. ANUAL
		1979		CREC %	(%)
1994	23175000	3727,668	161		
1995	23626000	4174,988	177	9,86	
1996	24097000	4508,987	187	5,89	
1997	24576000	4734,437	193	2,95	
1998	25053000	4971,159	198	3,00	
1999	25514000	5219,716	205	3,10	
2000	25949000	5480,702	211	3,24	1,04
2001	26393000	5754,737	218	3,23	(1996 - 2000)
2002	26856000	6042,474	225	3,19	
2003	27330000	6344,598	232	3,18	
2004	27787000	6661,828	240	3,27	
2005	28242000	6994,919	248	3,31	1,03
2006	28684000	7344,665	256	3,38	(2001 - 2006)
2007	29145000	7711,899	265	3,34	
2008	29599000	8097,493	274	3,39	
2009	30028000	8502,368	283	3,50	
2010	30466000	9827,487	293	3,49	1,03
2011	30884000	9329,223	302	3,09	(2006 - 2011)
2012	31316000	9749,038	311	3,06	
2013	31744000	10187,745	321	3,09	
2014	32157000	10646,194	331	3,16	
2015	32563000	11125,272	342	3,20	1,03
2016	32647000	11625,910	356	4,23	(2011 - 2016)

CUADRO No 3.15
TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL A NIVEL NACIONAL

PERIODO	CRECIMIENTO DE POBLACIÓN (%)	CRECIMIENTO DEL PBI (%)	CRECIMIENTO DEL PBI PERCAPITA (%)
1995 – 2000	1.89	6.0	1.04
2000 – 2005	1.75	6.0	1.03
2005 – 2010	1.53	6.0	1.03
2010 – 2015	1.34	6.0	1.03

Las tasas de crecimiento de los indicadores económicos considerados en esta tesis son las que se muestran en el cuadro No 3.16

CUADRO No 3.16
RESUMEN DE TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PARA LA ZONA DEL PROYECTO

INDICADOR	TASA DE CRECIMIENTO
POBLACIÓN	1.7%
PBI	5.0%
PBI PER CÁPITA	1.04%

A-5) ELASTICIDAD:

La elasticidad adoptada corresponde a los estudios realizados por la sociedad Argentina de de estudios (SAE) que establecieron una elasticidad - Ingreso de la demanda total de transporte entre 1.2 y 1.4 para el transporte privado de pasajeros y entre 0.8 y 1.0 para el transporte público, para el transporte de carga considera una elasticidad igual a 1.0.

La elasticidad viene a ser la demanda de transporte con relación a variables macroeconómica como ser población PBI por habitante y PBI Nacional; en el presente se considera.

Exp = 1.4 Elasticidad de la demanda del tráfico de Vehículos de pasajeros.

Exp = 1.2 Elasticidad de la demanda del tráfico de Vehículos de carga.

Efectuando los cálculos obtenemos como resultado las tasas de crecimiento promedio anual de 5.06% para vehículos ligeros y ómnibus de 6.03% para vehículos de carga, nos indican que estas tasas son altas, pero se justifican por el desarrollo que se espera e al zona a través de programas de gobierno de estímulo al agro por intermedio de la regionalización en Cajamarca y la creación del Banco agrario. Por otro lado la rebaja de aranceles que hacen mas asequibles a la población de adquirir los vehículos usados para el cálculo de los de los ejes equivalentes, se ha adoptado una tasa de crecimiento para el trafico vehicular igual al 5% para el periodo 2000 – 2015.

B) TRÁFICO DERIVADO

La carretera Chota – Cochabamba tiene tráfico derivado que corresponde al tráfico Chiclayo – Cumbill Santa Cruz que intercepta con la carretera en estudio.

C) TRÁFICO GENERADO INDUCIDO

Es el que se produce por el mejoramiento o rehabilitación de la carretera para estimar el volumen de tráfico inducido se analiza el impacto del mejoramiento a nivel de asfaltado en tramos de carreteras, en los que se cuentan conteo de tráfico antes y después de la construcción información proporcionada por el MTC en la dirección general de caminos. Los tramos analizados son los tramos II y IX de la carretera Pisco – Ayacucho (vía los libertadores), carretera Lambayeque - Olmos – Chulucanas – Piura. El mejoramiento en 1994 en estos tramos ha sido muy alto los incrementos del IMDA varían de de 24 a 91%, los cuadros respectivos se indican en el cap. IX anexos. En el tramo IV de la carretera Pisco – Ayacucho el impacto del mejoramiento también ha sido alto. El IMDA creció entre los años 1996 – 1998 en 101%, el volumen de omnibuses en 91% y el de camiones en 45%.

VEHÍCULOS DE PASAJEROS

En la actualidad la duración de viaje entre Chota y Cochabamba es de una hora 20 minutos en promedio, con el mejoramiento a nivel de asfaltado, se reducirá a media hora, generando un incremento de viajes de pasajeros tanto en vehículos particulares como en vehículos de servicio público.

VEHÍCULOS DE CARGA

Para los vehículos de carga livianos y medios se han estimado un 10% de tráfico inducido o generado a partir del 2005.

D) TRÁFICO TOTAL PROYECTADO

En el capítulo IV – anexos, se muestran las proyecciones año a año del tráfico normal proyectado, tráfico derivado y tráfico total respectivamente, cuadros Nos 3.23 y 3.24.

CUADRO No 3.25
TRÁFICO TOTAL PROYECTADO
TRAMO: CHOTA – COCHABAMBA.

AÑOS	VEHICULO	OMNIBUS	CAMION	CAMION	IMDA
	LIGERO	2 – E	2 – E	3 – E	
2003	46	14	58	12	130
2008	65	19	89	18	191
2013	77	23	113	24	237

De acuerdo a los manuales de diseño y normas para carreteras desarrollados por la AASHTO e INSTITUTO DEL ASFALTO considera para el cálculo del tráfico proyectado referente a los ejes de repetición para 8.2 tns el siguiente factor de crecimiento

$$F_c = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

- Fc : Factor de Crecimiento
- n : Año de cálculo del tráfico
- r : Tasa de crecimiento

El proyecto tiene considerado al año 2003 como inicio de la construcción, por lo que el tráfico proyectado (IMDA* Fc) para el periodo de diseño, basado en el factor de crecimiento recomendado por la AASHTO. Se indica a continuación

CUADRO No 3.26
IMDA CONSIDERADO FC AASHTO
CARRETERA CHOTA – COCHABAMBA

TIPO DE VEHICULO	IMDA	TASA DE CRECIMIENTO	IMDA 2003 * FC 2013
VEHICULO LIGERO	46	5.0%	579
OMNIBUSES	14	5.0%	176
CAMIONES	60	5.0%	755
TOTAL	130		1510

3.3 CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE (EAL)

3.3.1 GENERALIDADES

Desde hace muchos años. La mayoría de los métodos de diseño en uso utilizaban una carga por rueda para representar los efectos del tránsito, esta carga llevaba implícito; el efecto de la reiteración del tránsito vehicular sobre la base que es netamente empírico.

Fue Hveen, el primero que determinó el concepto de equivalencia entre el número de pasadas de cualquier carga y el de una rueda típica de 5000 lbs, este luego del ensayo WASHO que determinó "equivalent wheel load", a partir de observaciones experimentales en los caminos de ATOCKTON y BRIGHTON (California). Simultáneamente, el CORP OF ENGINEERS de USA, (turnbull, Foster) trabajando en aeropuertos, reconoce, el efecto de la repetición de las cargas del tránsito como un aspecto significativo en el diseño de pavimentos de aquí surge el problema de combinar adecuadamente el espectro total de las cargas mixtas para llegar a una medida única, de manera que se combina cualquier distribución de cargas y se puede utilizar cualquier intensidad de las mismas, esto para caminos de diferente importancia. La equivalencia depende en alguna medida de los espesores, tipo de

estructuras y nivel de falla admitida. En Ottawa, Illinois en el lapso de 1950 – 1960 tuvo lugar el ensayo experimental de la AASHO que puso en claro definitivamente el efecto de la reiteración de las cargas midiendo la pérdida de "servicio" que ocasionaron las distintas configuraciones de ejes y ruedas circulando un número controlado de veces sobre cada diseño. Aquí surge nuevamente que para llegar a las equivalencias es necesario conocer las condiciones de carga (intensidad, frecuencia de ocurrencia, área de contacto cubierta pavimento y distribución transversal de las cargas), se ha demostrado en el experimento AASHO que es posible resaltar el tránsito real, compuesto de cargas variadas; por tránsito que tiene un efecto de daño equivalente pero que esta compuesto por una carga simple repetida un número N de veces. Esta carga simple se llama "equivalente" o "estándar" puede elegirse arbitrariamente pero el valor adoptado tiene evidentemente influencias sobre N . Para propósitos prácticos es un tema muy importante en la actualidad porque la determinación de esfuerzos y deformaciones en las estructuras de pavimentos, se simplifica tremendamente por la posibilidad de considerar cargos simples en los cálculos. Uno de los aspectos requeridos tanto para el diseño de nuevos pavimentos como para la rehabilitación y refuerzos de los existentes en disponer de datos razonablemente confiables sobre las cargas que actúan sobre las calzadas. Para esto se debe de procesar la mejor información disponible a través de conteos de tráfico, censos de cargas y de clasificación de vehículos, la tecnología actual (balanzas gobernadas por software de computadoras) permite obtener registros de mejor calidad que los usados hasta hace unos años, pero se continua observando desorden en la obtención de los factores de carga, ya que recientemente se esta implementando un sistema de balanzas a nivel nacional lo que permitirá en el futuro obtener datos reales de diseño. El tránsito del presente proyecto puede ser calculado con alguna preescisión, las características de este tránsito se modifica permanentemente como el transcurso del tiempo y como resultado de esto se observa cambios en las cargas por camión en sus distintas configuraciones, cambios en la distribución de las cargas debido a las dimensiones cambiantes de los vehículos, de regulación de operación de los vehículos de carga (en lo que disminuye sensiblemente los vehículos que circulan vacíos), etc. Todo este aspecto obliga llevar adelante programas intensivos de conteo de tráfico, clasificación de vehículos y pesajes de vehículos de carga. Los procedimientos de diseño actuales requieren convertir y asimilar el tránsito mixto a un número

equivalente de ejes simples y ruedas duales de 8.2 ton (18,000 libras – 80 Km.). Elegidos como valor de “estándar” o de referencia en la medida en que la carga por rueda o por eje es la única característica de tránsito, considerada en los modernos métodos (Shell, AASHTO, Análisis Racional, etc.).

Los estudios han concentrado sus esfuerzos en la medición y análisis de esta característica, y en la determinación de las distintas cargas por eje y su distribución en el espectro total. Las tablas AASHTO 1972 para diversos SN (número estructural) y PT (nivel de falla previsto) son ampliamente utilizadas por los proyectistas. Para la conversión del tránsito mixto equivalente se utiliza con frecuencia las “aproximaciones de la 4ª potencia” del AASHTO

$F_s = (L_s/8.2)^{4.5}$	Para ejes simples.
$F_s = (L_s/15.3)^{4.5}$	Para ejes tandem.
$F_s = (L_s/22.95)^{4.22}$	Para ejes tridem.

Donde:

Fs: Factor de equivalencia y
Ls: Pesos de los ejes en toneladas.

Para determinar la acción destructiva de diversos tipos de vehículos pesados en los pavimentos se requiere información sobre los siguientes parámetros: cargas por eje, frecuencia de ocurrencia, configuración de los ejes (simples, tandem, tridem), tipo de cubierta (simple, dual, superancha), presiones y áreas de contacto cubierta – pavimento y distribución transversal de las cargas en la vía de circulación.

Casi todos los estudios existentes (AASHTO, ingleses del TRRL, ensayos en caminos de la red, etc.) parten de observaciones experimentales, no existen todavía muchos estudios teóricos utilizando espesores y deformaciones (elásticas ó visco elásticas) calculados con programas de computación como entre otras el programa CHEVRON 5. También podemos mencionar el método AASHTO-2000 que emplea el método mecanístico. El deterioro del pavimento es el resultado del efecto combinado de las cargas de tránsito y las variaciones climáticas, en el daño estructural no es posible distinguir entre el debido a las cargas y el debido al

clima, dado que ambos actúan en forma convergente, por lo que la temperatura de una mezcla bituminosa ó la humedad de una subrasante alteran las propiedades mecánicas de la estructura, en consecuencia los efectos debido a las cargas (ahuellamiento, fisuramientos por fatiga, etc.) Varían. Ahora se acepta Ni cargas de peso Pi, tienen el mismo efecto destructivo que Nj cargas de peso Pj siempre que se cumpla $N_i/N_j = P_j / P_i$ siendo "a" función del tipo de estructura (flexible, rígida, semirígida) espesores de las capas, tipos de cargas y tipo de deterioro. Se aprecia que las cargas solo pueden compararse estadísticamente el diseño de pavimento el termino "equivalencia" es muy importante ya que unifica el espectro total de cargas de tránsito, expresado a través de una carga simple P de (8.2 ton) equivalente, repetida N veces, mucho mas sencilla de manejar.

De igual forma que ocurre en carreteras las curvas de diseño, de pavimentos de aeropuertos se basan actualmente en los resultados de computar deformaciones específicas bajo ruedas múltiples, cosa que no resultaba en el pasado y ha sido necesario convertir los sistemas de ruedas múltiples en ESWL (equivalent single wheel load), su definición dada por la OACI (Aeropuertos) es la siguiente, el ESWL de un grupo cualquiera de ruedas relativamente cercanas es una CARGA AISLADA DE RUEDA SIMPLE, que operando a la misma presión de inflado que las ruedas del conjunto, produce efectos críticos en un aeropuerto (en revestimiento, base, subbase y subrasante) Equivalentes a los producidos por el conjunto. El aspecto más importante es que debe causar el mismo DAÑO en el pavimento que en el conjunto múltiple, y ello se refleja en la magnitud de las deformaciones críticas.

De los cálculos mencionados resulta posible comparar deformaciones críticas en la estructura a "tandems duales" y las producidas por una única rueda, portando la misma carga y con la misma presión de inflado, o sea, se requiere determinaciones de DAÑO del tránsito mixto. También, sobre la base de la teoría de elasticidad, ampliamente empleada en diseño de pavimento, se puede explicar que teóricamente no existe una única ley de equivalencia en términos de efectos destructivos.

3.3.2 FACTORES DESTRUCTIVOS DE CARGA (ASPHALT INSTITUTE)

Cuando los conteos no están disponibles se pueden obtener estimaciones aproximadas a través de tablas de uso generalizado, por ejemplo las del Asphalt Institute de U.S.A. Para la estimación del volumen de tránsito inicial y futuro y la composición mixta de sus cargas requiere análisis y estudios específicos (pesaje, conteo, clasificación). Según datos estadísticos desde 1974 en USA, indican el volumen de camiones pesados en el global de las redes carreteras del país promedia un 11% del volumen total de tránsito (regionalmente puede esperarse hasta un 25%). Como estos datos no son de aplicación universal, se recomienda cautela en su utilización. Para el crecimiento del tráfico, se requiere obtener el número total de ejes acumulados, por lo que deben estimarse tasas de proyección para los distintos grupos de vehículos. La estimación de N_{8.2} (ejes equivalentes de 8.2 ton ó 80KN) implica determinar:

TF: Factor de carga (TRUCK FACTOR), número de ejes equivalentes debidos al pasaje de un vehículo (1 por cada tipo de camión).

Feq: Factor de equivalencia, número de ejes equivalentes (8,2ton) debido al pasaje de un eje.

Entonces N_{8.2} se calcula multiplicando el número de vehículos en cada categoría por su correspondiente FACTOR DE CARGA y sumando los productos.

$$N_{8.2} = \sum (N^{\circ} \text{ Vehículos} \times TF)$$

El mayor TF (Truck Factor) en USA, es del orden de 1,05 – 1,10, aunque en circunstancias extraordinarias pueden exceder en mucho esos valores. En nuestro país existe el estudio llevado a cabo por el consorcio MTC – CONREVIAl donde se muestra la similitud en el cálculo de ejes equivalentes y factores destructivos. La obtención del factor destructivo "Truck Factors" (Factor Destructivo) resulta muy conveniente, integrando las equivalencias para cada uno de los ejes de cada configuración. Igualmente se puede obtener un factor de carga total dividiendo el N_{8.2} calculado por el número total de vehículos de carga, cuando no se dispone

información de balanzas resulta necesario emplear valores representativos para cada uno de los tipos de camión que circula en la vía.

3.3.3 FACTORES DE EQUIVALENCIA AASHTO (1972 Y 1986)

En el procedimiento de diseño AASHTO, el proceso tiene tres etapas:

1. Obtención de los factores de carga equivalentes.
2. Conversión del espectro variable de cargas, en número de aplicaciones del eje de referencia.
3. Asignación del valor encontrado al diferente número de trochas.

Por intermedio de ecuaciones desarrolladas en el AASHTO (1959) pueden obtenerse las relaciones entre cualquier carga por eje, simple, tándem ó triple y la del eje simple de 8.2 ton, rueda dual.

Estas ecuaciones para el cálculo del tráfico equivalente son funciones del SN estructural y del nivel de falla seleccionado (Pt) por lo que habría que utilizarlas iterativamente, aunque la precisión suficiente para el cálculo indica conveniente hacer $SN = 5$ y $PT = 2.5$. El número de ejes equivalentes obtenido a través de integrar el espectro total de cargas representa la sumatoria en ambas direcciones de circulación, su distribución direccional ameritaría algún análisis especial, aunque se acepta generalmente 50% en cada sentido, y factores de distribución por trocha de diseño, variables según los criterios pero que oscilan entre 100% para caminos de 2 trochas, 80 – 100% para 4 trochas y 60 – 80% para 6 trochas.

AASHTO 1986 – VARIACIONES SOBRE LOS VALORES INICIALES DEL AÑO 1962.

En la versión AASHTO 1986 se extienden los siguientes valores.

- Ejes simples hasta 50 Kips
- Ejes tándem hasta 90 Kips
- Ejes tridem hasta 100 Kips (no existía en versiones anteriores)
- Nivel terminal $PT = 2.0, 2.5, y 3.0$
- SN de 1 a 6.

Desde el punto de vista estadístico existe mucha mayor inseguridad en extender las ecuaciones básicas del ensayo AASHTO a los ejes tridem (no convencionales en 1959) que en el uso de ampliar el espectro de ejes simples y tándem. Algunos autores como (Treigdy). Utilizan procedimientos mecánicos para llegar a los coeficientes de los tridem, correlacionando los factores de equivalencia AASHTO con la deformación unitaria sobre la subrasante, calculada por la teoría elástica para la misma carga por eje. Luego se computa bajo varios ejes tridem y usa esta correlación para generar los factores de equivalencia del tridem a distintos niveles de carga se trabajó con SN = 4 y PT =2.0. También hay estudios donde indican que los factores de equivalencia del tridem están en la orden de 1/3 a 1/4 de los valores recomendados en la guía de acuerdo a la metodología original AASHTO, los factores de equivalencia de cargas representan la relación del número de repeticiones de cualquier carga por eje y por configuración (simple, tándem, tridem), necesarios para causar la misma reducción en el PSI (índice de serviciabilidad presente) que un aplicación del eje simple de 18Kips (8.2ton)

3.3.4 CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TN (EAL)

Anteriormente hemos explicado y calculado valores de tasa de crecimiento de tráfico y las teorías desarrolladas recientemente acerca de cómo se debe convertir las cargas mixtas a ejes de repetición a 8.2 tn, carga con la que la mayoría de los diseños trabajan, en nuestro país tenemos centros de pesaje vehicular, con lo que en el futuro se podrá contar con un banco de datos estadísticos a fin de que los diseños serán realmente los que necesite el usuario.

CÁLCULO DE EJE DE REPETICIÓN

Se ha realizado un análisis de los pesos de diversos tipos de vehículos (cuadro # 3.27 del capítulo IV) en carreteras similares lo cual permite tener una mejor aproximación para la estimación de los pesos por eje y factor camión de cada tipo de vehículo, todo esto en concordancia por el peso máximo permitido por eje y la resultante por tipo de vehículo, definido en el "Reglamento de peso y dimensión vehicular para la circulación en la red vial nacional" (capítulo IV-anexos). Para el

cálculo de cargas por eje simple (Equivalente Single Axie Load–Esal) intervendrán los factores destructivos, para cada tipo de vehículo que han sido tomados del estudio realizado por el consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAL–MTC), adoptándose los factores para la sierra y las proyecciones de tráfico al año del diseño (ver cuadro No 3.26)

CUADRO No 3.27
TRÁFICO PROYECTADO – FACTOR DESTRUCUTIVO

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO PROYECTADO	FACTOR DESTRUCTIVO
LIGERO	579	2.70
ÓMNIBUSES	176	5.60
CAMIONES	755	9.20

Los valores que se obtengan de la tabla son para el IMDA del año de diseño pero estos deben ser ampliados para todo el año, es decir para lo 365 días.

$$EAL_{8.2tn} = \sum (\text{tráfico proyectado} \times FD) \times 365$$

$$EAL_{8.2tn} = 3.46 \times 10^6$$

3.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE ESPESORES

3.4.1 METODOLOGÍA AASHTO - 93

En la publicación del año 1993, el método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar la confiabilidad del método, incluye nuevos criterios y técnicas de ensayos algunas modificaciones hace difícil su aplicabilidad al no contarse con la instrumentación (equipo de laboratorio) que es necesario para el desarrollo de los ensayos. (Ejem. Ensayo módulo

resiliente). Desde la primera guía AASHTO en 1961, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con el propósito de mejorar su uso y su confiabilidad. Estas modificaciones en su mayoría son de forma, estos cambios han mejorado deficiencias de las primeras versiones, como es el caso del factor regional (R), el cual generó largas polémicas.

La versión AASHTO de 1993 contempla 14 consideraciones más importantes:

- 1- Confiabilidad
- 2- Módulo resiliente para el soporte del suelo
- 3- Módulo resiliente para los coeficientes de capa de pavimentos flexibles
- 4- Drenaje
- 5- Consideraciones mejoradas del medio ambiente
- 6- Bermas de concreto unidas a la pista o carriles ensanchados
- 7- Erosión de la subbase para pavimentos rígidos
- 8- Consideraciones de costo durante el ciclo de vida
- 9- Rehabilitación
- 10- Gestión de pavimentos
- 11- Extensión de los valores de equivalencia de carga
- 12- Datos del tráfico mejorado
- 13- diseño de pavimentos para carreteras de bajo volumen de tráfico
- 14- Estado de conocimientos sobre los conceptos de diseño empírico – mecanístico

ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO AASHTO – 93 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \log_{10}(\Delta PSI / 4.2 - 1.5) / 0.4 + 1094 / (SN + 1)^{5.19} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W_{18} .- Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el Periodo de diseño

Z_R.- Desviación estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural

S_o.- Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.

ΔPSI.- Diferencia entre la serviciabilidad inicial (P_o) y final (P_t).

M_R .- Módulo Resiliente de la subrasante (psi).

SN.- Número estructural, indicador de la capacidad estructural Requerida (materiales y espesores)

$$SN = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$$

Donde:

a_i: Coeficiente estructural de la capa i.

d_i: Espesor de la capa i.

m_i: Coeficiente de drenaje de la capa granular i.

En el capítulo IV – Anexos, se presenta un nomograma que resuelve esta ecuación para el número estructural SN en pavimentos flexibles. El número estructural es un número abstracto (adimensional) que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerido para combinaciones dadas de soporte del suelo (M_R), tráfico total expresado en cargas por eje simple equivalente a 18Kips (8.2 tn), serviciabilidad terminal y medio ambiente. La obtención del valor de soporte de la subrasante (M_r) como parámetro de diseño es muy importante y debe ser caracterizado en función del Módulo Resiliente (M_R) del suelo de fundación determinado según el ensayo AASHTO T- 274 (indicado en el capítulo II). El M_R es una medida de la propiedad elástica de los suelos, reconociendo sus características no lineales y fue seleccionado para definir el valor soporte debido a:

1. Ha sido usado internacionalmente para caracterizar materiales en pavimento.
2. Puede ser estimado en ensayos no destructivos.
3. Es un buen indicador de las propiedades básicas de los materiales y puede ser utilizado en sistemas de análisis multicapas.

La guía AASHTO reconoce que muchos países no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR.

$$\mathbf{Mr \text{ (psi)} = 1500 * CBR}$$

Esta relación fue desarrollada en base a resultados variables entre 750 y 3000 veces el CBR, considerada adecuada para suelos finos con CBR menores a 10%.

La guía AASHTO indica el procedimiento para definir el valor soporte efectivo de la subrasante basado en el Mr que el suelo presenta durante las distintas condiciones climáticas del año. El procedimiento sugerido por la AASHTO para determinar un valor de diseño en forma resumida es el siguiente:

- a) Dividir el año en periodos climáticos (meses ó quincenas)
- b) Determinar el Mr del suelo para cada período, en función principal del contenido de humedad
- c) Cálculo del daño relativo (U_f) para cada período mediante la ecuación

$$\mathbf{U_f = 1.18 * 10^8 * M_r^{-2.32}}$$

- d) Determinar el valor ponderado de U_f , de acuerdo al número de períodos y su respectivo valores U_f
- e) Calcular el valor de soporte ó módulo efectivo (de diseño) de la subrasante [M_r (d)] empleando la expresión:

$$\mathbf{Mr \text{ (d)} = 3015 * U_f^{-0.431}}$$

Este valor M_r (d) pudiera definirse como un único de Mr que produce un daño total equivalente al que produciría por el efecto combinado de los valores de Mr durante cada estación (condición de humedad).

El método indica que deben usarse valores M_r promedio para cada estación, ya que la confiabilidad se incluye en una forma integral en la ecuación de diseño mediante los términos Z_r y S_o . Por otra parte se sugiere (en lo referente a la variabilidad de M_r) que el proyecto sea dividido en sectores con coeficientes de variación (CV) inferiores de 15.

Van Til Et, efectuó un monograma de correlación del Módulo Resiliente con el CBR, esto fue en el año de 1972, cuya aplicación es bastante conocida. La experiencia latinoamericana ha sugerido la utilización de las formulas recomendadas por AASHTO, con ciertas restricciones a saber:

$M_r = 1500 * CBR$	Para $CBR < 7.2\%$ sugerido por AASHTO.
$M_r = 3000 * CBR^{0.65}$ desarrollada en Sudáfrica	Para CBR de 7,2% a 20%, esta ecuación fue
$M_r = 4326 * \ln CBR + 241$	Utilizada para suelos granulares (propia guía AASHTO)

El coeficiente de drenaje (m_i), es un parámetro que sirve para modificar el coeficiente estructural de las capas granulares de base y subbase (a_2, a_3), ya que al incrementarse el contenido de humedad en un material no cementado, su módulo puede reducirse hasta un 50%, El coeficiente de drenaje tiene la finalidad de tomar en cuenta el efecto de los distintos niveles de eficiencia de drenaje en el comportamiento de la estructura. La determinación de estos coeficientes se realiza según la guía AASHTO, en función de dos variables que son:

- a) La calidad del drenaje del material
- b) El porcentaje de tiempo anual que la estructura tendrá niveles de humedad próximos a los de saturación

La calidad de drenaje es establecido en función del tiempo que el material requiere para drenar hasta un 50% de saturación (depende de la permeabilidad, longitud de recorrido, espesor de capa, porosidad efectiva y pendiente), en el cuadro No 3.28 presenta los valores recomendados para m_i , como función de las variables arriba indicadas, siendo el porcentaje de tiempo en el que la estructura va estar expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación, dependiente de la precipitación

anual promedio, y de las condiciones de drenaje predominantes. A manera de ejemplo, el valor m_i para las condiciones de prueba AASHTO fue de 1.0 sin considerar el tipo de material. Es importante resaltar que estos valores son aplicables solo para efectos de drenaje en capas de subbase y base no tratadas de pavimentos flexibles.

CUADRO No 3.28
VALORES m_i RECOMENDADOS POR LA GUÍA AASHTO – 93

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO PARA EVACUAR EL AGUA	PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN			
		< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	2 horas	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Malo	No drena	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

En la nueva ecuación se incorpora el concepto de confiabilidad estadística, de esta forma incluye un cierto grado de confiabilidad en el proceso de diseño del pavimento, El factor de confiabilidad aumenta el número de repeticiones de tráfico (W_{18}) que registraría la estructura que se diseña, este aspecto es incorporado en el diseño mediante un nivel de confiabilidad (R), este se basa en la distribución normal y es función de la desviación estándar (S_o). Los valores recomendados para pavimentos flexibles de S_o se encuentran dentro del rango 0.4 – 0.5, recomendado el promedio que viene a ser 0.45. Los valores de confiabilidad se dan en el siguiente cuadro.

CUADRO No 3.29

NIVELES DE CONFIABILIDAD RECOMENDADOS EN AASHTO – 93

CLASIFICACIÓN GENERAL	NIVELES DE CONFIABILIDAD RECOMENDADOS	
	URBANO	RURAL
Autopistas y Carreteras Interestatales	85 – 99.9	80 – 99.9
Otras Arterias Principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 - 80

El tráfico (W_{18}) para utilizar la guía AASHTO debe ser afectado por coeficientes que representen el sentido y el número de carriles que tendrá la vía. Para ello se presentan los resúmenes para el cálculo reajustado del tráfico de diseño de acuerdo a la formula.

$$W_{18} = D_D \cdot D_L \cdot EAL$$

Donde:

- EAL Tráfico al año de diseño
- D_D Es un factor de distribución direccional el cual esta expresado en porcentajes, por lo General es 0.5 (50%) para todas las Carreteras (ida y vuelta)
- D_L Esta dictado por el siguiente cuadro.

CUADRO No 3.30**FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN NÚMERO DE CARRIL**

FACTOR DE CARRIL EN CADA DIRECCIÓN	PORCENTAJES PARA EJES DE 8.2 TN EN CADA DIRECCIÓN
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Aplicando los datos descritos en el ábaco de diseño podemos establecer el número estructural (SN), el cual debe ser distribuido en las diferentes capas que conforman el pavimento, los que obedecen a la calidad del material y su coeficiente de aporte estructural los que son afectados por el coeficiente de drenaje dependiendo de las propiedades drenantes del material. Los espesores son distribuidos de acuerdo a criterios mínimos establecidos por AASHTO _ 93

CUADRO No 3.31**ESPEORES MÍNIMOS (PULGADAS)**

RANGO DE TRÁFICO	CONCRETO ASFALTICO	ESPEOR DE BASE
Menos de 50,000	1 (TRATAMIENTO SUPERFICIAL)	4
50,001 - 150,000	2.0	4
150,001 - 500,000	2.5	4
500,001 - 2'000,000	3.0	6
2'000,001- 7'000,000	3.5	6
Mayor a 7'000,000	4.0	6

3.4.2 METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

El Instituto del Asfalto introduce consideraciones especiales en el diseño de un pavimento, esto aparte de la selección de las variables de diseño como son, estimación del tráfico, calidad de la subrasante, materiales de construcción y factores de clima. La metodología del Instituto del Asfalto también considera las construcciones por etapas que muchas veces es necesario este método es demasiado conservador respecto a la metodología AASHTO.

