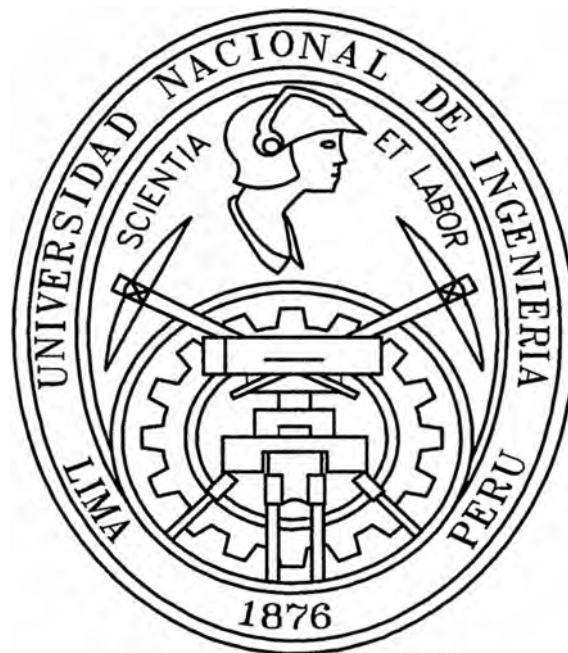


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil



**PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA
CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000
EVALUACIÓN GEOTECNICA CON FINES DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Oscar Manuel Martínez Moreno

Lima- Perú

2006

DEDICATORIA:

**A Dios, mis padres, mi esposa Patricia , mis hijas
Pamela y Alondra por su aliento a lograr mis metas
y objetivos en el campo profesional.**

INDICE

	Pag.
RESUMEN	04
INTRODUCCIÓN	07
CAPITULO I ANTECEDENTES	08
CAPITULO II ESTUDIO DE SUELOS	30
2.1 Metodología empleada	30
2.2 Trabajos de campo	30
2.3 Ensayos de Laboratorio	31
2.4 Perfil estratigráfico	32
2.5 Evaluación de resultados	34
CAPITULO III ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	36
3.1 Objetivo	36
3.2 Metodología empleada	36
3.3 Trabajos de campo	36
3.4 Ensayos de laboratorio	38
3.5 Descripción de la cantera propuesta	39
3.5.1 Cantera san Juan	39
3.5.2 Disponibilidad de uso de la cantera	40
3.6 Fuentes de Agua	41
3.7 Botadero	41
CAPITULO IV DISEÑO DE PAVIMENTOS	42
4.1 Introducción	42
4.2 Evaluación del Pavimento	42
4.2.1 Evaluación de suelos	43
4.3 Diseño del Pavimento	43
4.3.1 Método de Diseño AASHTO	43
4.3.2 Parámetros de diseño	48
4.3.3 Diseño AASHTO	52

CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	
Anexo 1.- Ensayos.	
Anexo 2.- Cuadros.	
Anexo 3.- Panel Fotográfico.	
Anexo 4.- Plano Perfil Estratigráfico.	

RESUMEN

Objetivo

- Conocer las características y condiciones de los suelos que forman las explanaciones y terreno de cimentación.
- Conocer las características y condiciones del suelo que forman el pavimento, llevando a cabo un trabajo previo de recopilación de información de estudios de rehabilitación, así como también un trabajo de exploración de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete.
- Conocer la estructura actual del pavimento.

Trabajos de Campo

- Se realizó un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio, así como la información existente de anteriores proyectos de rehabilitación.
- Se identificaron los diferentes estratos en cada una de las excavaciones (10) y se obtuvieron muestras que fueron llevadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas y mecánicas. Se extrajeron 05 muestras para la realización de ensayos CBR.

Ensayos y muestreo.- Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.

Características Físicas:

Análisis Granulométrico	ASTM C-136
Limites de Consistencia	ASTM D-4318
Contenido de humedad	ASTM D-2216

Características Mecánicas:

Compactación Proctor Modificado	ASTM D-1557
Relación Soporte California (C.B.R.)	ASTM D-1883

Subrasante.- En los cuadros 2.1 y 2.2 del anexo 2, se presentan el resumen de los resultados de ensayos de calicatas, C.B.R.

CANTERA SAN JUAN

Ubicación.-Se ubica al lado derecho de la progresiva 69+860 de la Carretera Central.

Accesibilidad.-El acceso se realiza a través de una trocha carrozable de 700 m. de longitud.

Evaluación.-Según información proporcionada fue evaluada con la excavación de 3 calicatas de hasta 3.00 m. de profundidad.

Los resultados de laboratorio obtenidos han permitido determinar que el material típico esta conformado por grava mal graduada (GP) de forma redondeada,

Disponibilidad.-Tiene una sección para explotación de 220 x 60 m. y una potencia de 2.7 m. con lo que se tiene un volumen disponible aproximado de 36000 m³.

Fuente de agua.-Se consideró la fuente de agua ubicado en el Km. 66+000 (Pte Surco).

Botadero.-Ubicado en el Km. 69+860 y accesibilidad de 700 m. al lado derecho es decir ,en la Cantera San Juan.

Perfil Estratigráfico.-Se midió las capas constituyentes del pavimento existente (base) y subrasante de acuerdo a la información existente de calicatas practicadas en proyectos de rehabilitación anteriores.

Evaluación y Homogenización.-Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular de características similares al de base pero de contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor.

El CBR determinado y la densidad in situ es variable.Las características y propiedades del suelo son similares.

Módulo Resilente de diseño.- Se calcula el MR de diseño en función de la homogenización del tramo, mediante el percentil aplicado a los resultados de

ensayo de CBR obtenidos de las calicatas representativas. Se obtiene para un grado de confianza del 95% el valor de Msr de diseño de 91.5 Mpa.

Diseño del Pavimento.- El tramo, evaluado por capacidad de soporte, fue diseñado por el método AASHTO, versión 1993, con tiempos de vida útil de diseño, igual a 10 y 20 años.

Se presentan las hojas de cálculo para diferentes evaluaciones AASHTO con insumos como tasa de crecimiento, tráfico, CBR entre otros, que dan lugar a estructuras recomendadas.

INTRODUCCION

El presente informe de Evaluación Geotécnica con fines de diseño de Pavimentos Flexibles , corresponde al proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Cocachacra-Matucana del Km. 63+000 al Km. 66+000, ubicado en el distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de transportes para mejorar el nivel de vida de la población en su área de influencia y por tratarse de una vía nacional que involucra importantes departamentos del país, se cree conveniente la implementación del Proyecto de Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera en mención.

Reseña los resultados obtenidos en el Estudio de Mecánica de Suelos para el diseño del Pavimento Flexible desde el Km. 63+000 al Km. 66+000 de la Carretera Cocachacra-Matucana.

CAPITULO I: ANTECEDENTES

1.1 Generalidades

- **Introducción**

Las características actuales de diseño geométrico responden a la velocidad directriz y la configuración de la topografía, que muchas veces condiciona o hace que no se cumplan las normas de diseño de carreteras para una determinada velocidad de diseño, afectándola en ciertos tramos de la vía. El incremento del volumen de tráfico y por la importancia de la vía en el sistema nacional, requiere que se mejore las características geométricas y de estructura del pavimento para incrementar la velocidad de tránsito, resistir el nuevo volumen de vehículos y reducir los tiempos de transporte y costos de operación vehicular.

Para efectos del cálculo de presupuesto del proyecto se consideró la instalación de una planta de asfalto y de agregados en cantera, no siendo necesaria para la longitud de este tramo (3 Km.).

- **Objetivos**

El proyecto para el Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana, del Km. 63+000 al Km. 66+000, tiene por objetivo elevar las condiciones de servicio de la carretera a través del mejoramiento de la geometría, de la estructura del pavimento, de la rehabilitación y diseño de estructuras de drenaje y de los dispositivos de señalización y seguridad vial.

Para este efecto, adecuando en lo posible a las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001-MTC para la nueva velocidad de diseño las características geométricas de la vía, el proyecto deberá comprender:

- Diseño geométrico de la vía adecuados a la nueva velocidad directriz para el nuevo trazo vial. Diseñar un pavimento de acuerdo a las exigencias de las cargas del tráfico circulante y proyectado, para una nueva vida de servicio.

- Mejoramiento de los dispositivos de señalización y seguridad vial.

- **Efectos**

Como consecuencia del mejoramiento de la carretera se espera obtener los efectos directos e indirectos siguientes:

Efectos directos

- Reducción de fletes debido a la utilización de vehículos de mayor tonelaje.
- Disminución de tiempos de recorrido de los vehículos.
- Menores costos de operación de los vehículos.
- Facilitar el turismo interno y receptivo.
- Integrar las diferentes zonas por donde cruza la ruta.

Efectos indirectos

- Mejorar la competitividad de productos de las zonas que hoy no pueden acceder a determinados mercados, debido a los elevados costos de transporte.
- Favorecer la productividad del área de influencia de la vía.

- **Ubicación del Proyecto**

La Provincia de Huarochirí, que comprende el presente proyecto, se encuentra ubicada en la parte central y oriental del Departamento de Lima, entre las coordenadas geográficas 11° 30' 00" y 12° 08' 00" de latitud Sur y 76° 12' 00" y 76° 15' 00" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Limita por el Norte con la Provincia de Canta, por el Sur con la Provincias de Yauyos y Cañete, por el Este con el Departamento de Junín y por el Oeste con Lima.

El territorio es de 5657.93 km², formada por 32 distritos, los cuales asientan en gran medida en terrenos abruptos, montañoso y con profundas quebradas.

La zona se halla localizada en la parte Occidental de la Cordillera de los Andes, abarcando la cuenca hidrográfica del río Rímac.

UBICACIÓN POLITICA

Distrito	Cocachacra, Matucana
Provincia	Huarocharí
Departamento:	Lima

1.2 Trazo y Diseño Vial

- Las características geométricas del tramo Cocachacra – Matucana (Km. 63+000 al Km. 66+000) corresponden a una Velocidad Directriz de 55 Km/h, con restricciones en zona de desarrollo. Se ha registrado 6 curvas con radios menores de 87.5m (Radio mínimo) de los cuales 5 son de volteo. En estos desarrollos las curvas de volteo tienen radios menores que restringen la velocidad debido a la combinación de pendiente y curva.
- Aun cuando hay un sector con desarrollo y curvas de volteo, curvas reversas con tangente intermedia corta, el trazo existente es aceptable y cumple con los requerimientos del tránsito pesado actual, en virtud que ya hubo rectificaciones y mejoramientos de eje en estudios anteriores.
- En síntesis, se mantiene la planimetría del trazo existente por las consideraciones expuestas. Se incorporan espirales de transición modificándose por lo tanto el trazo.

**Características Técnicas Tramo Cocachacra - Matucana
del Km. 63+000 al Km. 66+000**

- Inicio	- Km. 63+000
- Final	- Km. 66+000
- Longitud	- 3.0 Km.
- Velocidad Directriz	- 55 Km/hr con restricción en curvas de volteo Km. 64+900 – Km. 65+300.
- Ancho Rodamiento	- 7.20 m.
- Bermas	- En general sin bermas, salvo en zonas con viviendas y lavaderos de autos.
- Radio	- 87.5 m. (Mínimo) 25m. Excepcional, en curva de volteo
- N° de curvas horizontales	- 17 (5.7 curvas/Km.)
- Pendiente máxima	- 7.03 % en 406 m. (aceptable a 1,900 m. de altitud) Pendiente máxima permisible para altitudes menores a 3,000 m es P = 7 %
- Cuneta triangular revestida	- 1.00m x 0.40m.

1.3 Ingeniería de Tránsito

El estudio de tráfico está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico y repetición de ejes equivalentes para la evaluación económica y el diseño del pavimento.

- **Índice Medio Diario Anual:**

En el cuadro 1.1 se observa el IMDA calculado sobre la base de los datos de peaje es de 3,585 vehículos compuesto por 34% de vehículos ligeros, 12% de ómnibus y 54% de vehículos de transporte de carga.

Cuadro 1.1
TRÁFICO PROYECTADO

TRAMO COCACHACRA MATUCANA								
TASAS DE CRECIMIENTO	PERIODO	Veh. Lig	Omnibus	Camiones				
	2006-27	2.88%	2.64%	3.17%				
$F = P * (1 + r)^n$								
	2000	2006	2007	2008	2009	2017	2018	2027
	AÑO BASE	ESTUDIO	CONSTRUCCIÓN	AÑO 1 DE OPERACIÓN	AÑO 2	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 20
TRAFICO NORMAL								
AUTOS	635	753	775	797	820	1,029	1,059	1,367
PICK UP	312	370	380	391	402	505	520	671
C.R.	131	155	159	164	169	212	218	281
MICROS	130	155	159	164	168	211	218	281
BUS 2 EJES	298	348	357	367	376	464	476	602
BUS 3 EJES	133	155	159	164	168	207	212	268
CAMION 2 EJES	959	1,156	1,193	1,231	1,270	1,629	1,681	2,226
CAMION 3 EJES	370	446	460	474	489	628	648	858
CAMION 4 EJES	31	37	38	39	41	52	54	71
ARTICULADOS	587	708	731	754	778	998	1,029	1,363
TOTAL	3,585	4,282	4,411	4,544	4,681	5,935	6,114	7,988

- **Factores destructivos**

Los factores destructivos del pavimento ó ejes equivalentes a 8.2 toneladas se han determinado para un número estructural SN de 4 y una serviciabilidad final de 2.5.

- **Ejes Equivalentes a 8.2 Toneladas Acumulados (EAL)**

En el cuadro 1.2, con los factores destructivos del pavimento corregidos por presión de inflado de llantas, el IMDA y las tasas de crecimiento del tráfico halló la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

Cuadro 1.2
EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS

	Tasas de crecimiento		Pt = 2.5	NS = 4
	Bus	Camiones		
2006-27	2.64%	3.17%		
DIRECCIÓN A COCACHACRA				
VEHICULOS	IMDA-2000	FECV	r (%)	EAL-2027
BUS 2 EJES	298	2.56	2.64%	5378858
BUS 3 EJES	133	1.22	2.64%	1143170
TOTAL BUS	431			6522028
CAMION 2 EJES	959	0.46	3.17%	3357111
CAMION 3 EJES	370	1.33	3.17%	3741975
CAMION 4 EJES	31	1.97	3.17%	460725
ARTICULADOS	587	1.55	3.17%	6927334
TOTAL CAMION	1,947			14487145
DIRECCIÓN A MATUCANA				
VEHICULOS	IMDA-2000	FECV	r (%)	EAL-2027
BUS 2 EJES	298	2.63	2.64%	5525936
BUS 3 EJES	133	1.31	2.64%	1227503
TOTAL BUS	431			6753438
CAMION 2 EJES	959	1.04	3.17%	7589991
CAMION 3 EJES	370	2.11	3.17%	5936517
CAMION 4 EJES	31	2.05	3.17%	479434
ARTICULADOS	587	3.83	3.17%	17117218
TOTAL CAMION	1,947			31123160

PERIODO	EAL
2006-2027	21009173
	21.0 x 10 ^ 6

PERIODO	EAL
2006-2027	37876599
	37.9 x 10 ^ 6

1.4 Geología

Objetivos

- Evaluar los problemas geodinámicos y recomendar las medidas correctivas

- Identificar los problemas de estabilidad de taludes y fenómenos de geodinámica externa.

Metodología

- Revisión de información existente en los cuadrángulos geológicos a escala 1:100000 editados por el Instituto Geológico, minero y Metalúrgico; carta nacional a escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional.
- Trabajos de campo durante los cuales se realizaron análisis y observaciones relativas a los aspectos geológicos, geomorfológicos, estratigráficos y geodinámica externa.

- **Descripción del tramo**

La vía se desarrolla a media ladera, en la margen izquierda del río Rímac, observándose que entre el Km. 63+000 y Km. 64+400 se encuentra un talud de rocas granodioríticas, de aprox. 30 m. de altura y 50° de pendiente. La litología esta fuertemente meteorizada presentándose una matriz arenosa y bloques, el talud es estable.

Entre el Km. 64+400 y Km. 66+000 un talud bajo menor a 3m del depósito coluvial.

- **Marco Geológico**

Las unidades litológicas que afloran en el tramo son: Km. 63+000 al Km. 63+400 la formación Grupo Rímac (Ti-ri) con rocas del tipo brechas y tobas andesíticas, y entre Km. 63+400 al Km. 66+000 la formación Santa Rosa (T-togr) con rocas del tipo tonalita y granodiorita.

- **Geomorfología**

Este tramo se caracteriza por estar ubicado en un valle intermedio conformado por terrazas fluvio-aluvionales y pendientes abruptas de rocas intrusitas. El río en este sector presenta sectores sinuosos y los taludes disectados por quebradas que han sido identificadas en el estudio hidrológico.

- **Estabilidad de taludes**

Se ha previsto considerar trabajos de desquinche de los bloques inestables y limpieza los materiales desmoronados en la etapa de mantenimiento rutinario, ya que estos fenómenos que los generan son de baja intensidad en los lugares identificados dentro de nuestro tramo en estudio.

1.5 Geotecnia

El objeto del estudio de suelos es conocer las características y condiciones del suelo que forman el pavimento. Para tal fin se llevó a cabo un trabajo previo de recopilación de información de estudios de rehabilitación, así como también un trabajo de exploración de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete.

- **Ensayos y muestreo**

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.

- **Canteras, Fuentes de Agua y Botaderos**

Cantera San Juan

Ubicación

Se ubica al lado derecho de la progresiva 69+860 de la Carretera Central.

Accesibilidad:

El acceso se realiza a través de una trocha carrozable de 700 m. de longitud.

El material se clasifica como:

Sistema SUCS	Grava mal graduada (GP)
Sistema AASHTO	A-1-a (0)

Uso:

Para concretos asfálticos e hidráulicos, base granular, sub-base y rellenos.

Disponibilidad:

Grava	2520 m ³
-------	---------------------

Arena	5400 m ³
Material para chancar de 1" a 10"	17064 m ³

Fuente de Agua

Se consideró la fuente de agua ubicado en el Km. 66+000 (Pte. Surco), ya que en general la vía se ubica al margen izquierdo del río Rimac.

Botadero San Juan

Botadero se ubica en el Km. 69+860, es decir en la Cantera San Juan. Se ha previsto aprovechar las zonas ya explotadas, para el depósito y tratamiento de material excedente del producto de los trabajos de mejoramiento y rehabilitación.

- **Perfil estratigráfico**

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular de características similares al de base pero de contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base es variable predominando los valores entre 0.20 y 0.30m. El CBR determinado y la densidad in situ es variable de 11% a 57%.

En el plano adjunto al presente informe se observa las características del tipo de suelos de la subrasante y base.

- **Módulo Resiliente de Diseño**

Se obtuvo para un grado de confianza del 95% el valor de Msr de diseño de 91.5 Mpa

1.6 Diseño de Pavimentos

El proceso de la información de campo y de laboratorio, así como la inspección de zonas críticas en la carretera, han permitido establecer y adoptar la alternativa de solución más recomendable para la rehabilitación y mejoramiento del pavimento.

- **Evaluación del pavimento**

Los suelos que forman la estructura del pavimento están compuestos principalmente por gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular, considerándose de buena calidad de acuerdo a las propiedades evaluadas.

- La carpeta asfáltica presenta espesores considerables, entre 10 y 20 cm. en la mayor parte del sector, debido a los trabajos de rehabilitación que principalmente han consistido en la colocación de recapeos de 5 a 8 cm. de espesor.

- **Diseño del pavimento (Método AASHTO)**

El método de la American Association of State Highway and Transportación Officials (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cuál se calcula en función de: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza.

Para diseñar el refuerzo, para cada uno de los tres casos a desarrollar: 10 años, 20 años y refuerzo a los 10 años para un período adicional de 10 años, en primer lugar se debe encontrar el Número Estructural efectivo del pavimento existente. La diferencia entre el Número Estructural Total requerido (SN req) y el Número Estructural efectivo (SN eff), será el Número Estructural del refuerzo (SN ref).

- **Alternativa de Diseño**

Considerando una operación de fresado para la nivelación de la superficie asfáltica del pavimento y la colocación de una nueva carpeta asfáltica.

En la elaboración de esta alternativa ha primado fundamentalmente la necesidad de nivelar la superficie existente y colocar un espesor de capas asfálticas, por encima de la superficie existente, a fin de disminuir la probabilidad de aparición de las fisuras por reflejo en la nueva capa

proyectada. La necesidad de refuerzo por cuestiones estructurales ha pasado a un segundo plano es por ello que al cabo de 10 años solamente se requerirá refuerzo de 5 cm según los cálculos efectuados.

Diseño con Fresado (Fresado + capa nivelante + carpeta de rodadura)

- Fresado mecanizado de la superficie asfáltica para nivelación, con un espesor mínimo de 5 cm y una tolerancia de 0.5 cm. El espesor máximo a fresar no será mayor a 6 cm.
- Riego de liga sobre la superficie del pavimento completamente limpia.
- Colocación de una capa nivelante de espesor similar al asfalto eliminado por el fresado y una carpeta de rodadura.
- Colocación de la segunda capa asfáltica de 7.5 cm, con lo que se obtiene un espesor total de capa asfáltica mínimo igual a 12.5 cm (5 pulgadas), para mitigar la posibilidad de fisuras.

1.7 Drenaje

- Como metodología del estudio se procedió con los trabajos siguientes:
 - Identificación en el terreno, de quebradas y cauces importantes registrados en la cartografía 1: 25,000 y observación del cruce con la vías y sus características.
 - Evaluación del estado de las obras de arte, pontones, alcantarillas, cunetas, obras complementarias.
-
- **Alcantarillas**
En el tramo en estudio, se ha previsto el cambio de dos alcantarillas del tipo TMC \varnothing 24" y una del tipo arco por otras alcantarillas del tipo TMC \varnothing 36", mencionadas alcantarillas sirven para evacuar descargas de cuneta, el cambio involucra la colocación de cabezales de ingreso y salida, construcción de estructuras de ingreso a la salida con emboquillado de piedra.

Reparaciones menores y limpieza de estructura, cuya cuantificación figura en el cuadro resumen de cantidades de obra en alcantarillas. El resumen es como sigue:

- Alcantarilla nueva TMC 36" en las progresivas del Km. 64+109, Km. 65+134.80 y en el Km. 65+390, involucrando las estructuras de ingreso del tipo buzón y salida del tipo alero recto con emboquillado de piedra.
- Se han registrado 06 alcantarillas en las que hay que realizar trabajos tales como reparaciones, limpieza de estructura y del cauce.

- **Cunetas**

En cuanto a drenaje superficial se ha registrado los siguientes casos.

- Una zona que no tienen cunetas (Km. 65+770.5 – Km. 65+758.25), en la que se requiere dicha estructura.
- Para el efecto se ha identificado los sectores en que es necesario cuneta revestida triangular, indicando el intervalo entre progresivas y el lado que corresponde.
- Asimismo se ha previsto la colocación de losas en las cunetas existentes a ambos lados de la carretera, ubicada entre el tramo del Km. 64+800 al Km. 64+400, para mejorar la circulación vehicular en el tramo con curvas de desarrollo.

- **Muros**

En el Km. 64 + 670, ubicamos alcantarilla de concreto armado, que evacua las aguas y partículas de arrastre provenientes de las partes altas de la quebrada, a la cuenca del río Rimac,

Existe un muro de contención de concreto armado que brinda protección a la plataforma de la vía, que se encuentra a escasos metros del cauce del río, el distanciamiento es producto de la erosión originada por las corrientes del río en sus épocas de avenidas, razón por la cual surgió la necesidad de confinar

y estabilizar la base del muro existente, realizando los trabajos de construcción de un enrocado de piedra en toda la longitud del muro.

- **Relación de Obras de Arte a Ejecutar:**

**Cuadro 1.3.
Obras de arte a ejecutar**

TIPO DE TRABAJO	UBICACIÓN	
Alcantarilla TMC 36":	64+109 65+134 65+390	
Cunetas revestidas Tipo I:	63+814 63+960 64+542 65+758 64+950 64+800	63+937 (D) 64+043 (I) 64+659 (D) 65+771 (D) 65+390 (I) 65+135 (D)
Cunetas revestidas Tipo II:	64+950 64+800	65+390 (I) 65+135 (D)
Tapas de concreto para cunetas:	64+950 64+800	65+390 (I) 65+135 (D)
Emboquillado de piedra:	63+107 63+640 63+627 64+109 64+367 64+670 65+134 65+390	

Continua Cuadro 1.3

TIPO DE TRABAJO	UBICACION	
Limpieza de alcantarillas:	63+107 63+337 63+640 63+627 64+367 64+670	
Demolición de estructuras:	63+827 64+109 64+367 65+135 65+390 63+814 63+960 64+542 64+950 64+800	63+937 (D) 64+043 (I) 64+659 (D) 65+390 (I) 65+135 (D)
Gaviones:	64+640	64+700
Enrocado:	64+640	64+700

1.8 Impacto Ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental, tiene como objetivo identificar, predecir, interpretar, evaluar y comunicar los probables impactos ambientales que se originarían en las etapas de construcción y operación de la carretera Cocachacra – Matucana, tramo: Km. 63+000 al Km. 66+000 a fin de implementar las medidas de mitigación que eviten, rechacen y/o minimicen los impactos ambientales negativos; y en el caso de los impactos positivos, implementar las medidas que refuercen los beneficios generados por la ejecución de este proyecto.

- Para la elaboración del estudio se ha seguido los lineamientos planteados en el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías, publicado por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, y además Guía de Costos Ambientales y Guía

de Informe de Supervisión Ambiental elaborados por la Unidad Especializada de Impacto Ambiental del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

- **Impacto Ambiental en la Etapa de la Rehabilitación**
 - Durante esta etapa se presentarán algunos impactos negativos, siendo
 - estos entre otros los siguientes:
 - La calidad del aire se verá afectada por los residuos de combustión incompleta de hidrocarburos debido al constante tránsito de vehículos, maquinaria pesada, compresoras y otros, además de partículas en suspensión debido a movimientos de tierra, explotación de canteras, etc.
 - Pérdida de suelos debido a la construcción de trochas y vías de acceso, explotación de canteras, implementación de botaderos, aumento de erosión en áreas de corte de talud por pérdida de cobertura vegetal.
 - Pérdida de calidad de agua por agentes contaminantes como, combustible, lubricantes y finos de cobertura vegetal.
 - Destrucción directa de flora y fauna.
 - Cambios en los procesos migratorios, alteraciones en la accesibilidad y modificación y sistema de vida tradicional de las comunidades.