El método de diseño del Instituto del Asfalto se basa en un sistema elástico o multicapas (Programa de Computo Analítico DAMA) en donde el material de cada capa está caracterizado por un módulo de elasticidad (Módulo Dinámico) y su coeficiente de Poisson, con respecto al tráfico sus expresiones están dados en números de repeticiones de un eje simple equivalente de 80KN (18,000lb, o 8.2 Tn) aplicados al pavimento en dos juegos de ruedas duales. Los componentes estructurales de la carpeta asfáltica y materiales granulares tratados con asfalto y no tratados, son caracterizada por un modo de elasticidad (llamado también Módulo Dinámico en el caso de las mezclas asfálticas, o Módulo Resiliente en el caso de los suelos y los materiales granulados no tratados).

Este método introduce valores promedios de temperatura ambiental a la que el pavimento estará sometido todo el año, los ábacos que se muestran en el anexo del capítulo IV de estas temperaturas (cuadro No 3.32), los mismos que deben tomarse en consideración para seleccionar adicionalmente los ábacos de diseño, estas temperaturas están relacionadas a los efectos que considera el método, sufrirá el pavimento al estar sometido a las heladas.

CUADRO N° 3.32
VALORE PROMEDIO DE TEMPERATURA AMBIENTAL vs.
EFECTO DE LAS HELADAS

TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL AIRE	EFECTOS DE LA HELADA
<70 °C (40 °F)	SI
15.5 °C (60 °F)	POSIBLE
>24 °C (75 °C)	NO

El Módulo Resiliente varia con las condiciones de esfuerzo en el pavimento, esta variación se establece en las capas granulares no tratadas. En las cartas de diseño varían de 15.000 psi hasta más de 50,000 psi. El tráfico calculado al año de diseño es afectado por coeficientes para considerar el sentido del tráfico y los números de carriles, de esta forma diseñar para un carril, para este caso el método del Instituto del Asfalto indica un cuadro con coeficientes que deben ser afectados al tráfico proyectado como se indica en el cuadro n° 3.34.

CUADRO N° 3.33
PORCENTAJE DEL TRÁFICO TOTAL EN EL CARRIL DE DISEÑO

NÚMERO DE CARRILES (DOS DIRECCIONES)	% DE TRÁFICO EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (35 – 48)*
6 O más	40 (25 – 48)*

*Rango Probable

Para obtener el valor representativo de la capacidad soporte de la subrasante, recomienda la utilización de métodos estadísticos (percentiles) los que dependen en general del tráfico de diseño como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3.34
LÍMITES DE DISEÑO PARA SUBRASANTE

RANGO DEL TRÁFICO	VALOR DEL PERCENTIL
Menos 10^4	60%
10^4 a 10^6	75%
Más de 10^6	87.5%

Los ábacos de diseño para ser utilizados primeramente deben considerarse que los espesores de la capa de base es preestablecida de igual modo la temperatura del medio ambiente como se indica en el anexo. Se toma en cuenta espesores mínimos de concreto asfáltico sobre la base granular de acuerdo al tráfico calculado que se indica líneas abajo los cuales se tiene que considerar al momento de la estructuración de los espesores del pavimento, algunos diseñadores toman en cuenta mayores espesores de base granular esto con el propósito de minimizar el potencial de daños por fenómenos de heladas. En el pavimento espesores mayores que 30cm han sido empleados con ese fin, pero los estudios de análisis de pavimentos muestran que la adición de estos espesores que poco o nada benefician el comportamiento estructural del pavimento. Es recomendable comparar dos requerimientos de diseño uno basado en el comportamiento ante heladas y otro para el deterioro estructural, definiéndose la estructura final sobre el juicio del profesional o de experiencias adquiridas.

La práctica de reducir los espesores de la base granular es rechazada por el Instituto del Asfalto y por los diseñadores de pavimentos, esto debido a que se incrementa el potencial de otros problemas en el pavimento.

CUADRO N° 3.35
ESPESOR MÍNIMO DE CONCRETO ASFÁLTICO

RANGO DE TRÁFICO	CONDICIÓN DE TRAFICO	ESPESOR MINIMO DE CONCRETO ASFALTICO
Menos de 10^4	Tráfico bajo	75mm
10^4 a 10^6	Tráfico medio	100mm
Más de 10^6	Tráfico alto	125mm

3.5.- ELECCIÓN Y CÁLCULO DE ESPEORES DE PAVIMENTO

Para el diseño y cálculo de espesores la metodología AASHTO es la mejor alternativa porque es más analítica y se ajusta a las necesidades de nuestro medio y además es recomendada por las entidades gubernamentales de nuestro país, además muestra su ecuación matemática (ver 3.4.1) que puede ser llevada a microcomputadoras o calculadoras con programas de mediana capacidad de memoria lo cual favorece la exactitud del cálculo, además con esta metodología puede trabajarse con diferentes calidades de materiales los que principalmente son relacionados con los módulos de elasticidad (Módulo Dinámico para asfalto y Módulo Resiliente de Capas Granulares), son los que determinan los aportes estructurales de cada tipo de material (a_1), también se incluyen las condiciones climáticas acorde con el tipo de material mediante los coeficientes de drenaje. La mejor alternativa es la metodología AASHTO por ser la de mayor difusión en nuestro medio, para la presente tesis se propone conformar la estructura indicada en el cuadro n° 3.36 la misma que se ha obtenido con los datos de diseño definidos anteriormente para un periodo de 10 años. Así tenemos lo siguiente.

Tráfico de diseño (W_{18})	$3.46 \cdot 10^6$
CBR al 87.5% de percentil	2.4%
M_r (ábaco de Van Til Et)	3500psi
Confiabilidad	85%
S_0	0.45

P_1	4.0
P_T	2.0
a_1 (carpeta asfáltica)	0.17/cm.
a_2 (base granular)	0.06/cm. CBR>60%
a_3 (subbase granular)	0.045/cm. CBR≥40%
$m_2 = m_3$	1.0

Debido a que el material de base granular y el de subbase tienen buena capacidad drenante, se ha determinado que el coeficiente para este tipo de materiales es $m_2=m_3=1.0$.

Utilizando el ábaco de la guía AASHTO (ver anexos Cáp. IV) se establece que el número estructural (SN) es 4.89. Teniendo en cuenta las consideraciones mínimas establecidas para espesores de carpeta asfáltica la cual va de acuerdo al tráfico, se establece que es necesario un espesor mínimo de 3.5" ósea igual a 9 cm. de carpeta entonces se aplicará la siguiente fórmula para determinar el espesor de las capas granulares

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_3 + a_3d_3m_3$$

Del cual se tiene la siguiente estructuración del Pavimento, como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO No 3.36
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
CARRETERA: BAMBAMARCA – CHOTA – COCHABAMBA.
TRAMO: CHOTA (KM. 142+000) – COCHABAMBA (KM. 163 +540)

CAPA	ESPESOR (CM)	CONDICIÓN
CARPETA ASFALTICA	10.00	MEZCLA ASF. EN CALIENTE
BASE GRANULAR	30.00	CBR \geq 80% *
SUBBASE GRANULAR	30.00	CBR \geq 40% *

(*) CBR al 100% de la máxima densidad seca obtenida del Ensayo Proctor Modificado.

3.6 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA AASHTO 2000

Teniendo en cuenta el complejo comportamiento de los pavimentos, existe la necesidad de adoptar métodos de diseño que consideren los diversos factores que afectan su desempeño durante su vida útil, en la versión AASHTO 2000 en el diseño de pavimentos, involucra.

El Análisis Estructural del Pavimento. Utilizando un procedimiento Mecanístico de diseño que utiliza modelos para simular el efecto del medio ambiente en la estructura, modelos para la proyección del tráfico y modelos que estimen el índice de servicio y probabilidad de aparición de fallas en los pavimentos.

Análisis Económico. Este aspecto es importante al momento de seleccionar el diseño final del pavimento, el análisis de considerar todos los costos posibles durante el ciclo completo de vida, como costo de construcción, mantenimiento y/o rehabilitación, costos que se considera en el análisis económico para estimar relaciones beneficio/costo, calcular el TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto) que viene a ser los costos de operación vehicular, costos de tiempos de transporte y costos de accidentes.

Sistema de Gestión de Pavimentos. Que vienen a ser herramientas en la toma de decisiones sobre que estrategias de mantenimiento y/o rehabilitación son las más efectivas

Con el avance de la tecnología de punta para el diseño de pavimentos existen programas de computo que siguen los lineamientos de los manuales del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos y de la AASHTO, que idealizan la estructura, Pavimento – Subrasante como una estructura Elástica Multicapa, dentro de estos programas tenemos (Programa Dama, Programa Cam, Programa Airport, etc.)

En el futuro en el arte del diseño de pavimentos se tendrá en cuenta el criterio del diseñador, los cálculos serán ejecutados con la ayuda de software especializados, de este modo el diseñador estará en capacidad de anticipar el comportamiento del pavimento y prevenir la aparición de fallas, conocer el nivel del índice de servicio de la vía durante su vida útil, la perspectiva del futuro en cuanto al diseño tomará en cuenta criterio, conocimiento y experiencia del profesional.

3.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El estudio de las diferentes metodologías del diseño de pavimento, permite al Ingeniero Civil analizar rápidamente diferentes alternativas de solución frente a un determinado problema, optimizando los recursos humanos, materiales, técnicos y económicos.
2. La aparición de nuevas metodologías de diseño permiten relacionar las propiedades de los materiales y las propiedades de la estructura del pavimento con la finalidad de predecir la real performance del mismo.
3. La optimización de las metodologías de diseño, nos da un enfoque integral para tomar decisiones tanto en la construcción, mantenimiento y/o rehabilitación de la vía.
4. Durante el diseño del pavimento debemos tener en cuenta la naturaleza propia del suelo y limitaciones del ensayo CBR que no permite caracterizar todas las propiedades requeridas, pudiendo conducir a un mal diseño causando la falla futura de las obras proyectadas o a considera un grado de confiabilidad muy alto muy alto generando costos elevados innecesarios, Es por eso que se recomienda la ejecución de ensayos que brinden una mejor representación del comportamiento en servicio como es el caso del ensayo de Módulo de Resilencia (Mr).

5. El uso de ecuaciones de correlación para obtener el Módulo Resiliente (Mr) en base al CBR cuando no es posible efectuar el ensayo debe tomarse con sumo cuidado, puesto que el valor obtenido es muy sensible a las condiciones propias de la zona y los factores in-situ a los cuales el suelo estará sometido durante su vida en servicio

6. Es necesario seguir estrictamente las normas de ensayo de suelos durante la realización de las pruebas. Puesto que un error en realizar dichos ensayos, nos lleva a obtener valores que no pertenecen a las características del tipo de suelo ensayado.

7. En nuestro País es fundamental incentivar la investigación para incorporar procedimientos y desarrollo de tecnología propia que se adapte a nuestras propias condiciones, para impulsar un avance científico significativo en la especialidad de Ingeniería Civil de nuestro país.

CAPÍTULO IV
ANEXOS

4.1 CERTIFICADOS ANÁLISIS DE SUELOS



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - BAMBAMARCA
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-1		C-2		C-3		C-4		C-5	
	KILOMETRAJE	117+360		118+300		118+800		119+000		119+700	
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1		M-1		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50	
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200										
2 1/2"	63.500		100		100		100				
2"	50.800	4	96	3	97	4	96				
1 1/2"	38.100	2	94	8	89	7	89				100
1"	25.400	3	91	10	79	10	79		100	6	94
3/4"	19.050	3	88	9	70	8	71	4	96	7	87
1/2"	12.700	2	86	8	62	9	62	8	88	3	84
3/8"	9.525	1	85	6	56	3	59	2	86	6	78
1/4"	6.350	1	84	7	49	7	52	4	82	5	73
N° 4	4.760	0	84	3	46	4	48	2	80	2	71
N° 6	3.360	2	82	2	44	1	47	1	79	5	66
N° 8	2.380	3	79	2	42	2	45	1	78	3	63
N° 10	2.000	2	77	1	41	1	44	0	78	2	61
N° 16	1.190	3	74	0	41	5	39	1	77	1	60
N° 20	0.840	1	73	1	40	1	38	2	75	1	59
N° 30	0.590	2	71	2	38	1	37	1	74	0	59
N° 40	0.426	0	71	1	37	1	36	3	71	2	57
N° 50	0.297	2	69	1	36	1	35	1	70	1	56
N° 80	0.177	3	66	1	35	0	35	2	68	2	54
N° 100	0.149	1	65	0	35	1	34	1	67	0	54
N° 200	0.074	3	62	2	33	2	32	2	65	1	53
- N° 200	-	62	-	33	-	32	-	65	-	53	-
HUMEDAD NATURAL (%)		23.8		16.3		14.4		13.2		13.0	
LIMITE LIQUIDO (%)		40		34		35		29		31	
INDICE PLASTICO (%)		21		9		15		7		6	
CLASIFICACION SUCS		CL		GM		GC		ML-CL		ML	
CLASIFICACION AASHTO		A-6 (10)		A-2-4 (0)		A-2-6 (1)		A-4 (6)		A-4 (4)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40869



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
 VIVIENDA Y CONSTRUCCION
 OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
 REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
 ING° RESP : E. RIVAS DURAN
 SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
 TECNICO : C. PELAEZ Q.
 TRAMO : CHOTA - BAMBAMARCA
 FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-6		C-7		C-8		C-9		C-10	
	KILOMETRAJE	120+000		120+500		121+000		121+500		122+200	
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1		M-1		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 0,50	
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200				100						
2 1/2"	63.500			2	98				100		
2"	50.800		100	1	97			1	99		
1 1/2"	38.100	3	97	3	94			2	97		100
1"	25.400	2	95	5	89		100	4	93	2	98
3/4"	19.050	0	95	3	86	2	98	2	91	1	97
1/2"	12.700	1	94	4	82	1	97	2	89	0	97
3/8"	9.525	1	93	2	80	0	97	2	87	1	96
1/4"	6.350	2	91	2	78	2	95	2	85	1	95
N° 4	4.760	1	90	1	77	1	94	1	84	0	95
N° 6	3.360	2	88	3	74	2	92	2	82	2	93
N° 8	2.380	2	86	4	70	1	91	4	78	3	90
N° 10	2.000	1	85	1	69	0	91	2	76	1	89
N° 16	1.190	2	83	3	66	1	90	3	73	1	88
N° 20	0.840	2	81	3	63	1	89	2	71	2	86
N° 30	0.590	1	80	2	61	0	89	2	69	1	85
N° 40	0.425	1	79	1	60	2	87	1	68	1	84
N° 50	0.297	3	76	3	57	3	84	2	66	1	83
N° 80	0.177	2	74	3	54	5	79	2	64	3	80
N° 100	0.149	1	73	2	52	2	77	1	63	1	79
N° 200	0.074	2	71	3	49	3	74	3	60	2	77
- N° 200	-	71	-	49	-	74	-	60	-	77	-
HUMEDAD NATURAL (%)		26.4		23.8		22.0		23.8		25.4	
LIMITE LIQUIDO (%)		37		41		33		40		55	
INDICE PLASTICO (%)		18		19		16		21		29	
CLASIFICACION SUCS		CL		SC		CL		CL		CH	
CLASIFICACION AASHTO		A-6 (10)		A-7-6 (6)		A-6 (10)		A-6 (9)		A-7-6 (19)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MAHRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40833



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8 TECNICO : C. PELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - BAMBAMARCA FECHA : 06-Jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-10		C-11				C-12		C-13	
	KILOMETRAJE	122+200		122+700				126+020		126+600	
	MUESTRA	M-2		M-1		M-2		M-1		M-1	
PROF. (m)	0,50 - 1,50		0,00 - 0,75		0,75 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,10		
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200				100						100
2 1/2"	63.500			1	99				100	3	97
2"	50.800		100	2	97			5	95	4	93
1 1/2"	38.100	4	96	3	94			6	89	5	88
1"	25.400	8	88	0	94			9	80	8	80
3/4"	19.050	7	81	1	93			5	75	9	71
1/2"	12.700	14	67	1	92		100	8	67	1	70
3/8"	9.525	8	59	0	92	1	99	6	61	7	63
1/4"	6.350	13	46	1	91	0	99	3	58	6	57
N° 4	4.760	5	41	0	91	0	99	1	57	3	54
N° 6	3.360	3	38	2	89	2	97	1	56	1	53
N° 8	2.380	1	37	2	87	1	96	2	54	2	51
N° 10	2.000	1	36	1	86	0	96	1	53	1	50
N° 16	1.190	6	30	1	85	1	95	1	52	1	49
N° 20	0.840	2	28	0	85	2	93	0	52	1	48
N° 30	0.590	1	27	1	84	1	92	1	51	0	48
N° 40	0.426	1	26	2	82	0	92	2	49	2	46
N° 50	0.297	1	25	5	77	0	92	2	47	3	43
N° 80	0.177	0	25	2	75	1	91	2	45	2	41
N° 100	0.149	1	24	3	72	0	91	0	45	1	40
N° 200	0.074	2	22	2	70	2	89	2	43	2	38
- N° 200	-	22	-	70	-	89	-	43	-	38	-
HUMEDAD NATURAL (%)		21.6		18.2		23.7		18.7		16.6	
LIMITE LIQUIDO (%)		34		35		48		33		37	
INDICE PLASTICO (%)		14		19		30		14		15	
CLASIFICACION SUCS		GC		CL		CL		GC		GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-2-6 (0)		A-6 (11)		A-7-6 (18)		A-6 (3)		A-6 (2)	



[Signature]
JULIO CESAR MARRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40852



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA -
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - BAMBAMARCA

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CAUCATA	C-13		C-14		C-15		C-16			
	KILOMETRAJE	126+600		127+010		127+510		128+150			
	MUESTRA	M-2		M-1		M-1		M-1		M-2	
	PROF. (m)	1,10 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 0,55		0,55 - 1,50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200								100		100
2 1/2"	63.500		100				100	9	91	9	91
2"	50.800	3	97			2	98	11	80	12	79
1 1/2"	38.100	6	91			2	96	6	74	5	74
1"	25.400	5	86			3	93	5	69	8	66
3/4"	19.050	8	78		100	2	91	8	61	7	59
1/2"	12.700	6	72	3	97	1	90	5	56	3	56
3/8"	9.525	8	64	4	93	0	90	2	54	4	52
1/4"	6.350	2	62	6	87	2	88	2	52	3	49
N° 4	4.760	1	61	2	85	1	87	1	51	1	48
N° 6	3.360	2	59	2	83	2	85	2	49	1	47
N° 8	2.380	1	58	3	80	1	84	1	48	0	47
N° 10	2.000	0	58	2	78	0	84	2	46	0	47
N° 16	1.190	1	57	1	77	1	83	2	44	1	46
N° 20	0.840	1	56	2	75	2	81	1	43	2	44
N° 30	0.590	0	56	3	72	1	80	2	41	1	43
N° 40	0.426	1	55	1	71	2	78	1	40	0	43
N° 50	0.297	2	53	2	69	2	76	2	38	1	42
N° 80	0.177	1	52	3	66	3	73	2	36	3	39
N° 100	0.149	0	52	2	64	1	72	1	35	1	38
N° 200	0.074	2	50	3	61	1	71	3	32	2	36
- N° 200	-	50	-	61	-	71	-	32	-	36	-
HUMEDAD NATURAL (%)		14.2		13.6		19.3		17.2		13.2	
LIMITE LIQUIDO (%)		30		34		31		31		33	
INDICE PLASTICO (%)		8		9		18		12		14	
CLASIFICACION SUCS		CL		ML		CL		GC		GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-4 (3)		A-4 (5)		A-6 (10)		A-2-6 (0)		A-6 (1)	



Julio Cesar Manrique Pino

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40833



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
 VIVIENDA Y CONSTRUCCION
 OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
 SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
 TRAMO : CHOTA - BAMBAMARCA

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
 ING° RESP : E. RIVAS DURAN
 TECNICO : C. PELAEZ Q.
 FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-17									
	KILOMETRAJE	126+500									
	MUESTRA	M-1		M-2							
	PROF. (m.)	0,00 - 0,65		0,65 - 1,50							
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA
3"	76.200				100						
2 1/2"	63.500			3	97						
2"	50.800			5	92						
1 1/2"	38.100			9	83						
1"	25.400			11	72						
3/4"	19.050			3	69						
1/2"	12.700		100	6	63						
3/8"	9.525	1	99	5	58						
1/4"	6.350	2	97	2	56						
N° 4	4.760	0	97	1	55						
N° 6	3.390	3	94	2	53						
N° 8	2.380	2	92	1	52						
N° 10	2.000	2	90	0	52						
N° 16	1.190	1	89	1	51						
N° 20	0.840	2	87	2	49						
N° 30	0.590	3	84	1	48						
N° 40	0.425	1	83	2	46						
N° 50	0.297	2	81	1	45						
N° 80	0.177	3	78	2	43						
N° 100	0.149	2	76	1	42						
N° 200	0.074	3	73	2	40						
- N° 200	-	73	-	40	-						
HUMEDAD NATURAL (%)		16.5		16.2							
LIMITE LIQUIDO (%)		29		28							
INDICE PLASTICO (%)		13		10							
CLASIFICACION SUCS		CL		GC							
CLASIFICACION AASHTO		A-6 (9)		A-4 (1)							



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MARIQUE PIRO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40658



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-1				C-2				C-3	
	KILOMETRAJE	142+000				143+100				143+880	
	MUESTRA	M-1		M-1		M-2		M-3		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 0,30		0,30 - 0,50		0,50 - 1,50		0,00 - 1,50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200										
2 1/2"	63.500							100		100	
2"	50.800							2	98	1	99
1 1/2"	38.100		100					1	97	0	99
1"	25.400	2	98		100			0	97	2	97
3/4"	19.050	1	97	3	97			2	95	3	94
1/2"	12.700	0	97	2	95			3	92	3	91
3/8"	9.525	1	96	3	92			2	90	2	89
1/4"	6.350	1	95	2	90			1	89	1	88
N° 4	4.760	1	94	2	88			0	89	0	88
N° 6	3.360	1	93	1	87		100	3	86	3	85
N° 8	2.380	2	91	3	84	1	99	4	82	2	83
N° 10	2.000	1	90	3	81	2	97	1	81	1	82
N° 16	1.190	2	88	1	80	1	96	3	78	3	79
N° 20	0.840	1	87	5	75	0	96	5	73	4	75
N° 30	0.590	2	85	7	68	1	95	6	67	5	70
N° 40	0.426	2	83	6	62	3	92	7	60	5	65
N° 50	0.297	2	81	8	54	4	88	6	54	6	59
N° 80	0.177	2	79	8	46	3	85	5	49	6	53
N° 100	0.149	1	78	5	41	1	84	3	46	3	50
N° 200	0.074	2	76	3	38	3	81	6	40	6	44
- N° 200	-	76	-	38	-	81	-	40	-	44	-
HUMEDAD NATURAL (%)		18.6		10.9		17.8		13.2		12.0	
LIMITE LIQUIDO (%)		46		25		31		26		26	
INDICE PLASTICO (%)		30		3		9		5		7	
CLASIFICACION SUCS		CL		SM		CL		SM-SC		SM-SC	
CLASIFICACION AASHTO		A-7-6 (17)		A-6 (1)		A-6 (8)		A-4 (1)		A-4 (2)	



Julio Cesar Manrique Pino
JULIO CESAR MARIQUE-PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40005



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TECNICO : C. PELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALIGATA	C-4		C-5		C-6		C-7		C-8	
	KILOMETRAJE	144+120		144+760		145+000		145+500		146+000	
	MUESTRA	M-1									
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200						100				
2 1/2"	63.500					2	98				100
2"	50.800		100			6	92			2	98
1 1/2"	38.100	2	98			8	84		100	3	95
1"	25.400	4	94			9	75	2	98	2	93
3/4"	19.050	3	91			4	71	0	98	3	90
1/2"	12.700	2	89		100	7	64	1	97	3	87
3/8"	9.525	3	86	2	98	5	59	2	95	3	84
1/4"	6.350	2	84	3	95	8	51	3	92	2	82
N° 4	4.760	2	82	2	93	1	50	2	90	2	80
N° 6	3.360	3	79	3	90	3	47	3	87	1	79
N° 8	2.380	5	74	4	86	4	43	3	84	3	76
N° 10	2.000	2	72	1	85	2	41	1	83	3	73
N° 16	1.190	3	69	3	82	3	38	3	80	1	72
N° 20	0.840	5	64	5	77	4	34	6	74	5	67
N° 30	0.590	6	58	6	71	6	28	6	68	8	59
N° 40	0.428	6	52	7	64	4	24	8	60	2	57
N° 50	0.297	8	44	6	58	8	16	6	54	6	51
N° 80	0.177	5	39	5	53	5	11	5	49	7	44
N° 100	0.149	2	37	3	50	3	8	3	46	5	39
N° 200	0.074	5	32	6	44	6	2	5	41	3	36
- N° 200		32		44		2		41		36	
HUMEDAD NATURAL (%)		9.8		12.6		7.2		9.2		10.0	
LIMITE LIQUIDO (%)		25		26		24		29		25	
INDICE PLASTICO (%)		3		7		3		5		6	
CLASIFICACION SUCS		SM		SM-SC		GP		SM		SM-SC	
CLASIFICACION AASHTO		A-2-6 (0)		A-4 (2)		A-2-6 (0)		A-4 (1)		A-6 (0)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MARIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40648



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TECNICO : C. PELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-9		C-10		C-11				C-12	
	KILOMETRAJE	146+500		147+260		147+950				148+210	
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1		M-2		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 0,65		0,65 - 1,50		0,00 - 1,50	
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200										
2 1/2"	63.500				100				100		
2"	50.800			5	95		100	3	97		
1 1/2"	38.100		100	3	92	1	99	1	96		100
1"	25.400	3	97	6	86	2	97	5	91	1	99
3/4"	19.050	1	96	6	80	1	96	2	89	3	96
1/2"	12.700	1	95	3	77	1	95	3	86	2	94
3/8"	9.525	2	93	4	73	2	93	3	83	3	91
1/4"	6.350	3	90	2	71	2	91	1	82	5	86
N°4	4.760	2	88	1	70	1	90	1	81	4	82
N° 6	3.360	1	87	1	69	3	87	3	78	2	80
N° 8	2.380	2	85	3	66	2	85	3	75	2	78
N° 10	2.000	1	84	1	65	1	84	2	73	1	77
N°16	1.190	3	81	2	63	3	81	3	70	3	74
N° 20	0.840	1	80	5	58	1	80	5	65	4	70
N° 30	0.590	4	76	7	51	3	77	6	59	5	65
N° 40	0.426	3	73	6	45	5	72	6	53	3	62
N° 50	0.297	2	71	8	37	6	66	6	47	4	58
N° 80	0.177	3	68	8	29	4	62	5	42	8	50
N° 100	0.149	1	67	2	27	1	61	3	39	3	47
N° 200	0.074	2	65	5	22	2	59	4	35	6	41
- N° 200	-	65	-	22	-	59	-	35	-	41	-
HUMEDAD NATURAL (%)		13.0		12.5		11.0		13.4		12.4	
LIMITE LIQUIDO (%)		26		25		31		24		26	
INDICE PLASTICO (%)		5		3		10		4		8	
CLASIFICACION SUCS		ML-CL		SM		CL		SM-SC		SC	
CLASIFICACION AASHTO		A-4 (6)		A-2-6 (0)		A-6 (5)		A-2-4 (0)		A-4 (1) <	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40689



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8 TECNICO : C. PELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-13		C-14				C-15			
	KILOMETRAJE	148+700		149+250				150+500			
	MUESTRA	M-1		M-1		M-2		M-1		M-2	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 0,55		0,55 - 1,50		0,00 - 1,15		0,00 - a más	
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200					100					
2 1/2"	63.500		100			1	99				
2"	50.800	8	92			2	97		100		
1 1/2"	38.100	5	87			5	92	3	97		
1"	25.400	4	83			3	89	4	93		
3/4"	19.050	6	77			2	87	5	88		
1/2"	12.700	9	68			4	83	6	82		
3/8"	9.525	5	63		100	5	78	8	74		
1/4"	6.350	5	58	2	98	5	73	9	65		
N° 4	4.760	3	55	4	94	3	70	3	62		
N° 6	3.360	3	52	5	89	3	67	3	59		
N° 8	2.380	4	48	6	83	3	64	3	56		
N° 10	2.000	1	47	8	75	4	60	5	51		
N°16	1.190	3	44	5	70	3	57	4	47		
N° 20	0.840	4	40	4	66	5	52	3	44		
N° 30	0.590	2	38	3	63	4	48	6	38		
N° 40	0.425	3	35	5	58	6	42	2	36		
N° 50	0.297	2	33	6	52	2	40	5	31		
N° 80	0.177	5	28	4	48	7	33	2	29		
N° 100	0.149	2	26	1	47	3	30	3	26		
N° 200	0.074	4	22	2	45	5	25	5	21		
- N° 200	-	22	-	45	-	25	-	21	-		
HUMEDAD NATURAL (%)		9.2		11.0		11.8		9.2			
LIMITE LIQUIDO (%)		21		31		24		24			
INDICE PLASTICO (%)		4		10		6		5			
CLASIFICACION SUCS		GM-GC		SC		SM-SC		SM-SC			
CLASIFICACION AASHTO		A-1-b (0)		A-6 (2)		A-1-b (0)		A-1-b (0)			

ROCA FRACTURADA



Julio Cesar Manrique Pino

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N°. 40889



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 05-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-16		C-17		C-18		C-19		C-20	
	KILOMETRAJE	151+000		152+130		152+880		153+100		154+200	
	MUESTRA	M-1									
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,05	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200										100
2 1/2"	63.500				100		100			6	94
2"	50.800		100	6	94	5	95		100	10	84
1 1/2"	38.100	6	94	3	91	6	89	5	95	20	64
1"	25.400	5	89	7	84	7	82	4	91	15	49
3/4"	19.050	9	80	6	78	5	77	8	83	6	43
1/2"	12.700	4	76	3	75	6	71	5	78	10	33
3/8"	9.525	7	69	4	71	6	65	7	71	6	27
1/4"	6.350	6	63	2	69	5	60	6	65	5	22
N° 4	4.760	3	60	2	67	2	58	4	61	3	19
N° 6	3.360	2	58	1	66	1	57	4	57	1	18
N° 8	2.380	3	55	3	63	3	54	6	51	1	17
N° 10	2.000	2	53	1	62	3	51	3	48	0	17
N° 16	1.190	4	49	2	60	1	50	7	41	1	16
N° 20	0.840	2	47	5	55	4	46	6	35	1	15
N° 30	0.590	3	44	7	48	5	41	5	30	3	12
N° 40	0.426	3	41	5	43	2	39	3	27	1	11
N° 50	0.297	2	39	4	39	4	35	2	25	0	11
N° 80	0.177	4	35	3	36	7	28	1	24	1	10
N° 100	0.149	2	33	2	34	2	26	2	22	2	8
N° 200	0.074	4	29	4	30	5	21	3	19	2	6
- N° 200	-	29	-	30	-	21	-	19	-	6	-
HUMEDAD NATURAL (%)		6.9		12.5		10.0		6.9		6.9	
LIMITE LIQUIDO (%)		47		25		25		47		47	
INDICE PLASTICO (%)		13		3		6		13		13	
CLASIFICACION SUCS		GM		SM		GM-GC		SM		GP-GM	
CLASIFICACION AASHTO		A-2-7 (0)		A-2-6 (0)		A-2-6 (0)		A-2-7 (0)		A-2-7 (0)	



Julio Cesar Manrique Pino

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40661



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8 TECNICO : C. PELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-20		C-21				C-22		C-23		
	KILOMETRAJE	154+200		154+600				155+120		155+750		
	MUESTRA	M-2		M-1		M-2		M-1		M-1		
	PROF. (m.)	1,05 - a más		0,00 - 0,35		0,35 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200	ROCA FRACTURADA					100				100	
2 1/2"	63.500						10	90			5	95
2"	50.800						10	80		100	5	90
1 1/2"	38.100						10	70	2	98	11	79
1"	25.400					100	7	63	6	92	6	73
3/4"	19.050				4	96	7	56	5	87	2	71
1/2"	12.700				5	91	6	50	4	83	4	67
3/8"	9.525				2	89	4	46	5	78	5	62
1/4"	6.350				8	81	2	44	7	71	7	55
N° 4	4.760				5	76	1	43	3	68	3	52
N° 6	3.360				3	73	2	41	3	65	3	49
N° 8	2.380				5	68	1	40	4	61	4	45
N° 10	2.000				2	66	2	38	2	59	2	43
N° 16	1.190				4	62	4	34	3	56	3	40
N° 20	0.840				5	57	3	31	3	53	2	38
N° 30	0.590				6	51	3	28	3	50	3	35
N° 40	0.425				4	47	2	26	6	44	6	29
N° 50	0.297				4	43	2	24	5	39	4	25
N° 80	0.177				5	38	4	20	7	32	6	19
N° 100	0.149				3	35	2	18	3	29	3	16
N° 200	0.074				6	29	4	14	5	24	5	11
- N° 200	-				29	-	-	14	-	24	-	11
HUMEDAD NATURAL (%)					12.0		7.4		9.9		10.1	
LIMITE LIQUIDO (%)					28		25		24		24	
INDICE PLASTICO (%)				11		8		6		6		
CLASIFICACION SUCS				SC		GC		SM-SC		GP-GC		
CLASIFICACION AASHTO				A-2-6(0)		A-2-4(0)		A-1-b(0)		A-1-a(0)		



Julio Cesar Manrique Pino

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N°. 4068



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-24		C-25		C-26		C-27			
	KILOMETRAJE	156+060		156+690		157+000		157+400			
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1		M-1		M-2	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 0,90		0,90 - 1,50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200		100								
2 1/2"	63.500	3	97		100		100		100		100
2"	50.800	6	91	12	88	6	94	3	97	4	96
1 1/2"	38.100	8	83	5	83	3	91	0	97	5	91
1"	25.400	12	71	9	74	7	84	7	90	3	88
3/4"	19.050	8	63	11	63	6	78	3	87	6	82
1/2"	12.700	10	53	6	57	8	70	5	82	8	74
3/8"	9.525	5	48	9	48	7	63	5	77	5	69
1/4"	6.350	6	42	4	44	5	58	8	69	7	62
N° 4	4.760	3	39	2	42	2	56	9	60	4	58
N° 6	3.360	3	36	3	39	3	53	3	57	3	55
N° 8	2.380	4	32	3	36	3	50	4	53	4	51
N° 10	2.000	1	31	1	35	1	49	3	50	3	48
N° 16	1.190	2	29	2	33	2	47	5	45	6	42
N° 20	0.840	1	28	2	31	5	42	3	42	3	39
N° 30	0.590	3	25	3	28	4	38	4	38	2	37
N° 40	0.426	2	23	2	26	5	33	2	36	3	34
N° 50	0.297	2	21	3	23	4	29	2	34	2	32
N° 80	0.177	3	18	3	20	3	26	1	33	2	30
N° 100	0.149	1	17	1	19	2	24	1	32	1	29
N° 200	0.074	3	14	3	16	4	20	2	30	3	26
- N° 200		14		16		20		30		26	
HUMEDAD NATURAL (%)		6.9		7.7		12.5		9.7		10.5	
LIMITE LIQUIDO (%)		27		23		25		26		26	
INDICE PLASTICO (%)		7		5		4		9		6	
CLASIFICACION SUCS		GM-GC		GM-GC		GM-GC		GC		GM-GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)		A-1-b (0)		A-2-6 (0)		A-2-4 (0)		A-2-4 (0)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MARIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40665



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA
REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ O.
FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-28				C-29		C-30		C-31	
	KILOMETRAJE	158+050				158+500		159+100		160+130	
	MUESTRA	M-1		M-2		M-1		M-1		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 0,65		0,65 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50	
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200										100
2 1/2"	63.500						100			2	98
2"	50.800		100		100	5	95			5	93
1 1/2"	38.100	6	94	2	98	6	89		100	6	87
1"	25.400	11	83	6	92	4	85	2	98	7	80
3/4"	19.050	5	78	4	88	5	80	0	98	3	77
1/2"	12.700	9	69	5	83	9	71	1	97	3	74
3/8"	9.525	6	63	2	81	5	66	2	95	4	70
1/4"	6.350	5	58	4	77	4	62	1	94	5	65
N° 4	4.760	2	56	2	75	2	60	1	93	2	63
N° 6	3.360	3	53	3	72	3	57	0	93	2	61
N° 8	2.380	3	50	5	67	2	55	1	92	3	58
N° 10	2.000	1	49	2	65	1	54	1	91	2	56
N° 16	1.190	3	46	4	61	3	51	3	88	3	53
N° 20	0.840	2	44	5	56	2	49	1	87	1	52
N° 30	0.590	3	41	7	49	4	45	4	83	5	47
N° 40	0.426	4	37	4	45	4	41	3	80	3	44
N° 50	0.297	3	34	4	41	2	39	2	78	3	41
N° 80	0.177	5	29	5	36	5	34	3	75	3	38
N° 100	0.149	2	27	2	34	2	32	1	74	1	37
N° 200	0.074	3	24	6	28	3	29	2	72	3	34
- N° 200	-	24	-	28	-	29	-	72	-	34	-
HUMEDAD NATURAL (%)		12.0		14.1		13.0		13.0		13.0	
LIMITE LIQUIDO (%)		26		29		29		28		28	
INDICE PLASTICO (%)		7		11		8		6		6	
CLASIFICACION SUCS		GM-GC		SC		GC		ML-CL		GM-GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)		A-2-6 (0)		A-2-4 (0)		A-4 (7)		A-2-4 (0)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MARIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40000



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
 VIVIENDA Y CONSTRUCCION
 OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
 CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS ING° RESP : E. RIVAS DURAN
 SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8 TECNICO : C. PELAEZ Q.
 TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA FECHA : 06-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-32		C-33		C-34				C-35	
	KILOMETRAJE	160+380		161+120		161+660				162+000	
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1		M-2		M-1	
	PROF. (m.)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 0,50		0,50 - 1,50		0,00 - 1,50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200					100					
2 1/2"	63.500		100		100	3	97				100
2"	50.800	9	91	10	90	5	92		100	12	88
1 1/2"	38.100	5	86	9	81	6	86	11	89	9	79
1"	25.400	8	78	12	69	8	78	10	79	14	65
3/4"	19.050	6	72	7	62	11	67	13	66	6	59
1/2"	12.700	7	65	6	56	9	58	9	57	8	51
3/8"	9.525	8	57	8	48	5	53	6	51	7	44
1/4"	6.350	6	51	9	39	8	45	5	46	10	34
N° 4	4.760	3	48	5	34	3	42	2	44	3	31
N° 6	3.360	2	46	3	31	3	39	1	43	1	30
N° 8	2.380	2	44	3	28	4	35	3	40	2	28
N° 10	2.000	1	43	1	27	2	33	3	37	1	27
N° 16	1.190	5	38	2	25	2	31	1	36	5	22
N° 20	0.840	1	37	2	23	3	28	5	31	1	21
N° 30	0.590	2	35	3	20	4	24	3	28	1	20
N° 40	0.426	1	34	2	18	6	18	2	26	1	19
N° 50	0.297	1	33	3	15	4	14	4	22	1	18
N° 80	0.177	3	30	3	12	3	11	4	18	3	15
N° 100	0.149	2	28	1	11	2	9	2	16	0	15
N° 200	0.074	3	25	3	8	3	6	5	11	0	15
- N° 200		25		8		6		11		15	
HUMEDAD NATURAL (%)		8,8		6,4		12,5		10,0		7,2	
LIMITE LIQUIDO (%)		23		23		25		26		20	
INDICE PLASTICO (%)		6		4		6		8		6	
CLASIFICACION SUCS		GM-GC		GP-GC		GP-GC		GP-GC		GM-GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-1-b (0)		A-1-a (0)		A-2-6 (0)		A-2-6 (0)		A-1-a (0)	



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N°. 10583



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS ING° RESP : E. RIVAS DURAN
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8 TECNICO : C. FELAEZ Q.
TRAMO : CHOTA - COCHABAMBA FECHA : 06-Jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	CALICATA	C-36		C-37		C-38					
	KILOMETRAJE	162+480		163+100		163+540					
	MUESTRA	M-1		M-1		M-1					
	PROF. (m)	0,00 - 1,50		0,00 - 1,50		0,00 - 1,50					
ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	
3"	76.200										
2 1/2"	63.500										
2"	50.800						100				
1 1/2"	38.100		100			2	98				
1"	25.400	2	98			5	93				
3/4"	19.050	3	95			4	89				
1/2"	12.700	1	94			5	84				
3/8"	9.525	1	93			8	76				
1/4"	6.350	1	92			6	70				
N° 4	4.760	0	92		100	3	67				
N° 6	3.360	2	90	2	98	3	64				
N° 8	2.380	5	85	2	96	3	61				
N° 10	2.000	3	82	14	82	1	60				
N° 16	1.190	7	75	7	75	3	57				
N° 20	0.840	6	69	11	64	5	52				
N° 30	0.590	6	63	10	54	4	48				
N° 40	0.426	3	60	3	51	6	42				
N° 50	0.297	6	54	10	41	5	37				
N° 80	0.177	8	46	12	29	7	30				
N° 100	0.149	9	37	9	20	3	27				
N° 200	0.074	12	25	12	8	5	22				
- N° 200	-	25	-	8	-	22	-				
HUMEDAD NATURAL (%)		8.5		8.5		9.9					
LIMITE LIQUIDO (%)		27		30		24					
INDICE PLASTICO (%)		6		13		6					
CLASIFICACION SUCS		SM-SC		SP-SC		SM-SC					
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)		A-2-6 (0)		A-1-b (0)					



[Handwritten Signature]

JULIO CESAR MARIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 3088

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

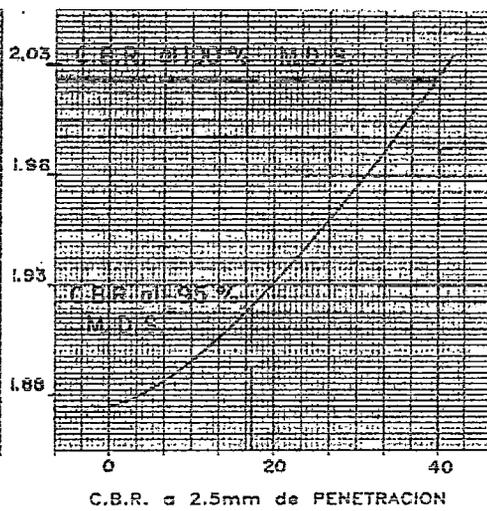
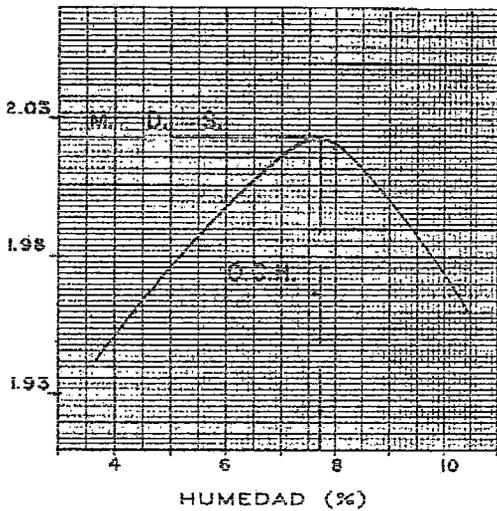
DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

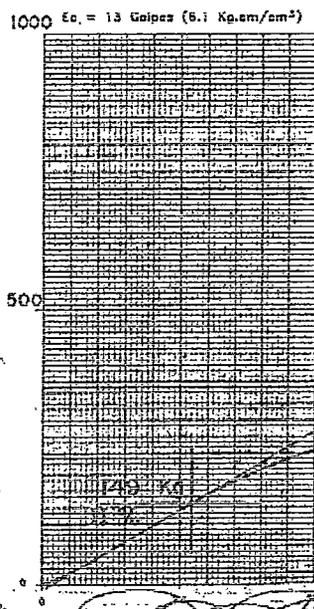
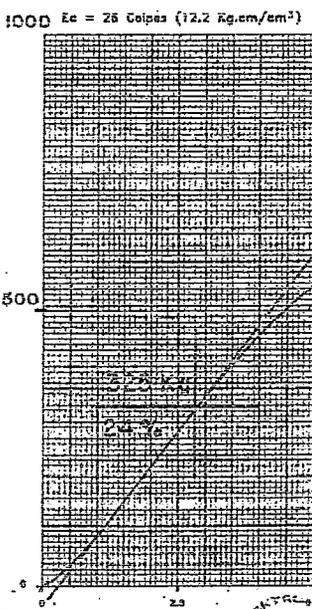
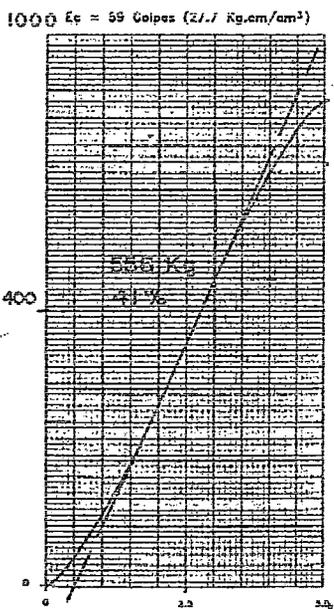
AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	MÉTODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			C
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.023
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			7.7
TRAMO: CHOTA - BAMBAMARCA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			40.0
UBICACIÓN : Km 118 + 800	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			17.0
MUESTRA : C3 - M1 PROF. 0.00 - 1.50	RET. MALLA 5/4" x Nro. 4 (%)			26.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GC	LL.35.0	IP.15.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : C. CÉSPEDES - E. VALLADARES	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION%
REGISTRO : 431 (28 06 00) FECHA : 10 07 00	ABSORCION%	3.0		% W PNFTRAC
				10.7

DENSIDAD SECA (gr/cc)



CARGA (Kg)



PENETRACION (mm)



JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

San del Colegio de Ingenieros Nº 4444

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

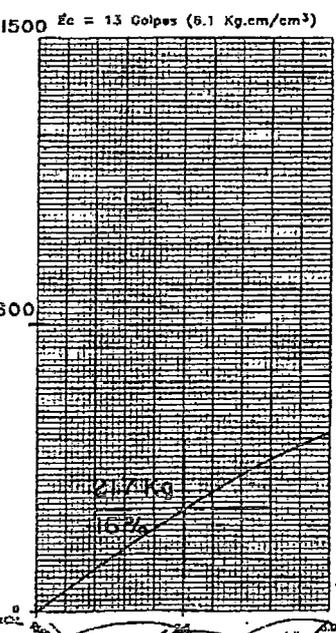
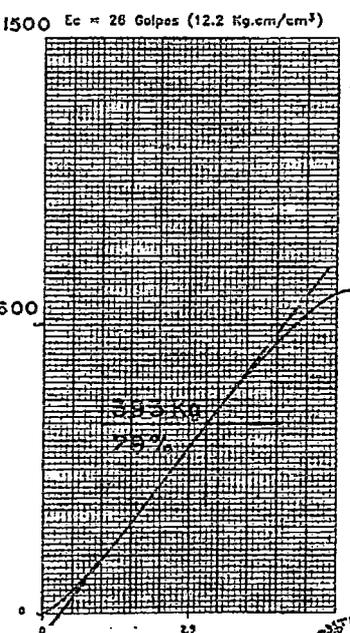
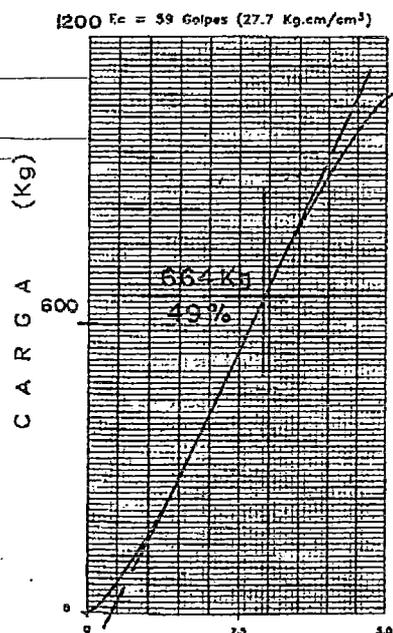
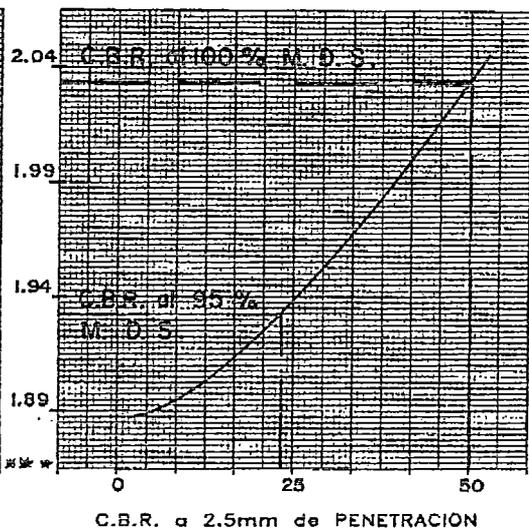
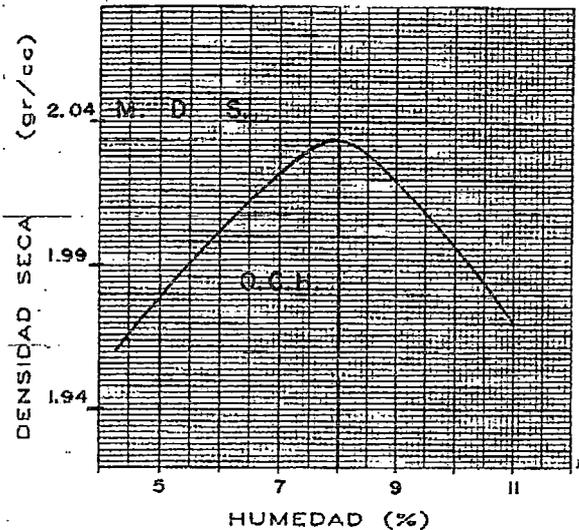
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			C
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.034
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N° 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			8.0
TRAMO: CHOTA - BAMBAMARCA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			50.0
UBICACIÓN : Km 122 + 200	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			23.0
MUESTRA : C10 - M2 PROF. 0.50 - 1.50 m.	RET. MALLA	3/4" x	Nro. 4 (%)	19.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GC	LL 34.0	IP 6.0	PESO ESPEC. ...
TÉCNICO : C. CÉSPEDES - E. VALLADARES	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION% 0.9
REGISTRO : 431 (28.06.00)	FECHA : 10.07.00	ABSORCION%	2.7	% W PENETRAC. 10.7



PENETRACION

ALIO CESAR MARRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

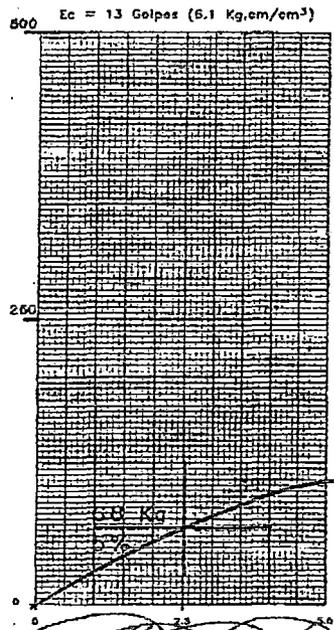
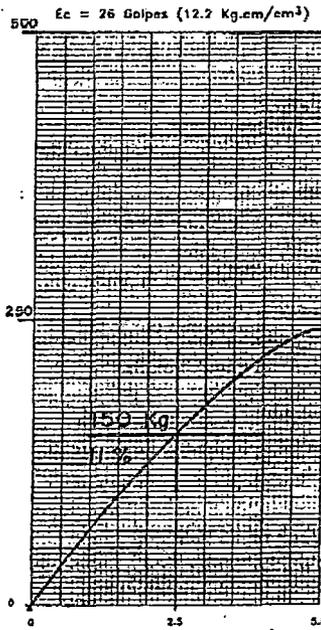
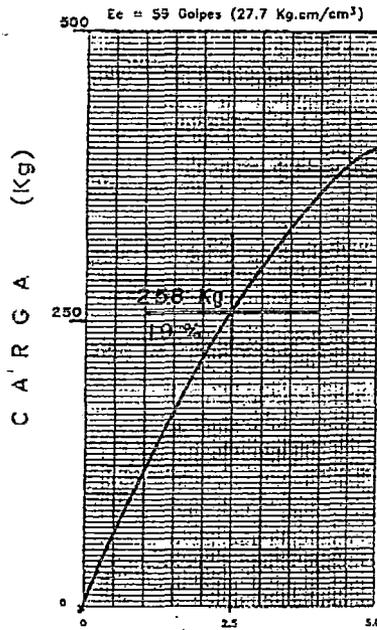
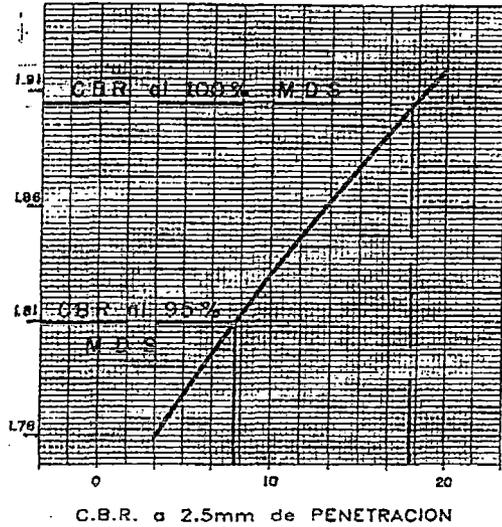
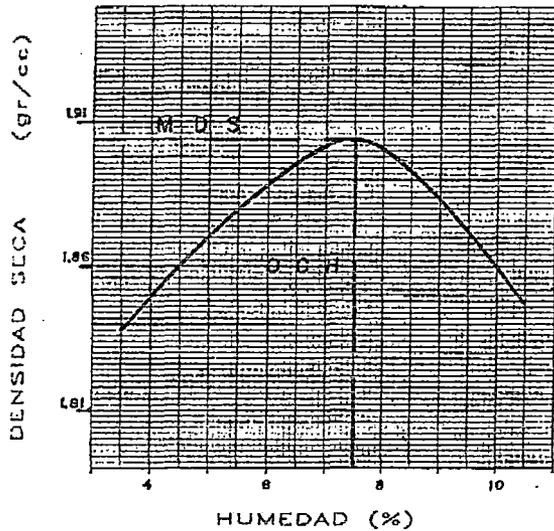
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			"A"
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			1.904
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N° 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.(%)			7.5
TRAMO: CHOTA - BAMBAMARCA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			18.0
UBICACIÓN : Km 143 + 000	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			8.0
MUESTRA : C2 - M3 PROF. 0.50 - 1.50 m.	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			9.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS SM-SC	LL.26.00	IP.5.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION%
REGISTRO : 431 (28.06.00) FECHA : 06.07.00	ABSORCION%	2.0		% W PENETRAC.
				9.5



[Signature]
SULIO CESAR MARRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 25345

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

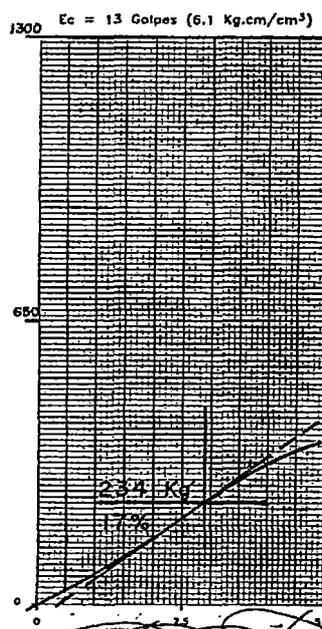
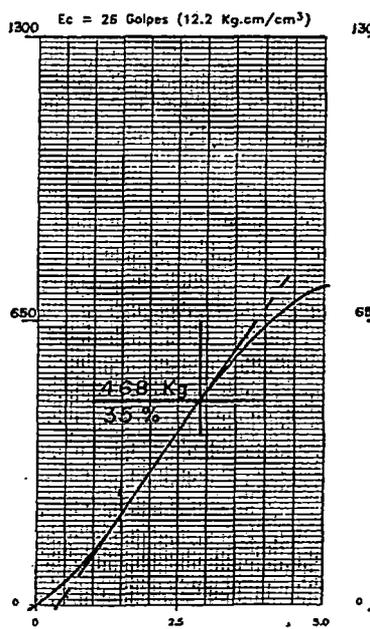
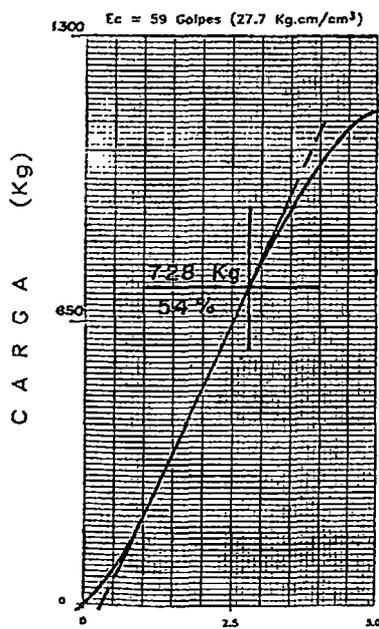
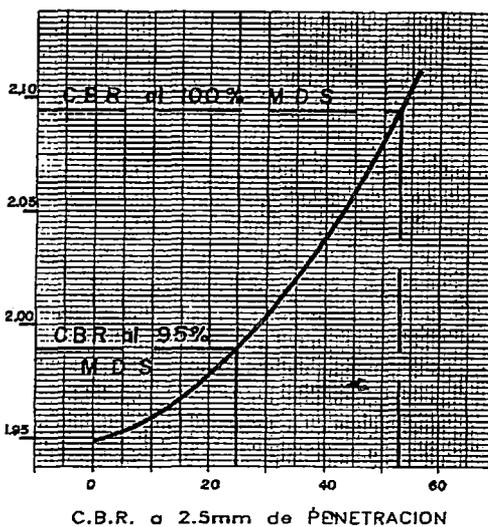
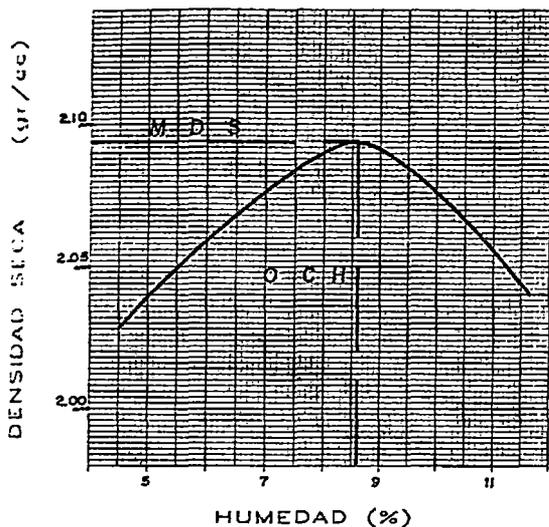
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.094
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			8.6
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			53
UBICACIÓN : Km 154 + 200	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			25
MUESTRA : C - 20 M-1 PROF: 0.00 - 1.50 m	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			54
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GP-GM	LL.47.0	IP.13.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION% 1
REGISTRO : 431 (28.06.00) FECHA : 06.07.00	ABSORCION%	1.3		% W PENETRAC. 9.9



PENETRACION (m.m.)

Area de Mecánica de Suelos y R.P.H.