- **Impacto Ambiental en la Etapa de la Vida Útil de la Vía**

En la segunda etapa de operación y vida útil de la vía se deberá concretar las mejoras en el servicio tales como una mayor comodidad y seguridad para el usuario, prolongación de la vida útil de la flota vehicular como consecuencia directa de las considerables reducciones en el consumo de combustible y el tiempo de viaje y una adecuada señalización vial, lo que conllevaría a un incremento del turismo respectivo.

- **Medidas de Mitigación en la Etapa de Construcción del Proyecto**

Las medidas de mitigación de los impactos negativos en la etapa de construcción que se deberán implementar, se presentan a continuación:

Las medidas de mitigación de los impactos negativos en la etapa de construcción que se deberán implementar, se presentan a continuación:

- Apoyo de los Organismos del Estado. Protección de las laderas contra la erosión mediante un plan de reforestación.
 - Construcción y manejo de campamento. Racionalizar el uso de espacios destinados a las construcciones provisionales
 - Manejo de lubricantes y aceites. Se han hecho recomendaciones con la finalidad de evitar el vertido de aceites y grasas durante la limpieza de motores.
 - Mantenimiento de Canteras.
 - Guardar la capa superficial de material orgánico retirado de las canteras, para que al final de la obra, pueda volver a cubrirse la cantera con dicho material para facilitar la regeneración de la vegetación, en las canteras que tengan cubierta vegetal.
 - En las canteras de playa de río, la explotación deberá ser controlada, evitando abrir nuevos cauces, respetando la morfología original.
 - Protección de Taludes.
 - Control de ruidos.
 - Cuidado en el transporte de materiales
 - Protección de Flora y Fauna.
 - Programa de reforestación.
 - Uso de la mano de obra local (de la zona de trabajo).
 - Utilización del Programa de Educación Ambiental.
 - Acciones compensatorias con la propiedad afectada de terceros.
 - Ubicación de planta de asfalto según requisitos especificados. La instalación de la planta de asfalto deberá cumplir con los requisitos especificados en el estudio de Impacto Ambiental.
-
- **Medidas de Mitigación en la Etapa de la Vida Útil de la Vía.**
 - Las medidas de carácter técnico y normativo a implementarse son:
 - Ejecutar tareas de mantenimiento rutinario y de emergencia, al término de los cuales llevar a botaderos el material excedente del mantenimiento y hacer limpieza protegiendo la flora y fauna.

- El MTC en convenio con la Policía de Control de Carreteras deberá realizar campañas de educación vial con los usuarios. Asimismo tomar acciones conjuntas para evitar altas velocidades, sobrecarga de los vehículos, el transporte de sustancias peligrosas sin la debida seguridad, En conclusión:
- El proyecto de rehabilitación contempla un aumento de tráfico tanto de pasajeros y carga permitiendo la comodidad y seguridad para los usuarios con una considerable reducción de tiempo de viaje y consumo de combustible.
- El medio ambiente del área de influencia directa e indirecta del proyecto, en la actualidad presenta efectos ambientales negativos, por lo que se deberá minimizar los impactos en la etapa de rehabilitación, maximizando los impactos positivos.
- El sector productivo agropecuario será beneficiada con la disminución del tiempo de transporte y consumo de combustible que tenderá a reducir los costos y consecuentemente los precios del producto en los centros de consumo.

1.9 Evaluación Económica

Los resultados de la evaluación, se obtienen al comparar los flujos de costos de la situación “sin proyecto” con los flujos de costos de la situación “con proyecto”. El grado de rentabilidad del proyecto, es medido mediante los indicadores Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Relación Beneficio / Costo (B/C).

- **Beneficios y Rentabilidad**

El análisis de rentabilidad ha considerado una alternativa “con proyecto” (Alternativa 1) en función al ahorro por costos de operación vehicular. Los resultados nos muestran que la alternativa es rentable.

El cuadro 1.4., muestra los resultados de cada una de las Alternativas .

Cuadro 1.4.
Indicadores Económicos de Rentabilidad

Alternativa según Política de mantenimiento	Superficie Actual	Superficie Con Proyecto	Longitud Km.	TIR %	VAN (mill \$/.)
Alternativa 1	Pavimentada	Pavimentada	21.3	60.70	59.29

*Elaboración Propia

- **Análisis de Sensibilidad**

Alternativas de Sensibilidad

Con la finalidad de prever situaciones de riesgo en la inversión, se realizaron simulaciones afectando algunas de las variables que intervienen en el cálculo de la rentabilidad.

Resultados del Análisis de Sensibilidad

Aplicando los criterios asumidos, en cada uno de los casos de sensibilidad, a la mejor alternativa de rentabilidad (Alternativa 1), se obtienen los resultados que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 1.5.
Análisis de Sensibilidad

%	TIR	
	COV	COSTOS
0	60.70	60.70
10	54.90	55.40
20	49.20	51.10
30	43.40	47.40
40	37.60	44.20
50	31.70	41.40
60	25.80	39.00
70	19.50	36.90

Los resultados se muestran para la alternativa seleccionada, así tenemos que los resultados del TIR es más sensible a una reducción de los COV que un incremento en el costo total de la obra, se puede notar en la tabla adjunta. Si por ejemplo, reducimos al 10% los COV se tiene un TIR del 54.90, y si aumentamos los costos en 10% el TIR cae al 55.40% respectivamente. Como se observa las variaciones en los costos y COV menores al 50% no impiden que el proyecto sea rentable económicamente.

Por lo tanto:

La evaluación económica y el análisis de sensibilidad, nos muestran que el proyecto de rehabilitación del Tramo: Cocachacra - Matucana, es rentable,

TIR : 60.70%;
VAN : S/ 59.29 millones

1.10 Presupuesto de Obra

El presupuesto de obra con precios unitarios referidos al mes de Marzo del 2006, asciende a la suma de S/. 3,679,477.86, sin IGV y cuyo detalle por partida genérica son las que se indican a continuación:

Cuadro 1.6.

PRESUPUESTO DE OBRA

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial (S/.)
01	OBRAS PRELIMINARES				228,451.99
01.01	Moviliz. y Desmoviliz. de Equipos	Glb.	1.00	109,784.80	109,784.80
01.02	Mantenim. Vial y de tránsito durante la construcción	Glb.	1.00	110,054.14	110,054.14
01.03	Accesos a canteras, botaderos, plantas de proceso y fuente de agua, sin explosiv.	KM.	1.50	5,742.03	8,613.05
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				52,433.10
02.01	Excav. no clasificada para explanaciones	m3.	3,424.24	8.58	29,379.98
02.02	Remoción de derrumbes sin transporte	m3.	815.60	4.55	3,710.98
02.03	Relleno con material de préstamo	m3.	545.83	33.20	18,121.56
02.04	Perfilado y compactado en zona de corte	m2.	916.20	1.00	916.20
02.05	Demolición de carpeta asfáltica	m2.	25.60	11.89	304.38

Continua Cuadro 1.6.

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial (S/.)
03	SUB-BASE Y BASE				30,290.73
03.01	Conformación de subrasante	m2.	916.20	1.06	971.17
03.02	Base granular	m3.	916.20	32.01	29,327.56
04	PAVIMENTOS				1,143,238.64
04.01	Fresado de carpeta existente, e =0.05m	m2.	21,600.00	0.54	11,664.00
04.02	Imprimación asfáltica	m2.	916.20	0.39	357.32
04.03	Riego de Liga	m2.	22,516.20	0.36	8,105.83
04.04	Pavimento de concreto asfáltico	m3.	5,368.07	75.15	403,410.46
04.05	Cemento Asfáltico PEN 85/100	Gln.	227,606.27	2.94	669,162.43
04.06	Asfalto Líquido MC-30	Gln.	366.48	3.46	1,268.02
04.07	Asfalto Líquido RC-250	Gln.	2,811.89	3.37	9,476.07
04.08	Filler o relleno mineral	Kg.	231,417.61	0.16	37,026.82
04.09	Mejorador de Adherencia	Kg.	17,298.08	0.16	2,767.69
05	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				529,109.26
05.01	Excav. no clasificada para estructuras	m3.	1,857.43	4.09	7,596.89
05.02	Relleno para estructuras	m3.	94.06	33.20	3,122.79
05.03	Concreto f'c= 210 kg/cm2	m3.	44.12	233.85	10,317.46
05.04	Encofrado y desencofrado en seco	m2.	59.93	53.54	3,208.65
05.05	Alcantarilla tipo TMC, diam= 36"	m.	28.00	281.58	7,884.24
05.06	Cunetas revest. Triang. 0.40x1.00m - Tipo I	m.	335.25	73.65	24,691.16
05.07	Cunetas revest. Triang. 0.40x1.00m - tipo II	m.	775.00	93.76	72,664.00
05.08	Tapas de concreto para cuneta	m.	775.00	199.63	154,713.25
05.09	Emboquillado de piedra para, e= 0.20m	m2.	52.50	52.78	2,770.95
05.10	Limpieza de alcantarillas para diam h<=48"	Und.	5.00	157.96	789.80
05.11	Limpieza de alcantarillas para diam h>48"	m3.	1.00	54.38	54.38
05.12	Demolición de estructuras existentes	m3.	175.88	98.67	17,354.08
05.13	Gaviones tipo caja	m3.	720.00	125.90	90,648.00
05.14	Enrocados	m3.	1,134.80	117.46	133,293.61
06	TRANSPORTE PAGADO				208,433.78
06.01	Material proveniente de cantera para d <= 1 Km.	m3.	3,465.06	4.99	17,290.65
06.02	Mat. proveniente de cantera para d > 1 Km.	m3.	17,481.86	1.06	18,530.77
06.03	Mezcla Asfáltica para d <= 1 Km.	m3.	5,368.08	4.42	23,726.91
06.04	Mezcla Asfáltica para d > 1 Km.	m3.	27,162.45	1.14	30,965.19
06.05	Elimin. de mat. a botadero para d <= 1 Km.	m3.	7,354.43	6.11	44,935.57
06.06	Elimin. de mat. a botadero para d > 1 Km.	m3.	37,213.42	1.09	40,562.63
06.07	Elimin. de mat. proveniente de derrumbes para d<=1km	m3.	2,446.80	7.28	17,812.70
06.08	Elimin. de mat. proveniente de derrumbes para d > 1km	m3.	12,380.81	1.18	14,609.36

Continúa cuadro 1.6.

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial (S/.)
07	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				36,356.07
07.01	Señales preventivas completas	Und.	1.00	510.15	510.15
07.02	Señales preventivas, paneles	Und.	1.00	349.24	349.24
07.03	Señales reglamentarias completas	Und.	3.00	462.52	1,387.56
07.04	Marcas permanentes en el pavimento	m2.	441.30	13.30	5,869.29
07.05	Tachas bidireccionales retroreflectantes	Und.	759.00	14.22	10,792.98
07.06	Guardavías (incluye terminal y capta faros)	m.	20.00	166.46	3,329.20
07.07	Remoc. de señales existentes, sin transporte	Und.	2.00	18.74	37.48
07.08	Pintado de Guardavías existentes	m2.	350.00	16.88	5,908.00
07.09	Pintado de parapetos en muros y alcant.	m2.	447.79	18.25	8,172.17
08	PROTECCION AMBIENTAL				342,123.37
08.01	Acond. de exced. en zonas de botadero	m3.	59,395.46	4.84	287,474.03
08.02	Recuperación ambiental de áreas afectadas: limpieza y restauración de canteras y zonas de proceso	m2.	49,700.00	0.86	42,742.00
08.03	Poste delimitador de derecho de vía	Und.	74.00	160.91	11,907.34
	COSTO DIRECTO				2,570,444.94
	GASTOS GENERALES FIJOS (15.19164577 % C.D.)				390,492.89
	GASTOS GENERALES VARIABLES (17.95391657 % C.D.)				461,495.54
	UTILIDADES (10.00 % C.D.)				257,044.49
					=====
	SUBTOTAL				3,679,477.86
	I.G.V. (19.00% ST)				699,100.79
					=====
	TOTAL PRESUPUESTO				4,378,578.65

1.11 Cronograma de Obra

El cronograma de obra ha sido formulado para un plazo de ejecución de obra de 45 días calendario (1.5 meses),

Cuadro 1.7.

Equipo Mínimo:

EQUIPO	UNIDAD
CALENTADOR DE ACEITE 48-S 5 HP	1
CAMION IMPRIMADOR 6x2 1800 GL 178-210 HP	1
CARGADOR S/LLANTAS 100-115 Hp 2.00-2.35 Yd3	2
CARGADOR S/LLANTAS 200-250 Hp 4.00-4.10 Yd3	1

continua cuadro 1.7

EQUIPO	UNIDAD
CHANCADORA PRI-SEC. (inc. 5 fajas) 46-70 tn/h	1
CISTERNA 4x2 (AGUA) 2000 GL 145-165 HP	1
COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	8
COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM 76 HP	5
COMPRESORA NEUMATICA 600-690 PCM 196 HP	1
EQUIPO DE SOLDADURA 225 Amp. (completo)	1
FRESADORA 500 HP	1
GRUA AUTOPROPULSADA 127 HP	1
FAJA TRANSPORTADORA 18"x40' M.E.3 Kw. 150 Tn/Hr	2
GRUPO ELECTROGENO 50 Kw.	1
GRUPO ELECTROGENO 90 Kw.	1
GRUPO ELECTROGENO 150 Kw.	1
MAQUINA PARA PINTAR MARCAS EN EL PAVIMENTO	1
MARTILLO NEUMATICO 29 KG	10
MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TAMBOR 11 P3	3
MOTONIVELADORA 125 HP	1
PAVIMENTADORA S/ORUGAS 69 HP	1
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60-115 Ton/hr	1
RETROEXCAVADORA S/ORUGAS 80-110 HP 0.5-1.3 yd3	1
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 70-100 HP 7-9 Tn	1
RODILLO NEUMATICO AUTOP. 81-100 HP 5.5-20 Tn	1
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOP. 58-70 HP 8-10 Tn	1
SECADOR DE ARIDOS 65-115 Ton/hr	1
TRACTOR DE TIRO 80 HP	1
TRACTOR S/ORUGAS 190-240 HP	3
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5 P	3
VOLQUETE 15 M3	3
ZARANDA VIBRATORIA 4"x6"x15 15 HP	2

CAPITULO II: ESTUDIO DE SUELOS

2.1 Metodología empleada

Para el estudio suelos se realizaron trabajos de exploración de campo como la excavación de calicatas, extracción de muestras representativas de los estratos y determinación de características físicas de los materiales, lo cual permitió describir el tipo de suelo predominante, realizar ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas requeridas para clasificar correctamente los suelos y realizar el análisis de capacidad de soporte del terreno y diseño del pavimento.

2.2 Trabajos de campo

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo que compone la subrasante y pavimento existente del tramo en estudio, se realizó un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en laboratorio.

Los trabajos de campo realizados fueron los siguientes:

Reconocimiento del área y exploración del terreno natural existente mediante excavaciones manuales a cielo abierto o calicatas hasta una profundidad de 1.50m o hasta encontrar imposibilidad de un mayor avance debido a la presencia de la napa freática, la existencia de suelos cementados o mantos rocosos. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 10 calicatas de 1.50 m de profundidad, ubicadas aproximadamente a 1.50 m. del borde de la superficie de rodadura . En el cuadro Resumen de Ensayos de suelos (Cuadro 2.1) presentan los registros de excavación de estas calicatas.

Se identificaron los diferentes estratos en cada una de las excavaciones y se obtuvieron muestras disturbadas representativas que fueron llevadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas. Se obtuvieron un total de 10 muestras representativas disturbadas de las calicatas para ensayos de clasificación y se 05 muestras para la realización de ensayos CBR.

Se determinó la densidad de campo de la subrasante en 06 puntos del tramo (Km. 63+000 al Km. 66+000).

Para confirmar espesores y principalmente examinar las fisuras existentes, se extrajeron núcleos de carpeta en todo el tramo del presente informe.

En el **cuadro 2.2** se muestra un resumen de las excavaciones basándose en los resultados de las prospecciones geotécnicas realizadas.

2.3 Ensayos de Laboratorio

Con las muestras de suelo que se obtuvieron de las excavaciones se realizaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, estándar y de compactación, con los cuales se identificaron los suelos y se determinaron sus propiedades de capacidad de soporte.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los ensayos estándar realizados fueron:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM C - 136
Limite Líquido y Limite Plástico	ASTM D - 4318
Contenido de Humedad	ASTM D - 2216

Estos ensayos fueron necesarios para clasificar los suelos según el sistema SUCS (ASTM D-2487) y el sistema AASHTO.

Los ensayos de compactación, consistieron en:

Proctor Modificado	ASTM D-1557
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	ASTM D-1883

Se tomaron valores porcentuales de C.B.R. para 100% y 95% de la máxima densidad seca para cada material, determinándose además, de

la misma curva densidad-CBR, el valor de soporte correspondiente a la densidad de campo.

2.4 Perfil estratigráfico

Con la finalidad de preparar el perfil estratigráfico se hizo la medición de las capas constituyentes del pavimento existente y del suelo de subrasante con los resultados siguientes:

Carpeta asfáltica

Espesor variable (10 a 15 cm), se identifican dos tramos principales con espesor Km. 63+000 a 66+000 con espesor de 15 cm, excepto el subtramo del Km. 65+500 al 66+000 donde el espesor alcanza 10 cm.

Base granular

Espesor que varia de 15 a 40 cm predominando los valores entre 20 y 30 cm.

Sub-base

No fue detectada en ninguna de las calicatas exploradas, por lo que para el análisis se considera que el pavimento esta conformado solo por carpeta y base.

Los ensayos de laboratorio permitieron clasificar correctamente los suelos existentes y, en el caso de la subrasante, determinar su condición de compactación y de capacidad de soporte, con los resultados mostrados en los cuadros 2.1 y 2.2.

En general los suelos que integran el pavimento y subrasante están formados por material granular, gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, encontrándose en zonas aisladas arenas con finos de baja plasticidad.

Características particulares

Las características particulares de cada capa son las siguientes:

Carpeta

De acuerdo a la inspección visual realizada en calicatas , en la mayor parte del tramo la carpeta existente esta formada por dos capas producto de los recapeos realizados con anterioridad, (de 5 a 8 cm de espesor cada una). La capa situada en la parte inferior presenta características de binder.

Aunque la primera capa, acusa desintegración incipiente en la zona de liga con la segunda capa al momento de la extracción, seguramente por la menor estabilidad de esta capa. La mezcla asfáltica de la capa superficial en general presenta buenas características, observándose que desde el Km. 63+000 al Km. 66+000 (7 núcleos), las fisuras afectan solamente la capa superior de carpeta y ocasionalmente el espesor completo. Las fisuras analizadas en su mayoría son tipo en bloque y transversales.

Base granular

Formada predominantemente por gravas limo-arcillosas bien y mal graduadas de forma angular a subangular, y zonas aisladas con presencia de arena limo-arcillosa, predominando los Suelos con clasificación GP-GM y GW-GM.

El contenido de arena varia de 11% a 41% con promedio de 25% y el contenido de finos de 3% a 18% con promedio de 8%. El límite líquido varia de 12% a 24% con promedio de 19%, índice plástico de 2% a 7% con promedio de 4% y humedad natural de 2% a 8% con promedio de 4%.

Subrasante

Formada por material granular de forma angular a subangular, gravas limosas y arcillosas predominantemente con contenido de arena entre 12% y 60% con promedio de 28% y contenido de finos de 2% a 18% con promedio de 8%. El limite liquido varia de 14% a 34% con promedio de 21%, índice plástico de 1% a 7% con promedio de 4. El grado de compactación de esta capa varia de 89 a 95 % con promedio de 93% y CBR de 11 a 57% predominando los valores superiores a 20% con

promedio de 34%, el resto de los valores es superior a 17%. La humedad óptima de compactación varió de 5.3 a 7.5% con promedio de 6.5% y la humedad natural de 2 a 11% con promedio de 5%.

En el **cuadro 2.1** se presenta el resumen de resultados de ensayos estándar y en el **PLANO ESTRATIGRAFICO** se muestra el perfil estratigráfico donde se indican estos resultados.

En la tabla **cuadro 2.2** se muestra un resumen con los resultados de densidades secas máximas, grado de compactación y CBR de la subrasante.

En el **Anexo N° 01** se presentan los reportes de ensayos de laboratorio.

2.5 Evaluación de resultados

De lo tratado anteriormente puede comentarse que los suelos que forman la estructura de pavimento esta formada básicamente por carpeta y base, sin que se haya detectado capa sub-base.

La carpeta presenta espesores considerables, hasta de 20 cm, debido a los trabajos de rehabilitación que principalmente han consistido en la colocación de recapeos de 5 a 8 cm de espesor. en este tramo (Km. 63+000 al Km. 66+000) afectan solamente la capa superior y ocasionalmente el espesor completo.

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular de características similares al de base, pero con contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base es variable predominando los valores entre 20 y 30 cm.

El grado de compactación de la subrasante es de 93 % en promedio por lo que se considera un poco baja.

El CBR determinado a la densidad del lugar es muy variable, de 18% a 56%; sin embargo, estos valores se consideran representativos de una subrasante de buena calidad, proporcionando un soporte adecuado al pavimento.

De acuerdo a las características de los suelos que integran la estructura del camino se delimitaron zonas basándose en el tipo de material existente y al espesor de las capas del pavimento, debiendo señalar que las propiedades de los suelos son muy similares, registrando en general contenido de finos y plasticidad bajos; sin embargo, debido a que el tramo en estudio presenta zonas con daños severos, se intentó zonificar para encontrar una posible relación con las fallas existentes, obteniéndose los siguientes resultados:

Base granular:

Del Km. al Km.

63+000	63+500	Grava limosa mal graduada, (GP-GM).
63+500	64+500	Grava limosa bien graduada, (GW-GM).
64+500	66+000	Gravas limosas y arcillosas mal graduada.

Subrasante

Del Km. al Km.

63+000	64+200	Grava limosa mal graduada, (GP-GM).
64+200	66+000	Gravas limpias y limosas, (GP y GM).

La zonificación de acuerdo al espesor de las capas de pavimento esta regida principalmente por la variación en el espesor de la carpeta y secciones predominantes.

Del Km.	Al Km.	LONG Km.	CARPETA cm.	BASE cm.
63+000	65+400	2.4	15	20
65+400	66+000	0.6	10	35

En el cuadro anterior puede apreciarse que los espesores de pavimento son variables, debido principalmente a los distintos tratamientos que se aplicaron al efectuar las rehabilitaciones anteriores.

CAPITULO III ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

3.1 Objetivo

Ubicar, identificar y clasificar el material de préstamo a utilizarse en la conformación de la estructura del pavimento y obras menores de concreto para el Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Cocachacra-Matucana (Km. 63+000-Km. 66+000) La finalidad de definir los bancos de material de préstamo se realiza para detectar volúmenes alcanzables y explotables, que satisfagan la demanda del Proyecto y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas, de igual modo las fuentes de agua.

3.2 Metodología empleada

Mediante un reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto se identificó la existencia de materiales disponibles y se realizó un programa de exploración de campo.

El estudio de canteras consistió en la excavación de calicatas y extracción de muestras representativas, permitiendo estimar el volumen existente y definir el tipo de suelo predominante. Por medio de ensayos de laboratorio se determinaron las características físico-mecánicas de los materiales que serán usados en las diferentes etapas del Proyecto: Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Cocachacra-Matucana del Km. 63+000 al Km. 66+000, proponiendo su utilización de acuerdo a los resultados obtenidos, ya sea para ser usados como material de relleno, para subrasante, base, sub-base, agregados para asfalto y concreto.

3.3 Trabajos de campo

En cada una de las canteras se realizaron excavaciones de calicatas obteniendo el perfil estratigráfico y muestras representativas para los ensayos respectivos de laboratorio.

La evaluación de los materiales, se ha realizado considerando que el material útil será de tamaño menor ó igual a 2"; en consecuencia, se ha

determinado el valor cuantitativo del volumen de material mayor de 2", así como también, el tamaño máximo del material presentado en la cantera.

La clasificación de fragmentos gruesos se realizó mediante una selección manual de los materiales correspondientes a bolones, cantos y del material menor de 2", obteniéndose una distribución cuantitativa; esta información ha servido para estimar la curva de la muestra integral y en consecuencia determinar el valor de la eficiencia de cada uno de los materiales disponibles de la Cantera a usar.

La clasificación del material menor de 2" de diámetro, se ha determinado realizando el análisis granulométrico en muestras alteradas representativas de cada cantera.

La descripción del perfil estratigráfico se ha hecho de acuerdo con las normas ASTM D-2488 y su terminología esta en función de la distribución de los materiales granulares de las mezclas: bolones, cantos, gravas, arenas y finos.

La inspección de campo se realizó el mes de Enero del 2006, en donde se ubicó la Cantera San Juan dentro del área del proyecto. Los trabajos de exploración de campo fueron realizados en Febrero del 2006. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 03 calicatas de 2.5 a 3.0 m. de profundidad. Se obtuvieron muestras representativas disturbadas de la cantera propuesta para sus respectivos ensayos de laboratorio.

En el **cuadro 3.1.** se resume las excavaciones realizadas en cada cantera.

Cuadro 3.1.

RESUMEN DE LAS EXCAVACIONES EN LAS CANTERAS

Cantera	Prog. (Km.)	Calicata N°	Prof. (m.)
SAN JUAN		C-1	2.50
	69+860	C-2	3.00
		C-3	2.60

En la **Figura 3.1** se muestra la ubicación de canteras, Fuentes de agua y Botadero que serán usadas para el Proyecto Mejoramiento de la Carretera Cocachacra-Matucana del Km. 63+000 al Km. 66+000.