JULIO CESAR MARIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N.º 40633

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

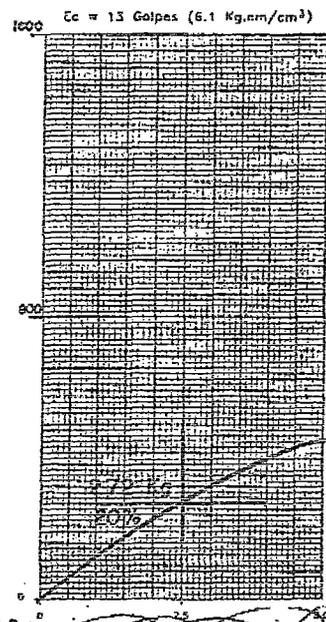
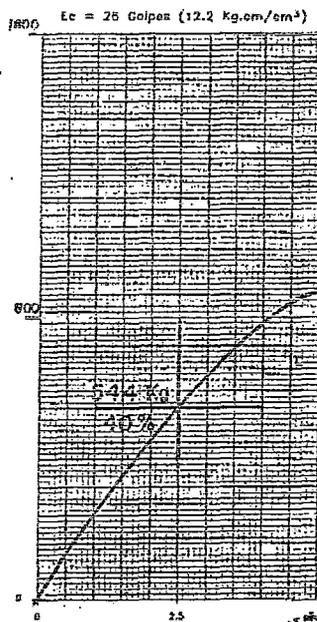
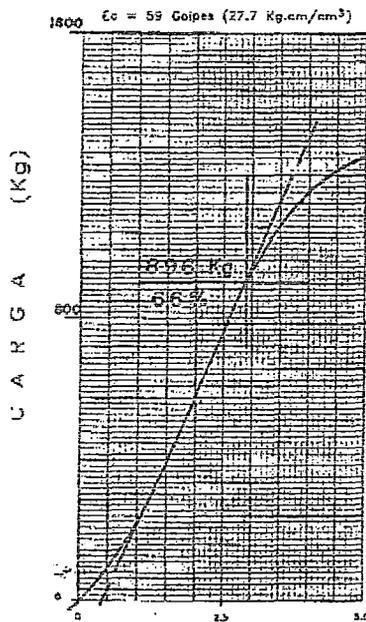
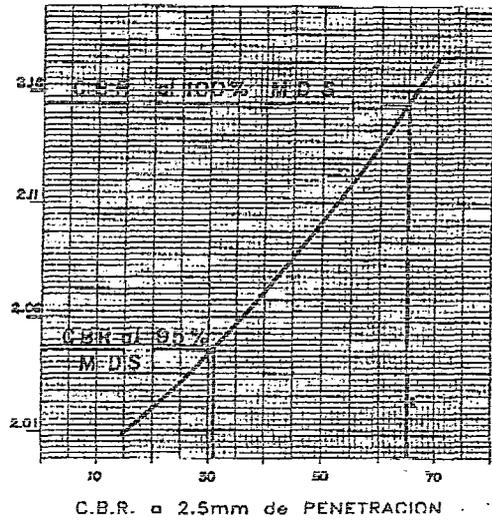
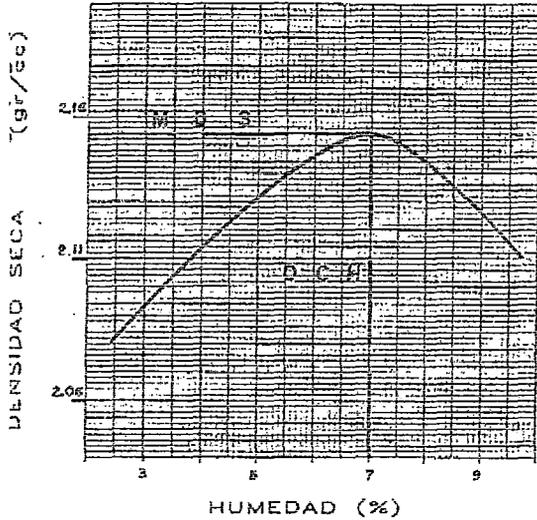
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	MCTODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			"C"
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.154
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			7.0
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			65.0
UBICACIÓN : Km 154 + 600	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			31.0
MUESTRA . C21 - M-2 PROF. 0.35 - 1.50 mt.	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			30.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GC	LL.25.00	IP.8.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	1	días	EXPANSION%
REGISTRO : 431 (28 06 00)	FECHA : 06 07 00	ABSORCION%	1.1	% W PNFETRAC
				81



PENETRACION (m.m)



JULIO CESAR MARRIQUE PING
INGENIERO CIVIL

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

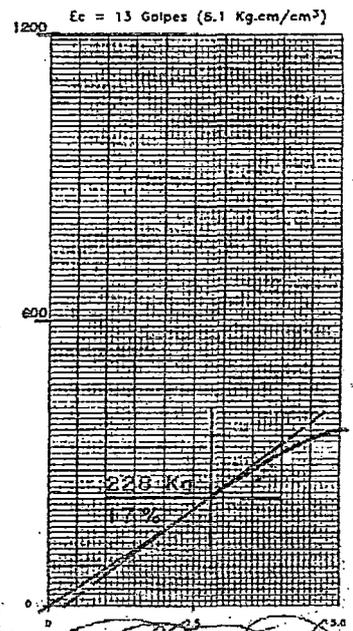
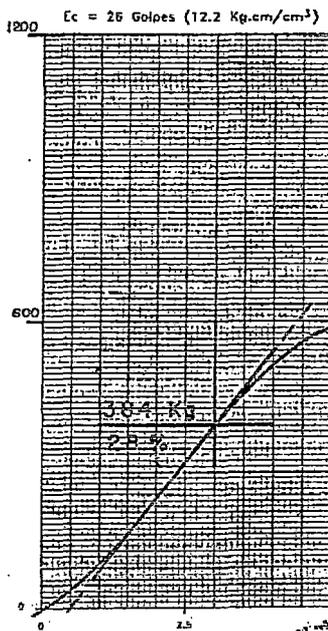
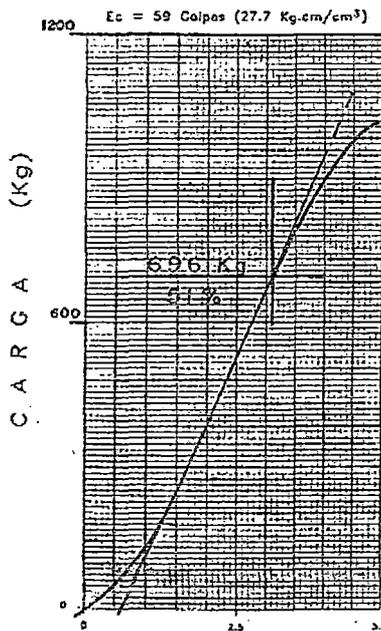
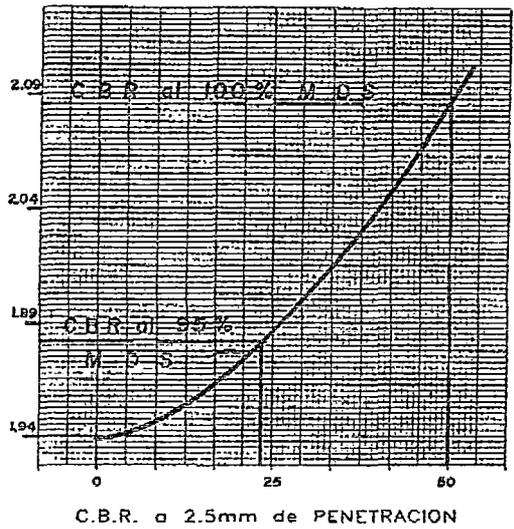
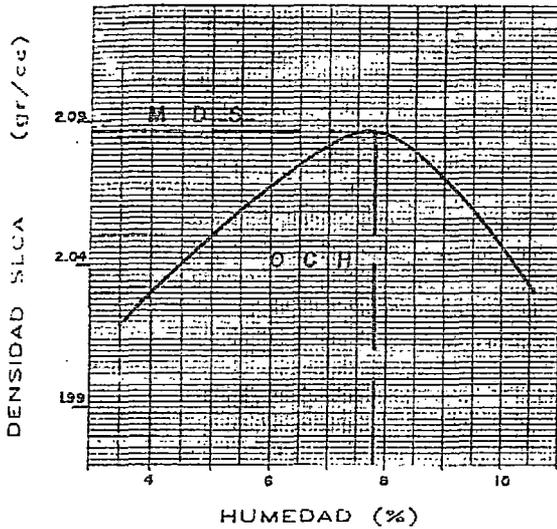
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			"C"
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.086
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			7.8
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			50.0
UBICACIÓN : Km 157 + 400	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			23.0
MUESTRA : C27 - M-1 PROF. 0.00 - 0.90 m.	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			10.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GC	LL.28.0	IP.9.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION%
REGISTRO : 431 (28.06.00) FECHA : 06.07.00	ABSORCION%	1.9		% W PENETRAC.
				9.7



Área de Mecánica de Suelos y R.B.M.
 JULIO CESAR MARRIQUE PINO
 Rm. del Colegio de Ingenieros N.º 2000

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

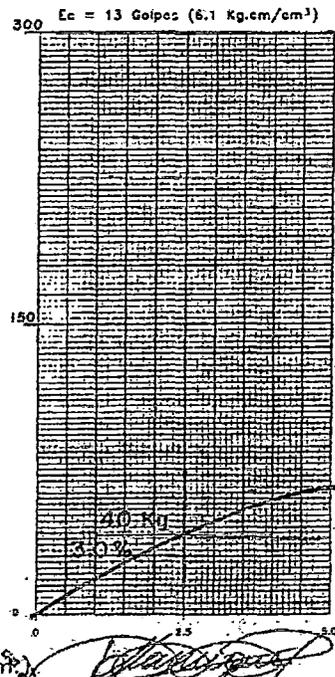
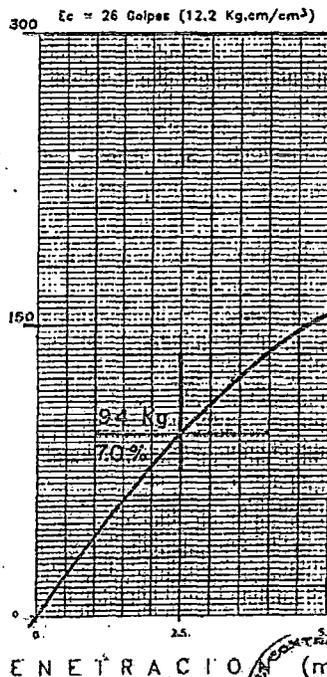
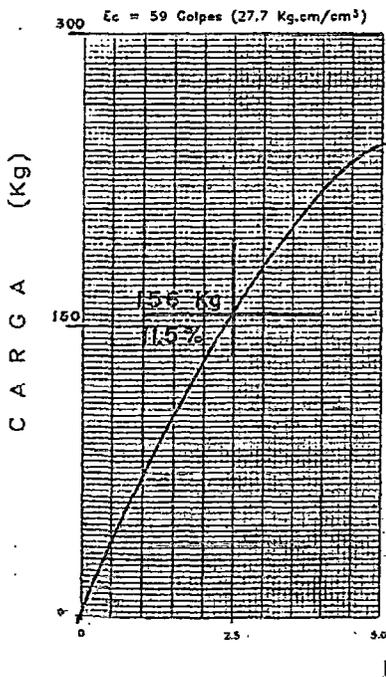
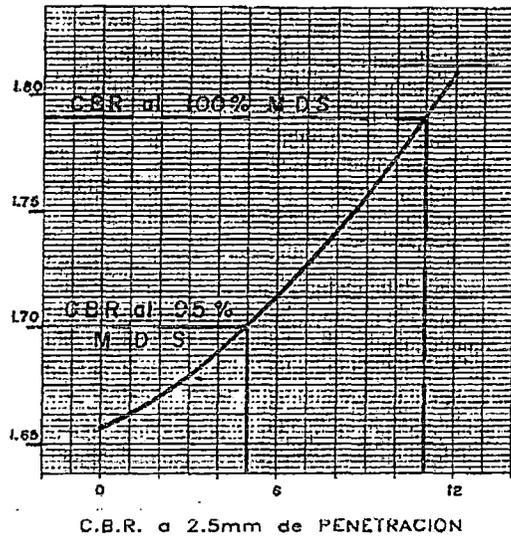
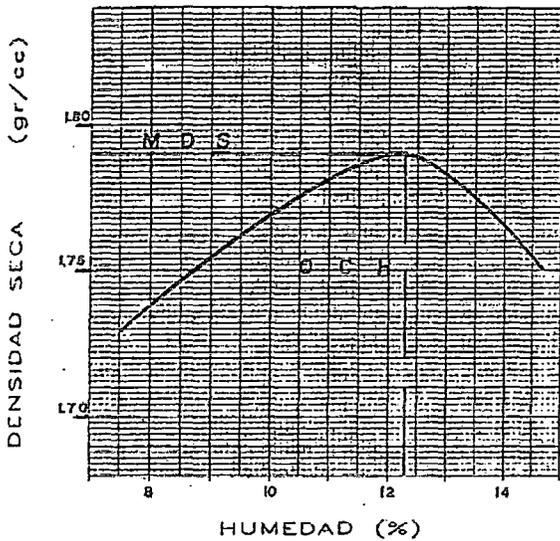
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			"A"
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			1.790
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			12.3
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			11.0
UBICACIÓN : Km 159 + 000	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			5.0
MUESTRA : C30 - M-1 PROF. 0.00 - 1.50 m.	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			7.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS ML - CL	LL.28.6	IP.6.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION%
REGISTRO : 431 (28.06.00)	FECHA : 06.07.00	ABSORCION%	2.8	% W PENETRAC.
				15.1



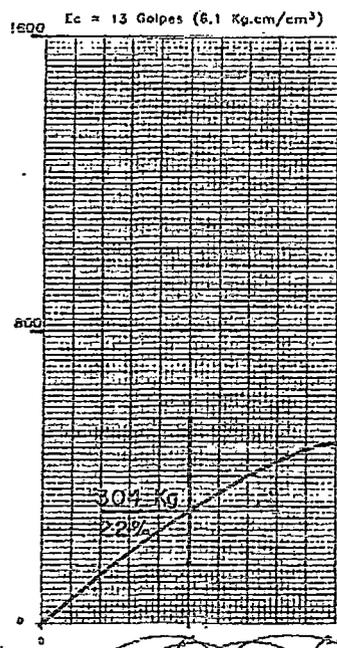
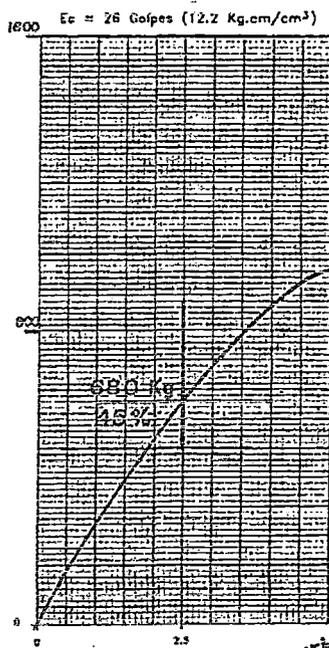
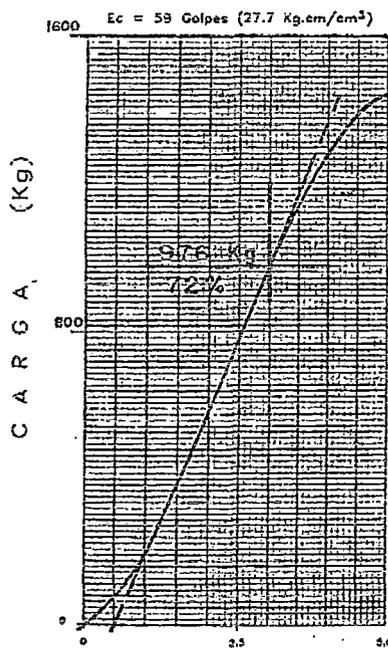
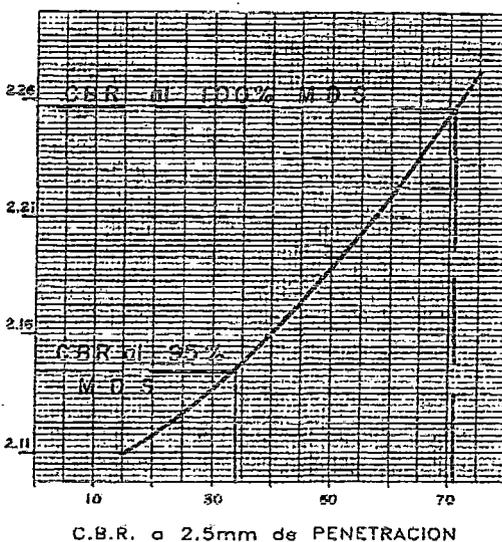
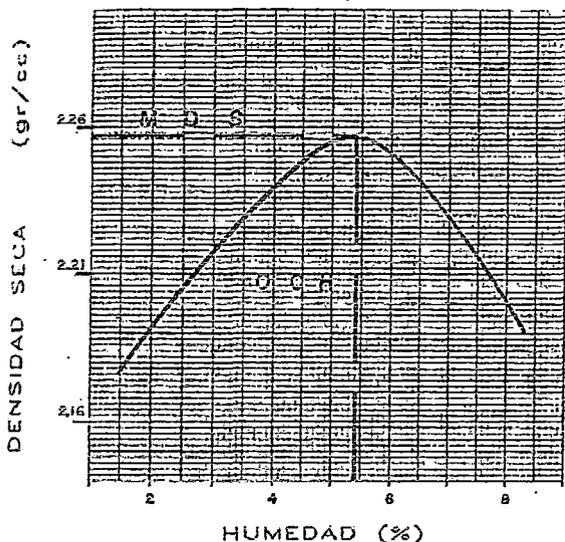
JULIO CESAR MANRIQUE PINO
 Ingeniero Civil
 No. 10275

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

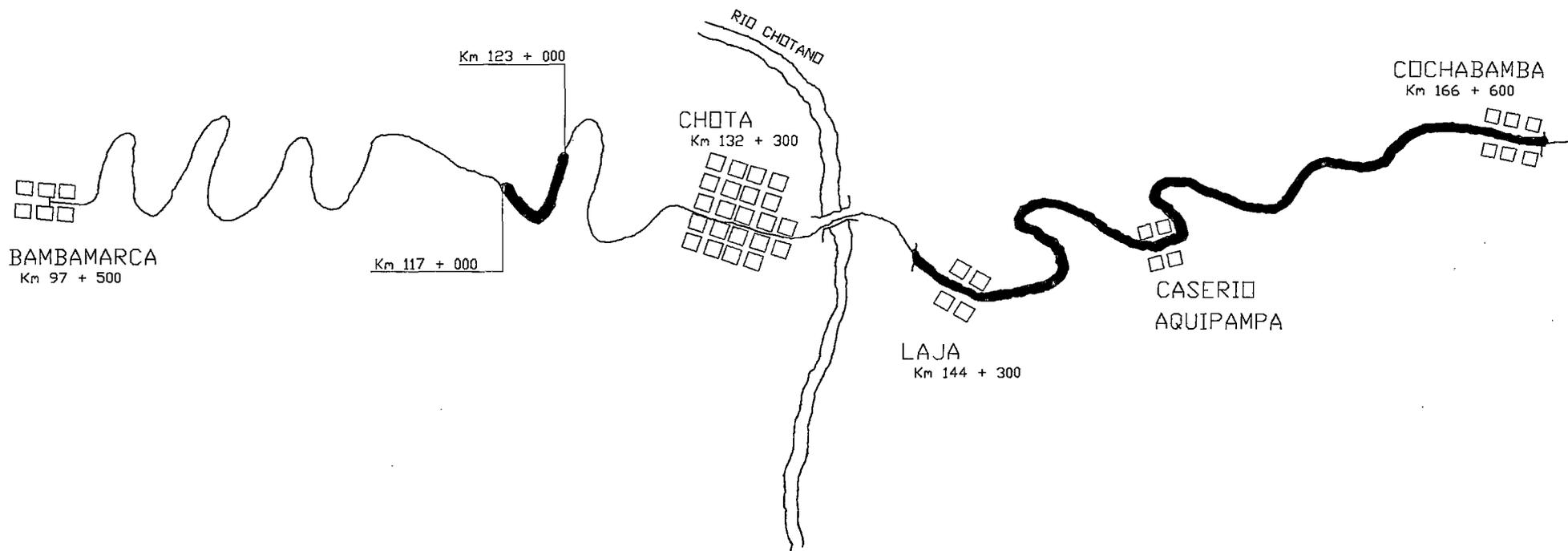
PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	MCTODO DE COMPACTACION ASTM D-1557		
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)	2.257	
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.4	
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	71.0	
UBICACIÓN : Km 162 + 000	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	34.0	
MUESTRA : C-35 - M-1 PROF. 0.00 - 0.90 m.	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)	33.0	
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GM-GC	LL.20.0	IP.6.0
TÉCNICO : R. HUAMAN - J. MUÑOZ	EMBEBIDO	4	días
REGISTRO : 431 (28 06 00)	FECHA : 06 07 00	ABSORCION%	1.2
		PESO ESPEC.	
		EXPANSION%	0.4
		% W PENETRAC	6.6



ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD
Área de Mecánica de Suelos y Materiales

JULIO CESAR MARIQUE PIRO

Reg. del Colegio de Ingenieros Nº. 46659



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE ING. CIVIL			
PROYECTO: CARRETERA BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA			
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA			
PLANO: UBICACION DE CALICATAS			
FIC UNI	FECHA ENERO - 2004	ELABORADO: BACH. ING. SALVADOR INGA VALDIVIA	REVISADO ING. GONZALO BRAZZINI SILVA

4.2 CERTIFICADOS ANÁLISIS DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE CANTERAS

PROYECTO CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA -
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO JEFATURA ZONAL N°8

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q. - P. CHAVEZ C.
FECHA : 03-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	DESCRIPCION	"51+300"		"53+500"		"81+600"		"89+500"		"126+900"	
	KILOMETRAJE	51+300		53+500		81+600		89+500		126+900	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA								
3"	76.200										
2 1/2"	63.500		100		100		100		100		100
2"	50.800	17	83	4	96	5	95	9	91	12	88
1 1/2"	38.100	13	70	8	88	4	91	11	80	5	83
1"	25.400	14	56	7	81	12	79	4	76	11	72
3/4"	19.050	5	51	5	76	6	73	4	72	4	68
1/2"	12.700	6	45	10	66	9	64	9	63	13	55
3/8"	9.525	6	39	5	61	8	56	7	56	7	48
1/4"	6.350	4	35	7	54	12	44	12	44	10	38
N° 4	4.760	4	31	7	47	5	39	5	39	8	30
N° 6	3.360	2	29	4	43	3	36	2	37	5	25
N° 8	2.380	2	27	2	41	4	32	3	34	3	22
N° 10	2.000	1	26	1	40	3	29	2	32	2	20
N° 16	1.190	5	21	6	34	2	27	10	22	6	14
N° 20	0.840	2	19	2	32	2	25	3	19	2	12
N° 30	0.590	2	17	2	30	3	22	2	17	1	11
N° 40	0.426	1	16	2	28	4	18	1	16	1	10
N° 50	0.297	1	15	3	25	2	16	1	15	0	10
N° 80	0.177	2	13	1	24	2	14	0	15	0	10
N° 100	0.149	1	12	1	23	1	13	1	14	1	9
N° 200	0.074	1	11	1	22	2	11	2	12	1	8
-200		11		22		11		12		8	
LIMITE LIQUIDO (%)		42		15		27		36		27	
INDICE PLASTICIDAD (%)		5		3		9		15		11	
CLASIFICACION SUCS		GP-GM		GM		GP-GC		GP-GC		GP-GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-1-a (0)		A-1-b (0)		A-2-4 (0)		A-2-6 (0)		A-2-6 (0)	
EQUIVALENTE DE ARENA (%)		26.2		15,14		--		21.6		20.5	
SALES SOLUBLES TOTALES (%)		0.0385		,0130		--		0.0455		0.0385	
ABRASION (%)		73.0		24,2		--		25.2		22.8	
IMPURESAS ORGANICAS		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE	

NOTA : LA INTERPRETACION AJENA DE LOS RESULTADOS ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO, SALVO LAS RECOMENDACIONES ADJUNTAS.



[Signature]
JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 4580



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE CANTERAS

PROYECTO CARRET. PTE. CUMBIL - LLAMA - COCHABAMBA
Y COCHABAMBA - CUTERVO
SOLICITADO JEFATURA ZONAL N°8

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q. - P. CHAVEZ C.
FECHA : 03-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	DESCRIPCION	"RIO CHOTANO"		"LIGANTE"		"LIGANTE"		"LA RETEMA"		"LAJA"	
	KILOMETRAJE	135+500		138+700		139+300		142+600		143+400	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA
3"	76.200										
2 1/2"	63.500		100		100		100		100		100
2"	50.800	14	86	20	80	13	87	22	78	3	97
1 1/2"	38.100	9	77	4	76	14	73	19	59	23	74
1"	25.400	9	68	8	68	11	62	10	49	14	60
3/4"	19.050	5	63	3	65	3	59	5	44	8	52
1/2"	12.700	9	54	3	62	4	55	8	36	3	49
3/8"	9.525	7	47	3	59	2	53	4	32	12	37
1/4"	6.350	7	40	3	56	1	52	5	27	2	35
N° 4	4.760	3	37	2	54	0	52	2	25	5	30
N° 6	3.360	2	35	0	54	0	52	1	24	1	29
N° 8	2.380	3	32	0	54	0	52	2	22	1	28
N° 10	2.000	1	31	0	54	1	51	1	21	3	25
N° 16	1.190	10	21	2	52	2	49	3	18	2	23
N° 20	0.840	4	17	2	50	2	47	2	16	2	21
N° 30	0.590	3	14	1	49	3	44	4	12	3	18
N° 40	0.425	3	11	2	47	3	41	4	8	3	15
N° 50	0.297	2	9	2	45	4	37	2	6	1	14
N° 80	0.177	1	8	1	44	2	35	2	4	2	12
N° 100	0.149	1	7	1	43	0	35	0	4	1	11
N° 200	0.074	1	6	1	42	1	34	1	3	2	9
-200	-	6	-	42	-	34	-	3	-	9	-
LIMITE LIQUIDO (%)		21		68		54		--		26	
INDICE PLASTICIDAD (%)		3		22		17		NP		8	
CLASIFICACION SUCS		GP-GM		GM		GM		GP		GP-GC	
CLASIFICACION AASHTO		A-1-a (0)		A-7-5 (5)		A-2-7 (1)		A-1-a (0)		A-2-4 (0)	
EQUIVALENTE DE ARENA (%)		25.6		--		17.5		53.6		32.3	
SALES SOLUBLES TOTALES (%)		0.0096		--		0.0195				0.0182	
ABRASION (%)		19.0		--		34.4		20.0		21.0	
IMPURESAS ORGANICAS		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE	

NOTA: LA INTERPRETACION AJENA DE LOS RESULTADOS ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO, SALVO LAS RECOMENDACIONES ADJUNTAS.



J. Cesar Manrique Pino

JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N°: 40993



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE CANTERAS

PROYECTO CARRET. PTE. CUMBIL - LLAMA - COCHABAMBA
Y. COCHABAMBA - CUTERVO
SOLICITADO JEFATURA ZONAL N°8

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q. - P. CHAVEZ C.
FECHA : 03-jul-00

MALLAS SERIE AMERICANA	DESCRIPCION	"TAYAL"		"154+600"		"TAYAPAMPA"					
	KILOMETRAJE	154+200		154+600		164+200					
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA
3"	76.200										
2 1/2"	63.500		100		100		100				
2"	50.800	16	84	13	87	11	89				
1 1/2"	38.100	20	64	12	75	23	66				
1"	25.400	15	49	14	61	13	53				
3/4"	19.050	6	43	9	52	4	49				
1/2"	12.700	10	33	8	44	5	44				
3/8"	9.525	6	27	7	37	9	35				
1/4"	6.350	5	22	7	30	7	28				
N° 4	4.760	3	19	2	28	3	25				
N° 6	3.360	1	18	3	25	2	23				
N° 8	2.380	1	17	2	23	2	21				
N° 10	2.000	0	17	1	22	1	20				
N° 16	1.190	1	16	6	16	5	15				
N° 20	0.840	1	15	3	13	1	14				
N° 30	0.590	3	12	3	10	1	13				
N° 40	0.426	1	11	2	8	2	11				
N° 50	0.297	0	11	1	7	1	10				
N° 80	0.177	1	10	0	7	0	10				
N° 100	0.149	3	7	1	6	0	10				
N° 200	0.074	2	5	1	5	1	9				
-200	-	5	-	5	-	9	-				
LIMITE LIQUIDO (%)		47		24		30					
INDICE PLASTICIDAD (%)		13		6		4					
CLASIFICACION SUCS		GP-GM		GW-GC		GP-GM					
CLASIFICACION AASHTO		A-2-7 (0)		A-1-a (0)		A-1-a (0)					
EQUIVALENTE DE ARENA (%)		15.2		26.1		43.3					
SALES SOLUBLES TOTALES (%)		0.0560		0.0120		0.0210					
ABRASION (%)		36.0		20.5		15.3					
IMPURESAS ORGANICAS		ACEPTABLE		ACEPTABLE		ACEPTABLE					

NOTA : LA INTERPRETACION AJENA DE LOS RESULTADOS ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO, SALVO LAS RECOMENDACIONES ADJUNTAS.



[Signature]
JULIO CESAR MARRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40883



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

CALIDAD DE AGREGADOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA -
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
MATERIALES : CANTERA "RIO CHOTANO" KM. 135+500

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

IDENTIFICACION		HORMIGON		PIEDRA		ARENA			
DESCRIPCION		% RET.	% PASA	% RET.	% PASA	% RET.	% PASA	% RET.	% PASA
Malla Serie Americana	Abertura (mm.)								
2"	50.800		100		100				
1 1/2"	38.100	10	90	19	81				
1"	25.400	11	79	20	61				
3/4"	19.050	6	73	11	50				
1/2"	12.700	11	62	20	30				
3/8"	9.525	8	54	15	15				
1/4"	6.350	8	46	15			100		
N° 4	4.760	3	43			7	93		
N° 6	3.360	2	41			4	89		
N° 8	2.380	3	38			7	82		
N° 10	2.000	1	37			2	80		
N° 16	1.190	12	25			26	54		
N° 20	0.840	5	20			11	43		
N° 30	0.590	4	16			9	34		
N° 40	0.426	4	12			9	25		
N° 50	0.297	2	10			4	21		
N° 80	0.177	1	9			2	19		
N° 100	0.149	1	8			2	17		
N° 200	0.074	1	7			2	15		
-200		7				15			
Límite Líquido (Malla -N°200)	(%)								
Índice Plasticidad (Malla -N°200)	(%)								
Peso Unitario Seco Suelto	(Kg/m3)	1543		1554		1530			
Peso Unitario Seco Varillado	(Kg/m3)	1620		1615		1625			
Peso Específico Bulk (Base seca)		2.639		2.644		2.633			
Peso Específico Bulk (Base saturada)		2.668		2.671		2.664			
Peso Específico Aparente (Base seca)		2.717		2.717		2.717			
Absorción de Agua	(%)	1.090		1.024		1.167			
Módulo de Fineza						2.99			
Abrasión	(%)			19.0					
Impurezas Orgánicas						ACCEPTABLE			
Partículas chatas y alargadas	(%)			1.0					
Caras de fractura	(%)			10.3					
Sales Solubles Totales				0.0085		0.0096			
Equivalente de Arena	(%)					25.6			
Durabilidad	(%)			5.21		7.14			

NOTA : La interpretación de los resultados de ensayo son de exclusiva responsabilidad del usuario; salvo recomendaciones expresas adjuntas.



JULIO CESAR MANRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40887



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

CALIDAD DE AGREGADOS

PROYECTO : CARRETERA SAN MIGUEL - BAMBAMARCA -
CHOTA - COCHABAMBA Y ACCESOS
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
MATERIALES : CANTERA "LA RETEMA" KM. 142+600

REGISTRO N° : 431(28.06.2000)
ING° RESP : E. RIVAS DURAN
TECNICO : C. PELAEZ Q.
FECHA : 06-jul-00

IDENTIFICACION		HORMIGON		PIEDRA		ARENA			
DESCRIPCION		% RET.	% PASA	% RET.	% PASA	% RET.	% PASA	% RET.	% PASA
Malla Serie Americana	Abertura (mm.)								
2"	50.800		100		100				
1 1/2"	38.100	24	76	38	62				
1"	25.400	13	63	20	42				
3/4"	19.050	6	57	9	33				
1/2"	12.700	10	47	16	17				
3/8"	9.525	5	42	8	9				
1/4"	6.350	6	36	9			100		
N° 4	4.760	3	33			8	92		
N° 6	3.360	1	32			3	89		
N° 8	2.380	3	29			8	81		
N° 10	2.000	1	28			3	78		
N° 16	1.190	4	24			11	67		
N° 20	0.840	3	21			8	59		
N° 30	0.590	5	16			14	45		
N° 40	0.426	5	11			14	31		
N° 50	0.297	3	8			8	23		
N° 80	0.177	3	5			8	15		
N° 100	0.149	0	5			1	14		
N° 200	0.074	1	4			3	11		
--200		4				11			
Límite Líquido (Malla -N°200)	(%)								
Índice Plasticidad (Malla -N°200)	(%)								
Peso Unitario Seco Suelto	(Kg/m3)	1521		1512		1538			
Peso Unitario Seco Varillado	(Kg/m3)	1593		1583		1610			
Peso Específico Bulk (Base seca)		2.630		2.625		2.640			
Peso Específico Bulk (Base saturada)		2.660		2.654		2.672			
Peso Específico Aparente (Base seca)		2.712		2.703		2.727			
Absorción de Agua	(%)	1.141		1.102		1.212			
Módulo de Fineza						2.78			
Abrasión	(%)			20.0					
Impurezas Orgánicas						ACCEPTABLE			
Partículas chatas y alargadas	(%)			1.0					
Caras de fractura	(%)			12.3					
Sales Solubles Totales				0.0425		0.0103			
Equivalente de Arena	(%)					53.6			
Durabilidad	(%)			6.24		7.23			

NOTA : La interpretación de los resultados de ensayo son de exclusiva responsabilidad del usuario; salvo recomendaciones expresas adjuntas.



Julio Cesar Manrique Pino
JULIO CESAR MARRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40885

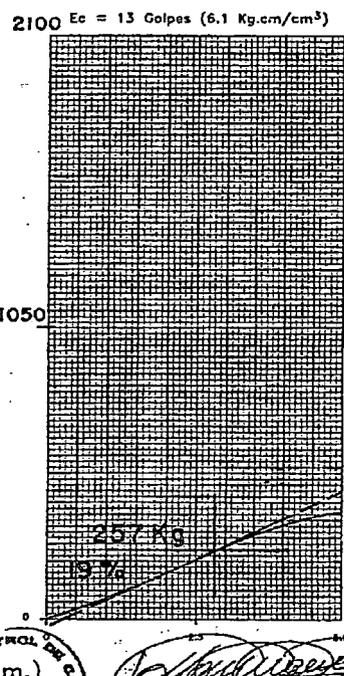
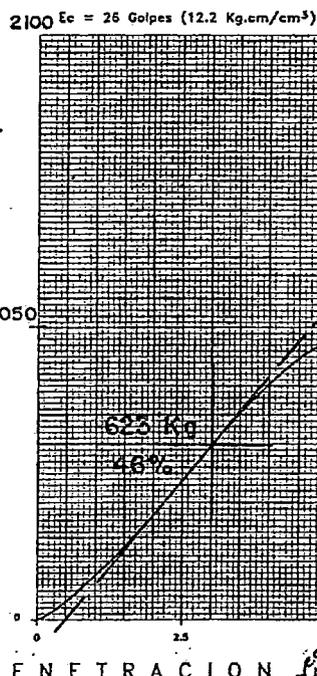
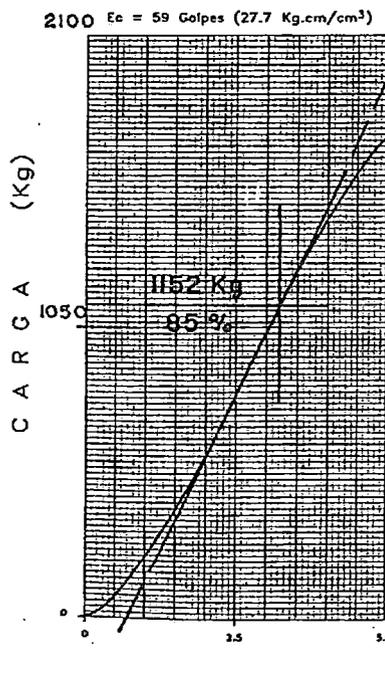
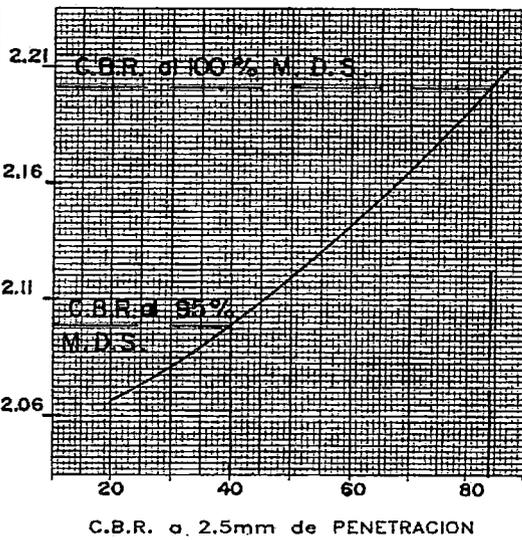
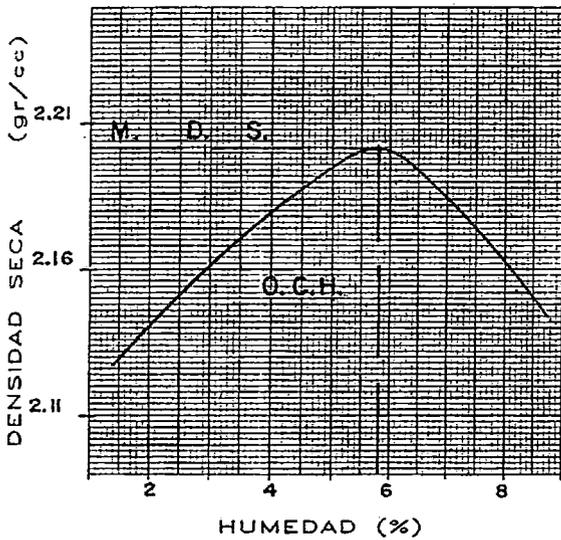
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS
OFICINA DE CONT
ROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557		
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)	2.202	
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N° 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.8	
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	84.0	
UBICACIÓN : Km 154 + 600	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	40.0	
MUESTRA : CANTERA	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)	40.0	
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GW-GC	LL.24.0	IP.6.0
TÉCNICO : C. CÉSPEDES - R. HUAMAN	EMBEBIDO	4	días
REGISTRO : 431 (28.06.00)	FECHA : 04.07.00	ABSORCION%	1.6
		PESO ESPEC.	
		EXPANSION%	0.4
		% W PENETRAC.	7.4



JULIO CESAR MANRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40667

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

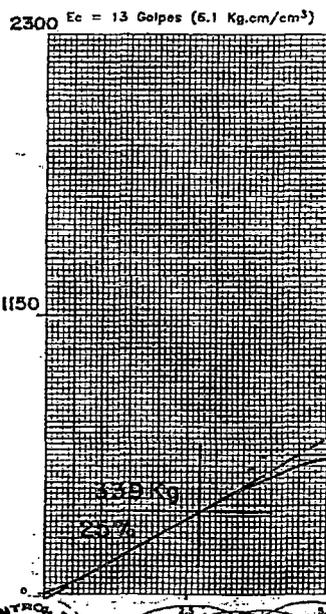
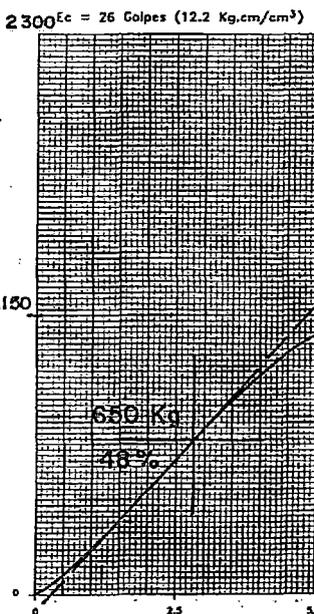
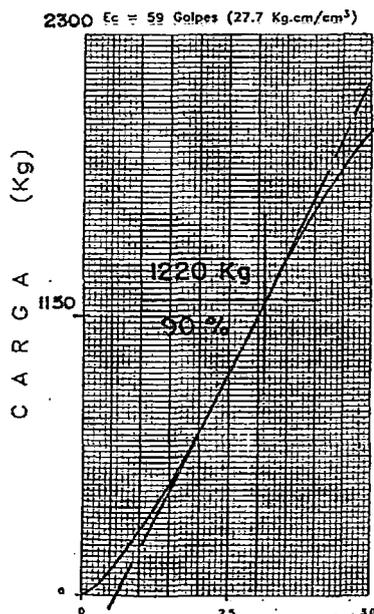
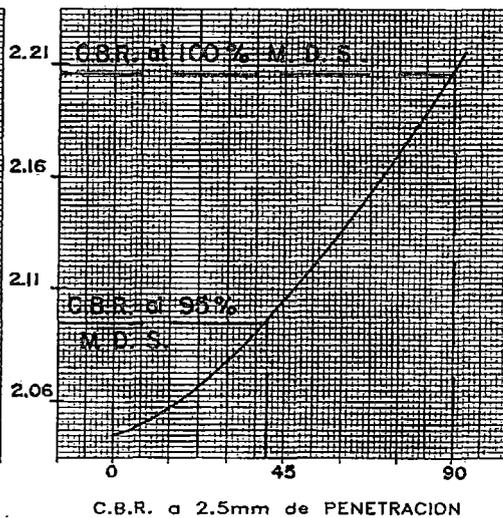
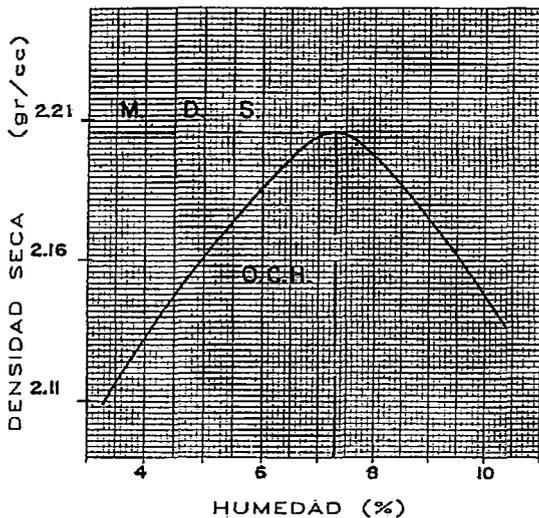
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	METODO DE COMPACTACION ASTM D-1557			C
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)			2.206
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N° 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			7.3
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)			90.0
UBICACIÓN : Km 146 + 200	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)			41.0
MUESTRA : CANTERA TAYAPAMPA	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)			45.0
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GP-GM	LL.30.0	IP.4.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : C. CÉSPEDES - R. HUAMAN	EMBEBIDO	4	días	EXPANSION% % W
REGISTRO : 431 (28.06.00) FECHA : 04.07.00	ABSORCION%	1.2		PENETRAC. 8.2



CONTROL DE CALIDAD
 Área de Mecánica de Suelos y Est.
 Ing. CESAR MANRIQUE PINO
 INGENIERO CIVIL
 Rec. del Colegio de Ingenieros N° 40863

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

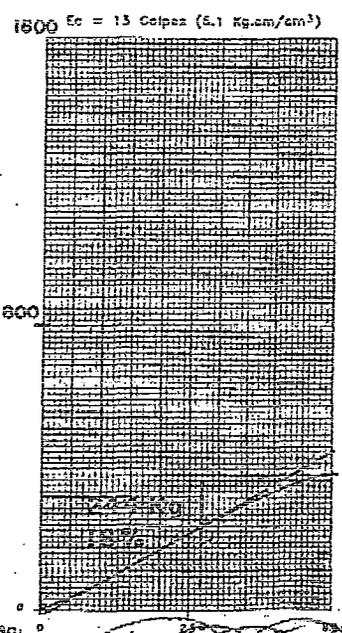
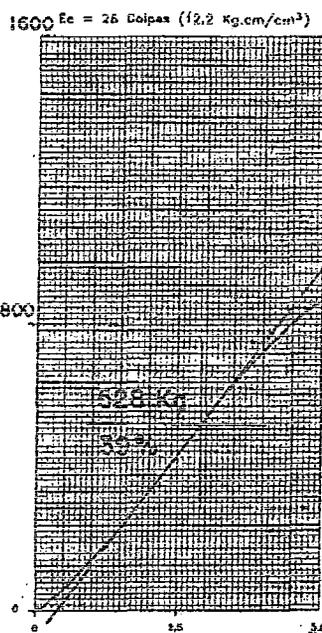
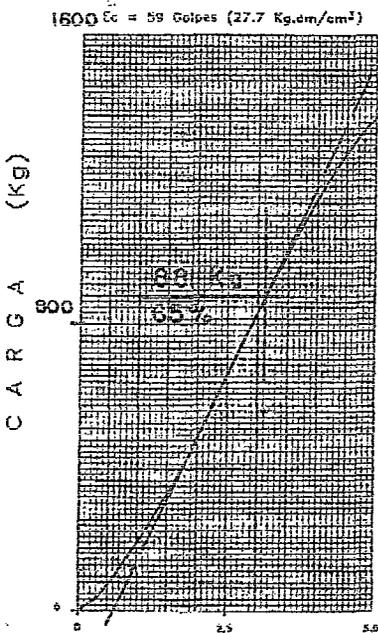
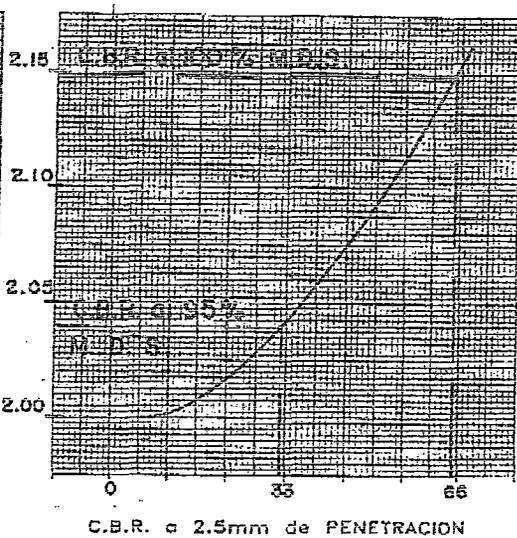
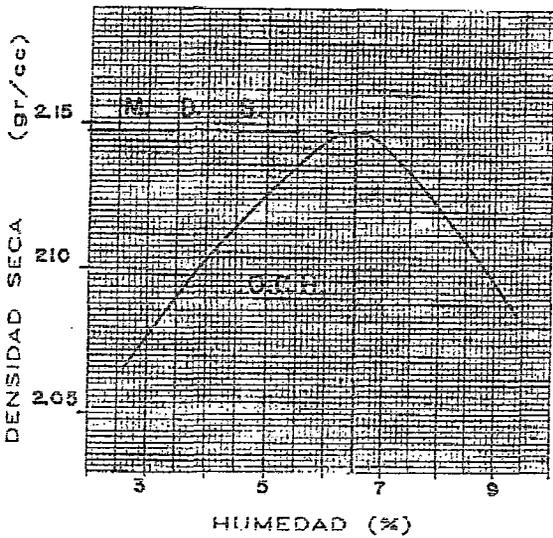
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : SAN MIGUEL - BAMBAMARCA - CHOTA	MÉTODO DE COMPACTACION ASTM D-1557		
COCHABAMBA Y ACCESOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)		2.148
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL Nº 8	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		6.5
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)		65.0
UBICACIÓN : Km 143 + 400	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)		32.0
MUESTRA . CANTERA RIO CHOTANO	RET. MALLA 3/4" x Nro. 4 (%)	46.0	
ING. RESPONSABLE : F. VIGO J.	SUCS GP-GC	LL 26.0 IP. 8.0	PESO ESPEC.
TÉCNICO : C. CÉSPEDES - R. HUAMAN	EMBEBIDO	4 dias	EXPANSION% 0.5
REGISTRO : 431 (28.06.00) FECHA : 06.07.00	ABSORCION%	17	% W PNFTRAC 8.2



PENETRACION (m.m.)

Área de Mecánica de Suelos y Materiales

INGENIERO CIVIL
SOLDO CESAR MARIQUE PIÑO



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCEDENCIA : AGUA
REGISTRO N° : 072 (02.02.2000)
IDENTIFICACION : RIO EL CHOTANO
PROCEDENCIA : CARRETERA: COCHABAMBA-CUTERVO
SOLICITADO : BACH. ING. EZEQUIEL RIVAS DURAN
ENSAYO SOLICITADO : CALIDAD DE AGUA PARA CONCRETO
EFECTUADO : QUIM. ALINA MAGUIÑA ASTETE
FECHA : Lima, Febrero 04 del 2000

ANALISIS QUIMICO:

Expresado en miligramos por litro o partes por millón.

1.0.	Sólidos en Suspensión	43
2.0.	Sales Solubles Totales	300
3.0.	Sulfatos expresado Como ión SO_4^{2-}	87
4.0.	Cloruros expresado Como ión Cl^-	15
5.0.	Alcalinidad Total expresado en Bicarbonato	198
6.0.	Materia Orgánica expresada en Oxígeno	0.4
7.0.	Potencial de Hidrógeno (pH)	7.7

Nota. - La muestra de agua analizada cumple Especificaciones Técnicas para su empleo en obras de concreto con Cemento Portland (Norma Técnica 339.088).


ING. ALINA MAGUIÑA ASTETE
QUIMICA



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

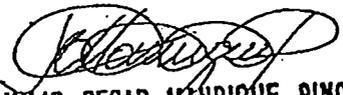
PROCEDENCIA : AGUA
REGISTRO N° : 431 (28.06.2000)
PROCEDENCIA : QDA. PUENTE LA RETAMA
KM. 142+6000
OBRA : CARRETERA: COCHABAMBA-CHOTA
SOLICITADO : JEFATURA ZONAL N°8
ENSAYO SOLICITADO : CALIDAD DE AGUA PARA CONCRETO
EFECTUADO : QUIM. ALINA MAGUÑA ASTETE
FECHA : Lima, Julio 10 del 2000

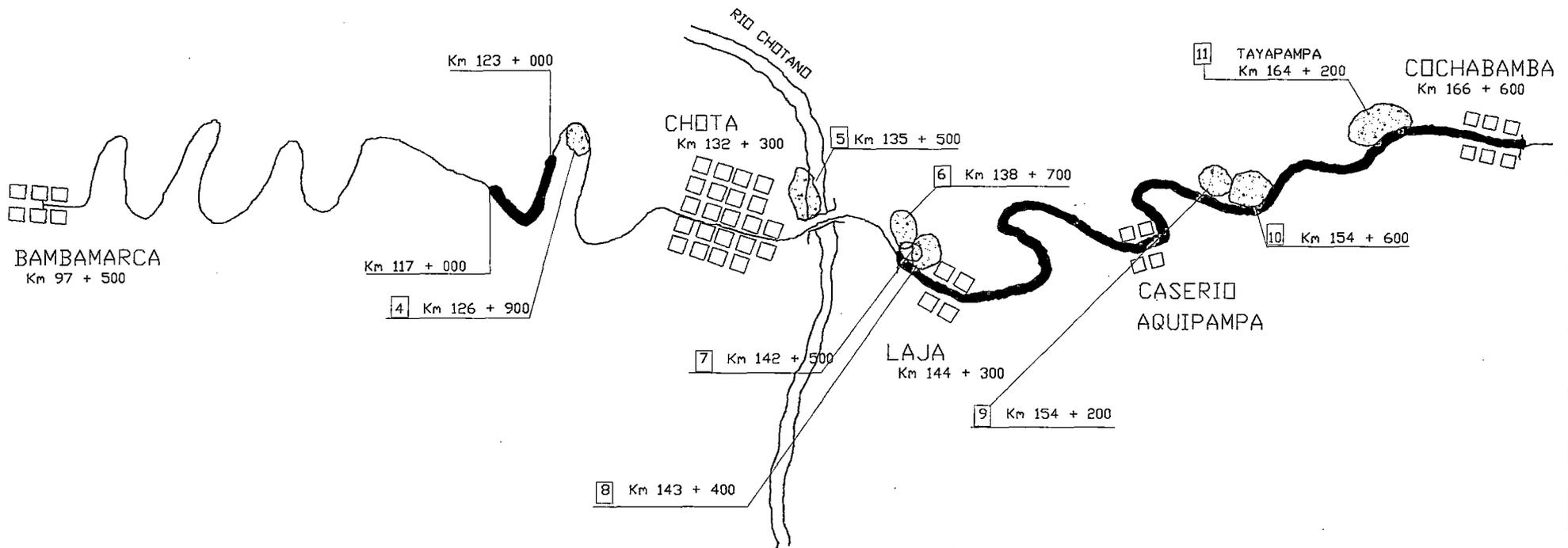
ANALISIS QUIMICO: Expresado en miligramos por litro o partes por millón.

1.0.	Sólidos en Suspensión	43.
2.0.	Salas Solubles Totales	245
3.0.	Sulfatos expresado Como ión SO_4^{2-}	No Presenta.
4.0.	Cloruros expresado Como ión Cl^-	11.
5.0.	Alcalinidad Total expresado en Bicarbonato	219.
6.0.	Materia Orgánica expresada en Oxígeno	0.25.
7.0.	Potencial de Hidrógeno (pH)	8.0.

Nota. - La muestra de agua analizada cumple Especificaciones Técnicas para su empleo en obras de concreto con Cemento Portland (Norma Técnica 339.088).
La interpretación ajena de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del usuario, salvo las recomendaciones expresas adjuntas.




JULIO CESAR MARRIQUE PINO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40663



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE ING. CIVIL			
PROYECTO: CARRETERA BAMBAMARCA - CHOTA - COCHABAMBA			
TRAMO: CHOTA - COCHABAMBA			
PLANO: UBICACION DE CANTERAS			
FIC UNI	FECHA ENERO - 2004	ELABORADO: BACH. ING. SALVADOR INGA VALDIVIA	REVISADO ING. GONZALO BRAZZINI SILVA

4,3 CUADRO DE ESTUDIO DE TRÁFICO

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : LUNES, 10-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO				TRAFICO-PESADO				TOTAL	%
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI	TRAYLER		
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	0	0	0	1	1	1	0	0	3	3%
3-4	2	0	0	2	2	0	0	0	6	6%
4-5	1	1	0	2	2	2	0	0	8	8%
5-6	0	2	1	1	3	0	0	0	7	7%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	1	0	0	2	1	0	0	5	5%
8-9	1	0	1	0	2	0	0	0	4	4%
9-10	0	1	0	0	1	1	0	0	3	3%
10-11	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
11-12	1	0	1	1	2	0	0	0	5	5%
12-13	2	1	0	1	1	1	0	0	6	6%
13-14	0	2	0	0	3	0	0	0	5	5%
14-15	1	0	0	0	3	1	0	0	5	5%
15-16	1	1	1	0	2	0	0	0	5	5%
16-17	1	0	1	0	4	0	0	0	6	6%
17-18	0	1	1	0	2	0	0	0	4	4%
18-19	1	0	2	0	2	0	0	0	5	5%
19-20	0	0	1	2	2	0	0	0	5	5%
20-21	1	0	1	1	4	1	0	0	8	8%
21-22	0	0	1	1	3	0	0	0	5	5%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	13	10	11	12	48	9	0	0	103	100%
%	13%	10%	11%	12%	47%	9%	0%	0%	100%	

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : MARTES, 11-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO				TRAFICO-PESADO				TOTAL	%
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI	TRAYLER		
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	1	0	0	1	1	1	0	0	4	4%
3-4	2	0	0	2	2	0	0	0	6	6%
4-5	1	1	0	1	2	1	0	0	6	6%
5-6	0	1	2	1	3	0	0	0	7	6%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	2	0	0	2	1	0	0	6	6%
8-9	1	1	1	0	2	0	0	0	5	5%
9-10	0	1	0	0	4	0	0	0	5	5%
10-11	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
11-12	2	2	1	1	2	0	0	0	8	7%
12-13	1	1	0	1	1	1	0	0	5	5%
13-14	1	2	0	0	1	0	0	0	4	4%
14-15	0	0	0	0	2	1	0	0	3	3%
15-16	1	1	1	0	3	0	0	0	6	6%
16-17	1	0	0	0	4	0	0	0	5	5%
17-18	0	1	2	0	1	2	0	0	6	6%
18-19	1	0	0	0	2	0	0	0	3	3%
19-20	1	0	1	1	4	0	0	0	7	6%
20-21	1	0	0	2	4	1	0	0	8	7%
21-22	0	0	1	1	3	0	0	0	5	5%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
TOTAL	15	13	9	11	51	10	0	0	109	100%
%	14%	12%	8%	10%	47%	9%	0%	0%	100%	

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : MIERCOLES, 12-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO				TOTAL	%	
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI			TRAYLER
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	1	0	0	1	1	1	0	0	4	4%
3-4	2	0	0	1	2	0	0	0	5	5%
4-5	1	1	0	2	2	2	0	0	8	8%
5-6	0	2	2	1	3	0	0	0	8	8%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	1	0	0	2	1	0	0	5	5%
8-9	1	0	1	0	2	0	0	0	4	4%
9-10	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2%
10-11	1	0	0	0	3	0	0	0	4	4%
11-12	0	1	1	1	2	0	0	0	5	5%
12-13	1	1	0	1	1	1	0	0	5	5%
13-14	1	0	0	0	3	0	0	0	4	4%
14-15	1	0	0	0	3	1	0	0	5	5%
15-16	1	1	1	0	2	0	0	0	5	5%
16-17	1	0	1	0	4	0	0	0	6	6%
17-18	0	1	1	0	1	1	0	0	4	4%
18-19	1	0	2	1	2	0	0	0	5	5%
19-20	0	0	1	1	3	0	0	0	5	5%
20-21	1	0	0	3	4	1	0	0	9	8%
21-22	0	0	2	1	3	0	0	0	6	6%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1%
TOTAL	14	9	12	13	49	9	0	0	106	100%
%	13%	8%	11%	12%	46%	8%	0%	0%	100%	

CUADRO No 3.6

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : JUEVES, 13-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO				TRAFICO-PESADO				TOTAL	%
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI	TRAYLER		
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	2	0	0	1	1	2	0	0	6	5%
3-4	2	0	0	2	3	0	0	0	7	6%
4-5	1	1	0	2	2	2	0	0	8	7%
5-6	0	2	2	1	3	0	0	0	8	7%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	1	0	0	2	1	0	0	5	5%
8-9	1	0	1	0	2	0	0	0	4	4%
9-10	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2%
10-11	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
11-12	0	1	1	1	2	0	0	0	5	5%
12-13	0	1	0	1	1	2	0	0	5	5%
13-14	1	2	2	0	3	0	0	0	8	7%
14-15	1	0	2	0	3	1	0	0	7	6%
15-16	1	1	1	0	2	0	0	0	5	5%
16-17	1	0	1	0	2	0	0	0	4	4%
17-18	0	1	1	0	1	2	0	0	5	5%
18-19	1	0	2	0	2	0	0	0	5	5%
19-20	0	0	1	1	4	0	0	0	6	5%
20-21	0	0	1	1	4	1	0	0	7	6%
21-22	0	0	2	1	3	0	0	0	6	5%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	12	11	17	11	48	12	0	0	111	100%
%	11%	10%	15%	10%	43%	11%	0%	0%	100%	

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : VIERNES 14-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO				TRAFICO-PESADO				TOTAL	%
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI	TRAYLER		
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	0	0	0	1	1	1	0	0	3	3%
3-4	2	0	0	2	2	0	0	0	6	5%
4-5	1	1	0	2	2	2	0	0	8	7%
5-6	0	2	2	1	3	0	0	0	8	7%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	2	0	0	2	1	0	0	6	5%
8-9	2	0	1	0	2	0	0	0	5	4%
9-10	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2%
10-11	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
11-12	2	2	1	1	2	0	0	0	8	7%
12-13	2	0	0	1	1	1	0	0	5	4%
13-14	1	2	0	0	3	0	0	0	6	5%
14-15	3	0	0	0	3	1	0	0	7	6%
15-16	1	1	0	0	2	0	0	0	4	3%
16-17	1	0	1	0	4	0	0	0	6	5%
17-18	0	1	2	0	1	2	0	0	6	5%
18-19	1	0	0	0	2	0	0	0	3	3%
19-20	1	0	1	1	4	0	0	0	7	6%
20-21	1	0	1	3	4	2	0	0	11	10%
21-22	0	0	2	1	3	0	0	0	6	5%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	19	12	11	13	49	11	0	0	115	100%
%	17%	10%	10%	11%	43%	10%	0%	0%	100%	

CUADRO No 3.8

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : SABADO 15-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO				TOTAL	%	
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI			TRAYLER
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	1	0	0	0	1	1	0	0	3	3%
3-4	2	0	0	2	2	0	0	0	6	6%
4-5	1	0	0	2	2	1	0	0	6	6%
5-6	0	2	1	1	1	0	0	0	5	5%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	2	0	0	2	1	0	0	6	6%
8-9	0	0	1	0	2	0	0	0	3	3%
9-10	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2%
10-11	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
11-12	0	2	1	1	2	0	0	0	6	6%
12-13	2	1	0	1	3	1	0	0	8	8%
13-14	1	0	0	0	3	0	0	0	4	4%
14-15	1	0	0	0	1	1	0	0	3	3%
15-16	0	1	1	0	2	0	0	0	4	4%
16-17	1	0	1	0	4	0	0	0	6	6%
17-18	0	1	2	0	1	2	0	0	6	6%
18-19	1	0	2	0	2	0	0	0	5	5%
19-20	0	0	1	1	4	0	0	0	6	6%
20-21	1	0	1	2	1	1	0	0	6	6%
21-22	0	0	2	1	3	0	0	0	6	6%
22-23	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	12	10	13	11	44	8	0	0	98	100%
%	12%	10%	13%	11%	45%	8%	0%	0%	100%	

CUADRO No 3.9

CONTEO DE TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO POR HORA

TRAMO : CHOTA-COCHABAMBA
 ESTACIÓN : AQUIPAMPA
 UBICACIÓN : KM 145+200
 SENTIDO : IDA Y VUELTA
 FECHA : DOMINGO 16-03-03

HORA	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO				TOTAL	%	
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES		SEMI			TRAYLER
				2-E	2-E	3-E	TRAYLER			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2-3	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
3-4	2	0	0	2	2	0	0	0	6	5%
4-5	1	1	0	2	2	2	0	0	8	7%
5-6	0	2	2	1	1	0	0	0	6	5%
6-7	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3%
7-8	1	2	0	0	2	0	0	0	5	4%
8-9	2	2	1	0	2	0	0	0	7	6%
9-10	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2%
10-11	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2%
11-12	2	2	1	1	2	0	0	0	8	7%
12-13	0	1	0	1	1	1	0	0	4	4%
13-14	1	1	1	0	3	0	0	0	6	5%
14-15	2	0	0	0	3	1	0	0	6	5%
15-16	1	1	1	0	2	0	0	0	5	4%
16-17	1	0	1	0	4	0	0	0	6	5%
17-18	0	1	2	0	3	1	0	0	7	6%
18-19	1	0	2	0	2	0	0	0	5	4%
19-20	1	0	1	1	4	0	0	0	7	6%
20-21	1	0	1	3	4	1	0	0	10	9%
21-22	0	0	2	1	3	0	0	0	6	5%
22-23	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	16	14	15	12	48	8	0	0	113	100%
%	14%	12%	13%	11%	42%	7%	0%	0%	100%	

CUADRO N° 3.17
TRÁFICO INDUCIDO Ó GENERADO
CARRETERA LAMBAYEQUE-OLMOS-CHULUCANAS-PIURA
TRAMO: LAMBAYEQUE - MUCHUMI

TIPO VEHIC.	AÑO		TRÁFICO INDUCIDO	
	1994	1995	CANTIDAD	%
AUTOS	185	232	35	19
CAMIONETAS	371	1705	1245	336
COMBIS/MICROS	1018	226	-804	-79
BUS	66	96	25	38
CAMIÓN 2 EJES	347	369	3	1
CAMIÓN 3 EJES	109	132	16	15
ARTICULADOS	64	74	6	9
IMDA	2160	2834	526	24

CUADRO N° 3.18
TRÁFICO INDUCIDO Ó GENERADO
CARRETERA LAMBAYEQUE-OLMOS-CHULUCANAS-PIURA
TRAMO: MUCHUMI - DV. PUCARÁ

TIPO VEHIC.	AÑO		TRÁFICO INDUCIDO	
	1994	1995	CANTIDAD	%
AUTOS	22	66	41	186
CAMIONETAS	88	226	126	143
COMBIS/MICROS	138	101	-42	-30
BUS	41	71	26	63
CAMIÓN 2 EJES	138	244	93	67
CAMIÓN 3 EJES	77	82	1	1
ARTICULADOS	27	36	7	26
IMDA	531	826	252	47