3.4 Ensayos de laboratorio

Para determinar las características del material y la finalidad de la cantera propuesta se realizaron ensayos de laboratorio, considerando lo establecido en las especificaciones generales y en las normas técnicas que se presentan en el **cuadro 3.2**. Con tal motivo se enviaron las muestras representativas de la Cantera San Juan al Laboratorio de Mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería para la realización de dichos ensayos.

Cuadro 3.2

Relación de Ensayos de Laboratorio para el Estudio de canteras

Ensayo	Norma ASTM
Análisis granulométrico	C-136
Limites de consistencia	D-4318
Equivalente de arena	D-2419
Peso unitario de agregados	D-29
Absorción del agregado	C-128
Abrasión (máquina de los Ángeles)	C-1319
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	D-1883
Humedad	

Asimismo en el **Cuadro 3.3** del anexo 2 ,se presenta el resumen de los ensayos de calidad de la cantera San Juan realizados, donde se observa que la cantera en general presenta buenas características para su utilización en la fabricación de concreto asfáltico, aun cuando la absorción de agua de la fracción fina es alta (2%).

Siendo el tramo solamente de 3 Km. y la cantera San Juan por sus características de bajo volumen y rendimiento fue considerada para la elaboración del concreto asfáltico.

3.5 Descripción de la Cantera propuesta

3.5.1 Cantera san Juan

- Ubicación

Se ubica a la derecha del Km. 69+860 de la carretera Central.

- Accesibilidad

El acceso se realiza a través de una trocha carrozable de unos 700 m. de longitud.

- Evaluación

Fue evaluada con la excavación de 3 calcatas de 2.5 a 3.0 metros de profundidad, en las cuales se realizó una evaluación en peso considerando una muestra integral, obteniendo el siguiente resultado:

Diámetro máximo 20"	508 mm
Material para chancar de 1" a 10"	47.4 %
Agregado grueso de 1" a 3/8"	6.9 %
Agregado fino de 3/8" a N° 100	14.6 %

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico esta conformado por grava mal graduada (GP) de forma redondeada, presenta un 70 % de bolonería redondeada mayor a 2" y con tamaño máximo de 20", 18.2% de grava menor a 2" con 11 % de arena y 0.8 % de finos no plásticos.

El material menor de 2" tiene la siguiente distribución:

Grava	60.6%
Arena	36.8%
Finos	2.5 %

El material se clasifica como:

Sistema SUCS: grava mal graduada (GP)

Sistema AASHTO: A-1-a (0)

- Disponibilidad y eficiencia

Tiene una sección para explotación de 220 x 60 m. y una potencia de 2.7 m., con lo que se tiene un volumen disponible de 36000 m³.

La eficiencia de la cantera se ha determinado de la curva integral cuyo tamaño máximo es el límite de la curva, obteniendo el siguiente resultado:

	Gradación	Eficiencia
Grava de 1" a 3/8"	25.4 mm < 0 < 9.5 mm	7 %
Arena menor de 3/8"	0 < 9.5 mm	15 %

La disponibilidad de materiales se calcula relacionando el volumen total disponible con su respectiva eficiencia, obteniendo lo siguiente:

Grava	2520 m ³
Arena	5400 m ³
Material para chancar de 1" a 10"	17064 m ³

3.5.2 Disponibilidad de uso de la cantera

La Cantera San Juan se ubica en la jurisdicción del Municipio de Matucana y están exoneradas del pago de derechos por concepto de extracción de material al ubicarse en el lecho del río Rimac. Cabe señalar que en concordancia con el Decreto Supremo 016-98-AG del 23.07.98, en su artículo 1ro. Se exonera el pago de derechos por concepto de extracción de material provenientes de los cauces de los ríos para la ejecución de obras viales del MTC.

Asimismo el decreto supremo 012-99-AG del 22.04.99, impide a los Gobiernos Locales que utilizan el material de acarreo para la ejecución de sus obras públicas, comercializar dicho material.

De acuerdo a lo anterior, la Cantera San Juan, ubicada en el Km. 69+860, es libre para su utilización en la Obra "Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Cocachacra-Matucana (Km. 63+000-Km. 66+000).

3.6 Fuentes de Agua

El objetivo del estudio de Fuentes de agua es evaluar las características de las muestra de agua tomada en el Km. 65+000 de la carretera Central con la finalidad de ser utilizadas en el presente proyecto.

3.7 Botadero

El botadero a usarse en el presente proyecto ha sido considerado en el Km.69+860,es decir estará ubicado en la cantera San Juan al que se le dará un tratamiento de botaderos, es decir formar explanaciones con los materiales excedentes durante el proceso constructivo,posteriormente sembrar plantaciones al final de obra.

En la Fig. 3.1 se aprecia la ubicación de la Cantera San Juan, Fuentes de agua y Botadero a usarse durante el proceso de Mejoramiento y Rehabilitación.

CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTOS

4.1 Introducción

El proceso de la información de campo y de laboratorio, así como la inspección de zonas críticas en la carretera, han permitido establecer y adoptar la alternativa de solución más recomendable para el mejoramiento y rehabilitación del pavimento.

Se ha considerado el predominio de los materiales de subrasante a lo largo de los tramos evaluados, de tal forma que se establezca sectores de características homogéneas.

Los tramos, evaluados por capacidad de soporte, fueron diseñados por el método AASHTO con tiempos de vida útil de diseño, igual a 10 y 20 años.

Se presentan las hojas de cálculo para diferentes evaluaciones AASHTO con insumos como tasa de crecimiento, tráfico, CBR entre otros, que dan lugar a estructuras recomendadas.

4.2 Evaluación del Pavimento.-

Los trabajos de campo y gabinete efectuados, relacionados con el estudio de suelos y evaluación de pavimento, permitieron conocer las características de los elementos que integran el pavimento y la condición superficial y estructural del mismo, indispensables para la realización del diseño y proposición de la alternativa de rehabilitación.

Los suelos que forman la estructura del pavimento están compuestos principalmente por gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular, considerándose de buena calidad de acuerdo a las propiedades evaluadas.

La carpeta asfáltica presenta espesores considerables, entre 10 y 20 cm en la mayor parte del sector, debido a los trabajos de rehabilitación que principalmente han consistido en la colocación de recapeos de 5 a 8 cm de espesor.

4.2.1 Evaluación de Suelos.-

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal gradadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular de las mismas características de la base, pero con contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base es variable predominando los valores entre 20 y 30 cm.

La subrasante registra en promedio grados de compactación bajos, (93%), con CBR a la densidad de campo que varía entre el 17% y el 57%, por lo que se considera que esta capa tiene buena capacidad de soporte.

La zonificación de acuerdo al espesor de las capas de pavimento rige principalmente por la variación en el espesor de la carpeta y secciones predominantes.

Zonificación de acuerdo al espesor de las capas de pavimento.

Progresiva		Long. Km.	Espesores (cm)			CBR SR(%)
Km.	al Km.		Carpeta	Base	Sub-base	
63+000	65+400	2.40	15	20	-----	33
65+400	66+000	0.60	10	35	-----	45

En el cuadro anterior puede apreciarse que los espesores de pavimento son variables, debido principalmente a los distintos tratamientos que se aplicaron al efectuar las rehabilitaciones anteriores.

4.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

4.3.1 Método de Diseño AASHTO

Reseña del Método de Diseño AASHTO

El método de la **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)**, versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado **Número**

Estructural, el cuál se calcula en función: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumple con un determinado nivel de confianza.

Una vez determinado el **Número Estructural** requerido, la estructuración del pavimento se realiza por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas, y, calculando en función a estas dimensiones y a la calidad de los materiales empleados –expresada mediante un coeficiente estructural- los números estructurales parciales, los que sumados deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas, por razones de tráfico y por razones de tipo estructural.

- **Estructuración del Pavimento.-**

Los espesores finales del refuerzo o estructura recomendada (carpeta, base, sub base), se han determinado empleando la expresión propuesta por la AASHTO, la cual comprende los coeficientes de transformación para cada tipo de capa. Para la transformación del número estructural en capas granulares y carpeta de rodadura, se empleó la expresión siguiente:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

a_i = Coeficiente de la capa "i"

D_i = Espesor de la capa (pulgadas) "i"

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa "i"

conocido el Número Estructural Total (SN_T) requerido, que debe satisfacer

la estructura total del pavimento, el dimensionamiento se reduce a un problema de tipo aritmético, ya que, a_1 , a_2 , a_3 , m_2 y m_3 , son valores conocidos, y, D_1 , D_2 , D_3 son valores asumidos de tal manera que, efectuadas las operaciones indicadas en la expresión (2), se debe cumplir con la igualdad.

Para los fines de cálculo del pavimento del tramo N° 06 (del Km. 63+000 al Km. 66+000), se ha empleado hoja de calculo, tal como los mostrados en los **Cuadros 4.1,4.2 y 4.3** del anexo 2.

- **Cálculo del Refuerzo**

Para el tramo (Km. 63+000 al Km. 66+000), se tiene el caso de un pavimento a ser rehabilitado, es decir, no se trata del diseño de un pavimento nuevo, en consecuencia la estructuración del pavimento se aplica en forma inversa: se tiene un pavimento que ya tiene una estructura determinada y se quiere saber si dicha estructura cumple con el Número Estructural requerido, de no ser así se debe diseñar un refuerzo.

Para diseñar el refuerzo, para cada uno de los tres casos a desarrollar: 10 años, 20 años y refuerzo a los 10 años para un período adicional de 10 años, en primer lugar se debe determinar la capacidad estructural del pavimento, o, en términos del método AASHTO, se debe encontrar el Número Estructural efectivo del pavimento existente. La diferencia entre el Número Estructural Total requerido (SN req) y el Número Estructural efectivo (SN eff), será el Número Estructural del refuerzo (SN ref).

- **Cálculo del Número Estructural Efectivo del Pavimento**

De acuerdo a la metodología AASHTO, hay tres métodos para calcular el Número Estructural del Pavimento:

- a) Utilizando resultados de ensayos no-destructivos.
- b) Utilizando análisis por componentes.
- c) Estimando la vida remanente del pavimento.

a) Utilizando resultados de ensayos no-destructivos

El Número Estructural efectivo del pavimento existente se determina en función del Espesor Equivalente (Heq), determinado del análisis elástico de las curvas de deflexiones medidas, y el coeficiente estructural ponderado del pavimento calculado utilizando los coeficientes estructurales de los materiales originales constituyentes de las capas, evaluados de acuerdo a los resultados de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio. El espesor equivalente del pavimento existente es el parámetro que cuantifica la capacidad estructural actual del pavimento, de tal manera que, un espesor equivalente menor que el espesor geométrico significa un comportamiento estructural inferior a lo requerido para las condiciones de soporte de la subrasante e interrelación de capas, caso contrario si es espesor equivalente calculado resulta mayor que el geométrico. Este método es similar al recomendado en el manual de diseño del método AASHTO, que relaciona el espesor del pavimento con un factor de corrección en función al módulo del pavimento E_p .

b) Utilizando análisis por componentes

El Número Estructural efectivo del pavimento se determina analizando la condición de cada una de las capas y materiales que componen la estructura del pavimento, asumiendo de acuerdo a su estado de deterioro o contaminación sus respectivos coeficientes estructurales, para los cuales el método da un determinado rango de variación. La sumatoria de los productos parciales de los espesores de cada capa por su respectivo coeficiente estructural, es el Número Estructural efectivo del pavimento.

c) Determinando la vida remanente del pavimento

La vida remanente del pavimento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RL = 100 \times (1 - (N_p / N_{1.5}))$$

Donde,

RL

Porcentaje de vida remanente

N_p	Tráfico total transcurrido a la fecha de refuerzo
$N_{1.5}$	Tráfico total transcurrido al término de vida útil ($p_t=1.5$)

Con el cálculo de la vida remanente se obtiene un factor de condición CF, el cuál se determina gráficamente mediante un nomograma proporcionado por el manual de diseño de la AASHTO. Con la finalidad de computarizar los cálculos se ha determinado la siguiente expresión para el cálculo del factor de condición CF:

$$CF = 1 - 0.0018 (100 - RL), \text{ para } 75 < RL < 100$$

Donde:

CF	Factor de condición.
RL	Vida remanente, %

El Número Estructural Efectivo del pavimento se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$SN_{\text{eff}} = CF \times SN_0$$

Donde:

SN_{eff}	Número Estructural efectivo del pavimento
CF	Factor de condición
SN_0	Número Estructural del pavimento en el año cero

De los tres métodos expuestos, es el basado en ensayos no-destructivos el que prioritariamente recomienda el método AASHTO (strongly recommended), ya que la confiabilidad de los otros dos métodos es bastante relativa, fundamentalmente por la exactitud de la información proveniente de campo o por la dificultad de establecer volúmenes reales de tráfico. Los datos de relevamiento de fallas, por ejemplo, casi siempre varían con el tiempo y muchas veces se sobredimensionan a fin de establecer cantidades que coincidan con las que se encuentren al momento de la construcción. Por otro lado, los estados de deterioro y falla suelen ser sumamente variables a lo largo de un tramo, lo que

obligaría a establecer una sectorización poco práctica para fines de diseño.

4.3.2 Parámetros de Diseño

- **Tráfico de Diseño**

Los trabajos realizados para determinar el tráfico esperado al final de la vida útil del pavimento, es detallado en el estudio básico respectivo, sin embargo se desprenden informaciones que han servido para determinar los espesores de refuerzo final de la estructura.

Por lo general se debe establecer el primer año de servicio, teniendo en cuenta los años correspondientes a trámites administrativos, proceso de licitación y ejecución de obra. Cuando la vía está concluida se considera como primer año de vida de la estructura y por lo tanto se deberá estimar los años respectivos que corresponda al año verdadero de estructura, tanto al inicio como al final del servicio.

Con respecto a la vida útil, se proyectará el tráfico a 10 ó 20 años para una determinada tasa de crecimiento, obtenida del estudio.

La proyección del tráfico, se elabora teniendo en cuenta el número acumulado de repeticiones de carga por Eje Equivalente de diseño, de 8.2 Tn., y que ésta circulará por el carril de diseño durante la vida útil prevista. El **Cuadro 4.3** del anexo 2 “Estimación de Ejes Proyectados”, presenta la tasa anual para vehículos como ómnibus y camión, de los cuales se observa diferencias sustanciales en sus valores. La composición de vehículos ligeros tiene menor implicancia en la degradación del pavimento razón por la que no se ha tomado en cuenta para este análisis. Se han determinado las proyecciones sobre la base de los estudios de censo de tránsito y cargas por eje. El número acumulado de repeticiones de Ejes Equivalentes, para un solo sentido, en un período de vida útil de (n) años y una tasa de crecimiento (r), se calculó con la expresión siguiente:

$$N = \frac{365}{2} (\text{IMD}_{\text{om}} * \text{FD}_{\text{om}} + \text{IMD}_{2\text{e}} * \text{FD}_{2\text{e}} + \text{IMD}_{3\text{e}} * \text{FD}_{3\text{e}} + \text{IMD}_t * \text{FD}_t) \left[\frac{(1+r)^n - 1}{\text{Ln}(r+1)} \right]$$

Donde:

N	=	Número de Ejes Equivalentes Acumulados
IMD	=	Índice Medio Diario
FD	=	Factor Destructivo
r	=	Tasa de crecimiento
n	=	Período de Diseño
om	=	Ómnibus
2 e	=	Camión de 2 ejes
3 e	=	Camión de 3 ejes
t	=	Trayler y Semitrayler

De acuerdo al estudio de tráfico realizado para el tramo Cocachacra - Matucana, el número total de ejes equivalentes a 18 kips, considerando el carril mas cargado de la carretera y tránsito sin control de cargas, es:

Período 2007-2017 (10 años)	:	15'937,563 ejes equivalentes
Período 2017-2027 (10-20 años)	:	21'582,999 ejes equivalentes
Período 2007-2027 (20 años)	:	37'520,563 ejes equivalentes

Estos tráficos han sido calculados siguiendo la metodología AASHTO, para un $p_t = 2.5$.

- **Soporte del Suelo para Diseño**

De acuerdo al método AASHTO, para caracterizar la capacidad de soporte del suelo se emplea el Módulo Elástico o Módulo Resiliente (M_R). El cálculo del módulo resiliente del suelo de subrasante se ha realizado mediante resultados de los ensayos CBR de laboratorio con la densidad in situ para cada una de las secciones en estudio. Ver **Cuadro 4.2** "Determinación del Percentil" y **Figura 4.1** "Percentil – Msr Vs %" del anexo 2. En el caso de los CBR de laboratorio, para definir el CBR de diseño, se comparó durante la ejecución del ensayo los valores de penetración a 2.5 y 5 mm, de acuerdo a la norma ASTM D1883-94 (AASHTO T163).

Para correlacionar los valores del módulo resiliente con los valores de CBR se utilizan las siguientes expresiones:

Para suelos finos con $CBR < 7.2\%$, $MR = 1500 \times CBR$(1)

Para suelos finos con $7.2 < CBR < 20\%$, $MR = 3000 CBR^{0.85}$ (2)

Para suelos granulares, $MR = 4326 \ln(CBR) + 241$ (3)

Estas formulas han sido utilizadas con los valores de CBR de laboratorio. Los resultados del módulo resiliente calculados usando los valores de CBR de laboratorio, determinados a la densidad de campo, se presentan en el **Cuadro 4.1** del anexo 2.

CUADRO 4.2
Determinación del Percentil

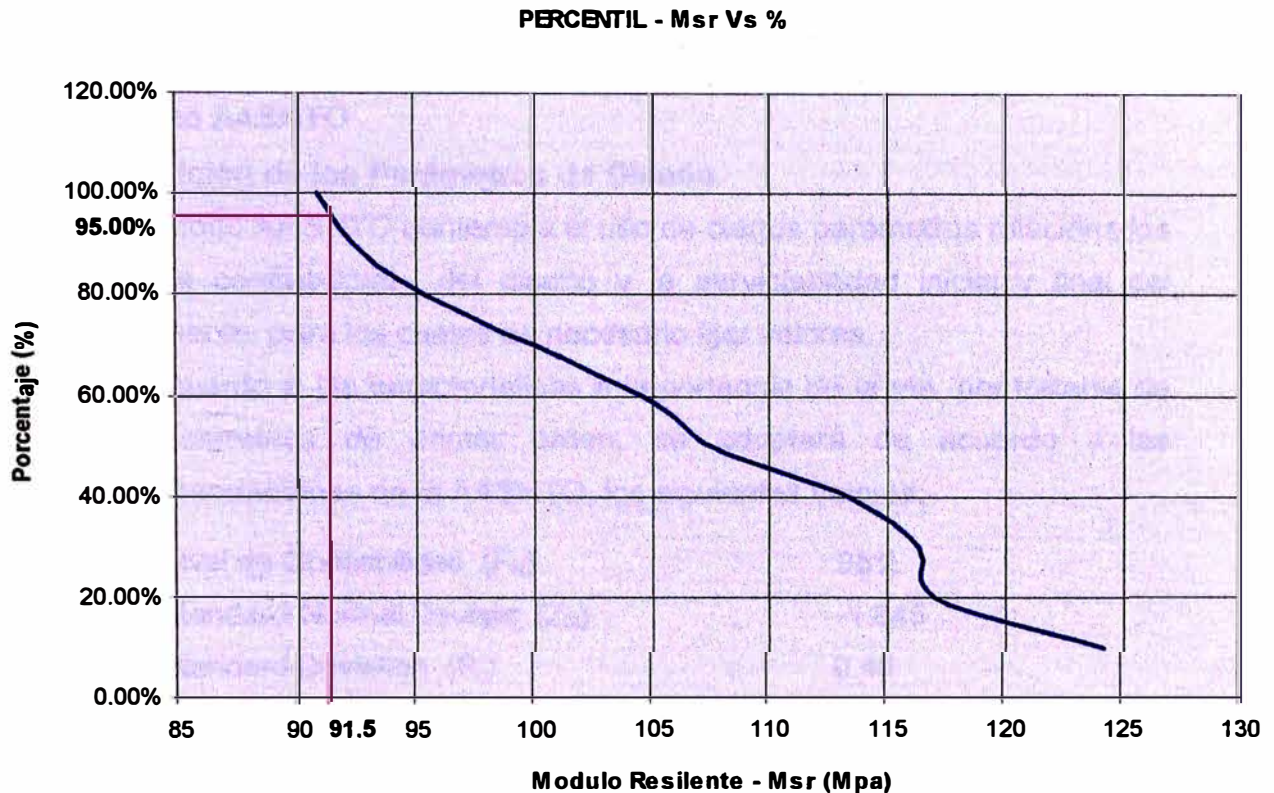
Nº	CBR (Mpa)	Msr (psi)	Msr Ordenado	Msr (Mpa)	Valores >= que Msr-i	Porcentaje >= que
1	30	14,955	17,731	124	1	10.00%
2	22	13,613	16,709	117	2	20.00%
3	33	15,367	16,611	116	3	30.00%
4	22	13,613	16,199	113	4	40.00%
5	44	16,611	15,367	108	5	50.00%
6	45	16,709	14,955	105	6	60.00%
7	40	16,199	13,613	95	8	80.00%
8	19	12,979	13,201	92	9	90.00%
9	57	17,731	12,979	91	10	100.00%
10	20	13,201				

De donde : Msr = 91.50 Mpa, entonces CBR diseño = 21.70 % (Ver grafica de Percentil)

Nota : Se emplea $Msr = 4326 \cdot \ln(CBR) + 241$ (psi)

(1 psi = 0.007 Mpa)

Figura 4.1



- **Calidad de los Materiales a Emplearse**

Para el diseño del pavimento, se considerará el uso de los siguientes materiales:

- Concreto asfáltico, con un coeficiente estructural igual a 0.44/pulgada
- Base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.14/pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente igual a 30 ksi.
- Sub-base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.11/pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente de 15 ksi.

El coeficiente de drenaje de 0.9 adoptado corresponde a una calidad de drenaje regular expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación que varían entre 5 a 25%.

En el caso de los materiales existentes, los coeficientes de aporte

estructural han sido asumidos en base a las condiciones verificadas in-situ durante el estudio de suelos. En los cuadros correspondientes se indican los valores adoptados.

4.3.3 Diseño AASHTO

- **Definición de los Parámetros de Diseño**

El método AASHTO contempla el uso de ciertos parámetros relacionados con la confiabilidad del diseño y la serviciabilidad inicial y final del pavimento, para los cuales es necesario fijar valores.

De acuerdo a las características e importancia de la vía, por tratarse de una carretera de primer orden, se adoptará de acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO, los siguientes valores:

Nivel de Confiabilidad (F_R)	95%
Standard Normal Deviate (Z_R)	-1.645
Standard Deviation (S_o)	0.45
Serviciabilidad inicial (p_i)	4.0
Serviciabilidad final (p_f)	2.5

Los valores de serviciabilidad inicial y final adoptados difieren de los valores que recomienda el método AASHTO, debido a la adaptación que se ha realizado en función a las características particulares de la realidad peruana y la importancia de la vía. La serviciabilidad inicial, de acuerdo al método debería ser 4.3, ha sido considerada igual a 4.0 considerando la capacidad real de lograr el acabado óptimo necesario de la carpeta asfáltica, por un lado, y para adecuarse a los requerimientos de rugosidad. La serviciabilidad final, que de acuerdo al método debería ser 2.0, ha sido considerada igual a 2.5 de acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO

- **Cálculo del Número Estructural Total Requerido (SN_{req})**

Los resultados del Número Estructural Total requerido (SN_{req}) se presentan en los formatos de la hoja de cálculo empleada, ver **Cuadros**

4.7,4.8 y 4.9. Se incluye además, de acuerdo a la metodología AASHTO, el Número Estructural requerido para cada una de las capas del pavimento tal como se presenta en los Cuadros 4.4,4.5 y 4.6.

Cuadro 4.4

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 93'				
(10 AÑOS)				
Datos:				
CBR de Diseño	:	21.7		%
Msr	:	91.5		Mpa
W18	:	15,937,563		(10 Años)
FR	:	95%		
ZR	:	-1.645		
So	:	0.45		
Po	:	4.00		
Pt	:	2.50		
		K1	K2	K3
		16.2127	-0.2553	9.5499
				K1 - K3
				6.6628

ITERACION	SN	J1	J2	J1+J2	CONTROL
1	4.8139	7.1554	-0.4930	6.6624	0.0004
2	4.8140	7.1555	-0.4930	6.6625	0.0003
3	4.8141	7.1556	-0.4930	6.6626	0.0002
4	4.8142	7.1556	-0.4930	6.6626	0.0002
5	4.8143	7.1557	-0.4930	6.6627	0.0001
6	4.8144	7.1558	-0.4930	6.6628	0.0000
7	4.8145	7.1558	-0.4930	6.6628	0.0000
8	4.8146	7.1559	-0.4930	6.6629	-0.0001
9	4.8147	7.1560	-0.4931	6.6629	-0.0001
10	4.8148	7.1560	-0.4931	6.6629	-0.0001
NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO :				Sndis :	4.8145
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO :				Snreq :	4.8145

Cuadro 4.5

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 93'			
(10 - 20 AÑOS)			
Datos:			
CBR de Diseño	:	21.7	%
Msr	:	91.5	Mpa
W18	:	21,582,999	(10 - 20 Años)
FR	:	95%	
ZR	:	-1.645	
So	:	0.45	
Po	:	4.00	
Pt	:	2.50	
		K1	K2
		16.3444	-0.2553
		K3	K1 - K3
		9.5499	6.7945

ITERACION	SN	J1	J2	J1+J2	CONTROL
1	5.0362	7.3079	-0.5137	6.7942	0.0003
2	5.0363	7.3080	-0.5137	6.7943	0.0002
3	5.0364	7.3081	-0.5137	6.7944	0.0001
4	5.0365	7.3081	-0.5137	6.7944	0.0001
5	5.0366	7.3082	-0.5137	6.7945	0.0000
6	5.0367	7.3083	-0.5137	6.7946	-0.0001
7	5.0368	7.3084	-0.5137	6.7947	-0.0002
8	5.0369	7.3084	-0.5137	6.7947	-0.0002
9	5.0370	7.3085	-0.5137	6.7948	-0.0003
10	5.0371	7.3086	-0.5137	6.7949	-0.0004
NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO :		Sndis	:	5.0366	
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO :		Snreq	:	5.0366	

Cuadro 4.6

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 93'

(20 AÑOS)

Datos:

CBR de Diseño	: 21.7	%
Msr	: 91.5	Mpa
W18	: 37,520,563	(20 Años)
FR	: 95%	
ZR	: -1.645	
So	: 0.45	
Po	: 4.00	
Pt	: 2.50	

K1	K2	K3	K1 - K3
16.5845	-0.2553	9.5499	7.0346

ITERACION	SN	J1	J2	J1+J2	CONTROL
1	5.4500	7.5775	-0.5446	7.0329	0.0017
2	5.4510	7.5781	-0.5447	7.0334	0.0012
3	5.4520	7.5787	-0.5447	7.0340	0.0006
4	5.4530	7.5794	-0.5448	7.0346	0.0000
5	5.4540	7.5800	-0.5449	7.0351	-0.0005
6	5.4550	7.5806	-0.5449	7.0357	-0.0011
7	5.4560	7.5813	-0.5450	7.0363	-0.0017
8	5.4570	7.5819	-0.5451	7.0368	-0.0022
9	5.4580	7.5825	-0.5451	7.0374	-0.0028
10	5.4590	7.5831	-0.5452	7.0379	-0.0033
NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO :				Sndis= :	5.4530

Cuadro 4.7

10 AÑOS

DATOS DE ENTRADA :	
1. PROPIEDADES DE MATERIALES	
A. MODULO DE RESILENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN ²)	30.00
B. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUB-BASE	15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	1.59E+07
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	13.07
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	0.90
Subbase (m3)	0.90
DATOS DE SALIDA :	
	SN
	REQUERIDO
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{TOTAL})	4.81
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO C.A. (SN ₁)	3.51
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO BASE (SN ₂)	1.07
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO SUB-BASE (SN ₃)	0.23

Cuadro 4.8

DISEÑO DEL PAVIMENTO	
METODO AASHTO 1993	
10 - 20 AÑOS	
DATOS DE ENTRADA :	
1. PROPIEDADES DE MATERIALES	
A. MODULO DE RESILENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN ²)	30.00
B. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUB-BASE	15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.16E+07
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	13.07
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	0.90
Subbase (m3)	0.90
DATOS DE SALIDA :	
	SN
	REQUERIDO
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{TOTAL})	5.03
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO C.A. (SN ₁)	3.70
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO BASE (SN ₂)	1.10
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO SUB-BASE (SN ₃)	0.23

Cuadro 4.9

DISEÑO DEL PAVIMENTO

METODO AASHTO 1993		
20 AÑOS		
DATOS DE ENTRADA :		
1. PROPIEDADES DE MATERIALES		
A. MODULO DE RESILENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN ²)		30.00
B. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUB-BASE		15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		3.75E+07
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)		-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)		0.45
C. MODULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		13.07
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20
3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico (a1)		0.44
Base granular (a2)		0.14
Subbase (a3)		0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		0.90
Subbase (m3)		0.90
DATOS DE SALIDA :		
		SN
		REQUERIDO
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{TOTAL})	5.45	
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO C.A. (SN ₁)	4.06	
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO BASE (SN ₂)	1.15	
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO SUB-BASE (SN ₃)	0.24	

- **Cálculo del Número Estructural Efectivo del Pavimento (SN_{eff})**

Los resultados del Número Estructural efectivo del pavimento existente se presentan en el **Cuadro 4.10** del anexo 2. Para este caso, se ha estimado los coeficientes estructurales de los materiales, en función al estado de deterioro y/o contaminación, empleando los criterios AASHTO para tal fin, para luego multiplicar cada espesor de capa por su respectivo coeficiente, sumando luego los productos para encontrar finalmente el Número Estructural Efectivo del pavimento. Se debe tener en cuenta las limitaciones de este segundo método en cuanto a que no considera la interacción entre las capas, aspecto fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura.

- **Cálculo del Número Estructural del Refuerzo (SN_{ref})**

El Número Estructural del refuerzo requerido es la diferencia entre el Número Estructural Total Requerido (SN_{req}) y el Número Estructural Efectivo (SN_{eff}). Los resultados de dicha diferencia se presentan en el **Cuadro 4.11** para el diseño a 10 años usando M_R -CBR, **Cuadro 4.12** para el diseño a 20 años usando M_R -CBR, así como el **Cuadro 4.13** del anexo 2, para el diseño del refuerzo de 10 a 20 años usando M_R -CBR,

Cuadro 4.11

Número Estructural de refuerzo del Pavimento

(USANDO MR CALCULADO CON CBR - PERIODO 10 AÑOS)

Tramo	Progresiva (Km)		Modulo Resiliente (Ksi)	SNREQ Total	SNEFF	SNREF	Espesor de Refuerzo (1) (Cm)
	De	A					
1	62+900	65+220	13.07	4.81	4.05	0.76	4.39
2	65+220	66+400	13.07	4.81	4.06	0.75	4.33

(1) Espesor de refuerzo en centímetros de concreto asfáltico con un $a_1=0.44$.iguales

CUADRO 4.12

Número Estructural de refuerzo del pavimento							
METODO AASHTO							
(USANDO MR CALCULADO CON CBR - PERIODO 20 AÑOS)							
Tramo	Progresiva (Km)		Modulo Resilente (Ksi)	SNREQ Total	SNEFF	SNREF	Espesor de Refuerzo (1) (Cm)
	De	A					
1	62+900	65+220	13.07	5.45	4.05	1.40	8.08
2	65+220	66+400	13.07	5.45	4.06	1.39	8.02

(1) Espesor de refuerzo en centímetros de concreto asfáltico con un $a_1=0.44$.iguales

- **Cálculo del Espesor de Recapado**

Como fue mencionado, el cálculo de los espesores, para facilidad de uso de una hoja electrónica y considerando las limitaciones que conllevan los métodos gráficos, se ha establecido una ecuación de correlación para el cálculo del espesor de refuerzo, para el caso del tráfico de diseño del tramo.

De acuerdo al diseño del pavimento se concluye que según los cálculos efectuados, la estructura actual requiere un refuerzo asfáltico de espesor máximo igual a 4.39 cm, para un periodo de 10 años y un espesor máximo igual a 8.08 cm para un periodo de 20 años.

Del año 10 al año 20 se recomienda un refuerzo de 5 cm. Esta recomendación deberá verificarse con una evaluación integral del pavimento para ratificar el espesor del refuerzo.

- **Criterio para la Selección de este método**

De los resultados obtenidos se puede concluir que la estructura suelo-

pavimento presenta características estructurales buenas. Los suelos en el tramo son fundamentalmente granulares de partículas gruesas, con un buen ángulo de fricción interna y con una capacidad de deformación bastante baja. Por otro lado, la composición actual del pavimento es bastante fuerte, con espesores de capas asfálticas significativos y capas granulares con alto grado de fricción interna (partículas rugosas y fracturadas), lo que determina que los esfuerzos aplicados por las cargas de tráfico se distribuyan mayormente en las capas superiores y el nivel de esfuerzos que llega a la subrasante sea bajo. Estas características explican los resultados obtenidos para los módulos resilientes y los números estructurales efectivos obtenidos mediante el modelo de la AASHTO y, en consecuencia, los espesores de refuerzo bastante bajos calculados con dichos parámetros, que son un reflejo de la buena condición estructural que presenta el pavimento.

Sin embargo, de acuerdo a la inspección y evaluación superficial realizada al pavimento, se pudo determinar que no existe presencia de deterioros superficial, ni existen fallas estructurales en todo el tramo analizado.

De lo expuesto, el pavimento requiere un diseño de rehabilitación que contemple:

- La recuperación del nivel de servicio vía el abatimiento de la rugosidad, mediante la nivelación de la superficie actual del pavimento, hasta alcanzar los estándares solicitados por las Especificaciones Técnicas respectivas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El rejuvenecimiento de las estructuras asfálticas, afectadas por las degradaciones típicas de pavimentos que han desarrollado largos períodos de servicio expuestos a la influencia del clima, cargas de tráfico y sin haber recibido un adecuado mantenimiento periódico.
- El refuerzo de las secciones relativamente más débiles del pavimento, a fin de lograr un comportamiento adecuado durante el período adicional de servicio requerido.

Los Cuadros 4.11,4.12 y Cuadro 4.13 del anexo 2, presentan los resultados para el cálculo de los refuerzos obtenidos utilizando los diversos métodos de diseño, para los períodos de diseño de 10 años, 20 años y refuerzo de 10 a 20 años, .

De acuerdo a los resultados de evaluación del pavimento, se plantean como única alternativa,una operación de fresado para la nivelación de la superficie asfáltica del pavimento y la colocación de una nueva carpeta asfáltica.

En la elaboración de esta alternativa (diseño de espesores) ha primado fundamentalmente la necesidad de nivelar la superficie existente y el criterio de colocar un espesor de capas asfálticas, por encima de la superficie existente, a fin de disminuir la probabilidad de aparición de las fisuras por reflejo en la nueva capa proyectada. La necesidad de refuerzo por cuestiones estructurales ha pasado a un segundo plano es por ello que al cabo de 10 años solamente se requerirá refuerzo de 5 cm según los cálculos efectuados.

◇ **Diseño con Fresado**

Antes de iniciar las actividades de fresado se efectuará la inspección visual del pavimento.

Adicionalmente, durante la ejecución de las obras, se extraerán núcleos asfálticos cada 250 m. para verificar la condición del pavimento y confirmar las secciones a fresar.

De acuerdo al tipo de labores a realizar se presenta un solo tipo de actividad a realizar,que es el **Fresado mecanizado**

Siendo esta actividad realizada en todo el tramo de la carretera evaluada, que va desde el Km. 63+000 al Km. 66+000. La sectorización deberá verificarse durante la etapa de ejecución de obras, puesto que está basada en la evaluación de pavimentos realizada a la fecha de realizado el estudio.

A continuación se describe esta actividad:

- **Fresado**
- Fresado mecanizado de la superficie asfáltica para nivelación, con un espesor mínimo de 5 cm y una tolerancia de 0.5 cm. El espesor máximo

longitudinales y transversales de magnitud leve, fallas que permanezcan después de fresar serán tratadas como se indica a continuación.

- Luego del fresado se ejecutarán trabajos de parchado superficial y parchado profundo localizados si se presentaran. Las zonas específicas en donde se ejecutarán estos trabajos se determinarán en base a una evaluación visual debiendo ser aprobadas por la supervisión. La reparación de las fallas existentes del pavimento incluirá:

- Riego de liga sobre la superficie del pavimento completamente limpia.

- Colocación de una capa nivelante de espesor similar al asfalto eliminado por el fresado y una carpeta de rodadura, de espesor conjunto determinado en función a:
 - (1) Un espesor mínimo de 5 cm, por capa, de acuerdo al tamaño máximo del agregado ($T_M = \frac{1}{2}$ ") para nivelar las irregularidades del pavimento y abatir la rugosidad al mínimo.

 - (2) Acondicionar el perfil longitudinal y las secciones transversales para cumplir con las normas de diseño geométrico.

 - (3) Colocación de la segunda capa asfáltica de 7.5 cm, con lo que se obtiene un espesor total de capa asfáltica mínimo igual a 12.5 cm (5"), para mitigar la posibilidad de fisuras reflejas.

Ventajas:

- Permite mantener el ancho actual de la carretera.
- Menor costo constructivo.
- Proceso constructivo rápido.
- Se emplea una menor cantidad de asfalto.
- Alta contribución para disminuir la rugosidad del pavimento a un menor costo.

- Menor interrupción del tráfico. El tráfico puede fluir inmediatamente después de concluido el trabajo.
- En el futuro se puede continuar con el mantenimiento periódico de la carretera.
- La altura de la carretera no se incrementa significativamente.

Desventajas:

- Es difícil encontrar compañías locales en el Perú que compitan en el proceso de licitación debido a
- Grupo limitado de compañías cuentan con el equipo para fresado.
- Falta de contratistas calificados.
- Poca experiencia en este tipo de procedimiento.
- Es posible que el monto total de construcción no sea atractivo al contratista debido a la corta longitud de las obras.
- La alternativa necesita de trabajo con conocimiento profesional y especializado.

Esta alternativa, es recomendable para la rehabilitación del Tramo de la Carretera Central ubicada entre las progresivas del Km. 63+000 al Km. 66+000, para los periodos de diseño a 10 y 20 años.

Asimismo, se recomienda colocar un refuerzo de 5 cm al pavimento al término de 10 años, para un período adicional de 10 años.

CONCLUSIONES

- Los suelos que forman la estructura del pavimento está formada básicamente por carpeta y base, sin que se haya detectado capa de sub-base, siendo sus características muy similares.
- La subrasante registra grados de compactación bajos en algunos sitios, (93% de la MDS en promedio), con CBR entre 11 y 57%, (a densidad de campo), por lo que se considera que la subrasante tiene buena capacidad de soporte.
- Se han ubicado 03 canteras, considerándose para el Mejoramiento y Rehabilitación en este tramo (Km. 63+000 al Km. 66+000) por la calidad, potencia y distancias la Cantera San Juan, ubicado en el Km. 69+860 y un acceso a través de una trocha carrozable al lado derecho de 700 m. de longitud.
- La cantera considerada puede ser aprovechada para la elaboración de concreto requiriendo zarandeo y son libres para ser utilizados para este tramo.
- Se colocará una carpeta de rodadura de espesor 7.5 cm, a lo largo de todo el tramo.
- La muestra de agua extraída del Km. 65 + 000, presenta valores dentro del rango establecido, por lo que no hay inconvenientes en su utilización para la presente obra.
- Se realizará el fresado mecanizado de la superficie asfáltica para nivelación con una profundidad mínima de 5 cm. con una tolerancia de 0.5 cm y en un espesor máximo de 6 cm .

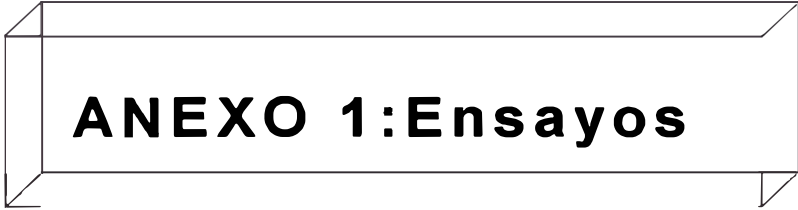
RECOMENDACIONES

- Aplicar un plan de monitoreo en las quebradas en las que se producen huaycos en épocas de lluvia, a fin de controlar la caída de sedimentos y el impacto que estos producirían en las estructuras de puentes existentes, las obras de canalización y la carretera.
- En los planes de mantenimiento del SINMAC se recomienda efectuar el desquinche y limpieza como medida correctiva a la inestabilidad de taludes clasificados con nivel de riesgo intermedio.
- Los materiales de cantera deberán ser tratados mediante zarandeo y trituración, a fin de alcanzar los requerimientos granulométricos y resistencia proyectados.
- Prohibición estricta de exploración de material de préstamo y agregado en los taludes próximos a la carretera.
- Realizar las excavaciones a cielo abierto e incluir las operaciones de remoción del material, carga y transporte y disposición de los materiales excavados en los lugares de descarga previstos (botaderos).
- Se recomienda que la colocación de la capa nivelante sobre la superficie fresada se efectúe en un lapso no mayor de 48 horas, luego de concluido el fresado, a fin de no disturbar excesivamente la capa asfáltica tratada.
- Los materiales asfálticos del fresado deben ser eliminados a botaderos en un lapso no mayor a 24 horas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Estudio Geotécnico de Lima – Tareas Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Rimac.
- (2) ASTM, Normas ASTM para Ensayos de suelos, USA.
- (3) CESSEL, Proyecto de Rehabilitación San Mateo-La Oroya, Perú, 2000.
- (4) AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos; USA, 1993.
- (5) Separatas del Tema “Pavimentos” del curso “Geotecnia”, dictado por el Ing. Wilfredo Gutiérrez Lazares, 2005.





ANEXO 1: Ensayos

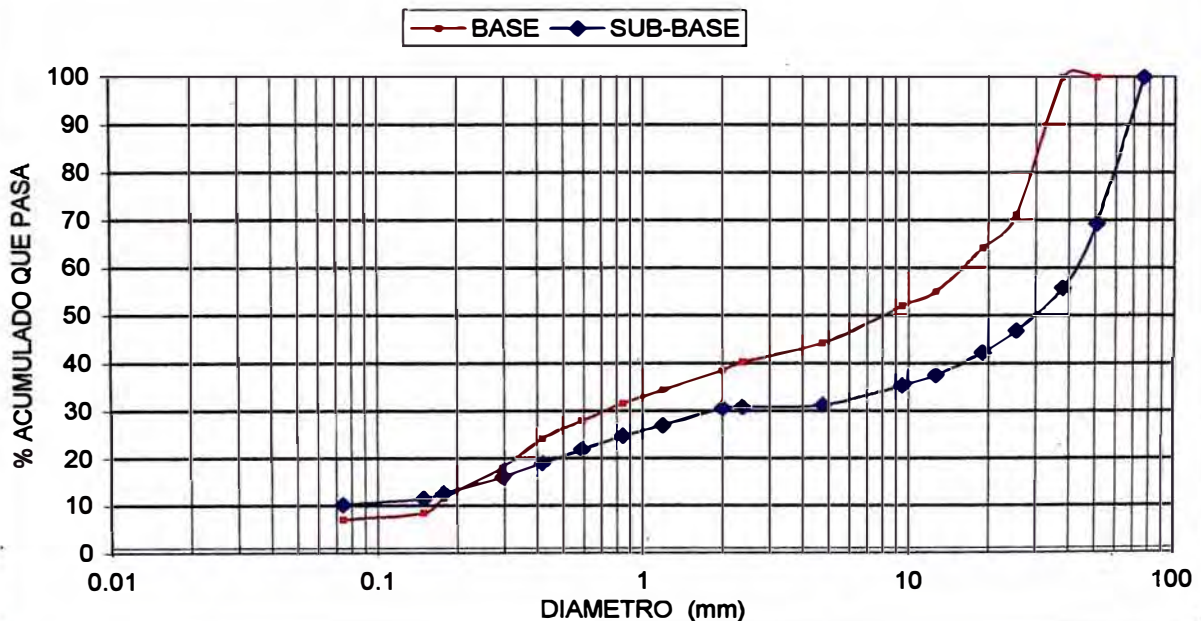
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 1	
Progresiva		62+900	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.15-0.35	0.35-1.10
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	69.40
1 1/2"	38.100	100.00	55.70
1"	25.400	71.10	46.70
3/4"	19.100	64.20	42.10
1/2"	12.700	55.00	37.50
3/8"	9.520	52.00	35.40
Nº 4	4.760	44.20	31.20
Nº 8	2.380	40.30	30.80
Nº 10	2.000	38.60	30.50
Nº 16	1.190	34.40	26.90
Nº 20	0.840	31.60	24.70
Nº 30	0.590	27.90	21.90
Nº 40	0.420	24.10	18.90
Nº 50	0.297	18.10	16.10
Nº 80	0.177	11.60	12.60
Nº 100	0.149	8.50	11.50
Nº 200	0.074	7.10	10.20
Contenido de Humedad (%)		3.96	4.21
Límite Líquido (LL) (%)		16.76	16.33
Límite Plástico (LP) (%)		NP	NP
Índice Plástico (IP) (%)		NP	NP
Clasificación (SUCS)		GP-GM	GP-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA



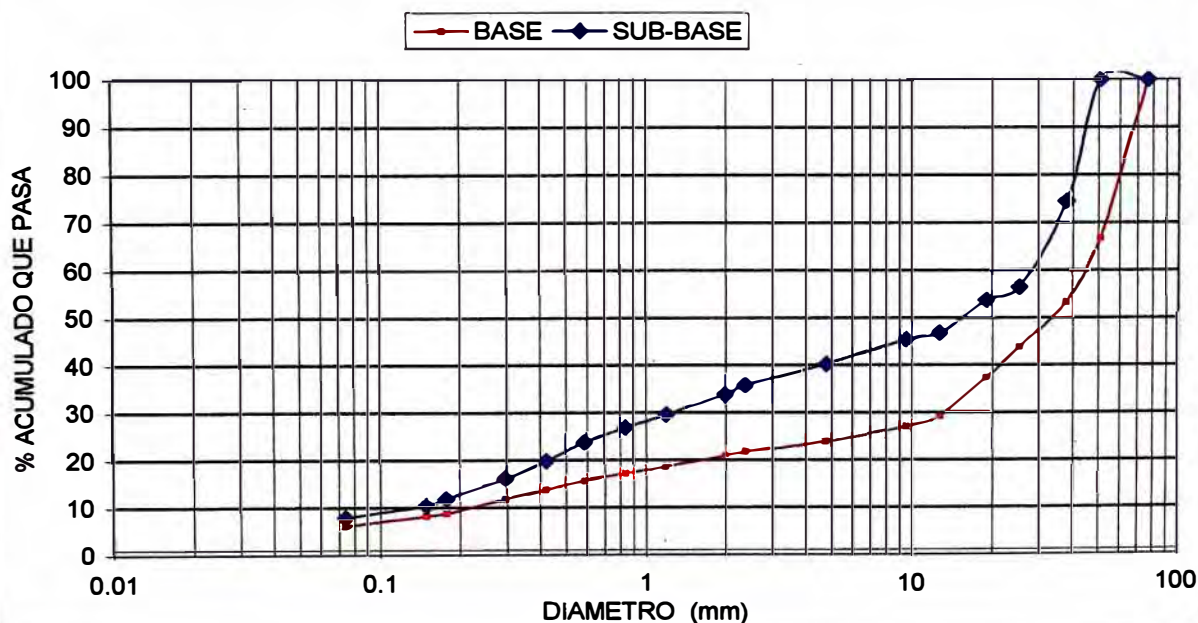
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

		C - 2			
Calicata		63+400			
Progresiva					
Muestra		1	2		
Profundidad (m)		0.15-0.55	0.55-1.50		
TAMICES	DIAMETRO				
3"	76.200	100.00	100.00		
2"	50.800	66.80	100.00		
1 1/2"	38.100	53.40	74.50		
1"	25.400	44.00	56.50		
3/4"	19.100	37.40	53.70		
1/2"	12.700	29.30	46.80		
3/8"	9.520	27.20	45.50		
Nº 4	4.760	23.90	40.30		
Nº 8	2.380	21.80	35.90		
Nº 10	2.000	21.00	34.00		
Nº 16	1.190	18.80	29.70		
Nº 20	0.840	17.30	26.90		
Nº 30	0.590	15.80	23.80		
Nº 40	0.420	13.80	19.90		
Nº 50	0.297	11.80	16.20		
Nº 80	0.177	8.90	11.80		
Nº 100	0.149	8.30	10.50		
Nº 200	0.074	6.20	7.90		
Contenido de Humedad (%)		3.38	3.52		
Límite Líquido (LL) (%)		16.85	18.14		
Límite Plástico (LP) (%)		14.44	15.91		
Índice Plástico (IP) (%)		2.40	2.23		
Clasificación (SUCS)		GP-GM	GP-GM		
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a		
Índice de Grupo		0.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA



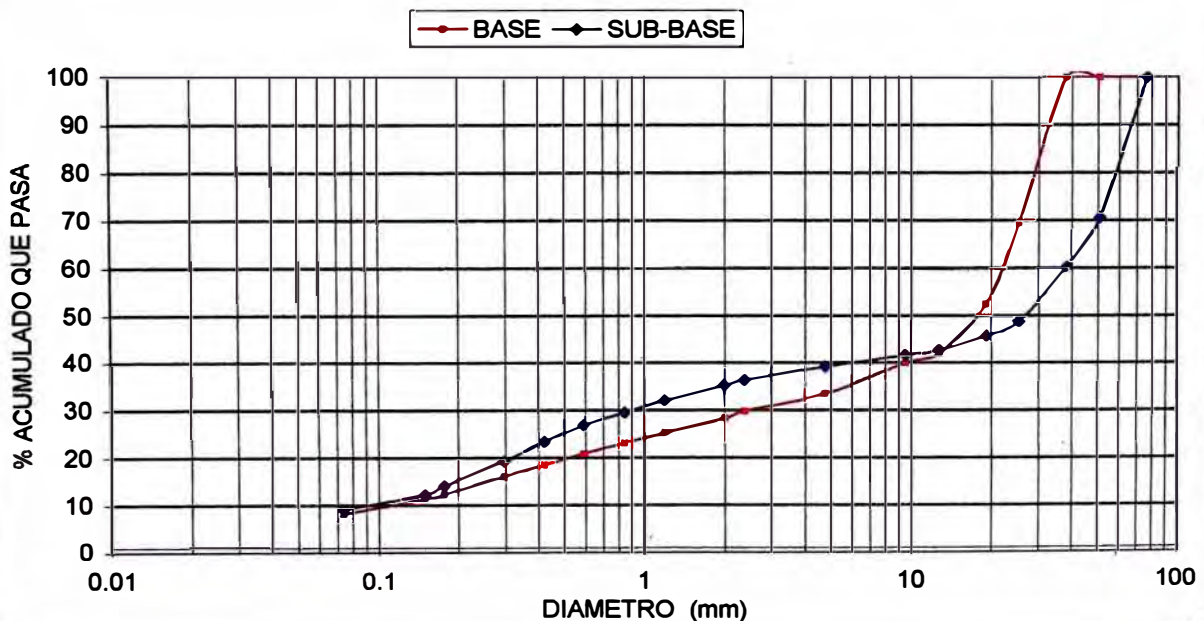
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 3	
Progresiva		63+900	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.15-0.40	0.40-1.50
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	70.50
1 1/2"	38.100	100.00	60.20
1"	25.400	69.50	48.80
3/4"	19.100	52.40	45.70
1/2"	12.700	42.00	42.70
3/8"	9.520	40.00	41.60
Nº 4	4.760	33.50	39.20
Nº 8	2.380	29.90	36.50
Nº 10	2.000	28.40	35.30
Nº 16	1.190	25.30	32.10
Nº 20	0.840	23.10	29.60
Nº 30	0.590	21.00	26.90
Nº 40	0.420	18.50	23.40
Nº 50	0.297	16.10	19.30
Nº 80	0.177	12.30	14.00
Nº 100	0.149	11.30	12.20
Nº 200	0.074	8.30	9.20
Contenido de Humedad (%)		2.88	5.09
Límite Líquido (LL) (%)		12.26	18.32
Límite Plástico (LP) (%)		NP	17.64
Índice Plástico (IP) (%)		NP	0.69
Clasificación (SUCS)		GW-GM	GP-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA

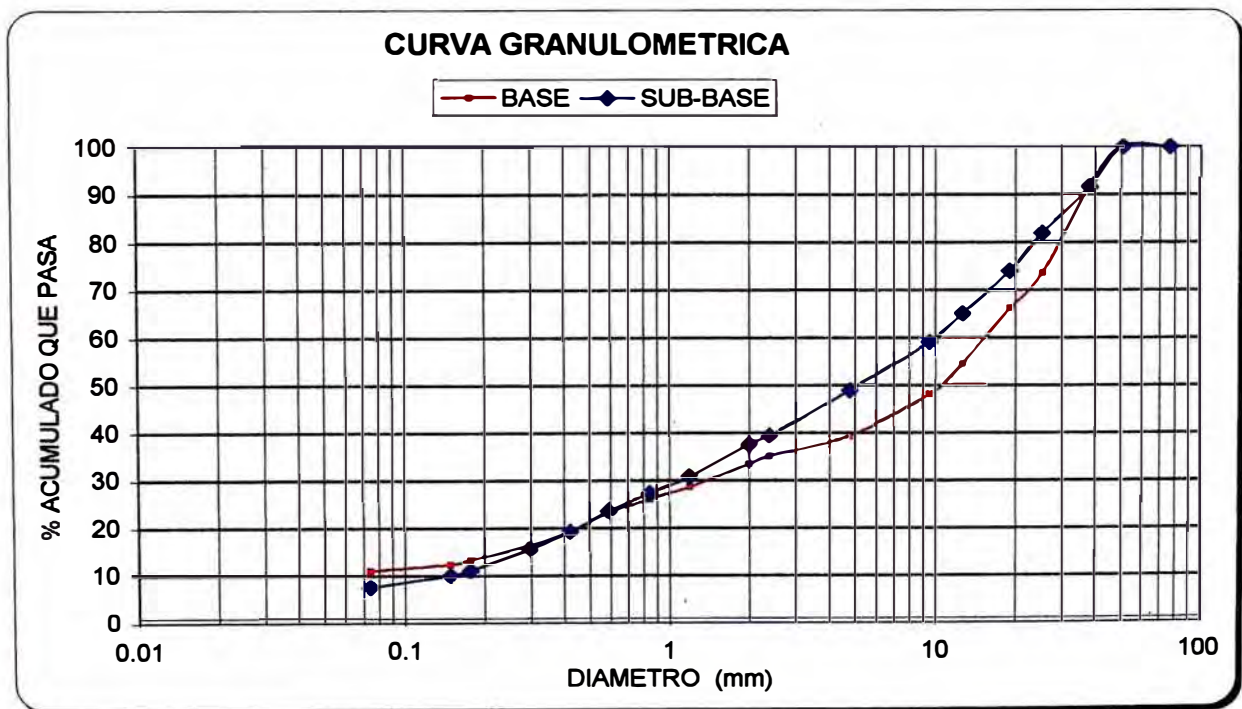


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 4	
Progresiva		64+200	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.17-0.42	0.42-1.50
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	91.90	91.50
1"	25.400	73.60	81.80
3/4"	19.100	66.20	74.00
1/2"	12.700	54.50	65.10
3/8"	9.520	48.00	59.10
Nº 4	4.760	39.30	49.00
Nº 8	2.380	35.10	39.40
Nº 10	2.000	33.40	37.60
Nº 16	1.190	28.70	30.80
Nº 20	0.840	26.10	27.30
Nº 30	0.590	23.10	23.40
Nº 40	0.420	19.30	19.30
Nº 50	0.297	16.40	15.60
Nº 80	0.177	13.20	11.20
Nº 100	0.149	12.40	10.10
Nº 200	0.074	11.20	7.60
Contenido de Humedad (%)		4.77	5.42
Límite Líquido (LL) (%)		16.98	18.85
Límite Plástico (LP) (%)		15.47	16.31
Índice Plástico (IP) (%)		1.51	2.54
Clasificación (SUCS)		GW-GM	GP-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00

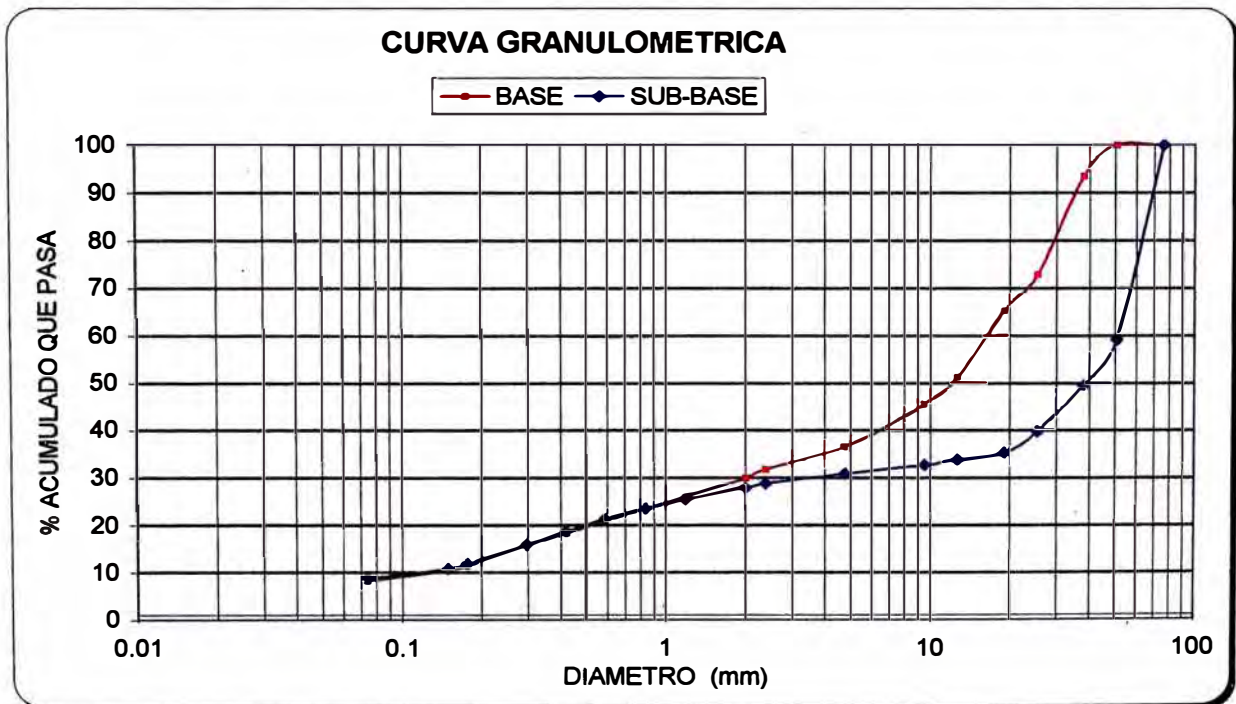


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

		C - 5	
		64+400	
		1	2
Profundidad (m)		0.15-0.55	0.55-1.50
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	59.20
1 1/2"	38.100	93.60	49.50
1"	25.400	72.80	39.80
3/4"	19.100	65.30	35.30
1/2"	12.700	51.20	33.80
3/8"	9.520	45.50	32.80
Nº 4	4.760	36.60	31.00
Nº 8	2.380	31.90	28.90
Nº 10	2.000	30.00	28.00
Nº 16	1.190	26.00	25.40
Nº 20	0.840	23.60	23.60
Nº 30	0.590	21.10	21.40
Nº 40	0.420	18.30	18.70
Nº 50	0.297	15.60	15.90
Nº 80	0.177	11.50	11.80
Nº 100	0.149	10.50	10.80
Nº 200	0.074	8.30	8.90
Contenido de Humedad (%)		3.14	5.45
Límite Líquido (LL) (%)		17.91	19.56
Límite Plástico (LP) (%)		15.15	16.43
Índice Plástico (IP) (%)		2.76	3.13
Clasificación (SUCS)		GW-GM	GW-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00



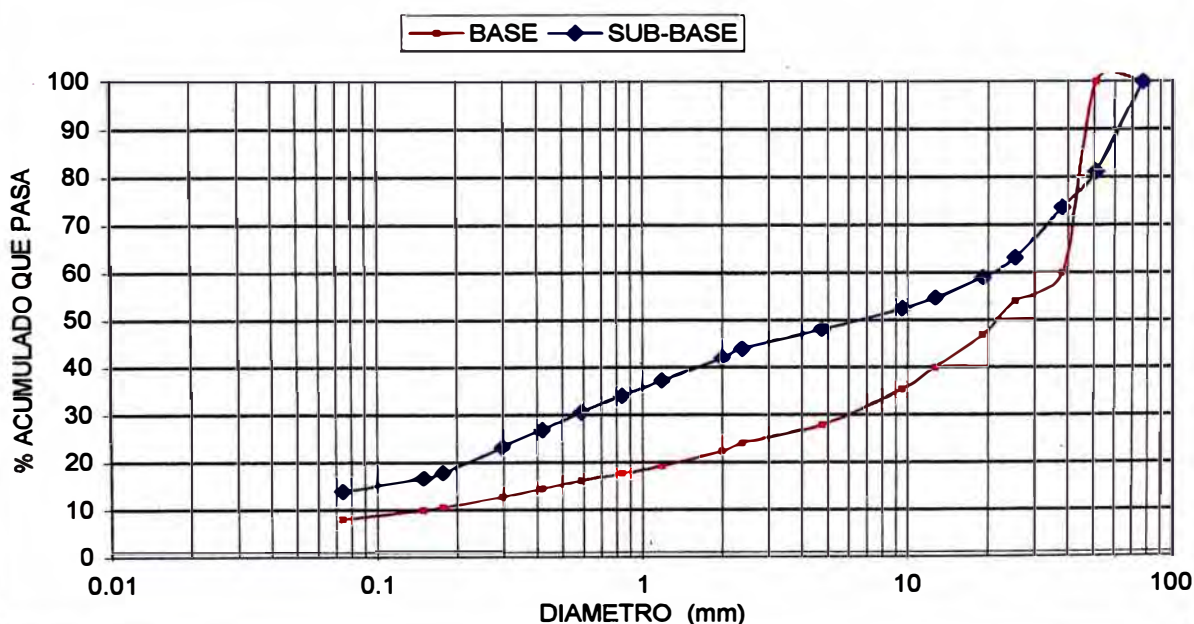
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 6	
Progresiva		64+900	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.15-0.55	0.55-1.50
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	81.10
1 1/2"	38.100	59.90	73.70
1"	25.400	53.90	63.00
3/4"	19.100	46.80	58.90
1/2"	12.700	40.00	54.50
3/8"	9.520	35.30	52.40
Nº 4	4.760	28.00	48.00
Nº 8	2.380	24.00	43.80
Nº 10	2.000	22.30	42.00
Nº 16	1.190	19.30	37.20
Nº 20	0.840	17.60	34.00
Nº 30	0.590	16.10	30.60
Nº 40	0.420	14.40	26.90
Nº 50	0.297	12.80	23.30
Nº 80	0.177	10.60	17.80
Nº 100	0.149	10.00	16.70
Nº 200	0.074	8.10	13.90
Contenido de Humedad (%)		5.06	6.03
Límite Líquido (LL) (%)		21.69	18.48
Límite Plástico (LP) (%)		17.13	15.95
Índice Plástico (IP) (%)		4.56	2.53
Clasificación (SUCS)		GP-GC	GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA



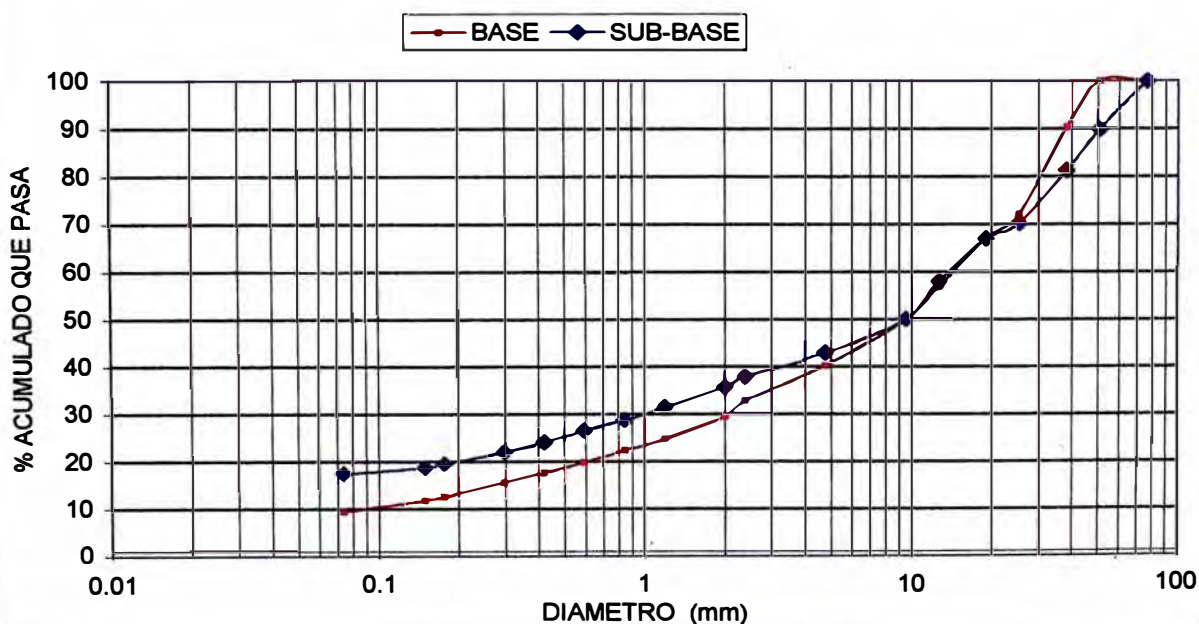
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 7	
Progresiva		65+220	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.15-0.45	0.45-1.50
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	89.90
1 1/2"	38.100	90.30	81.20
1"	25.400	72.10	70.20
3/4"	19.100	67.00	66.90
1/2"	12.700	56.90	57.90
3/8"	9.520	50.00	50.10
Nº 4	4.760	40.30	42.80
Nº 8	2.380	32.80	37.90
Nº 10	2.000	29.60	35.70
Nº 16	1.190	24.70	31.40
Nº 20	0.840	22.30	28.80
Nº 30	0.590	19.90	26.50
Nº 40	0.420	17.60	24.10
Nº 50	0.297	15.50	22.10
Nº 80	0.177	12.50	19.60
Nº 100	0.149	11.70	18.80
Nº 200	0.074	9.60	17.50
Contenido de Humedad (%)		3.94	3.77
Límite Líquido (LL) (%)		20.88	19.02
Límite Plástico (LP) (%)		13.79	15.94
Índice Plástico (IP) (%)		7.09	3.08
Clasificación (SUCS)		GP-GC	GM
Clasificación (AASHTO)		A-2-4	A-1-b
Índice de Grupo		0.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA

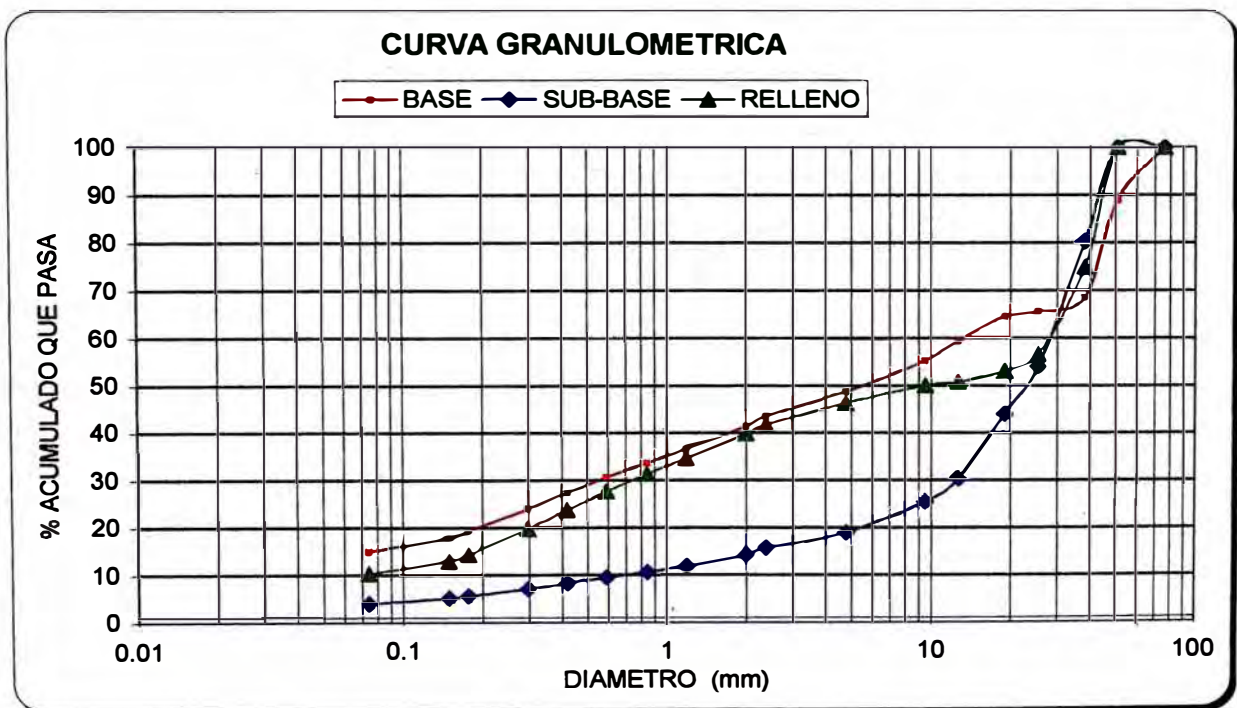


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 8		
Progresiva		65+500		
Muestra		1	2	3
Profundidad (m)		0.10-0.30	0.30-0.80	0.80-1.50
TAMICES	DIAMETRO			
3"	76.200	100.00	100.00	100.00
2"	50.800	89.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	68.50	80.30	74.90
1"	25.400	65.70	54.00	56.50
3/4"	19.100	64.40	44.00	53.00
1/2"	12.700	59.40	30.40	50.80
3/8"	9.520	55.20	25.60	50.10
Nº 4	4.760	48.70	19.00	46.30
Nº 8	2.380	43.60	15.70	41.80
Nº 10	2.000	41.40	14.30	39.90
Nº 16	1.190	36.70	12.00	34.70
Nº 20	0.840	33.70	10.70	31.40
Nº 30	0.590	30.70	9.50	27.70
Nº 40	0.420	27.50	8.30	23.80
Nº 50	0.297	24.10	7.10	19.80
Nº 80	0.177	19.40	5.60	14.40
Nº 100	0.149	18.00	5.20	13.00
Nº 200	0.074	15.10	4.00	10.40
Contenido de Humedad (%)		3.95	3.80	5.61
Límite Líquido (LL) (%)		19.19	20.08	17.96
Límite Plástico (LP) (%)		15.63	17.39	15.50
Índice Plástico (IP) (%)		3.56	2.69	2.45
Clasificación (SUCS)		GM	GP	GP-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00	0.00

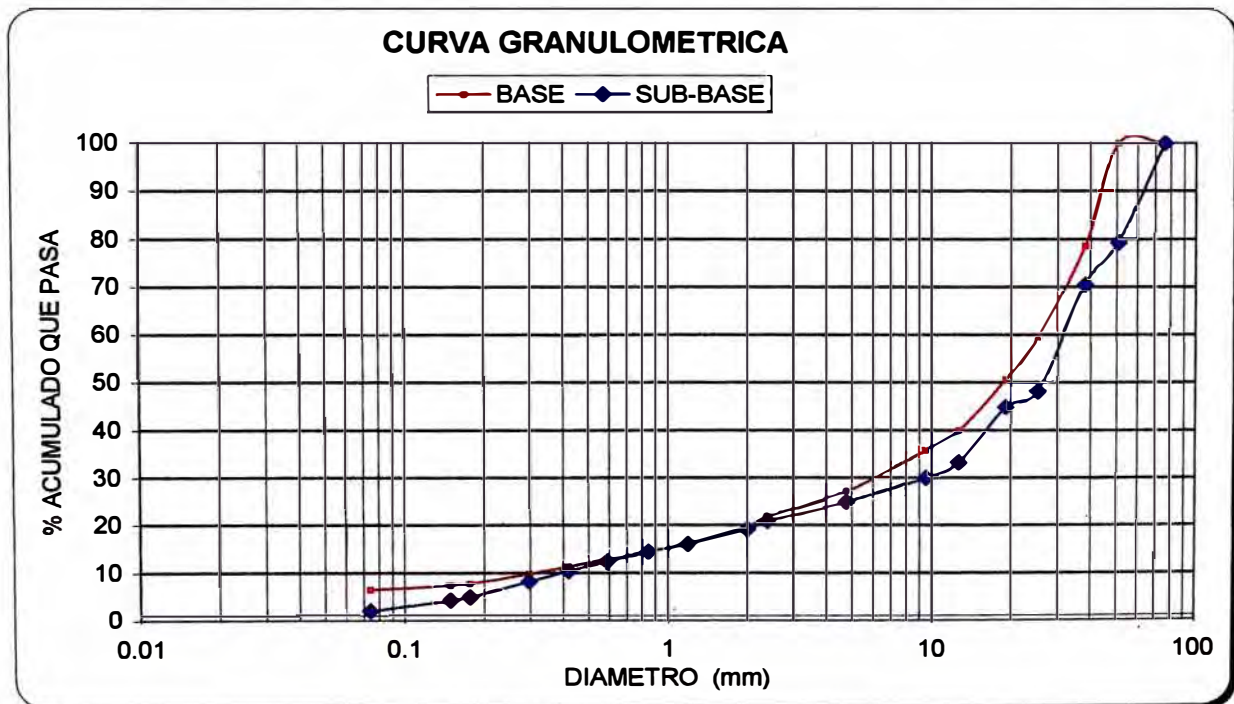


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

Calicata		C - 9	
Progresiva		65+900	
Muestra		1	2
Profundidad (m)		0.10-0.50	0.50-1.10
TAMICES	DIAMETRO		
3"	76.200	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	79.30
1 1/2"	38.100	78.60	70.40
1"	25.400	59.60	48.20
3/4"	19.100	50.60	44.90
1/2"	12.700	40.00	33.20
3/8"	9.520	35.80	30.00
Nº 4	4.760	27.20	24.90
Nº 8	2.380	21.90	21.00
Nº 10	2.000	19.70	19.30
Nº 16	1.190	16.30	16.20
Nº 20	0.840	14.50	14.40
Nº 30	0.590	12.90	12.50
Nº 40	0.420	11.30	10.40
Nº 50	0.297	9.90	8.20
Nº 80	0.177	7.80	4.90
Nº 100	0.149	7.50	4.20
Nº 200	0.074	6.50	2.10
Contenido de Humedad (%)		4.07	3.39
Límite Líquido (LL) (%)		19.93	17.32
Límite Plástico (LP) (%)		15.41	16.53
Índice Plástico (IP) (%)		4.52	0.79
Clasificación (SUCS)		GP-GC	GP
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a
Índice de Grupo		0.00	0.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCTOR MODIFICADO
ASTM D - 1557**

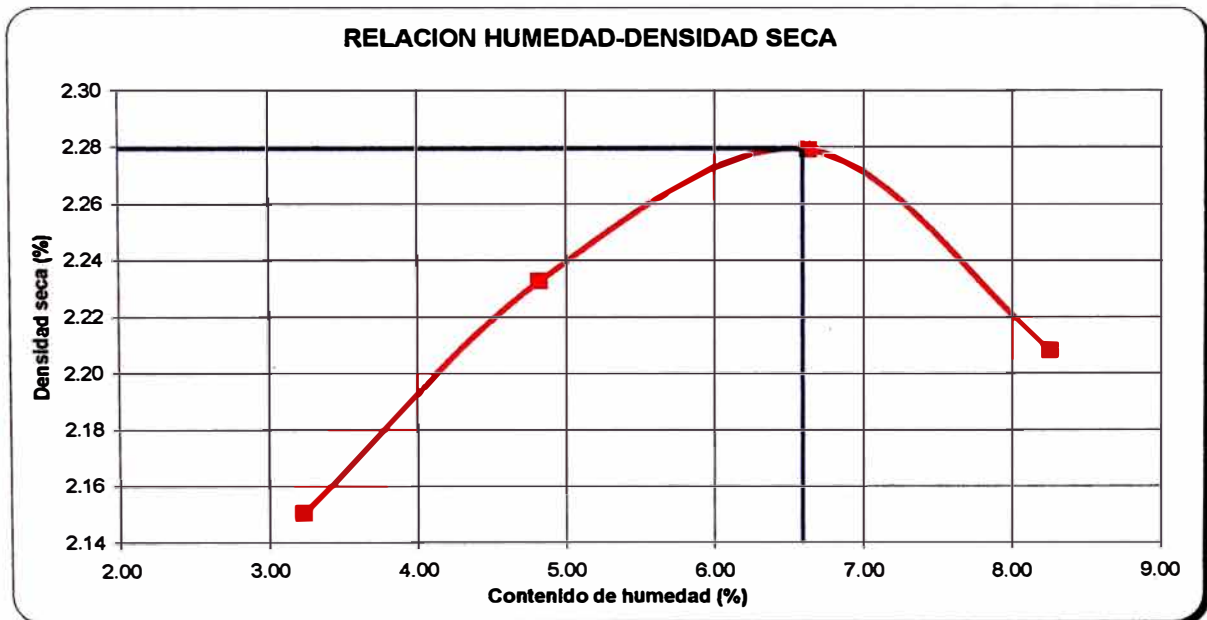
**OBRA : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000.**