CUADRO N° 3.19
TRÁFICO INDUCIDO Ó GENERADO
CARRETERA LAMBAYEQUE-OLMOS-CHULUCANAS-PIURA
TRAMO: DV. PUCARÁ - DV. OLMOS (NORIA ZAPATA)

TIPO VEHIC.	AÑO		TRÁFICO INDUCIDO	
	1994	1995	CANTIDAD	%
AUTOS	18	52	31	172
CAMIONETAS	78	191	103	132
COMBIS/MICROS	92	81	-15	-16
BUS	6	9	3	50
CAMIÓN 2 EJES	50	76	22	44
CAMIÓN 3 EJES	4	9	5	125
ARTICULADOS	4	4	0	0
IMDA	252	422	149	59

CUADRO N° 3.20
TRÁFICO INDUCIDO Ó GENERADO
CARRETERA LAMBAYEQUE-OLMOS-CHULUCANAS-PIURA
TRAMO: DV. OLMOS (NORIA ZAPATA) - CHULUCANAS

TIPO VEHIC.	AÑO		TRÁFICO INDUCIDO	
	1994	1995	CANTIDAD	%
AUTOS	14	66	45	321
CAMIONETAS	193	195	-18	-9
COMBIS/MICROS	46	40	-10	-22
BUS	39	75	28	72
CAMIÓN 2 EJES	133	164	14	11
CAMIÓN 3 EJES	22	15	-9	-41
ARTICULADOS	1	25	21	2100
IMDA	448	580	71	16

CUADRO N° 3.21
TRÁFICO INDUCIDO Ó GENERADO
CARRETERA LAMBAYEQUE-ÓLMOS-CHULUCANAS-PIURA
TRAMO: DV. CHULUCANAS - PIURA

TIPO VEHIC.	AÑO		TRÁFICO INDUCIDO	
	1994	1995	CANTIDAD	%
AUTOS	40	149	94	235
CAMIONETAS	144	335	157	109
COMBIS/MICROS	89	47	-47	-53
BUS	102	187	66	65
CAMIÓN 2 EJES	197	257	34	17
CAMIÓN 3 EJES	19	20	-1	-5
ARTICULADOS	7	32	22	314
IMDA	598	1027	325	54

CUADRO No 3.22

TRÁFICO NORMAL PROYECTADO

CARRETERA: CHOTA - COCHABAMBA

AÑO	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO		IMDA
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES	
				2-E	2-E	
2003	17	13	16	14	58	130
2004	18	14	17	14	51	127
2005	18	14	17	15	64	141
2006	19	14	18	15	67	147
2007	19	15	18	16	70	153
2008	20	15	19	16	74	159
2009	21	16	19	17	78	167
2010	21	16	20	17	82	173
2011	22	17	21	18	86	182
2012	23	17	21	19	90	189
2013	24	18	22	19	94	197

CUADRO No 3.23

TRÁFICO GENERADO Ó INDUCIDO

CARRETERA: CHOTA - COCHABAMBA

AÑO	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO		IMDA
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES	
				2-E	2-E	
2003						
2004						
2005	5	3	4	4	6	23
2006	5	4	4	4	7	25
2007	5	4	4	4	7	25
2008	5	4	5	4	7	26
2009	5	4	5	5	8	29
2010	5	4	5	5	8	29
2011	6	4	5	5	9	31
2012	6	4	5	5	9	31
2013	6	5	6	5	9	33

CUADRO No 3.24

TRÁFICO TOTAL PROYECTADO

CARRETERA: CHOTA - COCHABAMA

AÑO	TRAFICO-LIGERO			TRAFICO-PESADO		IMDA
	AUTOMOV	CMTAS	COMBIS MICROS	OMNIBUS	CAMIONES	
				2-E	2-E	
2003	17	13	16	14	58	130
2004	18	14	17	14	61	137
2005	22	17	20	18	64	157
2006	23	17	22	18	80	177
2007	23	18	22	19	84	184
2008	24	18	23	19	89	191
2009	25	19	23	20	94	200
2010	25	19	24	20	98	206
2011	26	20	25	22	103	218
2012	28	20	25	23	108	227
2013	29	22	26	23	113	237

4.4 REGLAMENTO DE PESOS Y DIMENSIÓN VEHICULAR PARA LA CIRCULACIÓN EN LA RED VÍAL NACIONAL

REGLAMENTO DE PESO Y DIMENSIÓN VEHICULAR PARA LA CIRCULACIÓN EN LA RED VIAL NACIONAL

APROBADO CON RESOLUCIÓN MINISTERIAL

No 375-98-MTC/15.02

CAPITULO I: OBJETO Y COMPETENCIA

Artículo 1º.- El presente Reglamento tiene por objeto determinar el peso y dimensiones permisibles de los vehículos de carga y pasajeros para su circulación en la Red Vial Nacional.

La verificación de pesos y dimensiones se efectuará mediante:

- a. Balanzas fijas o portátiles.
- b. Documentación que sustente la operación de transporte, como guía de remisión, manifiesto de carga y factura comercial, etc.
- c. Dimensionamiento manual o automático, o cualquier otro medio idóneo.

Artículo 2º.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción a través del Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras SINMAC, es el encargado de su aplicación y cumplimiento con el concurso de la Policía Nacional del Perú.

CAPITULO II: DEFINICIONES Y SIMBOLOGIA

Artículo 3°.- Para los efectos de la aplicación del Reglamento se utilizan las **siguientes** definiciones:

3.1. Bastidor

Estructura principal diseñada para soportar todos los componentes del vehículo y a la carga.

3.2. Cabina

Carrocería diseñada para ubicar y proteger exclusivamente al personal de operación, los mandos y controles.

3.3. Camión

Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4,000 kg. Puede incluir una carrocería o estructura portante.

3.4. Capacidad de Carga

Carga máxima permitida para la cual fue diseñado el vehículo.

3.5. Carrocería

Estructura que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de la carga y/o personas.

3.6 Casillero

Carrocería diseñada como una estructura apta para el transporte de la carga en espacios determinados.

3.7 Chasis

Estructura básica del vehículo, compuesta por el bastidor, el tren motriz y otras partes mecánicas relacionadas.

3.8 Eje Motriz

Eje utilizado para transmitir la fuerza de tracción.

3.9 Eje No Motriz

Eje que no transmite fuerza de tracción.

3.10 Eje (s) Direccional (es)

Eje (s) a través del (los) cual (es) se aplican controles de dirección del vehículo

3.11 Eje (s) Delantero (s)

Eje (s) situado (s) en la parte anterior del chasis

3.12 Eje (s) Central (es)

Eje (s) situado (s) en la parte central del chasis

3.13 Eje (s) Posterior (es)

Eje (s) situado (s) en la parte posterior del chasis

3.14 Eje Simple (un solo eje)

Constituido por un solo eje no articulado a otro, que puede ser, motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior

3.15 Eje Doble (Tándem)

Es el conjunto constituido por dos (2) ejes articulados al vehículo por dispositivo (s) común (es) separados a una distancia determinada pudiendo ser motriz o no motriz .

3.16 Eje Triple (Tridem)

Es el conjunto de tres (3) ejes articulados al vehículo por dispositivo (s) común (es) separados a una distancia determinada pudiendo ser motriz o no motriz.

3.17 Eje Retráctil

Eje que puede transmitir parte de la carga del vehículo a la superficie de la vía o aislarse de ésta mediante dispositivos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

3.18 Equipos Adicionales

Equipos o sistemas que con montaje-fijo sobre los vehículos de carga prestan servicios específicos, tales como alzar, compactar, mezclar, perforar, pulverizar, regar, succionar, transformar y otros.

3.19 Furgón

Carrocería de estructura diseñada para el transportes de carga, en un solo compartimiento cerrado.

3.20 Ómnibus

Vehículo autopropulsado, diseñado y construido exclusivamente para el transporte de pasajeros y equipaje. Debe tener un peso seco no menor de 4,000 kg., y un peso bruto vehicular superior a los 12,000 kg.

3.20.1 Ómnibus Convencional

Unidades con la carrocería unida directamente al chasis del vehículo.

3.20.2 Ómnibus Semiintegral

Unidades que poseen una estructura con bastidores similares a los convencionales y que además tiene travesaños especialmente ubicados para soportar la carrocería.

3.20.3 Ómnibus Integral

Unidades con carrocería monocasco a lo cual se fija el tren motriz y demás sistemas del vehículo.

3.21 Ómnibus Articulado

Ómnibus compuesto de dos secciones rígidas unidas entre sí por una junta articulada permitiendo libre paso entre una sección y otra.

3.22 Peso Admisible

Es la carga máxima por eje permitida en los diferentes tipos de carreteras.

3.23 Peso Bruto Vehicular Simple

Tara del vehículo más la capacidad de carga.

3.24 Peso Bruto Vehicular Combinado

Peso bruto vehicular de la combinación camión mas remolque, y/o tracto-camión más semiremolque o camión más remolque balanceado.

3.25 Peso Máximo por eje

Es la carga permitida según el tipo de eje.

3.26 Plataforma

Carrocería de estructura plana descubierta diseñada para el transporte de carga, la cual podrá ser provista de barandas laterales, delanteras y traseras, fijas o desmontables (estacas).

3.27 Relación Potencia/Capacidad de Arrastre

Relación entre la potencia bruta del motor y el peso bruto vehicular simple combinado.

3.28 Quinta Rueda

Elemento mecánico ubicado en la Unidad Tractor que se emplea para el acople del semiremolque.

3.29 Remolque

Vehículo no motorizado, con eje delantero y posterior cuyo peso bruto descansa sobre sus propios ejes y es remolcado por un vehículo motorizado de carga.

3.30 Remolque Balanceado

Vehículo no motorizado en el cual el (los) eje (s) que soporta la carga será (n) ubicado (s) aproximadamente en el Centro de la carrocería portante.

3.31 Semiremolque

Vehículo no motorizado con uno o más ejes, que se apoya en el tractor-camión acoplándose a éste por medio de la quinta rueda.

3.32 Tanque

Carrocería de estructura cerrada, diseñada para el transporte de fluidos o sólidos a granel.

3.33 Tara de un Vehículo

Peso del Vehículo, en orden de marcha, excluyendo la carga.

3.34 Tracto-Camión

Vehículo motorizado diseñado para remolcar otros vehículos no motorizados y soportar la carga que le transmite un semirremolque con acople adecuado.

3.35 Trailer

Remolque o semirremolque tipo asa, con dos, cuatro o seis ruedas acoplado o adaptado a la parte trasera de un automóvil o camioneta, utilizado en general en actividades turísticas como alojamiento o para actividades comerciales.

3.36 Tren Motriz

Conjunto mecánico que permite la autopropulsión del vehículo, constituido por los siguientes elementos; motor, caja de velocidades, eje (s) propulsor (es), conjunto diferencial y semiejes posterior.

3.37 Vehículo de Carga

Vehículo motorizado destinado al transporte de bienes. Puede contar con equipos adicionales para prestación de servicios especializados.

3.38 Vehículo Automotor (Vehículo Motorizado)

Vehículo a motor de propulsión que circula por sus propios medios y que sirva generalmente para el transportes de personas o bienes o para la tracción vial de otros vehículos

3.39 Vehículo Articulado

Conjunto de vehículos acoplados, siendo uno de ellos automotor

3.40 Vehículo Articulado

Combinación de dos o más vehículos siendo el primero un vehículo automotor y los demás remolcados.

3.41 Vehículo Especial

Vehículo automotor o no, construido y equipado para prestación de servicio específico, pudiendo transportar personas, carga o equipos.

3.42 Voladizo Anterior

Distancia entre el primer eje de rotación y la parte posterior más sobresaliente del vehículo.

3.43 Voladizo Posterior

Distancia entre el último eje de rotación y la parte posterior más sobresaliente del vehículo.

3.44 Volquete

Vehículo diseñado con un dispositivo mecánico para volcar la carga transportada.

3.45 Eje Doble (no Tándem)

Es el conjunto constituido por (2) eje separados a una distancia determinada, pudiendo ser motriz o no motriz

3.46 Suspensión de Aire

Es el tipo de suspensión que utiliza cojines de aire como elemento portante de la carga. Se caracteriza por un mayor control de la suspensión y una mejor distribución de la carga así como una menor vibración transmitida a la carga y a la vía.

Artículo 4°.-La simbología para identificar a vehículos de carga, omnibuses y combinaciones vehiculares/ se constituye por las letras/ números y/o gráficos que aparecen en el Capítulo VII TABLA DE DIMENSIONES Y CARGA.

CAPITULO III: PESO VEHICULAR

Artículo 5° El peso máximo por eje simple o conjunto de ejes permitido a los vehículos para su circulación por la Red Vial Nacional/ es el siguiente:

Eje (s)	Neumáticos	Kilos
Simple	2	7/000
Simple	4	1 1/000
Doble	6	16,000
Doble	8	18,000
Triple	10	23,000
Triple	12	25,000

Artículo 6°.- El peso bruto vehicular máximo total es de 48,000.00 kg.

Artículo 7°.- Los vehículos que transporten carga deberán consignar en el costado derecho e izquierdo en forma clara y visible, su Tara. Adicionalmente, los vehículos o combinaciones que sobrepasan los 18.00 metros deberán consignar en la parte posterior izquierda la longitud total, en metros.

Artículo 8°.- la tolerancia de peso permitida por ejes es la siguiente:

Eje (s)	Neumáticos	Tolerancia
Simple	2	350 Kg
Simple	4	550 Kg
Doble (Tándem)	6	50 Kg
Doble (Tándem)	8	900 Kg
Triple (Tridem)	10	1,250 Kg
Triple (Tridem)	12	1,250 Kg

Las tolerancias en el peso de los ejes se admite siempre y cuando no se supere el Peso Bruto Máximo.

Que las tolerancias fijadas no eximen al conductor del vehículo que se encuentra dentro de ellas de la obligación de reestibar o trasladar la sobrecarga a otro vehículo, de manera de encuadrarse dentro los límites de peso establecidos en el Capítulo III Peso Vehicular, caso contrario no podrá continuar su viaje. Cuando se trate de contenedores lacrados se permitirá que el vehículo continúe en circulación siempre y cuando el exceso de carga se encuentre dentro de las tolerancia permitidas por ejes, pero que de ninguna manera exceda el peso bruto vehicular máximo permitido.

Artículo 9°.- Añadiendo lo siguiente: El exceso de peso cuando supere las tolerancias establecidas se sanciona de conformidad con lo establecido en el capítulo respectivo, sin perjuicio de resarcir los daños que tal exceso ocasione.

CAPITULO IV: DIMENSIÓN VEHICULAR

Artículo 10°.- La Dimensión máxima permitida a los vehículos y/o combinaciones, con carga para su circulación en las vías del país, incluido el enganche o barra de tiro, es la siguiente:

- 10.1 Ancho 2.60m dimensión máxima que no incluye los espejos retrovisores.
- 10.2 Altura 4.10m para carga normal.
- 10.3 Altura 4.65m para Contenedores.
- 10.3.A Altura 4.30m. Para Furgones cerrados tipo semirremolque.
- 10.4 Longitudes máximas entre parachoques:
 - 10.4.1 Camión Simple de 2 ejes, hasta 12,30m.
 - 10.4.2 Camión de 3 ejes 13.20m.
 - 10.4.3 Ómnibus convencional de 2 ejes, hasta 13.20m.
 - 10.4.4 Ómnibus convencional de 3 ejes, hasta 14.00m.
 - 10.4.5. Ómnibus integral de 3 ejes, hasta 15.00m.
 - 10.4.6. Ómnibus convencional de 4 ejes, hasta 15,00m.
 - 10.4.7. Ómnibus integral de 4 ejes, hasta 15.00m.
 - 10.4.8. Ómnibus articulado 18.30m.
 - 10.4.9. Camión Remolque 23.00m.
 - 10.4.10. Camión Remolque Balanceado 20.50m.
 - 10.4.11. Remolque 10.00m.
 - 10.4.12. Remolque balanceado 10.00m.
 - 10.4.13. Semirremolque 14.00m.
 - 10.4.14. Tracto Camión semirremolque 20.50m.

NOTA: La altura máxima permitida para el transporte de contenedores y furgones podrá ser alcanzada dependiendo de las limitaciones que presenten la ruta elegida por el transportista para el traslado de los equipos. El transportista deberá verificar dichas condiciones, sin perjuicio de resarcir los daños que ocasione su negligencia.

10.5 Longitudes máximas entre ejes

10.5.1. En un conjunto de dos ejes cuyas distancias entre los centros de las ruedas sea superior a 2.40m., cada eje será considerado como independiente.

10.5.2. Eje doble es un conjunto de dos ejes, cuya distancia entre centros de ruedas es superior a 1.20m. e inferior a 2.40m.

10.5.3. Eje triple es un conjunto de tres ejes, cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2.40m. e inferior a 3.60m.

CAPÍTULO V: RELACIÓN POTENCIA/CAPACIDAD DE ARRASTRE

Artículo 11°.- El mínimo de la relación potencia-capacidad de arrastre de los vehículos comprendidos en este Reglamento es de 6.5 HP/TM.

CAPITULO VI: CARGAS Y AUTORIZACIONES ESPECIALES

Artículo 12° La Dirección Ejecutiva del SINMAC:

A) Autorizará:

A.1 La circulación de vehículos que transporten bienes como carga indivisible o unitarizada, que tengan la condición de sobrepeso, sobre dimensión o de productos peligrosos o similares. Estas operaciones deben realizarse sobre plataformas debidamente acondicionadas, vehículos no motorizados especiales o equipos especialmente diseñados para el fin que cuenten con el número de ejes y neumáticos necesarios y correctamente distribuidas para transmitir pesos admisibles al pavimento, adoptando las medidas necesarias para el efecto y aplicando las tasas correspondientes que se establecerán mediante Resolución Directoral.

A.2 La circulación de vehículos automotores especiales que se trasladen por sus propios medios y que superen los pesos y dimensiones

máximos establecidos en el presente Reglamento adoptando las medidas de seguridad pertinentes.

- A.3 La Circulación de vehículos automotores provistos de suspensión de aire y/o neumáticos extra anchos, determinando mayores cargas por eje, pero siempre dentro del límite del peso bruto vehicular máximo total indicado en el Artículo.
- B) Podrá restringir por cuestiones técnicas el tránsito en los tramos de carreteras y puentes que impliquen riesgo a la seguridad y transitabilidad normal del transporte.
- C) Definir las vías de la Red Vial Nacional por las que podrá circular los vehículos que transporten carga especiales.
- D) Definir las vías por las que podrán circular los vehículos especificados en el Artículo 10° numerales 10.4.9 y 10.4.10 del presente reglamento.

Artículo 13° La Dirección Ejecutiva del SINMAC estará encargada de elaborar el procedimiento correspondiente para el otorgamiento de dichas autorizaciones especiales, el mismo que se establecerá mediante Resolución Directoral.

CAPITULO VII: SANCIONES

Artículo 14°.- Las multas establecidas en el presente Reglamento serán impuestas por el Ministerio de Transportes/ Comunicaciones Vivienda y Construcción a través del SINMAC, que se actualizará mediante Resolución Ministerial.

Artículo 15°.- Por exceso de peso, la multa se aplicará de acuerdo con la siguiente escala sumando las multas parciales por exceso de carga por eje más la multa por exceso del peso bruto.

ESCALA DE MULTAS

EXCESO DE CARGA POR EJE Y PESO BRUTO		MULTA EN UTI UIT/200 Ó FRACCIÓN
Desde 200 Kg	Hasta 1000 kg	0.01
Desde 1001 Kg	Hasta 2000 kg	0.02
Desde 2001 Kg	Hasta 3000 kga	0.04
Desde 3001 Kg	Hasta 4000 kg	0.06
Desde 4001 Kg	Hasta 5000 kg	0.08
Más de 5000 Kg		0.1

Por exceder las dimensiones máximas

MULTAS EN UIT

Ancho	1.00
Longitud	1.00
Altura	1.00

Artículo 16°.- Verificado el exceso de carga y dimensiones y aplicada la multa correspondiente, el conductor o propietario del vehículo deberá reacomodar o trasladar el exceso de carga o volumen a otra Unidad, caso contrario no podrá continuar con su marcha estando bajo su responsabilidad las demoras que estos hechos ocasionen.

Artículo 17°.- La responsabilidad directa para el pago de las multas a que hubiera lugar por exceder los pesos y/o dimensiones máximas permitidas, recaerá sobre la persona o personas naturales o jurídicas, que en forma individual o conjunta; y por negligencia o de manera intencional, infrinjan lo establecido por el presente reglamento. Dicha responsabilidad puede comprender al Propietario del vehículo, al Conductor y/o al Remitente de carga o el Propietario de la misma según sea el caso; y será determinada por el SINMAC en base al análisis del Art.1° del presente Reglamento.

En caso de presentarse una infracción, donde se establezca la participación conjunta de Propietario del Vehículo, el Conductor y/o el Remitente de la carga o el Propietario de la misma; la responsabilidad para el pago de la multa será solidaria.

Artículo 18°.- El SINMAC aplicará la multa a las personas naturales o jurídicas, las que tendrán un plazo de 7 días útiles para presentar su reclamo de improcedencia y/o solicitar la anulación respectiva.

La vía administrativa queda agotada con la expedición de la Resolución Viceministerial en segunda y última instancia.

Artículo 19°.- Las multas pueden ser canceladas dentro de los 5 días útiles, después de impuestas.- Lo que da lugar a un descuento del 50% del monto de la misma. Después de vencido este plazo la cobranza será coactiva. Las multas se depositarán en la cuenta de Fondo Especial de Mantenimiento Vial.

Artículo 20°.- Los Remitentes de Carga o Propietarios de las mismas que realicen despachos o recepciones que superen las 2,000 TM mensuales, están en la obligación de controlar los pesos y dimensiones de los vehículos y sus cargas, de forma tal que se dé cumplimiento y se evite incurrir en infracciones a lo establecido en el presente reglamento.

Artículo 21°.- La evasión a la acción de pesaje y supervisión que realice la autoridad competente o quienes esta designe, constituye falta sancionable con una (1) Unidad Impositiva Tributaria sin perjuicio de la multa a que haya lugar por la infracción al reglamento por concepto de fuga.

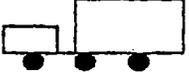
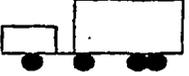
Artículo 22°.- El tránsito de vehículos con carga especiales que no cuenten con la respectiva autorización de SINMAC constituye una infracción al

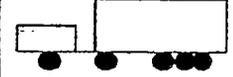
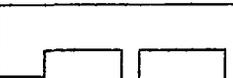
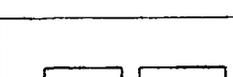
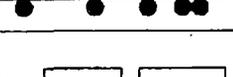
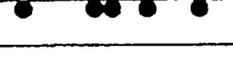
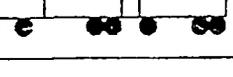
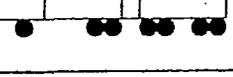
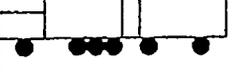
presente reglamento sancionable con una multa de una (1) Unidad Impositiva Tributaria.

La adulteración del contenido de una autorización del SINMAC o la falsificación de dicho documento constituyen también infracciones que serán sancionadas con dos (2) Unidades Impositiva? Tributarias, sin perjuicio de las acciones

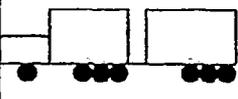
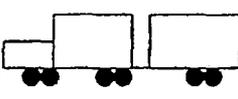
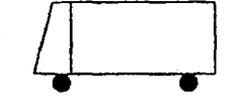
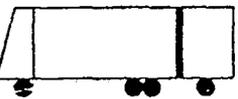
administrativas y legales que correspondan y que el SINMAC debe iniciar contra las personas .naturales o jurídicas que sean responsables. Verificada la infracción cometida y aplicada la multa correspondiente; el conductor o propietario del vehículo deberá solicitar la autorización correspondiente y/o trasladar su carga a otra Unidad debidamente acondicionada para este transporte, según corresponda. Caso contrario no podrá continuar con su marcha estando bajo su responsabilidad las demoras que este hecho ocasione.

CAPÍTULO VIII: TABLAS DE DIMENSIONES Y CARGA

SIMBOLO	D I A G R A M A	LONGITUD TOTAL (MTS)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MÁXIMO	
			EJE DELAN TERO	CARGA POR EJE POSTERIOR				
				1° EJE	2° EJE	3° EJE		4° EJE
O+ C2		12.30	7	11			18	
O+ C3		13.20	7	18			25	
O+ C4		13.20	7	25			32	
8X4		13.20	7+7	18			32	
O+ T2S 1 2S 1		20.50	7	11	11		29	
O+ T2S 2 2S 2		20.50	7	11	18		36	

O+ T2S 3 2S 3		20.50	7	11	25			43
O+ T3S 1 3S 1		20.50	7	18	11			36
O+ T3S 2 3S 2		20.50	7	18	18			43
O+ T3S 3 3S 3		20.50	7	18	25			48
O+ C2-R2 2T2		23.00	7	11	11	11		40
O+ C2-R3 2T3		23.00	7	11	11	18		47
O+ C3-R2 3T2		23.00	7	18	11	11		47
O+ C3-R3 3T3		23.00	7	18	11	18		48
O+ C3-R4 3T4		23.00	7	18	18	18		48
O+ C4-R2		23.00	7	25	11	11		48
O+ C4-R3		23.00	7	25	11	18		48

O+ 8X4 R2		23.00	7+7	18	11	11		48
O+ 8X4 R3		23.00	7+7	18	11	18		48
O+ 8X4 R4		23.00	7+7	18	18	18		48
O+ C2-RB1		20.50	7	11	11			29
O+ C2-RB2		20.50	7	11	18			36
O+ C2-RB3		20.50	7	11	25			43
O+ C3-RB1		20.50	7	18	11			36
O+ C3-RB2		20.50	7	18	18			43
O+ C3-RB3		20.50	7	18	25			48
O+ C4-RB1		20.50	7	25	11			43
O+ C4-RB2		20.50	7	25	18			48

O+ C4-RB3		20.50	7	25	25			48
O+ 8X4 RB1		20.15	7+7	18	11			43
O+ 8X4 RB2		20.50	7+7	18	18			48
O+ 8X4 RB3		20.50	7+7	18	25			48
O+ B2		13.20	7	11				18
O+ B3		14.00	7	18				25
O+ B4		15.00	7+7	18				32
O+ BA		18.30	7	18	11			36

EL PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO PARA UNIDAD O COMBINACIÓN DE VEHÍCULOS ES DE 48,000 KG.

+ SIMBOLOGÍA EMPLEADA POR PACTO ANDINO

O SIMBOLOGIA EMPLEADA EN EL PERÚ

EN TODOS LOS CASOS CUANDO LA PRESENTE TABLA SE REFIERE A CARGA POR EJE POSTERIOR, SE ASUME QUE CADA UNO DE LOS EJES INDIVIDUALMENTE ES DE 4 NEUMÁTICOS; CASO CONTRARIO DEBERÁ RECALCULARSE LA CARGA POR EJE EN BASE A LO INDICADO EN EL ARTÍCULO 5º DEL PRESENTE REGLAMENTO.

4.5 ÁBACOS DE DISEÑO

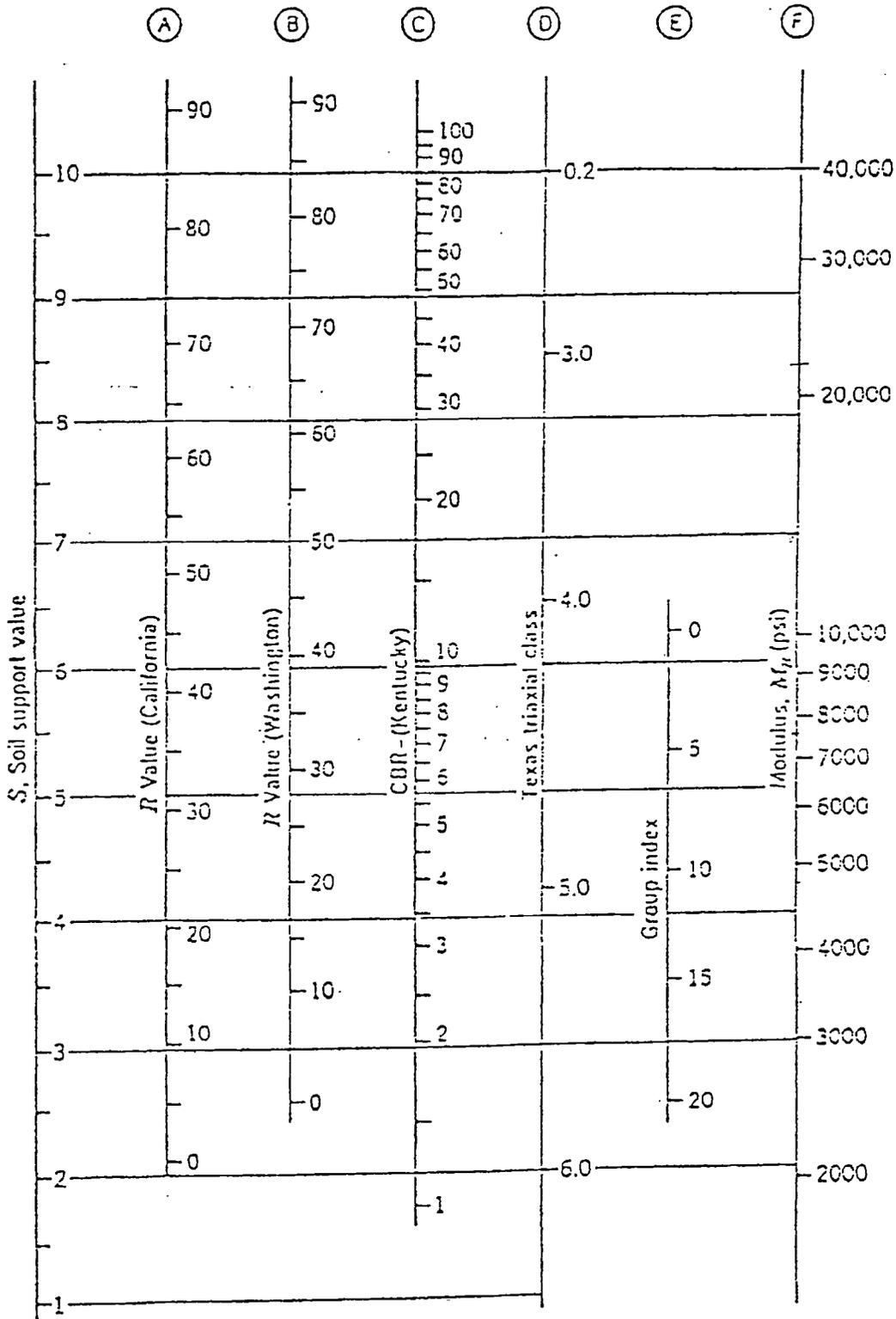


Figura 2-3.33. Correlations with resilient modulus (Van Til et al. 1972)

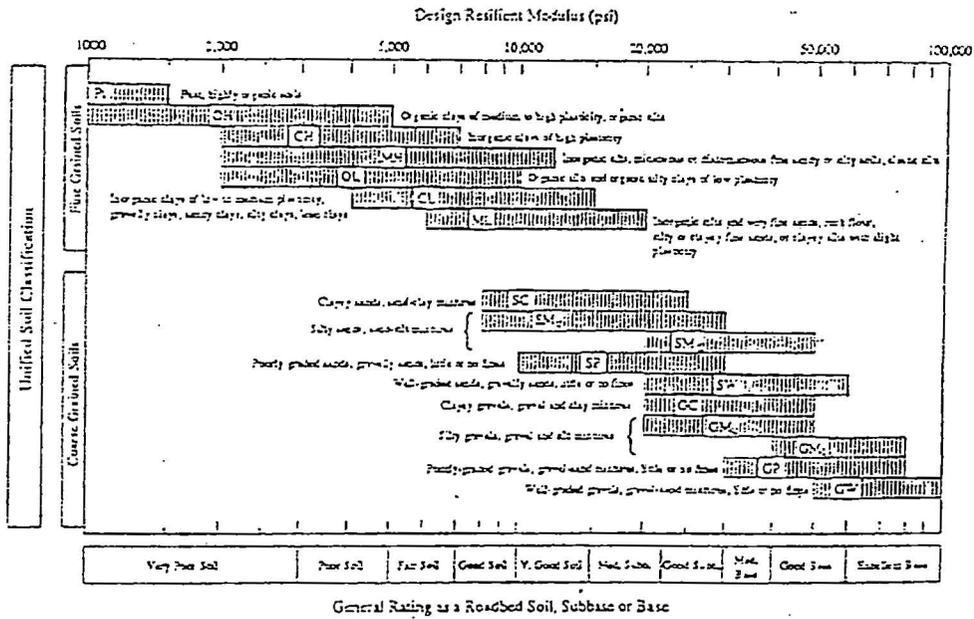


Figure 3.1. Practical ranges of design resilient moduli for the different Unified Soil Classifications. [These ranges are based upon the judgement of the ARE Inc engineering staff considering their experience in developing and applying the AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1) and the subgrade strength correlation chart developed by Shell (11).]

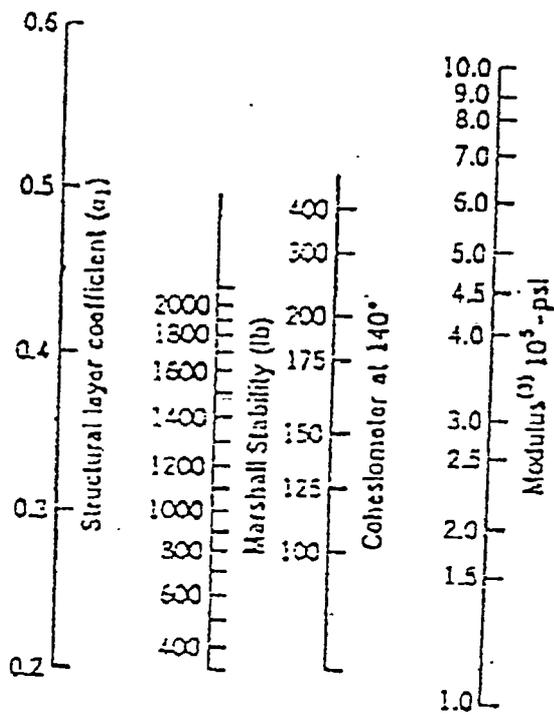


Figure 2-4.14. AC surface course layer coefficient related to other AC tests (Van Til et al. 1972).

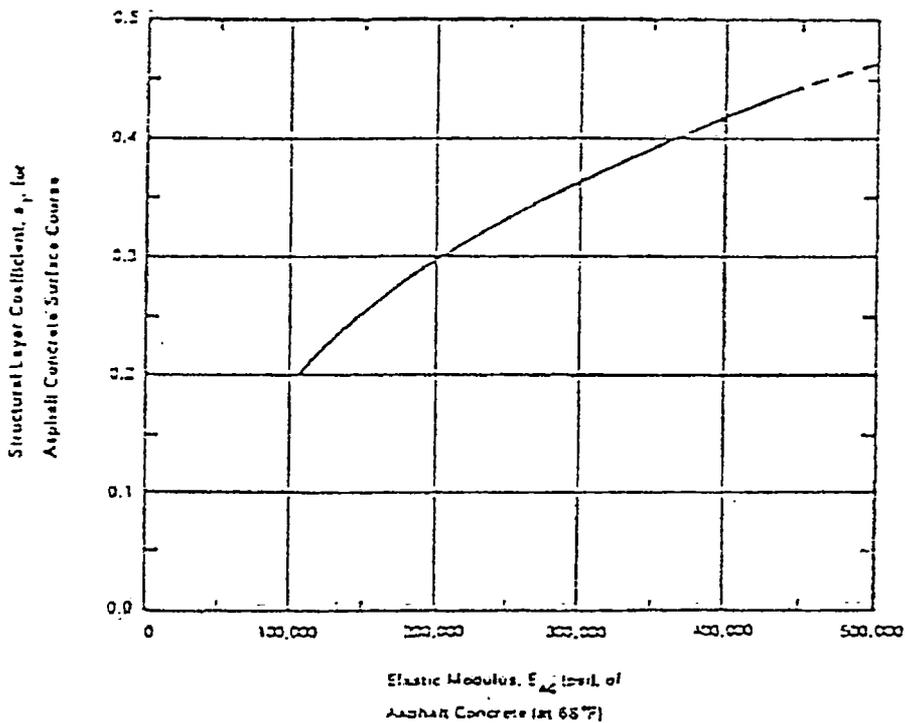
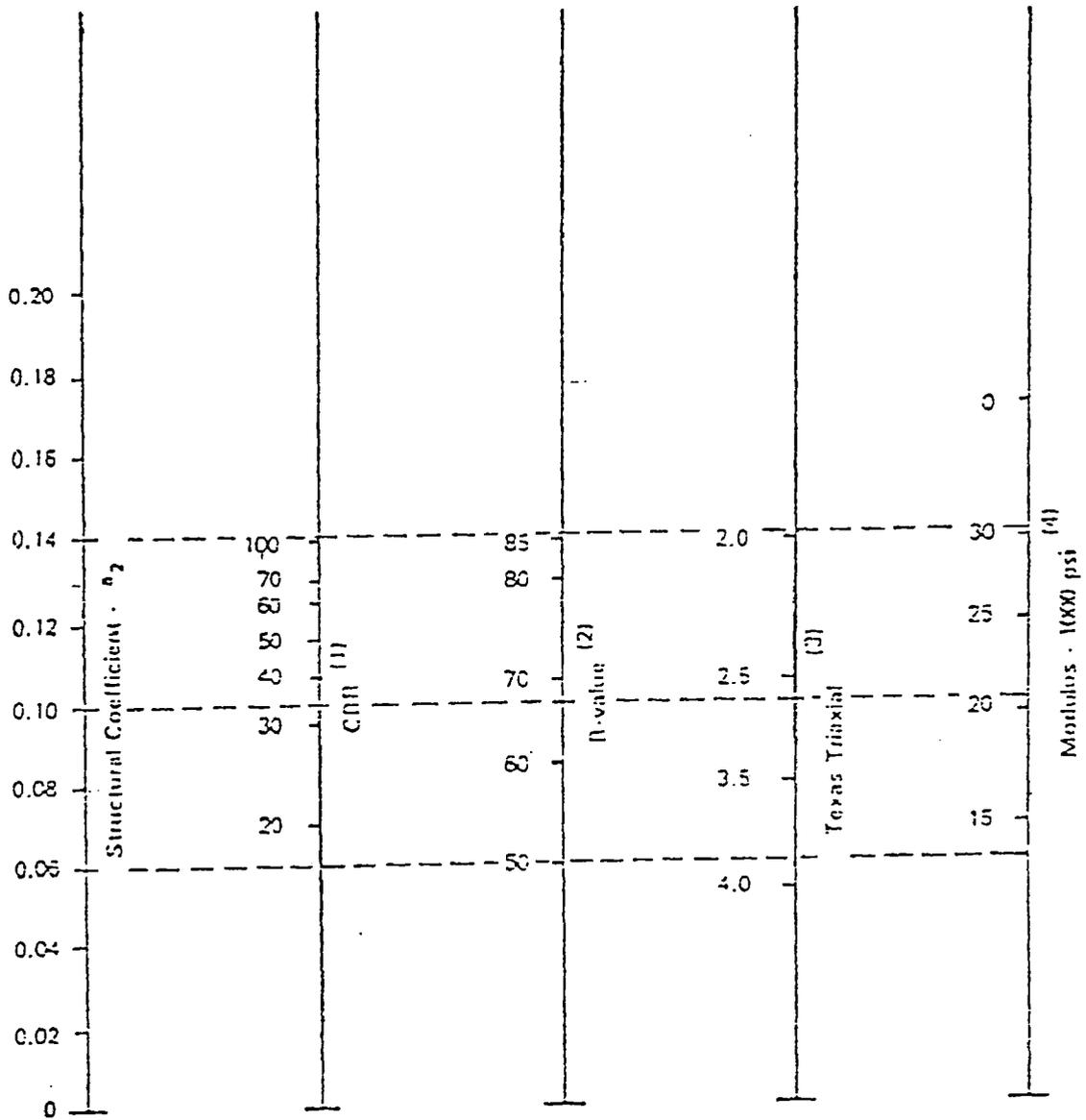


Figure 2-4.15. Chart for estimating the structural layer coefficient of dense-graded AC surface course based on the elastic modulus (Van Til et al. 1972).

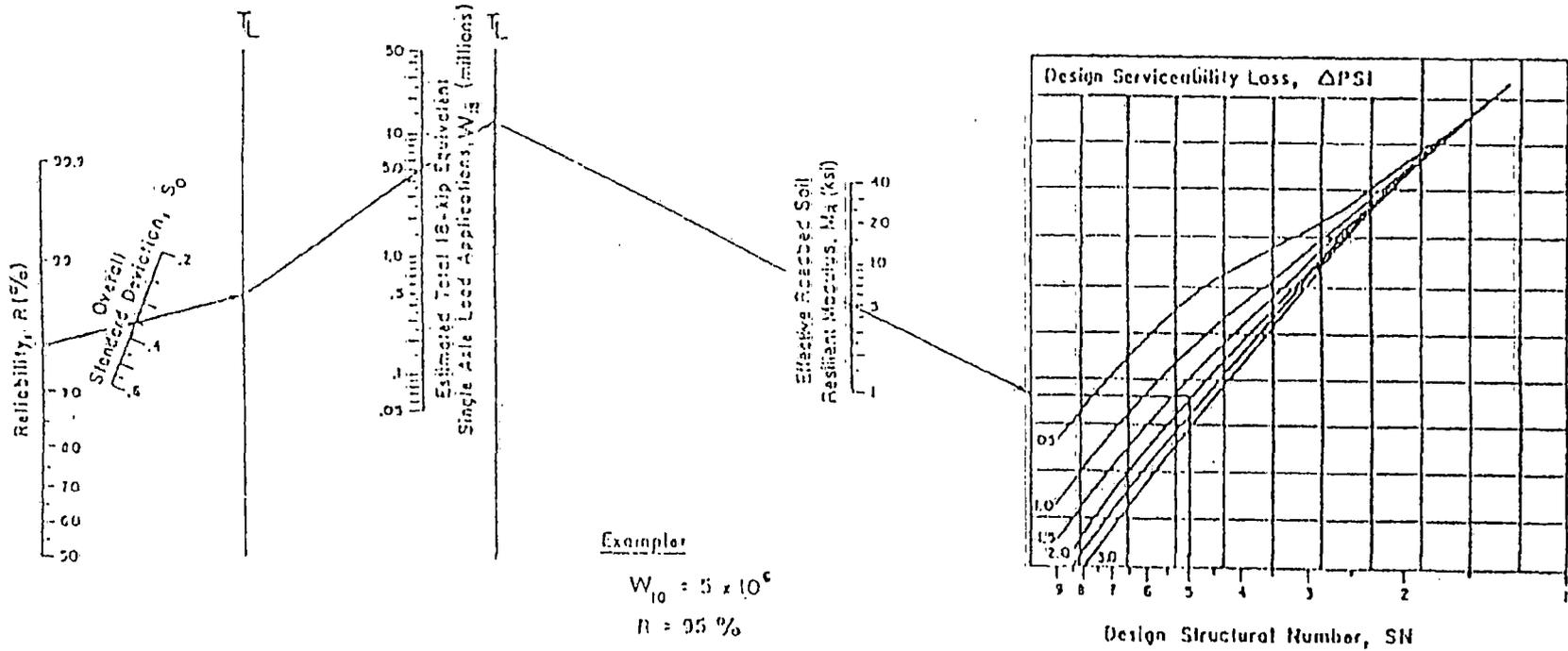


- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico, and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCFRP project (Van Til et al. 1972).

Figure 2-4.20. Variation in granular base coefficient with various base strength parameters (Van Til et al. 1972).

DESIGN CHART SOLVES:

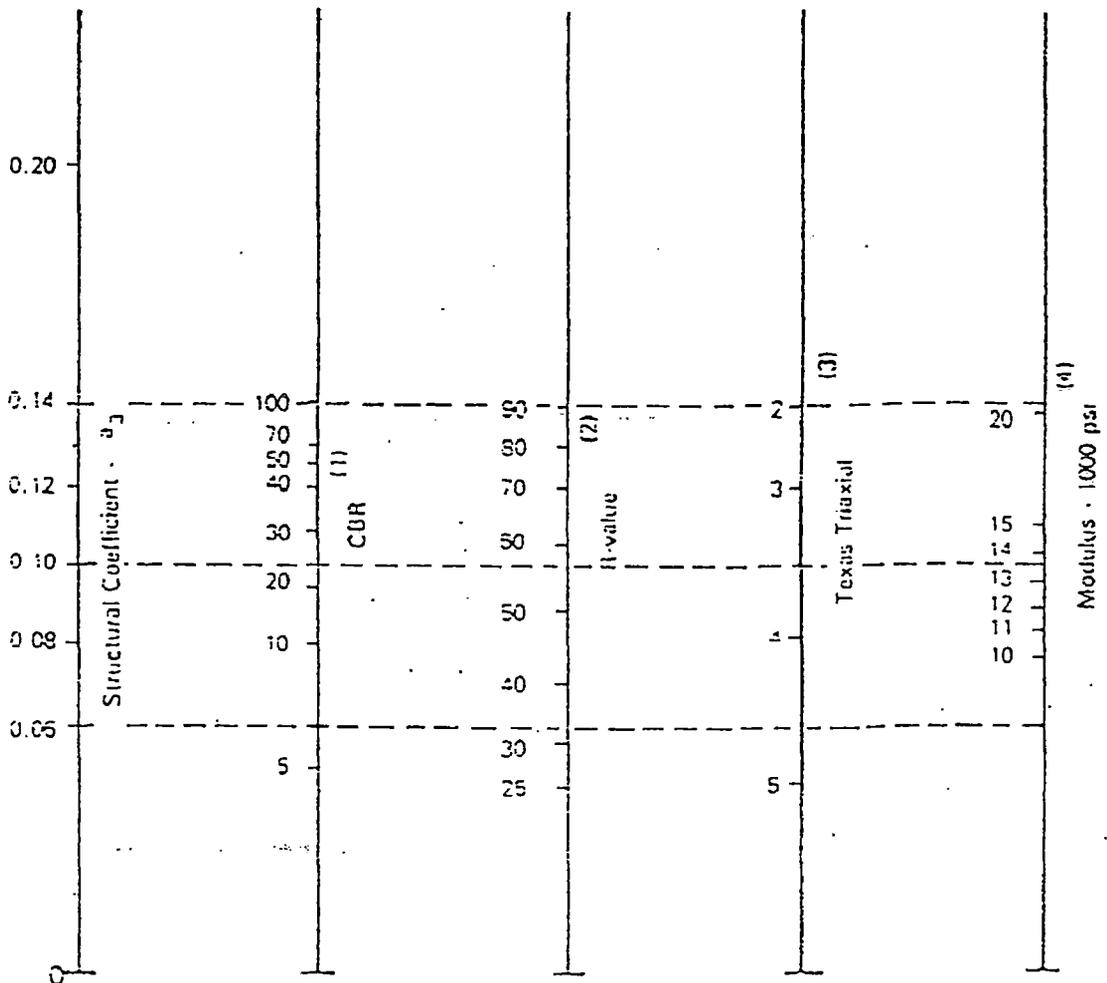
$$\log_{10} \frac{W}{10^{10}} = 7.18 + S_0^2 [9.36 + \log_{10}(SN)] - 0.70 + \frac{\log_{10} \left[\frac{M_A \text{ (psi)}}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN)^{5.19}}} + 2.32 + \log_{10} M_A - 0.07$$



Example

- W₁₀ = 5 × 10⁶
- R = 95 %
- S₀ = 0.35
- M_A = 5000 psi
- ΔPSI = 1.0
- Solution: SN = 5.0

Figure 3-1.5. Design chart for flexible pavements using mean input values (AASHTO 1993)

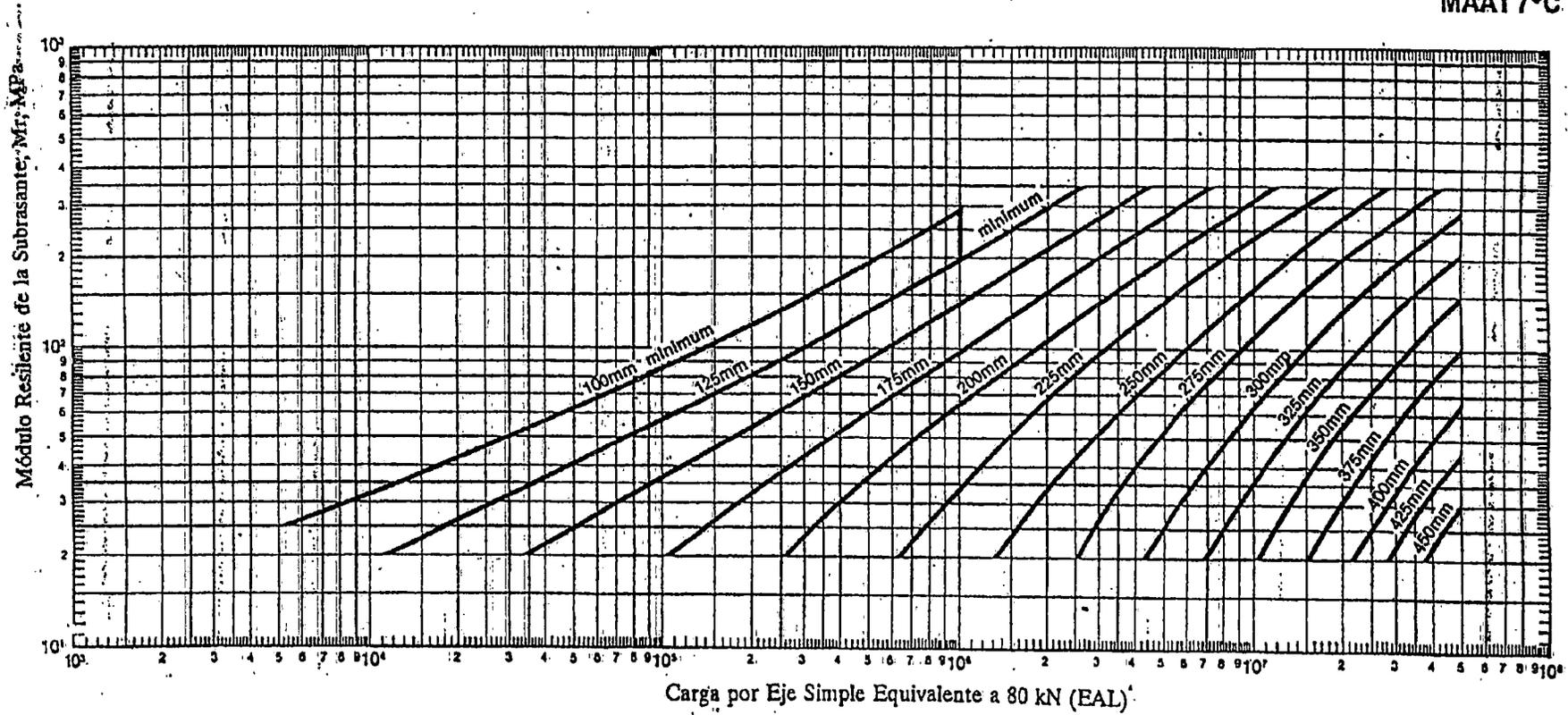


- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_g) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Concreto Asfáltico en Todo su Espesor