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2 PROGRESIVA : Km. 63+400
 MUESTRA : 2 MOLDE : N° 01
 PROF. (m) : 0.55-1.10 METODO : Modificado

Peso suelo + molde	gr.	11896	12149	12338	12254
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4666	4919	5108	5024
Volumen del molde	cm ³	2101.81	2101.81	2101.81	2101.81
Peso volumetrico húmedo	gr/cm ³	2.22	2.34	2.43	2.39
Recipiente	N°				
Peso del suelo humedo+tara	gr.	300.00	325.80	363.20	314.80
Peso del suelo seco+tara	gr.	291	310.80	340.60	290.80
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	9.40	15.00	22.60	24.00
Peso del suelo seco	gr.	290.60	310.80	340.60	290.80
Contenido de agua	%	3.23	4.83	6.64	8.25
Peso volumetrico seco	gr/cm ³	2.15	2.23	2.28	2.21

Max. Densidad seca (gr./cm³) : 2.28 Optimo cont de humedad (%) : 6.60



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCTOR MODIFICADO
ASTM D - 1557**

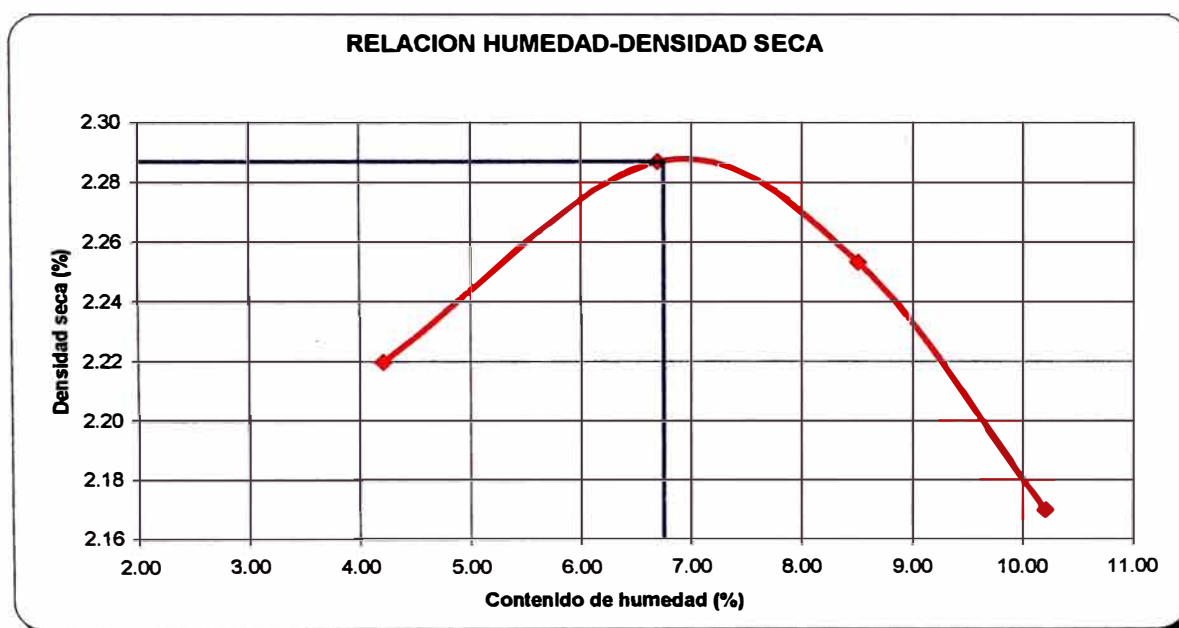
OBRA : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-3	PROGRESIVA : Km. 63+900
MUESTRA : 2	MOLDE : N° 01
PROF. (m) : 0.40-1.50	METODO : Modificado

Peso suelo + molde	gr.	12092	12359	12369	12256
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4862	5129	5139	5026
Volumen del molde	cm ³	2101.81	2101.81	2101.81	2101.81
Peso volumetrico húmedo	gr/cm ³	2.31	2.44	2.45	2.39
Recipiente	N°				
Peso del suelo humedo+tara	gr.	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco+tara	gr.	479.80	468.60	460.80	453.70
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	20.20	31.40	39.20	46.30
Peso del suelo seco	gr.	479.80	468.60	460.80	453.70
Contenido de agua	%	4.21	6.70	8.51	10.20
Peso volumetrico seco	gr/cm ³	2.22	2.29	2.25	2.17

Max. Densidad seca (gr./cm³) : 2.29 Optimo cont de humedad (%) : 6.70



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCTOR MODIFICADO
ASTM D-1557**

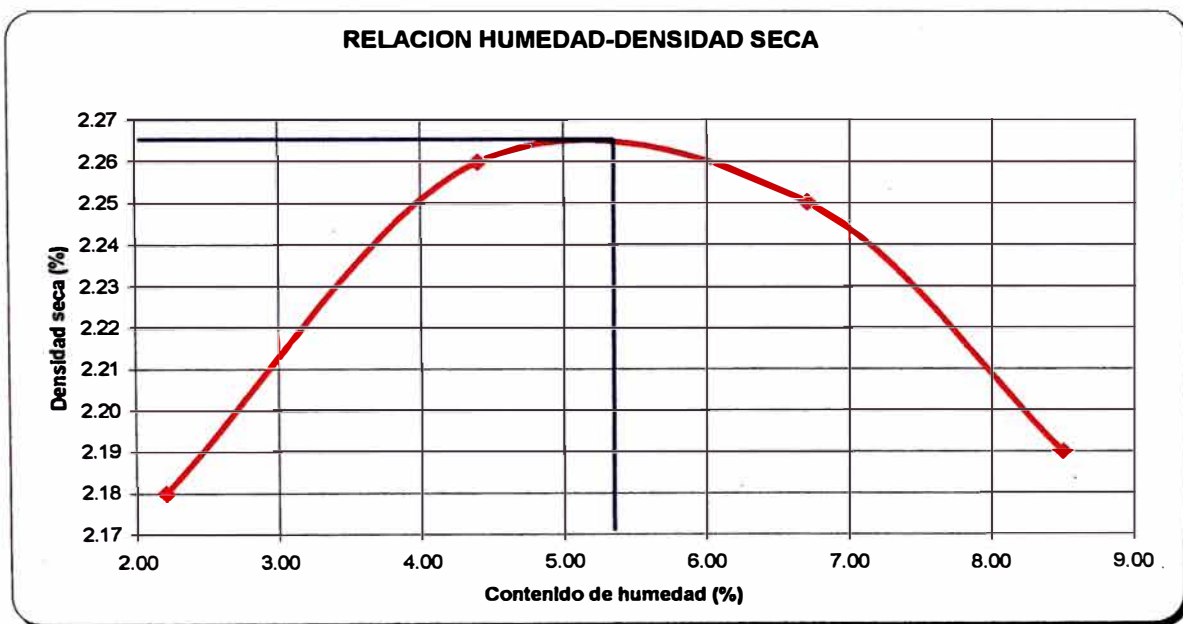
OBRA : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA (Km. 63+000-Km. 66+000)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-5	PROGRESIVA	: Km. 64+400
MUESTRA	: 2	MOLDE	: N° 01
PROF. (m)	: 0.55-1.50	METODO	: Modificado

Peso suelo + molde	gr.	11913	12189	12277	12224
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4683	4959	5047	4994
Volumen del molde	cm3	2101.81	2101.81	2101.81	2101.81
Peso volumetrico húmedo	gr/cm3	2.23	2.36	2.40	2.38
Recipiente	N°				
Peso del suelo humedo+tara	gr.	560.40	700.00	647.40	620.20
Peso del suelo seco+tara	gr.	548.30	670.50	606.70	571.60
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	12.10	29.50	40.70	48.60
Peso del suelo seco	gr.	548.30	670.50	606.70	571.60
Contenido de agua	%	2.21	4.40	6.71	8.50
Peso volumetrico seco	gr/cm3	2.18	2.26	2.25	2.19

Max. Densidad seca (gr./cm3) : 2.27 Optimo cont de humedad (%) : 5.30



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCTOR MODIFICADO
ASTM D - 1557**

OBRA : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-6	PROGRESIVA	: Km. 64+900
MUESTRA	2	MOLDE	: N° 01
PROF. (m)	0.55-1.50	METODO	: Modificado

Peso suelo + molde	gr.	11894	12155	12239	12163
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4664	4925	5009	4933
Volumen del molde	cm3	2101.81	2101.81	2101.81	2101.81
Peso volumetrico húmedo	gr/cm3	2.22	2.34	2.38	2.35
Recipiente	N°				
Peso del suelo humedo+tara	gr.	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco+tara	gr.	479.80	469.50	459.60	451.70
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	20.20	30.50	40.40	48.30
Peso del suelo seco	gr.	479.80	469.50	459.60	451.70
Contenido de agua	%	4.21	6.50	8.79	10.69
Peso volumetrico seco	gr/cm3	2.13	2.20	2.19	2.12

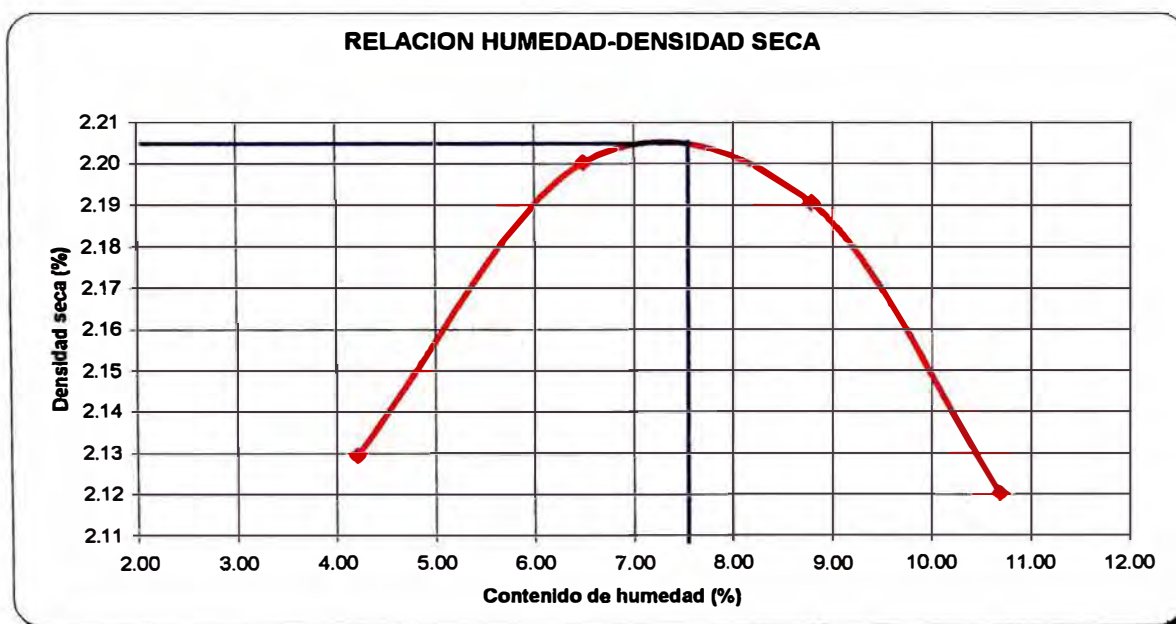
Max. Densidad seca (gr./cm3)

: 2.21

Optimo cont de humedad (%)

: 7.50

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD SECA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCTOR MODIFICADO
ASTM D - 1557**

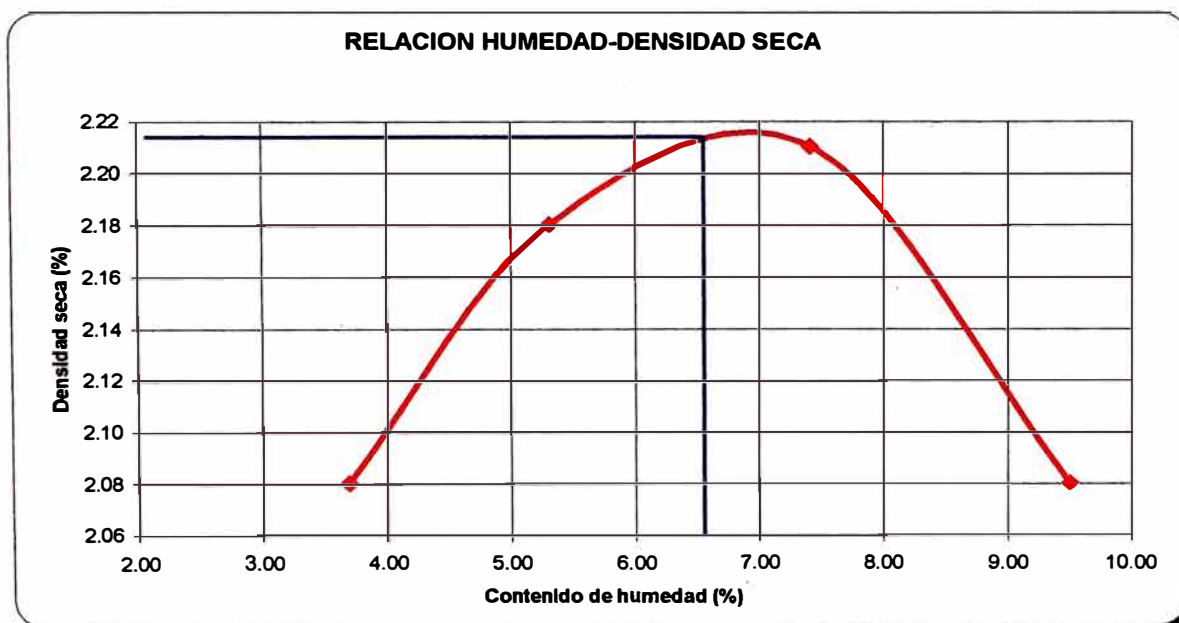
OBRA :MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-9 PROGRESIVA : Km. 65+900
MUESTRA 2 MOLDE : N° 01
PROF. (m) 0.50-1.10 METODO : Modificado

Peso suelo + molde	gr.	11764	12056	12220	12018
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4534	4826	4990	4788
Volumen del molde	cm ³	2101.81	2101.81	2101.81	2101.81
Peso volumetrico húmedo	gr/cm ³	2.16	2.30	2.37	2.28
Recipiente	N°				
Peso del suelo humedo+tara	gr.	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco+tara	gr.	482.20	474.80	465.50	456.60
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	17.80	25.20	34.50	43.40
Peso del suelo seco	gr.	482.20	474.80	465.50	456.60
Contenido de agua	%	3.69	5.31	7.41	9.51
Peso volumetrico seco	gr/cm ³	2.08	2.18	2.21	2.08

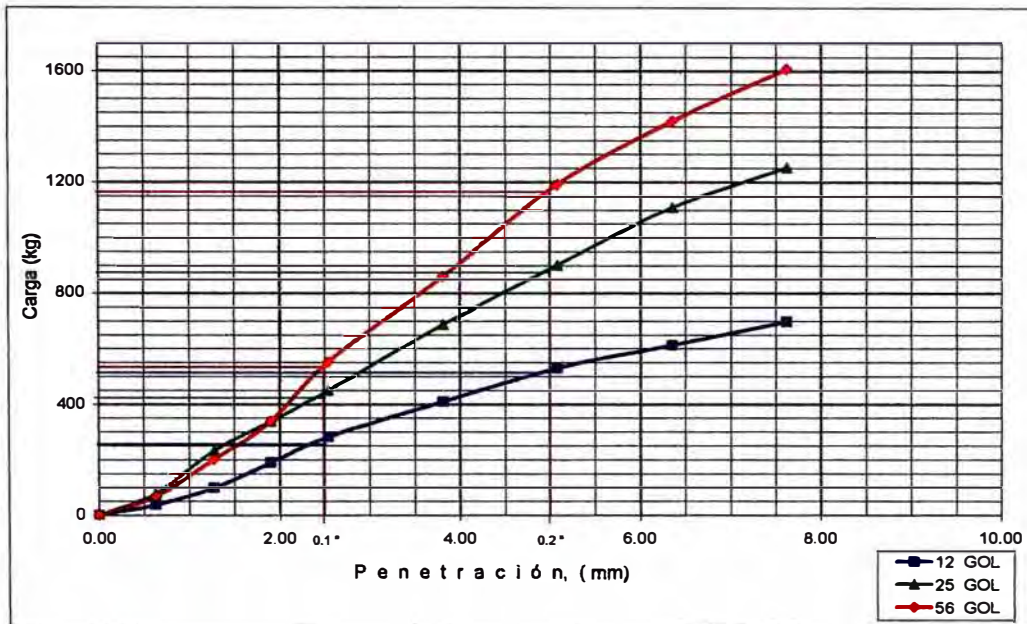
Max. Densidad seca (gr./cm³) : 2.22 Optimo cont. de humedad (%) : 6.50



PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCACHACRA. MATUCANA
del Km. 63+000 al Km. 66+000)

PROGRESIVA : 63+400 CALICATA : C-2

Curva Penetracion Vs. Carga

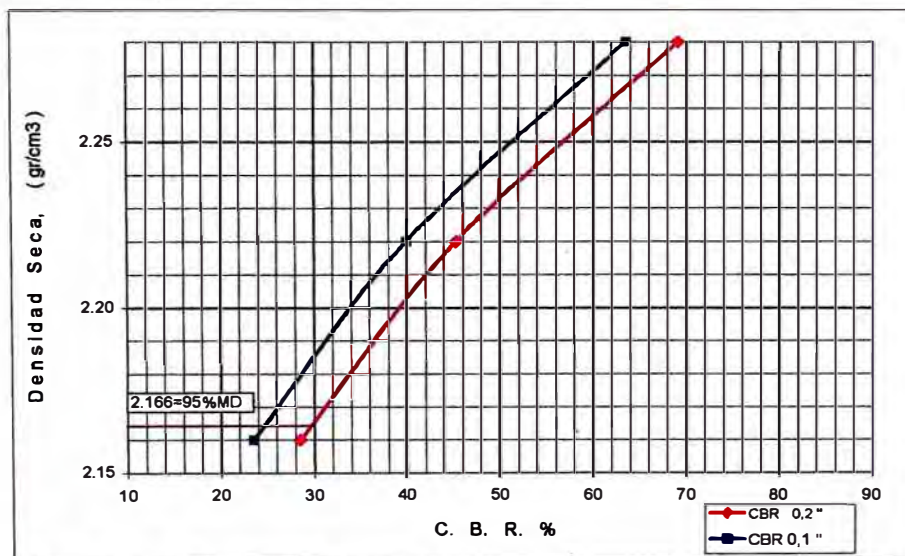


PENETRACION	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
mm	ka.	ka.	ka.
0	0	0	0
0.63	38	79	68
1.27	99	231	201
1.9	190	338	338
2.54	282	449	552
3.81	409	688	861
5.08	531	902	1191
6.35	614	1110	1420
7.62	698	1252	1608

	12 golpes	25 golpes	56 golpes
Humedad final, (%)	6.44	6.55	6.44
Hinchamiento, (%)	-	-	-
Densidad seca, (gr/cm ³)	2.160	2.220	2.280
CBR 0.1" (%)	23.5	39.9	63.5
CBR 0.2" (%)	28.5	45.3	69.1

(*) Porcentaje respecto a la máxima densidad seca 2.280 gr/cm³, y OCH= 6.2% en el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO método "D",

Curva CBR (%) Vs. Densidad Seca

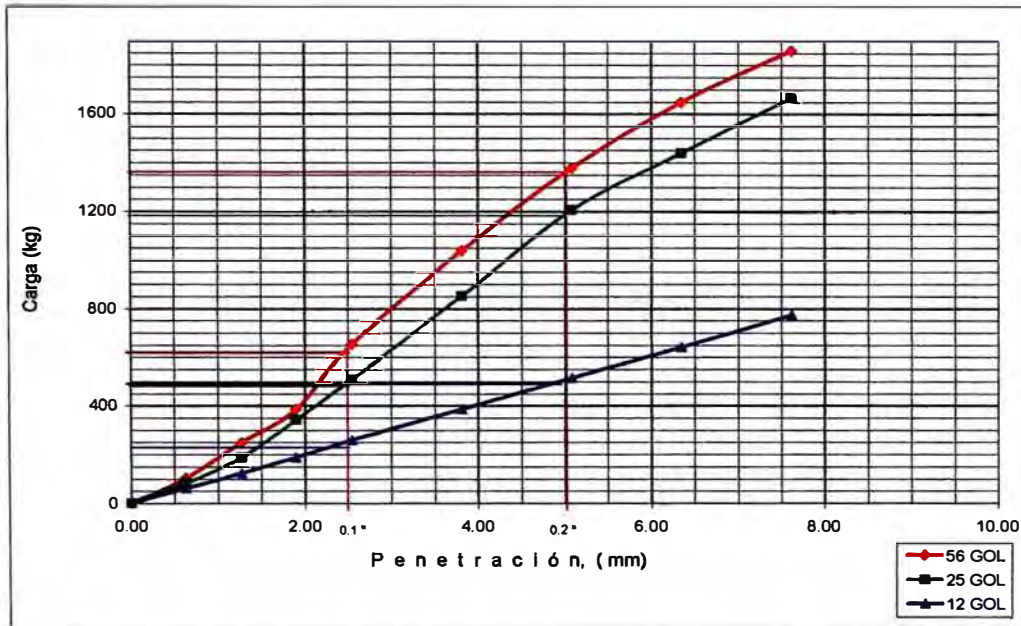


CBR AL 10% DE MDS (%)	0.1" = 64%	0.2" = 69%
CBR AL 95% DE MDS (%)	0.1" = 27%	0.2" = 33%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D 1883

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCACHACRA.MATUCANA
del Km. 63+000 al Km. 66+000
PROGRESIVA : 63+900 CALICATA : C-3

Curva Penetracion Vs. Carga

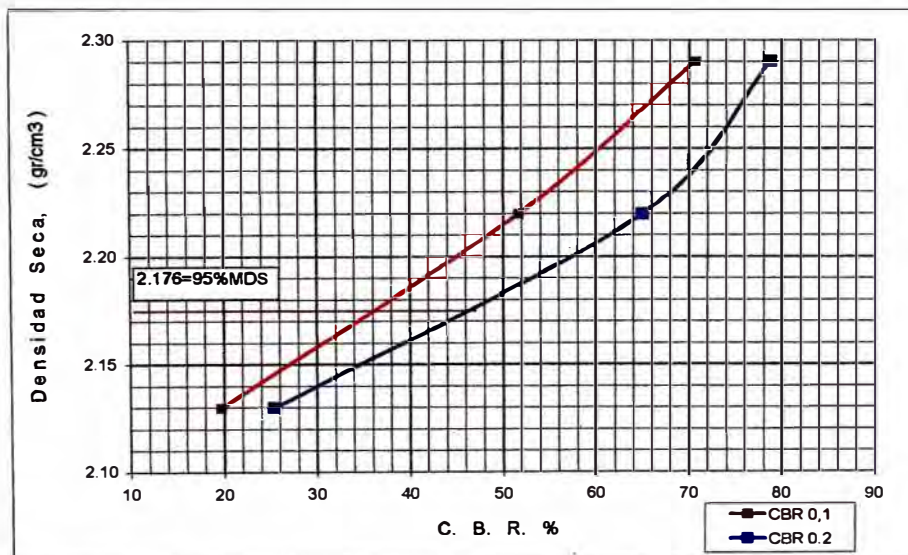


PENETRAC. mm	12 GOLPES kg.	25 GOLPES kg.	56 GOLPES kg.
0	0	0	0
0.63	63	84	104
1.27	124	190	251
1.9	190	343	388
2.54	261	510	653
3.81	388	851	1038
5.08	515	1206	1379
6.35	642	1440	1650
7.62	774	1668	1861

	12 golpes	25 golpes	56 golpes
Humedad final, (%)	6.70	6.80	6.70
Hinchamiento, (%)	-	-	-
Densidad seca, (gr/cm ³)	2.130	2.220	2.290
CBR 0.1" (%)	19.7	51.7	70.7
CBR 0.2" (%)	25.4	65.0	78.8

(*) Porcentaje respecto a la máxima densidad seca 2.28 gr/cm³, y OCH= 6.2% en el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO método "D",

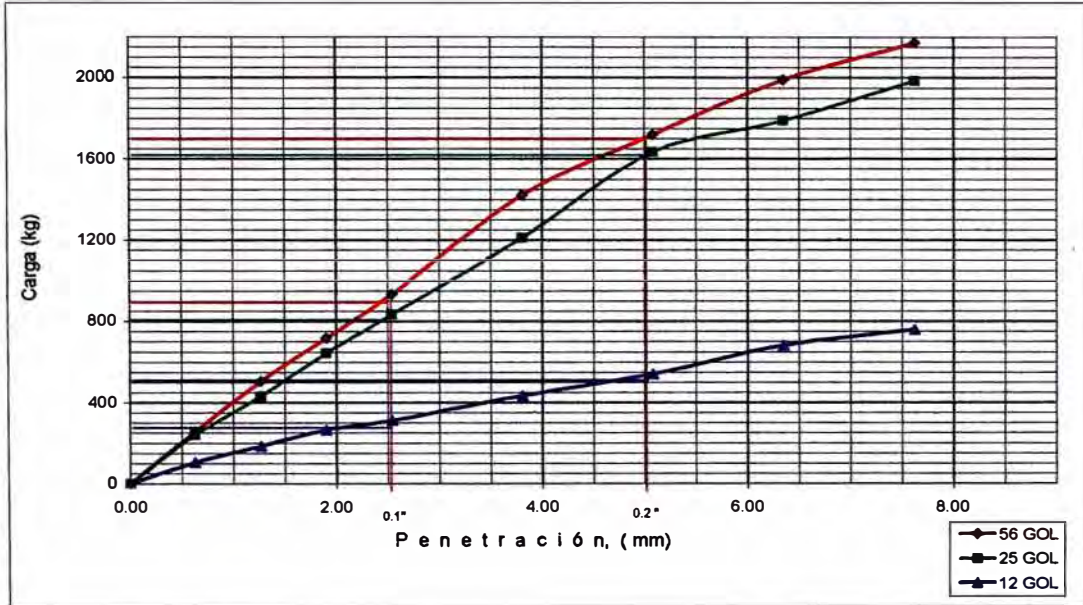
Curva CBR (%) Vs. Densidad Seca



CBR AL 10% DE MDS (%)	0.1" = 71%	0.2" = 79%
CBR AL 95% DE MDS (%)	0.1" = 36%	0.2" = 50%

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCACHACRA.MATUCANA
DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000
PROGRESIVA : 64+400 CALICATA : C-5