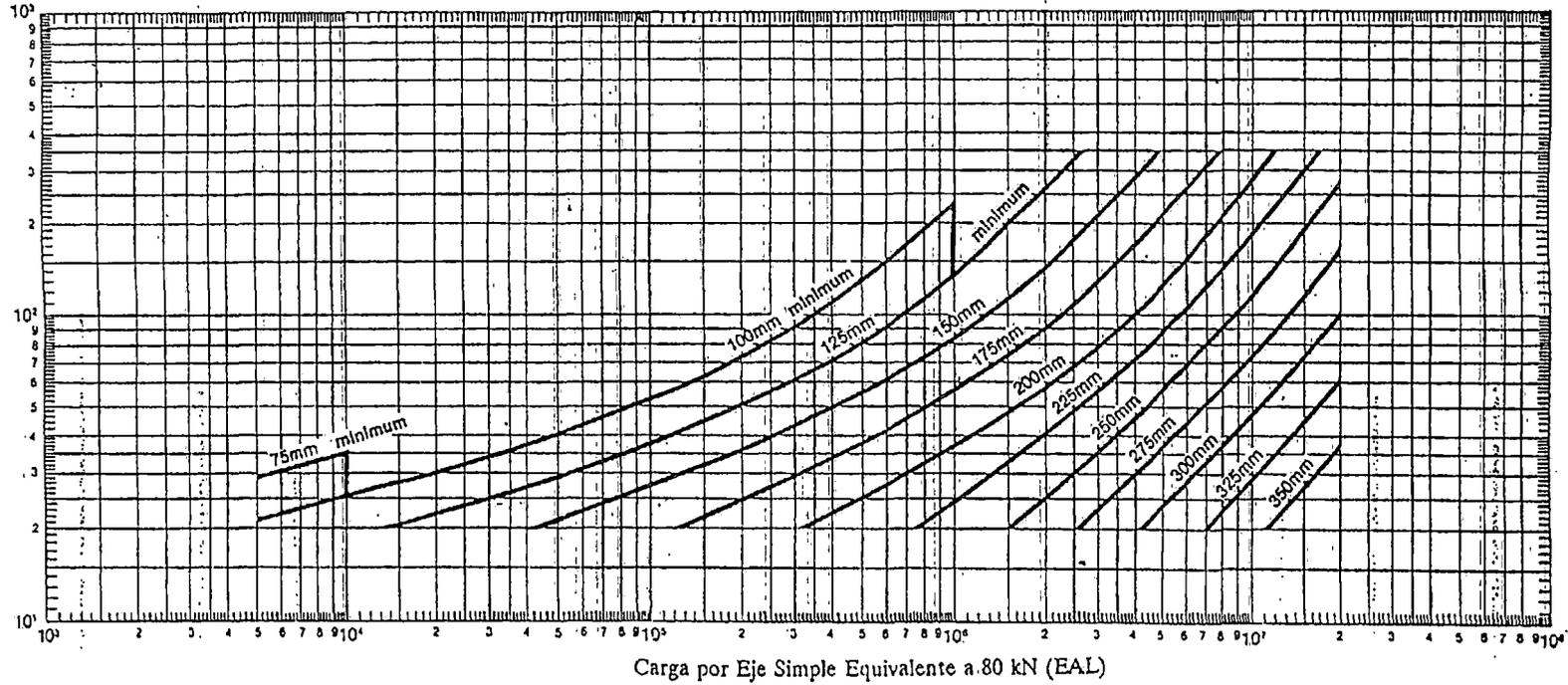
MAAT7°C



Carta de Diseño A-1

Base de Agregados no Tratados de 150 mm de Espesor

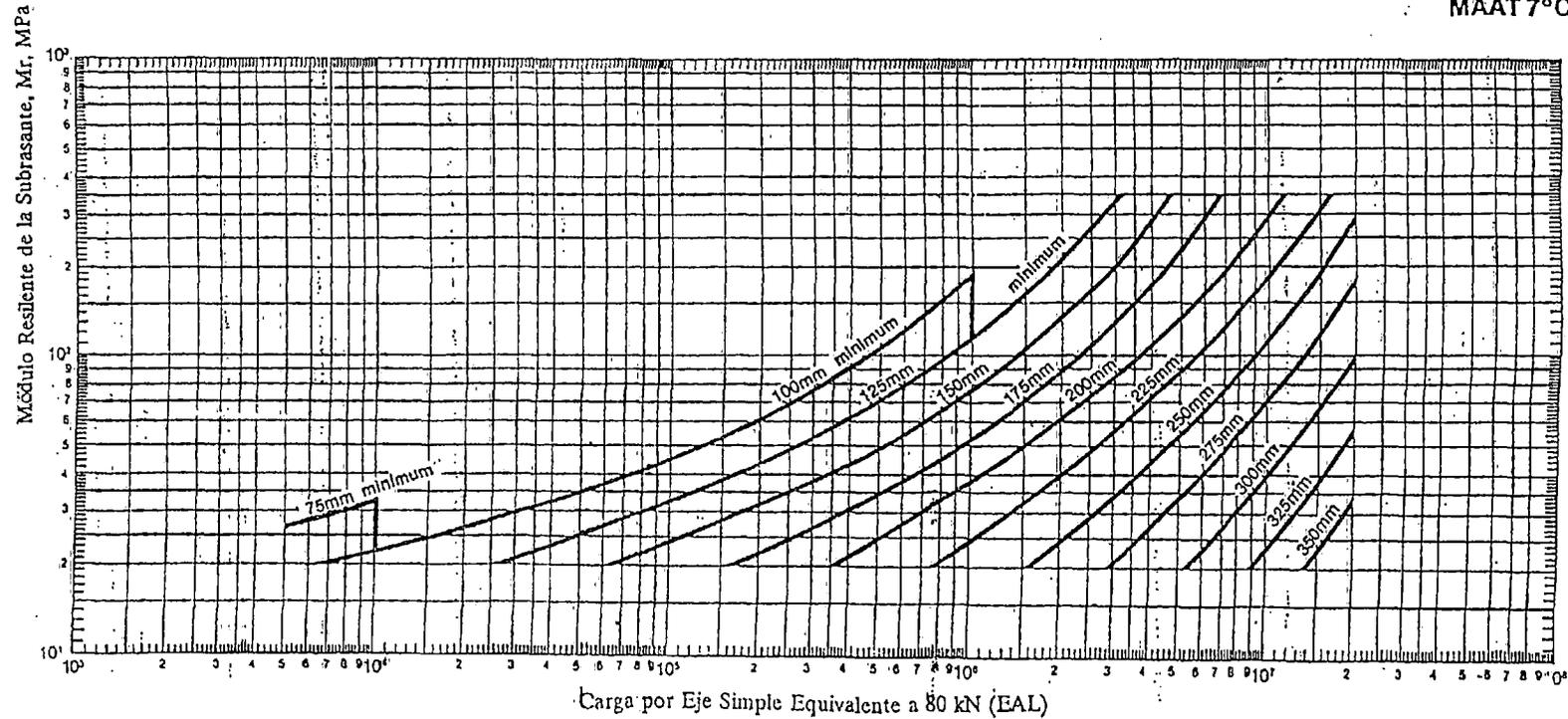
MAAT 7°C



Carta de Diseño A-5

Base de Agregados no Tratados de 300 mm de Espesor

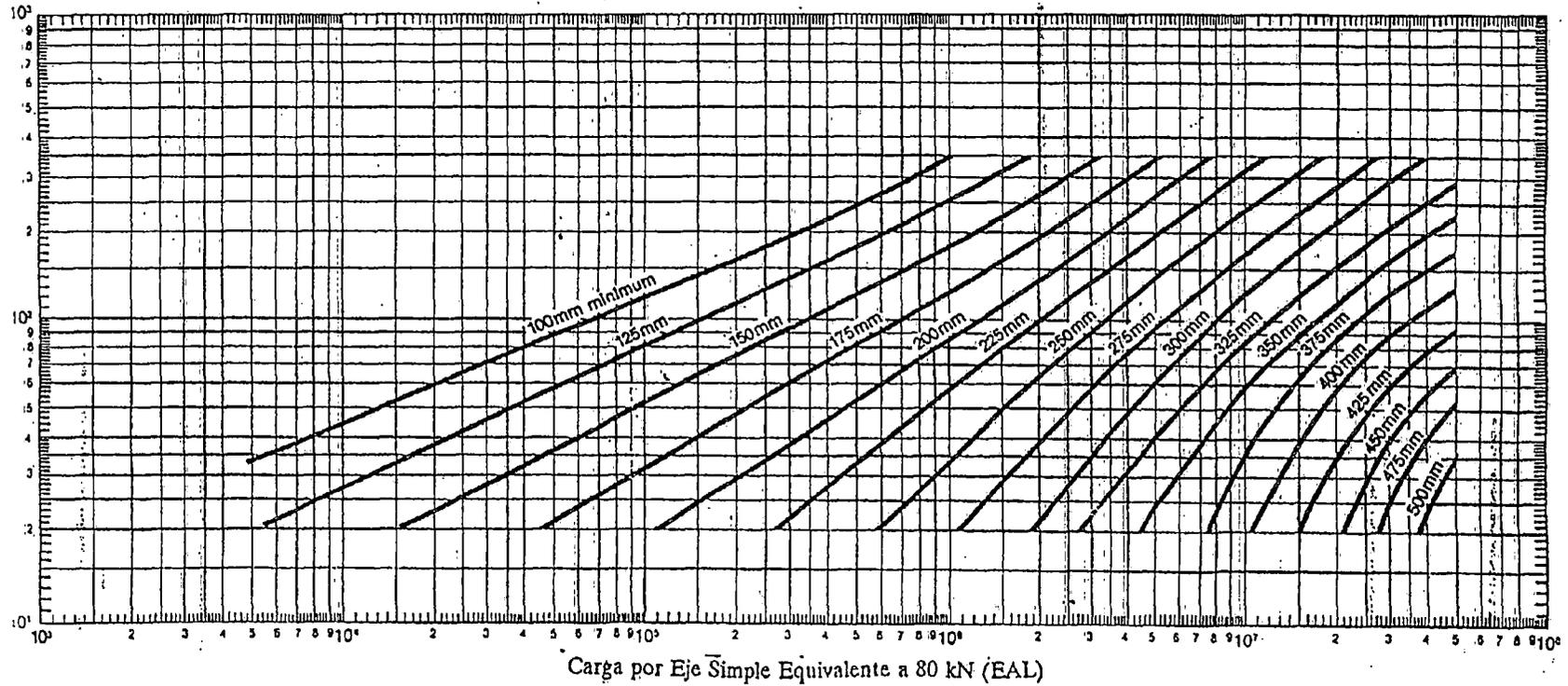
MAAT 7°C



Carta de Diseño A-6

Concreto Asfáltico en Todo su Espesor

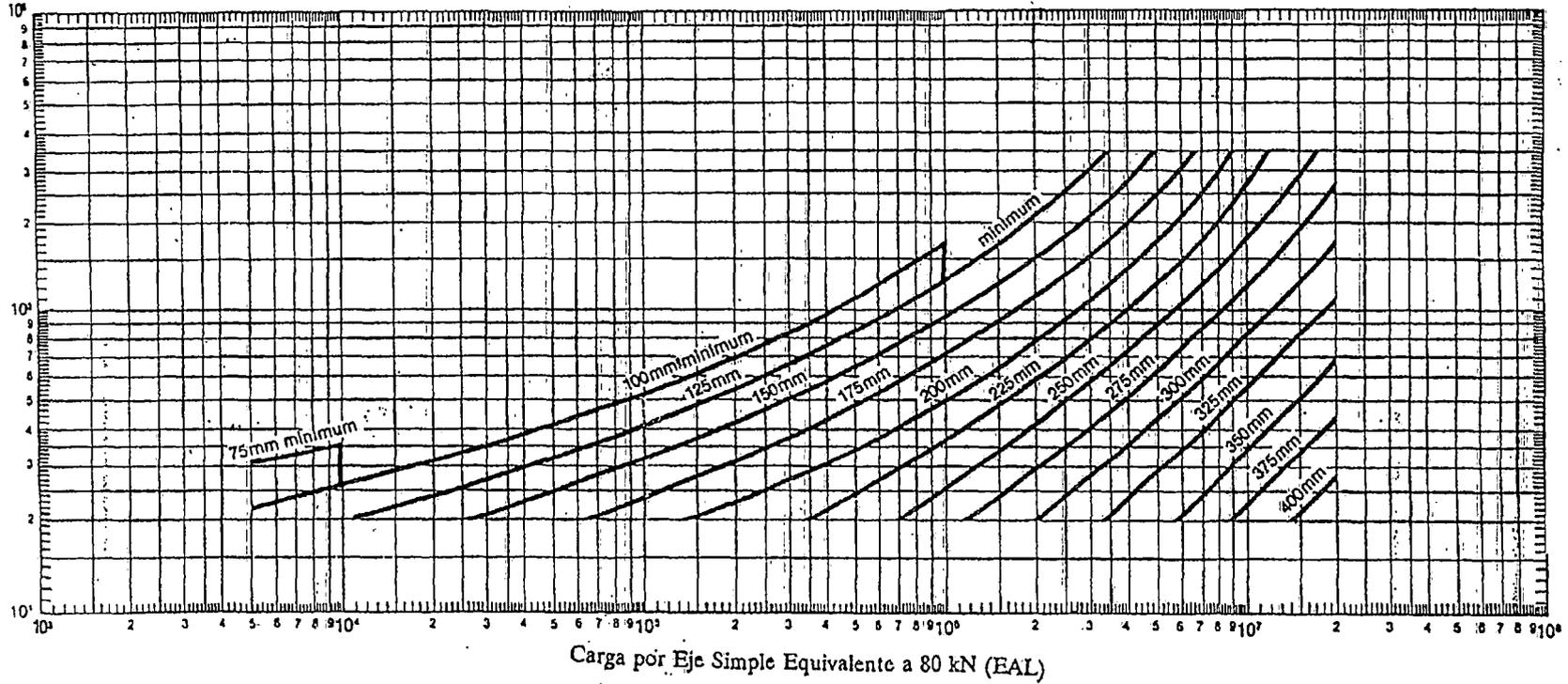
MAAT 15.5°C



Carta de Diseño A-7

Base de Agregados no Tratados de 150 mm de Espesor

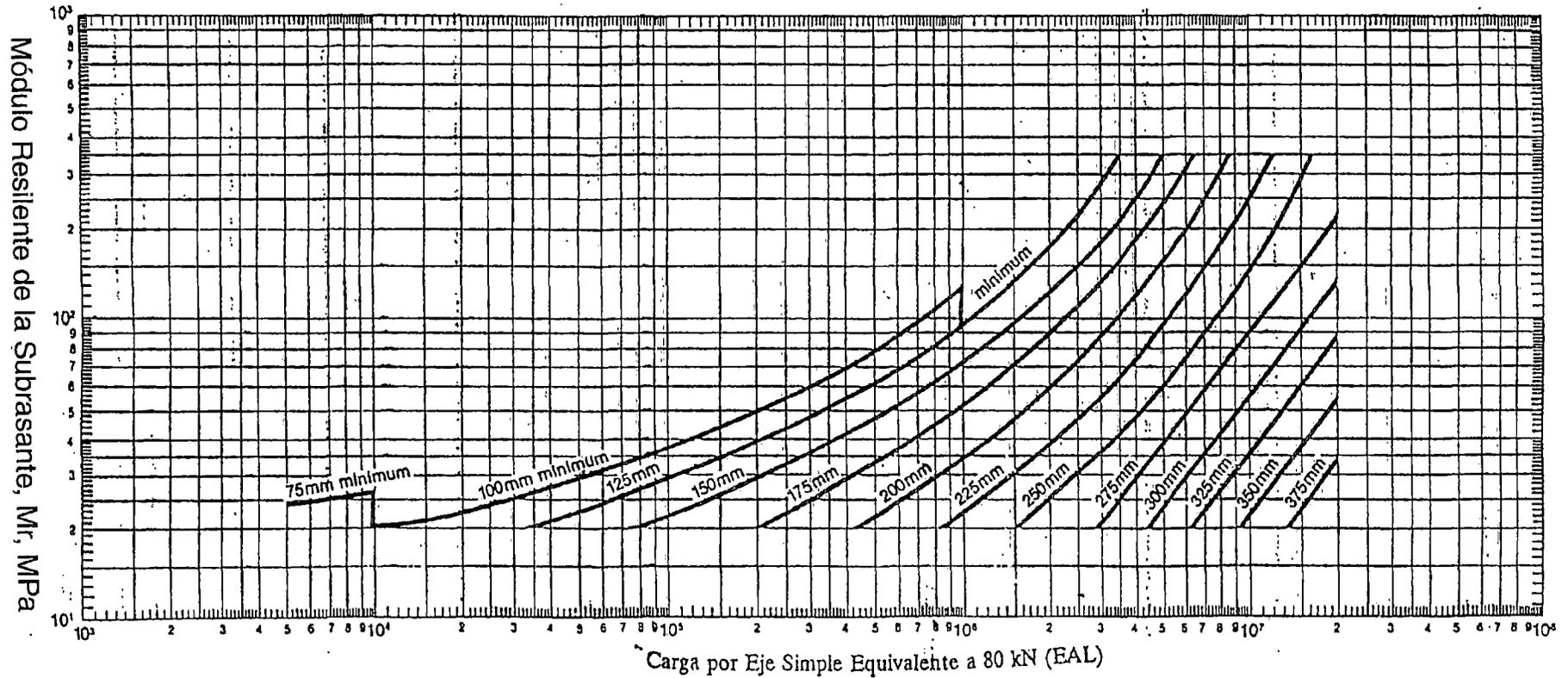
MAAT 15.5°C



Carta de Diseño A-11

Base de Agregados no Tratados de 300 mm de Espesor

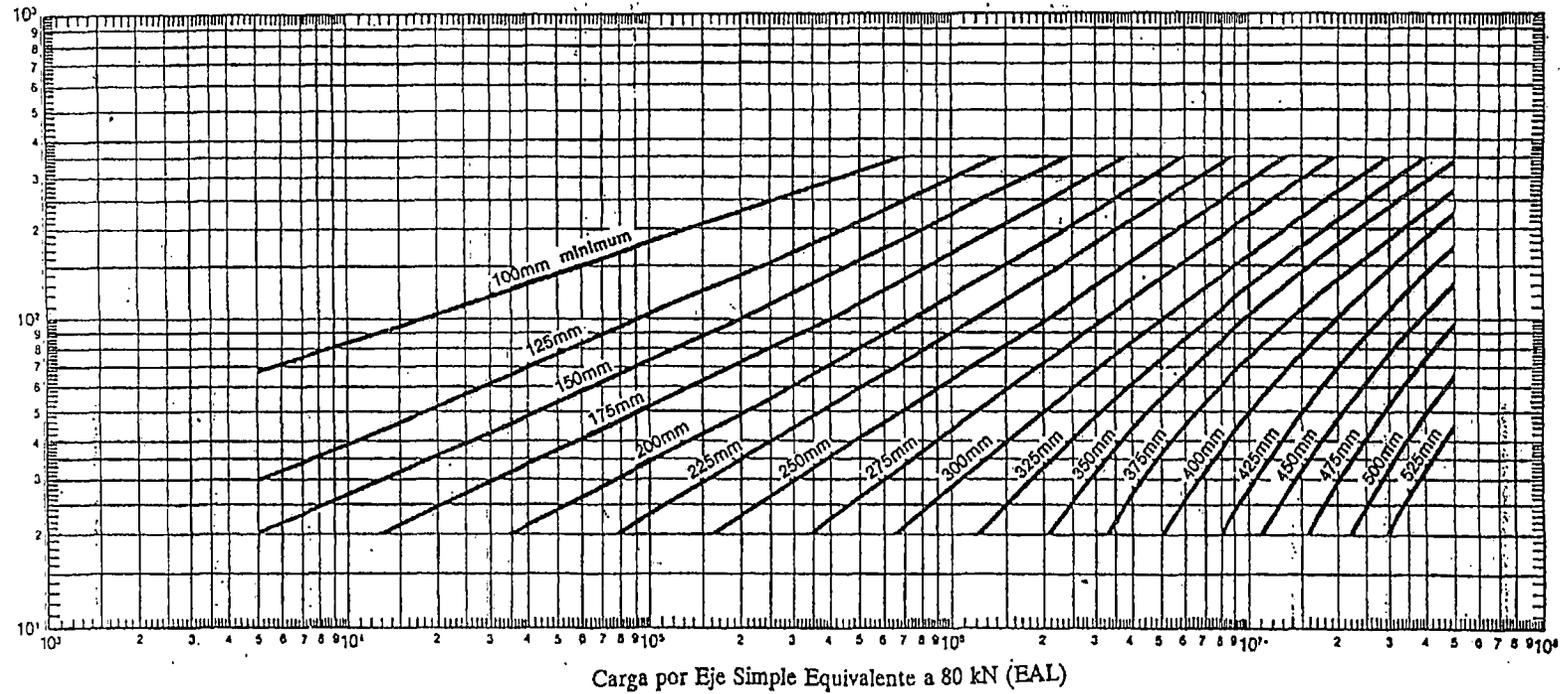
MAAT 15.5°C



Carta de Diseño A-12

Concreto Asfáltico en Todo su Espesor

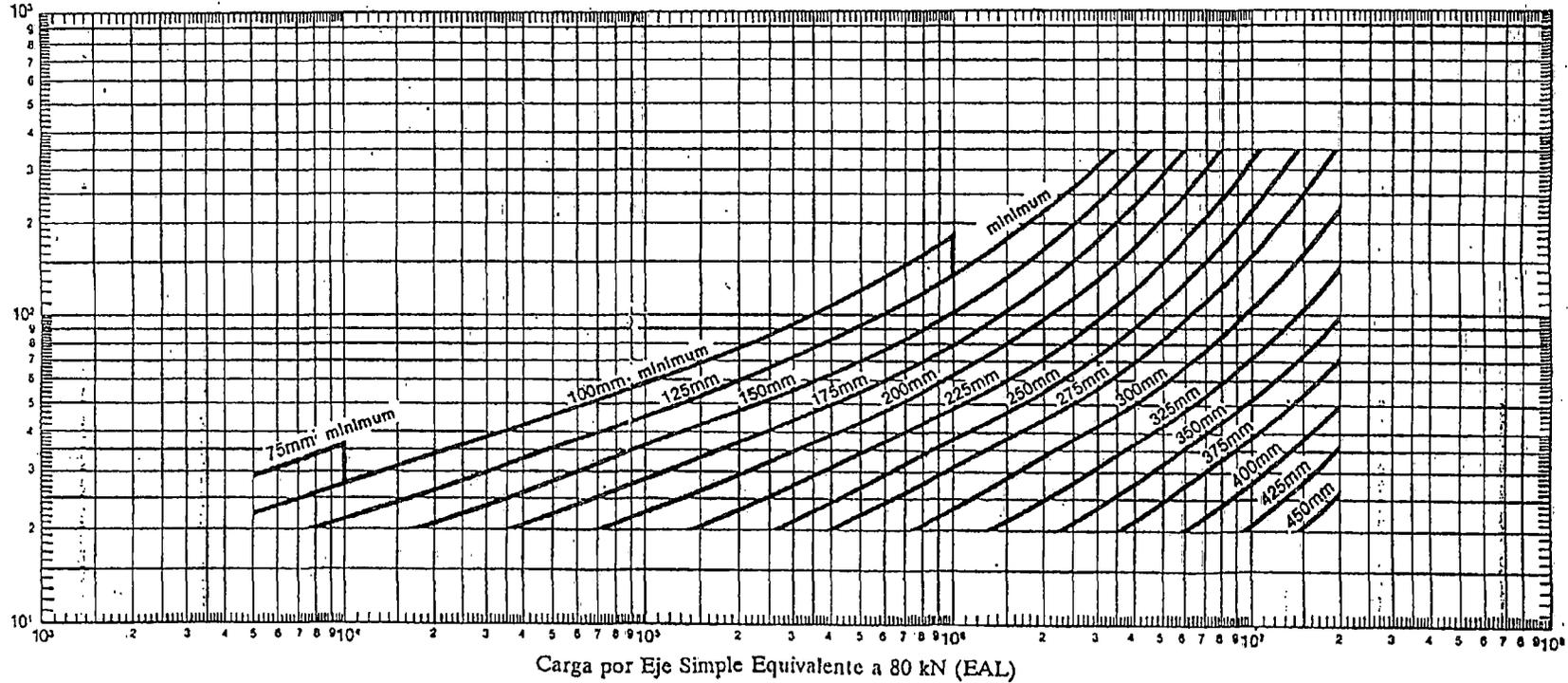
MAAT 24°C



Carta de Diseño A-13

Base de Agregados no Tratados de 150 mm de Espesor

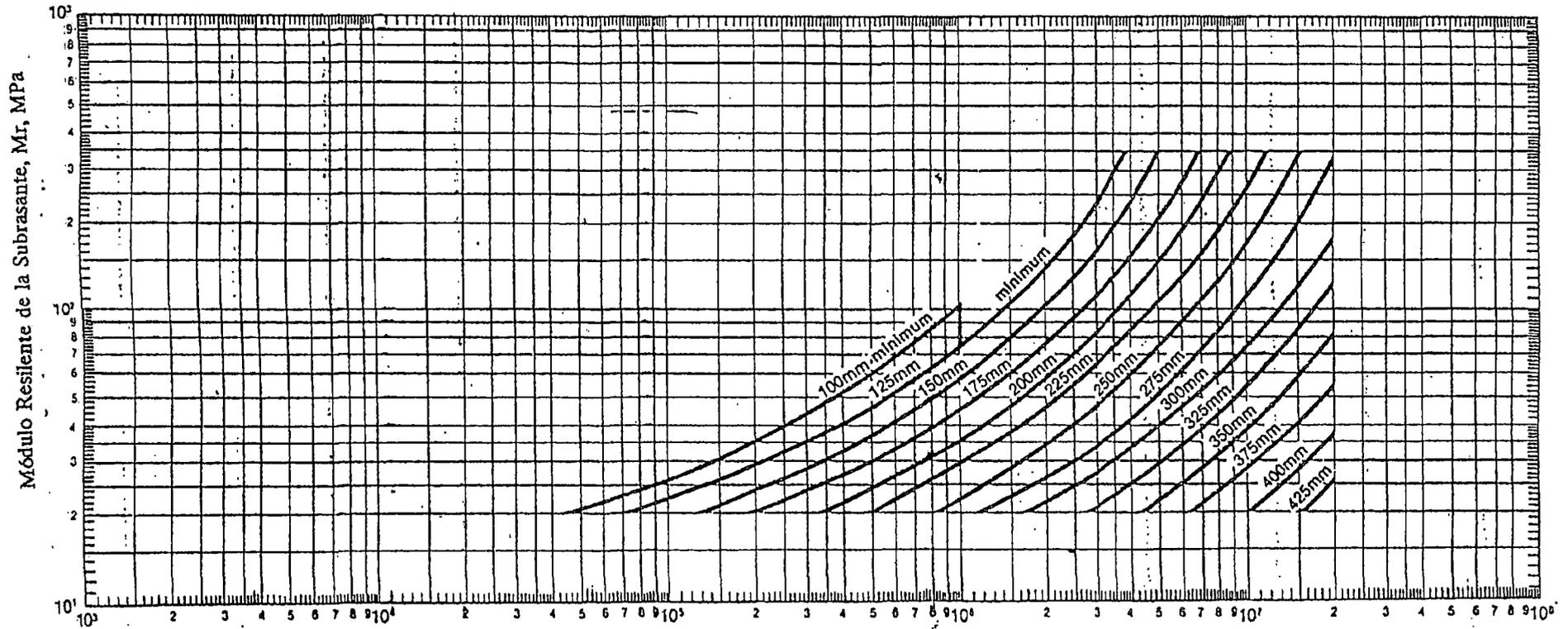
MAAT 24°C



Carta de Diseño A-17

Base de Agregados no Tratados de 300 mm de Espesor

MAAT 24°C



Carga por Eje Simple Equivalente a 80 kN (EAL)

Carta de Diseño A-18

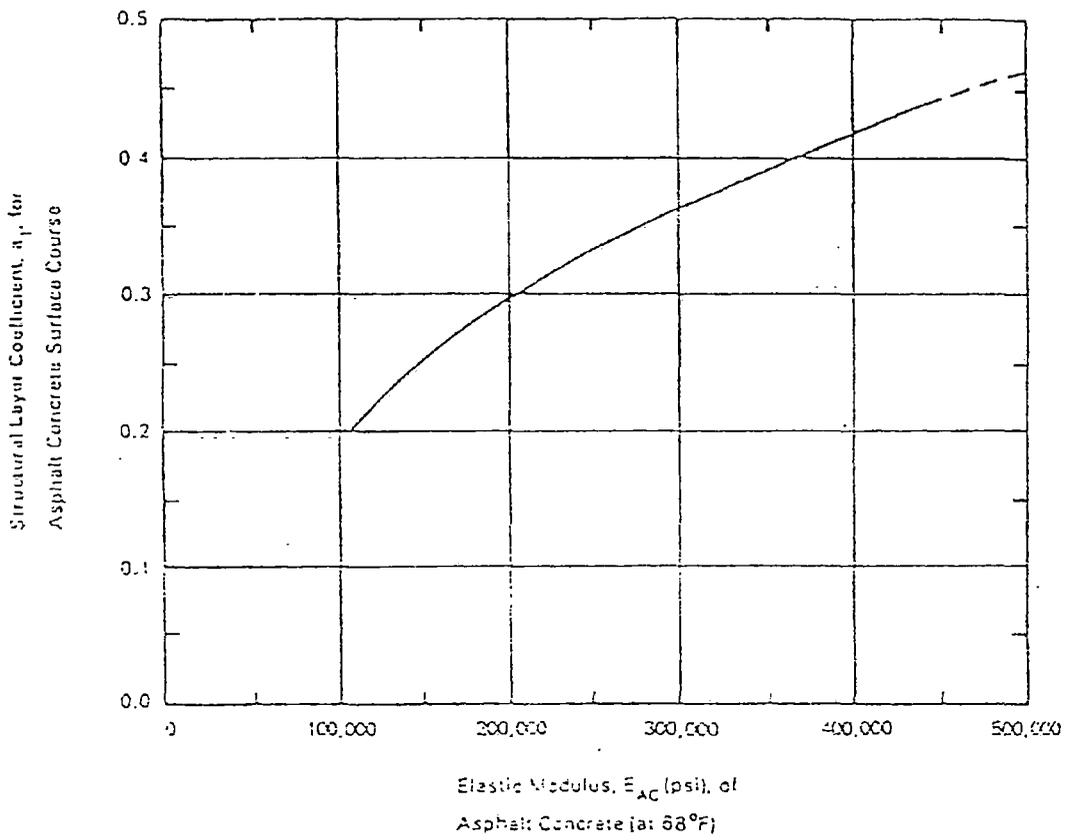
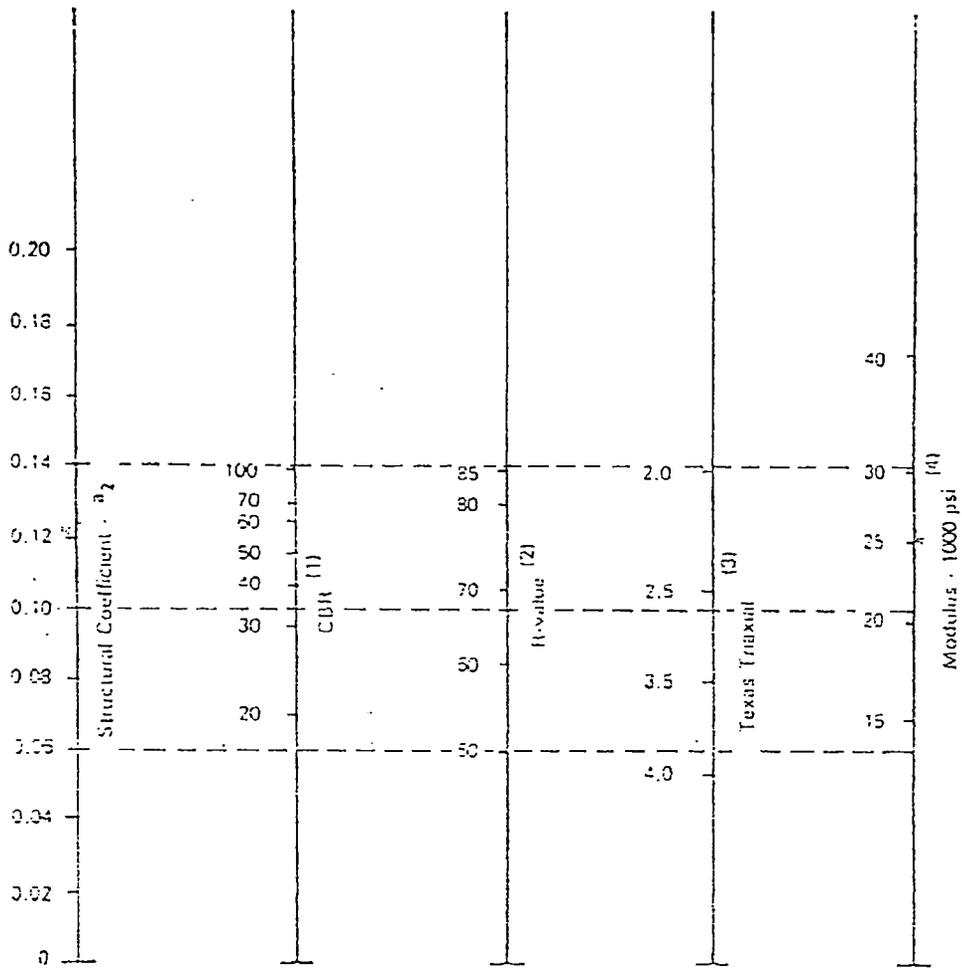


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)



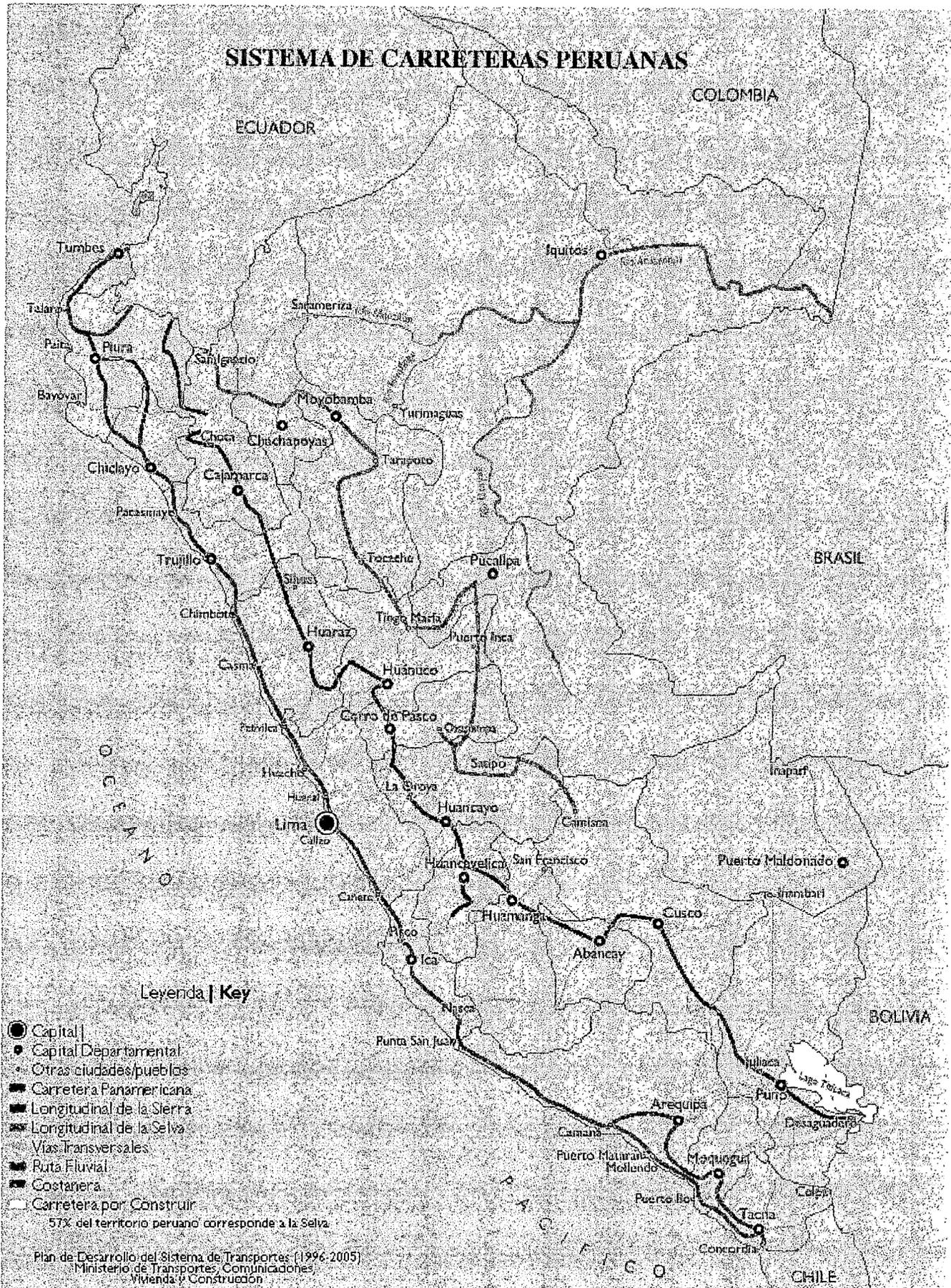
- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

4.6 PLANO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

4.7 PLANO RED VÍAL DEL PERÚ

SISTEMA DE CARRETERAS PERUANAS



Leyenda | Key

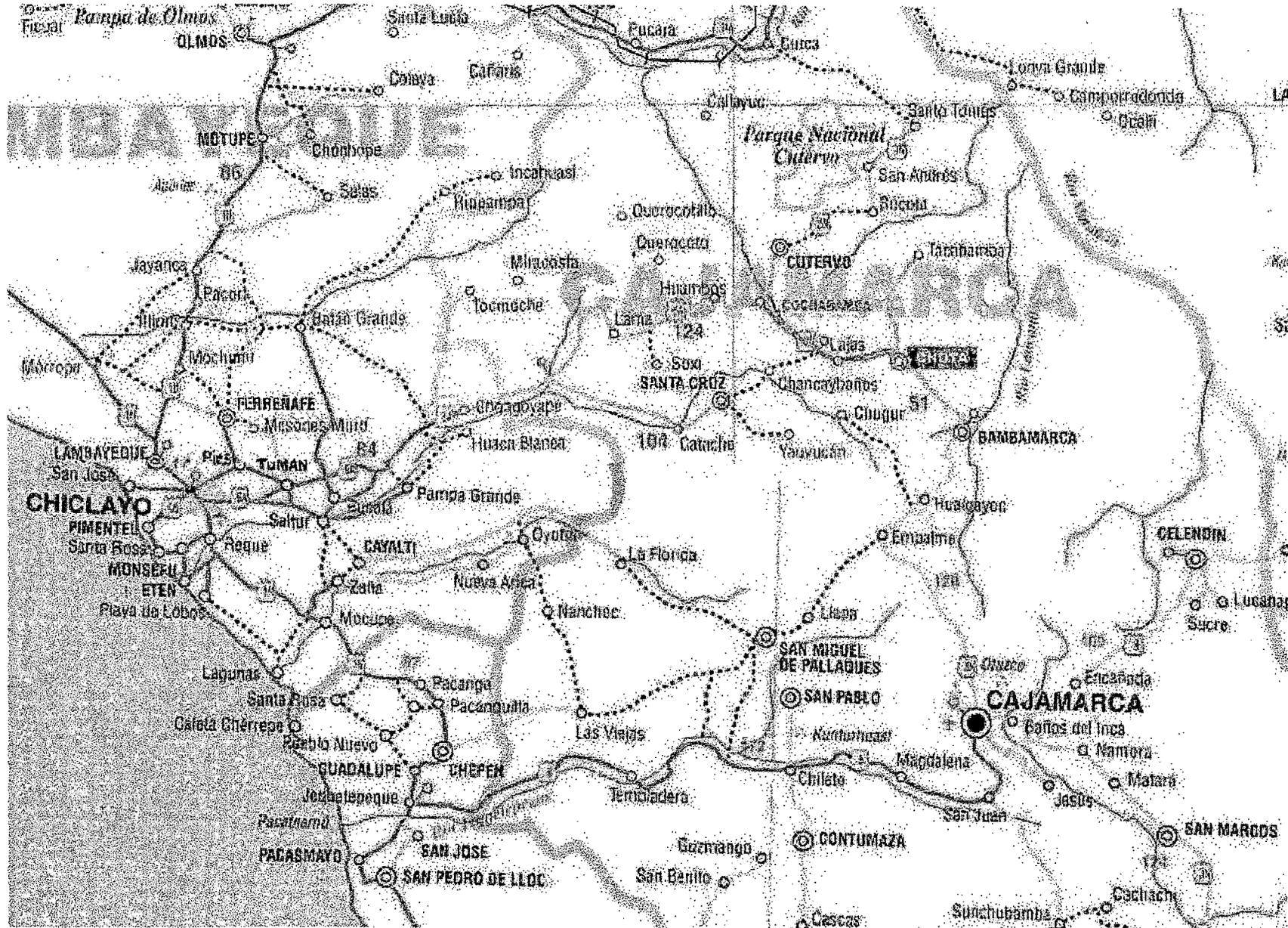
- Capital
- Capital Departamental
- Otras ciudades/pueblos
- Carretera Panamericana
- Longitudinal de la Sierra
- Longitudinal de la Selva
- Vías Transversales
- Ruta Fluvial
- Costanera
- Carretera por Construir

57% del territorio peruano corresponde a la Selva

Plan de Desarrollo del Sistema de Transportes (1996-2005)
 Ministerio de Transportes, Comunicaciones,
 Vivienda y Construcción

4.8 PLANO RED VIAL DE CAJAMARCA

PLANO VIAL DEPARTAMENTAL DE CAJAMARCA



4.9 PANEL FOTOGRÁFICO