Curva Penetracion Vs. Carga

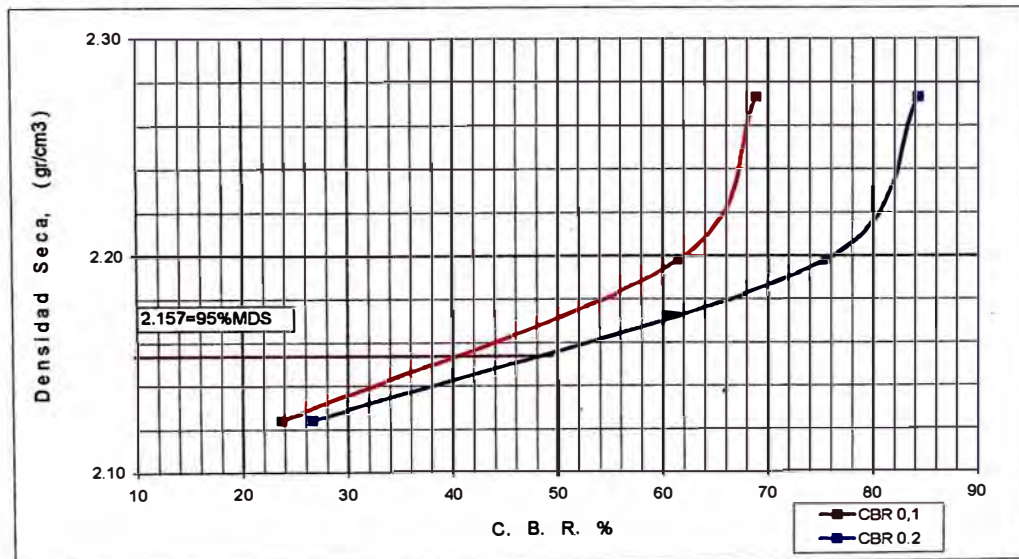


PENETRACION	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
mm	kg.	kg.	kg.
0	0	0	0
0.63	104	240	257
1.27	186	430	505
1.9	264	644	719
2.54	311	834	933
3.81	433	1211	1422
5.08	542	1634	1721
6.35	682	1790	1989
7.62	760	1986	2172

	12 golpes	25 golpes	56 golpes
Humedad final, (%)	5.30	5.30	5.30
Hinchamiento, (%)	-	-	-
Densidad seca, (gr/cm ³)	2.124	2.198	2.273
CBR 0.1" (%)	23.7	61.5	68.9
CBR 0.2" (%)	26.7	75.5	84.2

(*) Porcentaje respecto a la máxima densidad seca 2.280 gr/cm³, y OCH= 6.2% en el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO método "D",

Curva CBR (%) Vs. Densidad Seca

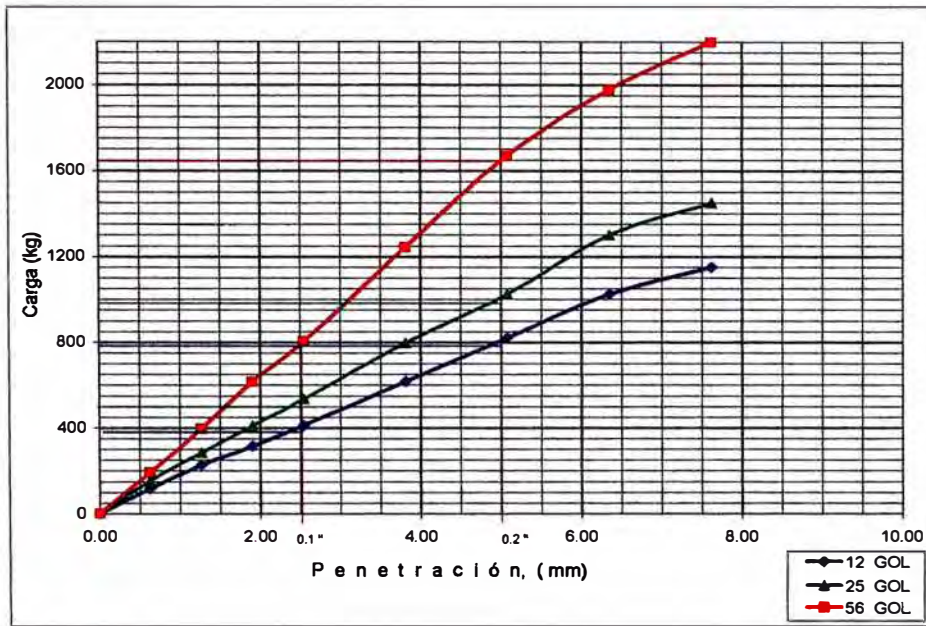


CBR AL 100% DE MDS (%)	0.1" = 64%	0.2" = 85%
CBR AL 95% DE MDS (%)	0.1" = 49%	0.2" = 65%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D 1883

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
 DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000
 PROGRESIVA : 64+900 CALICATA : C-6

Curva Penetracion Vs. Carga

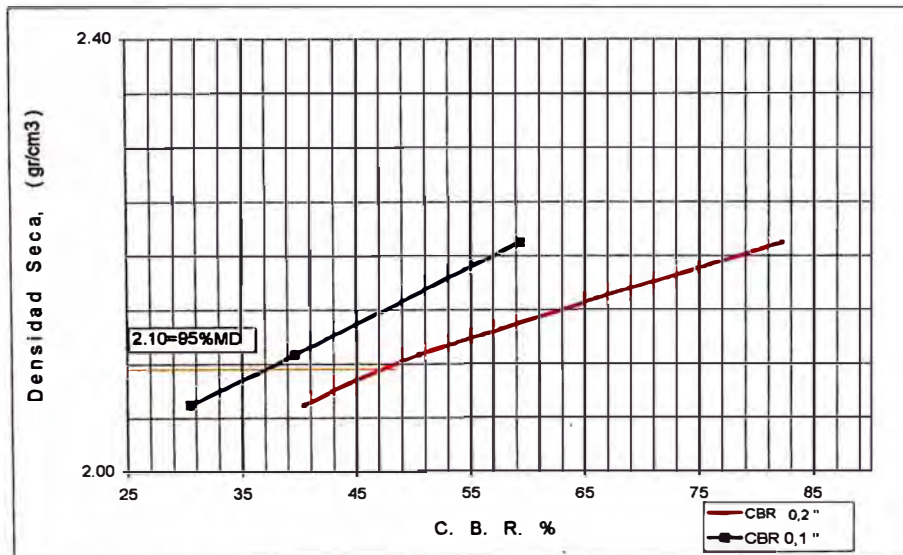


PENETRACION	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
mm	kg.	kg.	kg.
0	0	0	0
0.63	118	155	193
1.27	227	284	396
1.9	315	410	617
2.54	413	536	804
3.81	617	797	1245
5.08	821	1025	1670
6.35	1025	1300	1979
7.62	1150	1449	2200

	12 golpes	25 golpes	56 golpes
Humedad final, (%)	7.40	7.60	7.50
Hinchamiento, (%)	-	-	-
Densidad seca, (gr/cm ³)	2.062	2.108	2.212
CBR 0.1" (%)	30.5	39.6	59.3
CBR 0.2" (%)	40.4	50.5	82.2

(*) Porcentaje respecto a la máxima densidad seca 2.28 gr/cm³, y OCH= 6.2% en el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO método "D",

Curva CBR (%) Vs. Densidad Seca

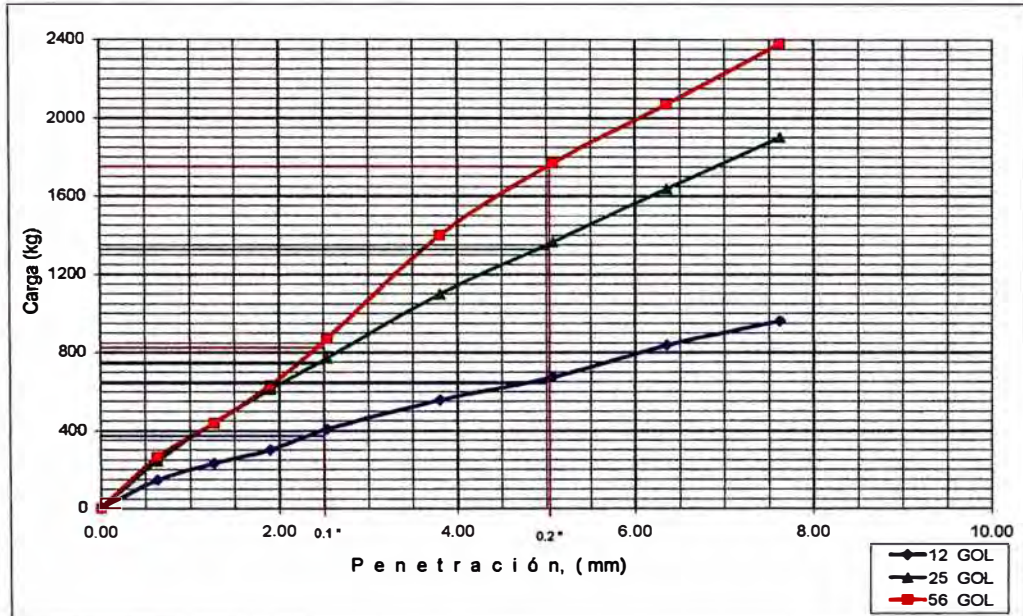


CBA AL 10% DE MDS (%)	0.1" = 59%	0.2" = 82%
CBR AL 95% DE MDS (%)	0.1" = 38%	0.2" = 50%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D 1883

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000
PROGRESIVA : 65+900 CALICATA : C-9

Curva Penetracion Vs. Carga

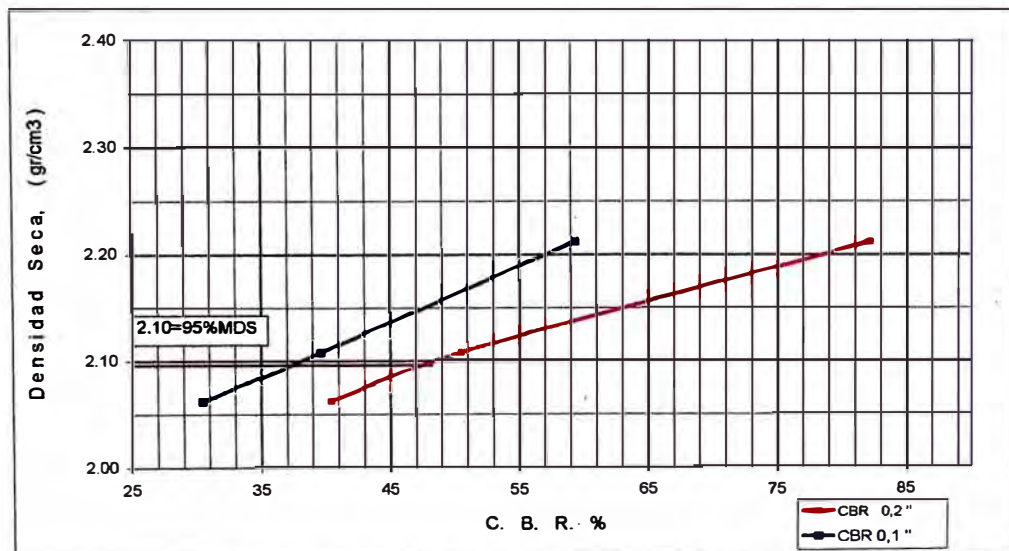


PENETRACION	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
mm.	kg.	kg.	kg.
0	0	0	0
0.63	145	244	264
1.27	233	440	440
1.9	301	610	631
2.54	407	770	872
3.81	556	1099	1398
5.08	675	1364	1768
6.35	838	1636	2071
7.62	960	1901	2380

	12 golpes	25 golpes	56 golpes
Humedad final. (%)	7.40	7.60	7.50
Hinchamiento. (%)	-	-	-
Densidad seca (gr/cm ³)	2.062	2.108	2.212
CBR 0.1" (%)	30.5	39.6	59.3
CBR 0.2" (%)	40.4	50.5	82.2

(*) Porcentaje respecto a la máxima densidad seca 2.280 gr/cm³, y OCH= 6.2% en el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO método "D",

Curva CBR (%) Vs. Densidad Seca



CBR AL 10% DE MDS (%)	0.1" = 59%	0.2" = 82%
CBR AL 95% DE MDS (%)	0.1" = 38%	0.2" = 50%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS								
Progresiva		62+900						
Muestra		1	2					
Leyenda de la muestra		BASE	SUB-RAS					
Profundidad		0.15-0.35	0.35-1.10					

CONTENIDO DE HUMEDAD								
Numero de la tara								
Peso tara (gr.)		31.48	34.29					
Peso tara + suelo humedo (gr.)		228.6	232.1					
Peso tara + suelo seco (gr.)		221.1	224.1					

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-1 / M-1			
	Limite Liquido		Limite Plastico	
Limites de consistencia				
Nº de golpes	13	28		
Peso tara (gr.)	8.09	10.03		
Peso tara + suelo humedo (gr.)	21.42	23.07		
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.32	21.23		
Humedad %	18.70	16.43		
Limite Liquido 25 golpes	16.76			

Muestra	SUB-RAS C-1 M-2			
	Limite Liquido		Limite Plastico	
Limites de consistencia				
Nº de golpes	16	27		
Peso tara (gr.)	7.90	9.59		
Peso tara + suelo humedo (gr.)	18.59	19.80		
Peso tara + suelo seco (gr.)	16.95	18.39		
Humedad %	18.12	16.02		
Limite Liquido 25 golpes	16.33			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS			
Progresiva	63 + 400		
Sondaje	51	51	
Muestra	1	2	
Leyenda de la muestra	BASE	SUB-RAS	
Profundidad	0.15-0.55	0.55-1.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Numero de la tara			
Peso tara (gr.)	45.17	34.29	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	238.1	231.3	
Peso tara + suelo seco (gr.)	231.8	224.6	

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-2 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	13	28				
Peso tara (gr.)	9.78	10.01		3.76	5.61	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	20.2	20.84		6.36	8.24	
Peso tara + suelo seco (gr.)	18.58	19.30		6.03	7.91	
Humedad %	18.41	16.58		14.54	14.35	
Limite Liquido 25 golpes	16.76			14.44		

Muestra	SUB-RAS C-2 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	12	32				
Peso tara (gr.)	9.71	10.04		3.84	3.73	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	21.92	20.23		7.56	7.44	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.89	18.71		7.05	6.93	
Humedad %	19.94	17.53		15.89	15.94	
Limite Liquido 25 golpes	18.14			15.91		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

DATOS DE LAS MUESTRAS			
Progresiva	63 + 900		
Muestra	1	2	
Leyenda de la muestra	BASE	SUB-RAS	
Profundidad	0.15-0.40	0.40-1.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Numero de la tara			
Peso tara (gr.)	20.9	35.94	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	217.2	197.1	
Peso tara + suelo seco (gr.)	211.7	189.3	

**LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

Muestra	BASE C-3 / M-1			
	Limite Liquido		Limite Plastico	
Limites de consistencia				
Nº de golpes	12	28		
Peso tara (gr.)	8.09	8.03		
Peso tara + suelo humedo (gr.)	20.18	17.48		
Peso tara + suelo seco (gr.)	18.3	16.52		
Humedad %	18.41	11.31		
Limite Liquido 25 golpes	12.26			

Muestra	SUB-RAS C-3 M-2			
	Limite Liquido		Limite Plastico	
Limites de consistencia				
Nº de golpes	13	27		
Peso tara (gr.)	7.51	7.86	3.8	3.95
Peso tara + suelo humedo (gr.)	18.66	18.87	6.88	8.07
Peso tara + suelo seco (gr.)	16.89	17.17	6.42	7.45
Humedad %	18.87	18.26	17.56	17.71
Limite Liquido 25 golpes	18.32		17.64	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

DATOS DE LAS MUESTRAS							
Progresiva		64 + 200					
Muestra		1	2				
Leyenda de la muestra		BASE	SUB-RAS				
Profundidad		0.17-0.42	0.42-1.50				

CONTENIDO DE HUMEDAD							
Numero de la tara							
Peso tara (gr.)		30.94	34.29				
Peso tara + suelo humedo (gr.)		276.7	242.5				
Peso tara + suelo seco (gr.)		265.5	231.8				

**LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

Muestra	BASE C-4 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	27	15				
Peso tara (gr.)	7.9	7.98		3.80	3.86	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	19.72	19.8		6.11	6.70	
Peso tara + suelo seco (gr.)	18.02	17.98		5.80	6.32	
Humedad %	16.80	18.20		15.50	15.45	
Limite Liquido 25 golpes	16.98			15.47		

Muestra	SUB-RAS C-4 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	27	15				
Peso tara (gr.)	9.78	9.59		3.87	3.8	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	18.10	19.63		6.56	6.96	
Peso tara + suelo seco (gr.)	16.79	17.96		6.18	6.52	
Humedad %	18.69	19.95		16.45	16.18	
Limite Liquido 25 golpes	18.85			16.31		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

DATOS DE LAS MUESTRAS			
Progresiva	64 + 400		
Muestra	1	2	
Leyenda de la muestra	BASE	SUB-RAS	
Profundidad	0.15-0.55	0.55-1.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Numero de la tara			
Peso tara (gr.)	34.29	19.61	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	234.8	201.4	
Peso tara + suelo seco (gr.)	228.7	192	

**LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

Muestra	BASE C-5 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia	15	27				
N° de golpes	15	27				
Peso tara (gr.)	10.1	10		3.86	3.87	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	21.71	20.19		5.66	5.95	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.89	18.65		5.42	5.68	
Humedad %	19.89	17.80		15.38	14.92	
Limite Liquido 25 golpes	17.91			15.15		

Muestra	SUB-RAS C-5 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia	15	28				
N° de golpes	15	28				
Peso tara (gr.)	9.94	9.65		3.82	3.77	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	22.00	20.39		8.08	7.8	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.89	18.66		7.48	7.23	
Humedad %	21.21	19.20		16.39	16.47	
Limite Liquido 25 golpes	19.56			16.43		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS							
Progresiva		64 + 900					
Muestra		1	2				
Leyenda de la muestra		BASE	SUB-RAS				
Profundidad		0.15-0.55	0.55-1.50				

CONTENIDO DE HUMEDAD							
Numero de la tara							
Peso tara (gr.)		19.97	31.02				
Peso tara + suelo humedo (gr.)		221.3	228.1				
Peso tara + suelo seco (gr.)		211.6	216.9				

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-6 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	17	28				
Peso tara (gr.)	9.59	7.51		3.80	3.80	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	22.19	20.29		7.16	7.21	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.82	18.05		6.67	6.71	
Humedad %	23.17	21.25		17.07	17.18	
Limite Liquido 25 golpes	17.91			17.13		

Muestra	SUB-RAS C-6 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	18	28				
Peso tara (gr.)	7.98	9.94		3.83	3.9	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	19.86	21.98		6.89	7.38	
Peso tara + suelo seco (gr.)	17.90	20.14		6.47	6.9	
Humedad %	19.76	18.04		15.91	16.00	
Limite Liquido 25 golpes	18.48			15.95		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL- Km 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS							
Progresiva	65 + 220						
Muestra	1	2					
Leyenda de la muestra	BASE	SUB-RAS					
Profundidad	0.15-0.45	0.45-1.50					

CONTENIDO DE HUMEDAD							
Numero de la tara							
Peso tara (gr.)	31.41	19.77					
Peso tara + suelo humedo (gr.)	217.24	321.56					
Peso tara + suelo seco (gr.)	210.2	310.6					

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-7 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	20	28				
Peso tara (gr.)	10.1	9.65		3.84	3.94	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	21.09	20.63		7.46	7.13	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.14	18.76		6.97	6.79	
Humedad %	21.57	20.53		15.65	11.93	
Limite Liquido 25 golpes	20.88			13.79		

Muestra	SUB-RAS C-7 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	15	27				
Peso tara (gr.)	9.73	9.78		3.77	3.77	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	19.56	20.02		6.36	6.86	
Peso tara + suelo seco (gr.)	17.95	18.39		6	6.44	
Humedad %	19.59	18.93		16.14	15.73	
Limite Liquido 25 golpes	19.02			15.94		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS			
Progresiva	65 + 500		
Muestra	1	2	3
Legenda de la muestra	BASE	SUB-RAS	RELLENO
Profundidad	0.10-0.30	0.30-0.80	0.80-1.50

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Numero de la tara			
Peso tara (gr.)	32.88	19.53	31.32
Peso tara + suelo humedo (gr.)	300.78	311.28	326.06
Peso tara + suelo seco (gr.)	290.6	300.6	310.4

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-8 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	20	25				
Peso tara (gr.)	8.04	10.03		3.88	3.95	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	19.83	21.27		7.44	7.27	
Peso tara + suelo seco (gr.)	17.84	19.46		6.96	6.82	
Humedad %	20.31	19.19		15.58	15.68	
Limite Liquido 25 golpes	19.19			15.63		

Muestra	SUB-RAS C-8 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	12	25				
Peso tara (gr.)	10.10	9.78		3.73	3.8	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	21.40	22.16		6.32	6.81	
Peso tara + suelo seco (gr.)	19.38	20.09		5.94	6.36	
Humedad %	21.77	20.08		17.19	17.58	
Limite Liquido 25 golpes	20.08			17.39		

Muestra	RELLENO C-8 M-3					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
Nº de golpes	10	28				
Peso tara (gr.)	9.17	8.10		3.95	5.61	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	20.52	17.59		6.87	9.02	
Peso tara + suelo seco (gr.)	18.47	16.18		6.48	8.56	
Humedad %	22.04	17.45		15.42	15.59	
Limite Liquido 25 golpes	17.96			15.50		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y RAHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL- Km 66+000

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DATOS DE LAS MUESTRAS								
Progresiva		65 + 900						
Sondaje		57	56					
Muestra		1	2					
Leyenda de la muestra		BASE	SUB-RAS					
Profundidad		0.10-0.50	0.50-1.10					

CONTENIDO DE HUMEDAD								
Numero de la tara								
Peso tara (gr.)		31.34	36.1					
Peso tara + suelo humedo (gr.)		269.3	252.9					
Peso tara + suelo seco (gr.)		260	245.8					

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

Muestra	BASE C-9 / M-1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	12	27				
Peso tara (gr.)	9.77	9.78		3.75	5.56	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	22.67	21.03		7.75	9.35	
Peso tara + suelo seco (gr.)	20.39	19.19		7.22	8.84	
Humedad %	21.47	19.55		15.27	15.55	
Limite Liquido 25 golpes	19.93			15.41		

Muestra	SUB-RAS C-9 M-2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	20	27				
Peso tara (gr.)	9.19	10.10		3.86	3.76	
Peso tara + suelo humedo (gr.)	19.88	20.38		8.1	7.84	
Peso tara + suelo seco (gr.)	18.19	18.90		7.5	7.26	
Humedad %	18.78	16.82		16.48	16.57	
Limite Liquido 25 golpes	17.32			16.53		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO
ASTM - D1556

PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra-Matucana
del Km. 63+000 al Km. 66+000

FECHA : Febrero 2006

PROGRESIVA LADO		DENSIDAD HUMEDA					
		63+400	63+900	64+400	64+900	65+220	65+900
		D	I	I	D	I	D
Peso del frasco + arena	g	6500.00	6500.00	6500.00	6500.00	6500.00	6500.00
Peso del frasco + arena que queda	g	1100.00	1862.00	2042.00	932.00	2053.00	815.00
Peso de arena empleada	g	5400.00	4638.00	4458.00	5568.00	4447.00	5685.00
Peso de arena en el cono	g	1622.00	1622.00	1622.00	1622.00	1622.00	1622.00
Peso de arena en la excavación	g	3778.00	3016.00	2836.00	3946.00	2825.00	4063.00
Densidad de la arena	g/cm3	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
Volumen del material extraído	cm3.	2719.94	2171.34	2041.76	2840.89	2033.84	2925.12
Peso del recipiente+suelo+grava	g	6183	5149	4695	6458	4505	6564
Peso del recipiente	g	5	5	5	5	5	5
Peso del suelo + grava	g	6178	5144	4690	6453	4500	6559
Peso retenido en la malla 3/4"	g	1060	1550	820	1545	745	1370
Peso específico de la grava	gr/cm3	2.63	2.67	2.67	2.67	2.67	2.62
Volumen de la grava	cm3.	403.04	580.74	307.23	578.87	279.13	523.70
Peso de finos	g	5118.00	3594.00	3870.00	4908.00	3755.00	5189.00
Volumen de finos	cm3.	2316.90	1590.60	1734.53	2262.02	1754.71	2401.42
Densidad humeda	gr/cm3	2.21	2.26	2.23	2.17	2.14	2.16

		CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso recipiente + suelo humedo	g						
Peso recipiente + suelo seco	g						
Peso de agua	g						
Peso de recipiente	g						
Peso de suelo seco	g						
Contenido de humedad	%	3	5.6	4.8	4.2	3.3	3.9
Densidad suelo seco	gr/cm3	2.14	2.14	2.13	2.08	2.07	2.08
Maxima densidad seca	gr/cm3	2.28	2.29	2.27	2.21	2.21	2.22
Optimo contenido de humedad	%	6.2	6.7	5.3	7.5	7.5	6.5
Grado de compactación	%	93.86	93.45	93.83	94.12	93.67	93.69

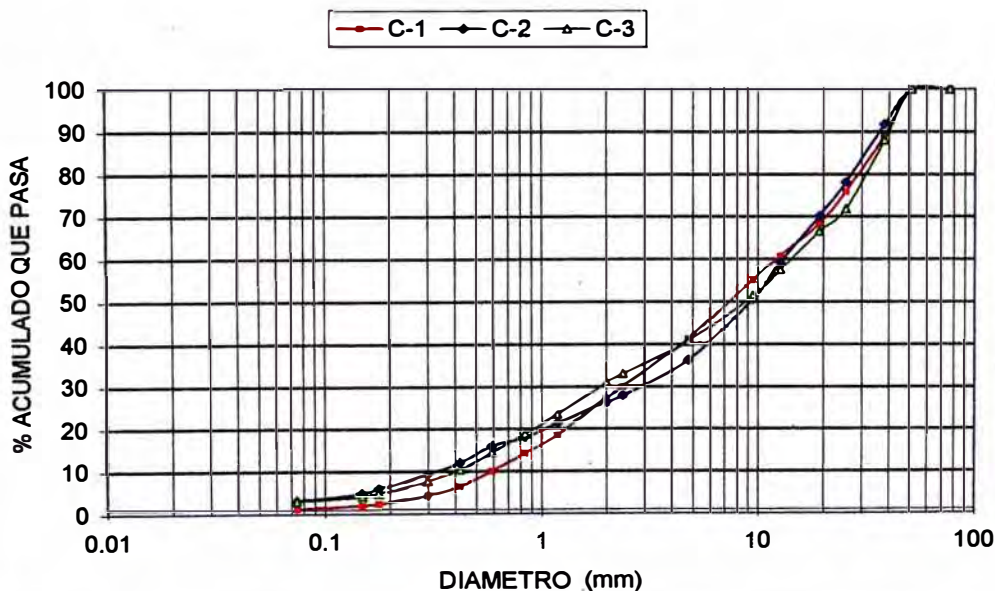
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C - 136

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000
CANTERA : SAN JUAN
UBICACIÓN : KM. 69+860

Progresiva	69+860	69+860	69+860		
Muestra	C-1	C-2	C-3		
Profundidad (m)	0.0 - 2.50	0.0 - 3.0	0.0 - 2.60		
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D854-D4318-D427-D3282-D2487	TAMICES	DIAMETRO	% ACUMULADO QUE PASA		
	3"	76.200	100.00	100.00	100.00
	2"	50.800	100.00	100.00	100.00
	1 1/2"	38.100	88.90	91.80	88.10
	1"	25.400	75.90	78.20	71.90
	3/4"	19.100	68.40	70.20	66.60
	1/2"	12.700	60.80	59.20	57.50
	3/8"	9.520	55.10	50.60	51.40
	Nº 4	4.760	41.30	36.30	40.60
	Nº 8	2.380	30.00	27.90	32.90
	Nº 10	2.000	27.20	26.20	30.80
	Nº 16	1.190	18.70	21.40	23.40
	Nº 20	0.840	14.30	18.09	18.90
	Nº 30	0.590	10.20	15.90	14.50
	Nº 40	0.420	6.40	12.10	10.40
	Nº 50	0.297	4.40	9.40	7.70
	Nº 80	0.177	2.40	5.80	4.70
Nº 100	0.149	2.00	4.80	4.10	
Nº 200	0.074	1.30	3.20	3.10	
Contenido de Humedad	%	4.50	5.10	4.90	
Límite Líquido (LL)	%	17.06	16.32	15.66	
Límite Plástico (LP)	%	NP	NP	NP	
Índice Plástico (IP)	%	NP	NP	NP	
Clasificación (SUCS)		GP	GW	GP	
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	A-1-a	A-1-a	
Índice de Grupo		0.00	0.00	0.00	

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROCTOR MODIFICADO
ASTM D - 1557

OBRA :MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km. 66+000

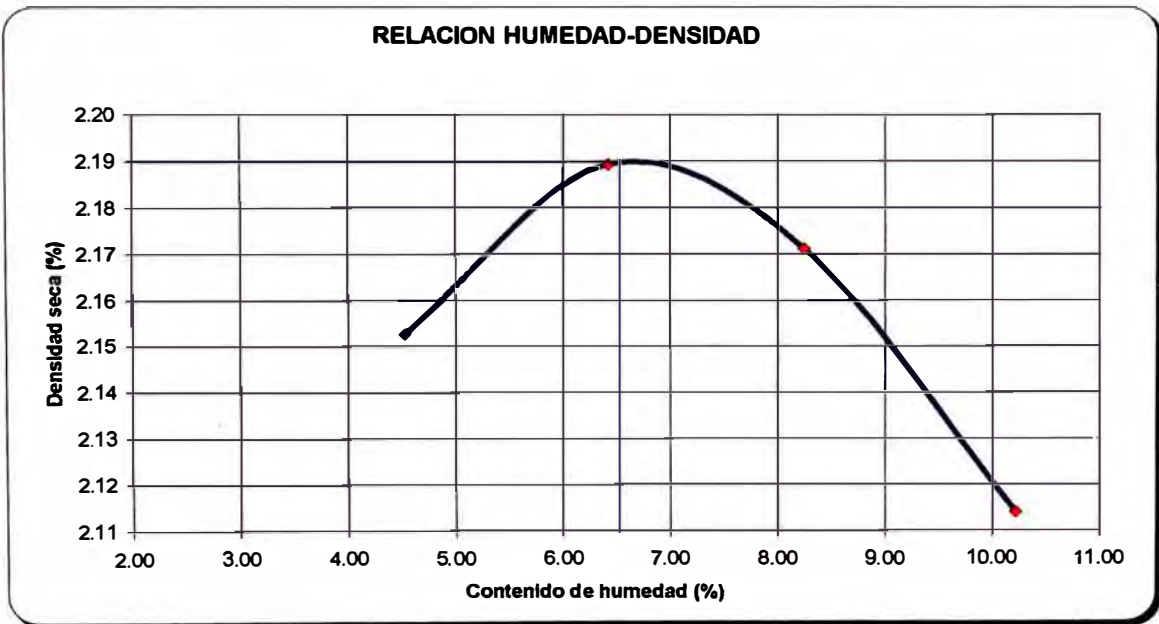
DATOS DE LA MUESTRA

UBICACIÓN :CANTERA SAN JUAN (Km. 69+860)

Peso suelo + molde	gr.	11960	12128	12130	12128
Peso molde	gr.	7230	7230	7230	7230
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4730	4898	4940	4898
Volumen del molde	cm3	2102	2102	2102	2102
Peso volumetrico húmedo	gr/cm3	2.25	2.33	2.35	2.33
Recipiente	Nº	1	2	3	4
Peso del suelo humedo+tara	gr.	429.20	415.70	455.30	419.50
Peso del suelo seco+tara	gr.	410.60	390.60	420.60	380.60
Peso de tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr.	18.60	25.10	34.70	38.90
Peso del suelo seco	gr.	410.60	390.60	420.60	380.60
Contenido de agua	%	4.53	6.43	8.25	10.22
Peso volumetrico seco	gr/cm3	2.15	2.19	2.17	2.11

Max. Densidad seca (gr/cm3) : 2.19

Optimo contenido de humedad (%) : 6.43

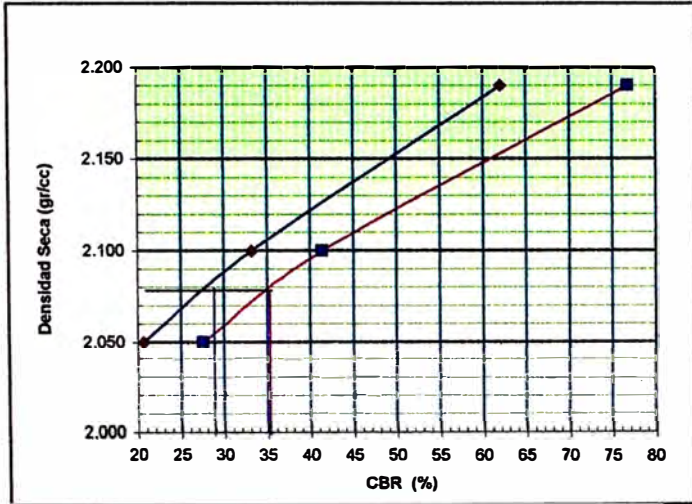


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D 1883

CANTERA SAN JUAN

CALICATA : C-1 , C-2 , C-3
KM : Km. 69+860



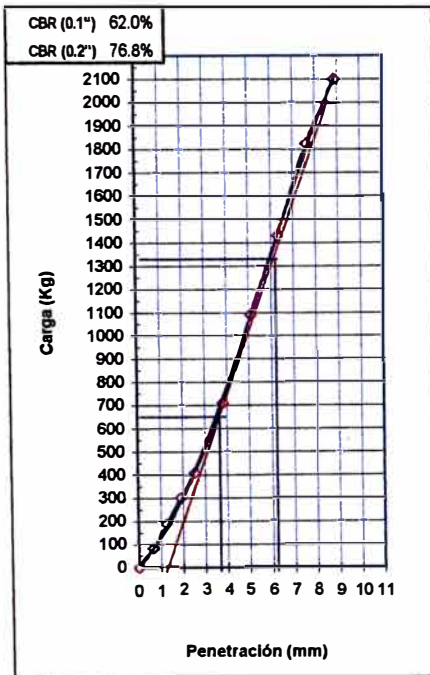
METODO DE COMPACTACION : AASHTO MODIFICADA
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc) : 2.19
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD (%) : 6.4

CLASIFICACION :
SUCS: GW-GM
AASHTO: A-1-a

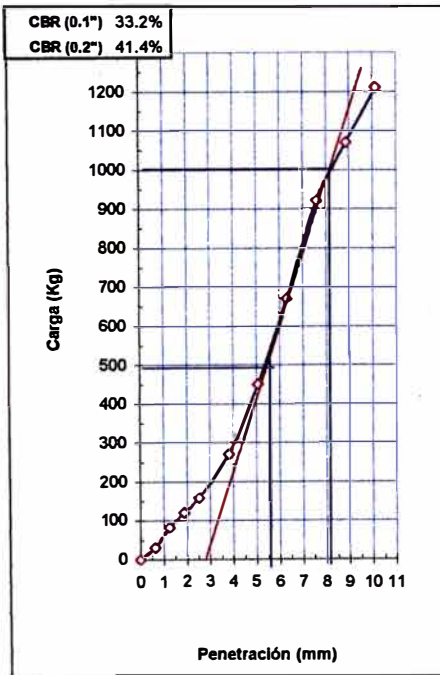
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 62.0	0.2": 77.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 28.0	0.2": 36.0

OBSERVACIONES:

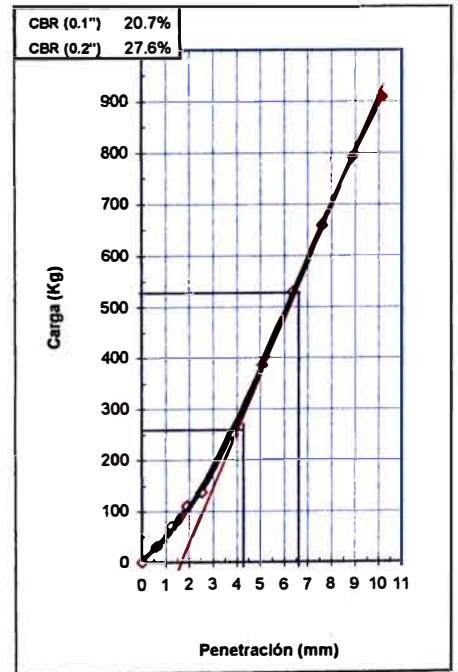
EC = 66 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D 1883

CANTERA SAN JUAN

OBRA : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
(Km. 63+000-Km. 66+000)

UBICACIÓN : Km. 69 + 860

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	13037		12852		12494	
Peso de molde (gr)	8132		8156		7905	
Peso del suelo húmedo (gr)	4905		4699		4589	
Volumen del suelo (cc)	2105		2105		2105	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.33		2.23		2.18	
% de humedad	6.44		6.52		6.47	
Densidad seca (gr/cc)	2.19		2.10		2.05	

Tarro N°					
Tarro + suelo húmedo	330.60		447.50		404.70
Tarro + suelo seco	310.60		420.10		380.10
Agua	20.00		27.40		24.60
Peso del tarro	0.00		0.00		0.00
Peso del suelo seco	310.60		420.10		380.10
% humedad	6.44		6.52		6.47

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12-Jun	07:12	0	0.00			0.00			0.00		
23-Jun	07:12	24									
23-Jun	07:12	48									
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	56 GOLPES				25 GOLPES				12 GOLPES			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.630		22	81			7	30			7	30		
1.260		54	189			22	81			19	70		
1.890		87	302			34	121			31	111		
2.520		119	410			45	159			39	138		
3.810		207	710			78	271			72	251		
5.080		319	1090			131	451			110	386		
6.330		419	1430			195	669			154	529		
7.620		534	1821			269	920			192	659		
8.880		592	2099			313	1070			231	791		
10.150		-	-			354	1209			266	910		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA
COCACHACRA - MATUCANA DEL Km. 63+000 AL Km 66+000.

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216**

CANTERA SAN JUAN

DATOS DE LAS MUESTRAS					
Progresiva		69 + 860	69 + 860	69 + 860	
Muestra		1	2	3	
Profundidad	M.	0.0 - 2.50	0.0 - 3.00	0.0 - 2.60	

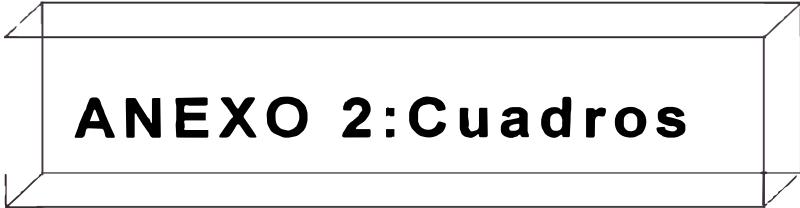
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Numero de la tara					
Peso tara	(gr.)	34.2	37.4	31.4	
Peso tara + suelo humedo	(gr.)	144.97	145.44	229.66	
Peso tara + suelo seco	(gr.)	140.2	140.2	220.4	

**LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

Muestra	C - 1					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	27	11				
Peso tara	(gr.) 9.8	9.95				
Peso tara + suelo humedo	(gr.) 20.44	21.98				
Peso tara + suelo seco	(gr.) 18.9	20.10				
Humedad	%	16.92	18.52			
Limite Liquido 25 golpes		17.08				

Muestra	C - 2					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	28	12				
Peso tara	(gr.) 9.72	10.10				
Peso tara + suelo humedo	(gr.) 24.67	23.90				
Peso tara + suelo seco	(gr.) 22.60	21.80				
Humedad	%	16.07	17.95			
Limite Liquido 25 golpes		18.32				

Muestra	C - 3					
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Limites de consistencia						
N° de golpes	27	11				
Peso tara	(gr.) 7.90	7.98				
Peso tara + suelo humedo	(gr.) 24.30	22.80				
Peso tara + suelo seco	(gr.) 22.10	20.60				
Humedad	%	15.49	17.43			
Limite Liquido 25 golpes		15.66				



ANEXO 2: Cuadros

Cuadro 2.1
RESUMEN DE ENSAYOS DE SUELOS

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA DEL KM. 63+000 AL KM 66+000

N° CALICATA	UBICACIÓN	LADO	N° MUESTRA	PROFUNDIDAD	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL								
					LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	% HUMEDAD NATURAL	% MATERIAL QUE PASA				CLASIFICACION	
								MALLA # 4	MALLA #10	MALLA # 40	MALLA # 200	AASHTO	SUCS
C-1	62+900	I	1	0.15-0.35	17	NP	4	44.2	38.6	24.1	7.1	A-1-a	GP-GM
			2	0.35-1.10	16	NP	4	31.2	30.5	18.9	10.2	A-1-a	GP-GM
C-2	63+400	D	1	0.15-0.55	17	2	3	23.9	21.0	13.8	6.2	A-1-a	GP-GM
			2	0.55-1.50	18	2	4	40.3	34.0	19.9	7.9	A-1-a	GP-GM
C-3	63+900	I	1	0.15-0.40	12	NP	3	33.5	28.4	18.5	8.3	A-1-a	GW-GM
			2	0.40-1.50	18	1	5	39.2	35.3	23.4	9.2	A-1-a	GP-GM
C-4	64+200	I	1	0.17-0.42	17	2	5	39.3	33.4	19.3	11.2	A-1-a	GW-GM
			2	0.42-1.50	19	3	5	49.0	37.6	19.3	7.6	A-1-a	GP-GM
C-5	64+400	I	1	0.15-0.55	18	3	3	36.6	30.0	18.3	8.3	A-1-a	GW-GM
			2	0.55-1.50	20	3	5	31.0	28.0	18.7	8.9	A-1-a	GW-GM
C-6	64+900	D	1	0.15-0.55	22	5	5	28.0	22.3	14.4	8.1	A-1-a	GP-GC
			2	0.55-1.50	18	3	6	48.0	42.0	26.9	13.9	A-1-a	GM
C-7	65+220	I	1	0.15-0.45	21	7	4	40.3	29.6	17.6	9.6	A-2-4	GP-GC
			2	0.45-1.50	19	3	4	42.8	35.7	24.1	17.5	A-1-b	GM
C-8	65+500	I	1	0.10-0.30	19	4	4	48.7	41.4	27.5	15.1	A-1-a	GM
			2	0.30-0.80	20	3	4	19.0	14.3	8.3	4.0	A-1-a	GP
			3	0.80-1.50	18	2	6	46.3	39.9	23.8	10.4	A-1-a	GP-GM
C-9	65+900	D	1	0.10-0.50	20	5	4	27.2	19.7	11.3	6.5	A-1-a	GP-GC
			2	0.50-1.10	17	1	3	24.9	19.3	10.4	2.1	A-1-a	GP
C-10	66+400	I	1	0.10-0.50	18	3	4	31.0	21.9	12.2	6.8	A-1-a	GP-GM
			2	0.50-1.50	18	3	5	37.7	27.9	15.5	8.3	A-1-a	GW-GM

Cuadro 2.2
RESUMEN DE ENSAYOS CBR

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA DEL KM. 63+000 AL KM. 66+000

Calicata	Progresiva	Muestra	Profundidad	SUCS	AASHTO	Proctor Modificado		Densidad Campo %	CBR					
						MDS	OCH		Densidad campo		95%		100%	
									0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
C-1	62+900	2	0.35-1.10	GP-GM	A-1-a	2.26	6.8	94	25	30	30	36	59	69
C-2	63+400	2	0.55-1.50	GP-GM	A-1-a	2.28	6.2	94	18	22	27	33	64	69
C-3	63+900	2	0.40-1.50	GP-GM	A-1-a	2.29	6.7	93	24	33	36	50	71	79
C-4	64+200	2	0.42-1.50	GP-GM	A-1-a	2.28	6.2	94	18	22	27	33	64	69
C-5	64+400	2	0.55-1.50	GW-GM	A-1-a	2.27	5.3	94	32	44	49	65	69	85
C-6	64+900	2	0.55-1.50	GM	A-1-a	2.21	7.5	94	34	45	38	50	59	82
C-7	65+220	2	0.45-1.50	GM	A-1-b	2.23	5.3	90	33	40	45	55	71	71
C-8	65+500	3	0.80-1.50	GP-GM	A-1-a	2.19	6.5	94.5	18	19	19	21	41	41
C-9	65+900	2	0.50-1.10	GP	A-1-a	2.22	6.5	94	48	57	56	67	80	93
C-10	66+400	2	0.50-1.50	GW-GM	A-1-a	2.20	7.2	95	18	20	18	20	56	56

Cuadro 3.3

ENSAYOS DE CALIDAD DE LA CANTERA SAN JUAN

OBRA : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA DESDE EL Km. 63+000 al Km. 66+000

PROG.	LADO	MUESTRA	PROF.	% QUE PASA		Humedad Natural %	CONSTANTES FISICAS		CLASIFICACION		C.B.R. (*)				PESO ESPECIFICO gr/cm3			
				4	200		LL	IP	AASHTO	SUCS	0.1"	0.1"	0.2"	0.2"	Grueso	Abs.	Fino	Abs.
							%	%			100%	95%	100%	95%				
69+860	D	1	0.00-2.50	41.26	1.3	4.5	17	NP	A-1-a	GP		30	77	38	2.646	0.4	-	-
69+860	D	2	0.00-2.50	36.27	3.2	5.1	16.25	NP	A-1-a	GP	62	-	-	-	-	0.43	-	-
69+860	D	3	0.00-2.50	40.54	3.1	4.9	15.65	NP	A-1-a	GP	-	-	-	-	-	-	-	-

PROG.	% Piedras Angulosas	% Piedras chatas y largas	PESO UNITARIO kg./cm3				% Piedras Angulosas	% Piedras chatas y largas
			compacto		suelto			
			grueso	fino	grueso	fino		
69+860	28%	16%					28%	16%
69+860	35%	15%	1853	1823	1721	1648	35%	15%
69+860	32%	15%					32%	15%

(*) Las pruebas de CBR han sido efectuadas sobre muestras no chancadas totalmente (29 % de caras fracturadas)

NORMAS DE CALIDAD PARA CONCRETO ASFALTICO

REQUERIMIENTOS PARA AGREGADOS GRUESOS

ENSAYOS	REQUERIM.
Durabilidad (Sulfato de Sodio)	12 % max.
Abrasion (Los Angeles)	40 % max.
Particulas chatas y alargadas	10 % max.
Absorcion de agua	1 % max.

REQUERIMIENTOS PARA AGREGADOS FINOS

ENSAYOS	REQUERIM.
Durabilidad (Sulfato de Sodio)	12 % max.
Equivalente de arena	50 % max.
Adhesividad (Riedel Weber)	4 % max.
Indice de Plasticidad	NP
Absorcion de agua	1 % max.

NORMAS DE CALIDAD PARA CONCRETO PORTLAND

REQUERIMIENTOS PARA AGREGADOS GRUESOS

Fragmentos blandos	5% max.
Carbon y Lignito	0.5 % max.
Material que pasa la malla N° 200	1 % max.
Particulas delgadas y alargadas	10 % max.
Durabilidad (Sulf. de sodio/magnesio)	0.12
Abrasion (Los Angeles)	40 % max.

REQUERIMIENTOS PARA AGREGADOS FINOS

Arcilla ó terrones de arcilla	1% max.
Carbon y Lignito	1% max.
Material que pasa la malla N° 200	5% max.
Durabilidad (Sul. de sodio/magnesio)	15% max.

Cuadro 4.1

MODULOS RESILIENTES CALCULADOS USANDO EL CBR DE LABORATORIO

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA DEL KM. 63+000 AL KM. 66+000.

Calicata	Progresiva	Lado	Muestra	Profundidad	SUCS	AASHTO	Proctor Modificado		comp.campo %	CBR (%)	MR (psi)
							MDS	OCH			
C-1	62+900	I	2	0.35-1.10	GP-GM	A-1-a	2.26	6.8	94	30	14,955
C-2	63+400	D	2	0.55-1.50	GP-GM	A-1-a	2.28	6.2	94	22	13,613
C-3	63+900	I	2	0.40-1.50	GP-GM	A-1-a	2.29	6.7	93	33	15,367
C-4	64+200	I	2	0.42-1.50	GP-GM	A-1-a	2.28	6.2	94	22	13,613
C-5	64+400	I	2	0.55-1.50	GW-GM	A-1-a	2.27	5.3	94	44	16,611
C-6	64+900	D	2	0.55-1.50	GM	A-1-a	2.21	7.5	94	45	16,709
C-7	65+220	I	2	0.45-1.50	GM	A-1-b	2.23	5.3	90	40	16,199
C-8	65+500	I	3	0.80-1.50	GP-GM	A-1-a	2.19	6.5	94.5	19	12,979
C-9	65+900	D	2	0.50-1.10	GP	A-1-a	2.22	6.5	94	57	17,731
C-10	66+400	I	2	0.50-1.50	GW-GM	A-1-a	2.20	7.2	95	20	13,201

Promedio Total
Desviacion Estandar

15,098
1,687

Cuadro 4.2

DETERMINACION DEL PERCENTIL

**PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
DEL KM. 63+000 AL KM. 66+000**

Nº	CBR (Mpa)	Msr (psi)	Msr Ordenado	Msr (Mpa)	Valores >= que Msr-i	Porcentaje >= que
1	30	14,955	17,731	124	1	10.00%
2	22	13,613	16,709	117	2	20.00%
3	33	15,367	16,611	116	3	30.00%
4	22	13,613	16,199	113	4	40.00%
5	44	16,611	15,367	108	5	50.00%
6	45	16,709	14,955	105	6	60.00%
7	40	16,199	13,613	95	8	80.00%
8	19	12,979	13,201	92	9	90.00%
9	57	17,731	12,979	91	10	100.00%
10	20	13,201				

De donde : Msr = 91.50 Mpa, entonces CBR diseño = 21.70 % (Ver grafica de Percentil)

Nota : Se emplea $Msr = 4326 \cdot \ln(CBR) + 241$ (psi)

(1 psi = 0.007 Mpa)

Cuadro 4.3 ESTIMACION DE EJES PROYECTADOS

PROYECTO : MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA DEL KM. 63+000 AL KM. 66+000

AÑO DE LA EVALUACION DEL TRAFICO : 2000

AÑO DE LA ELABORACION DEL ESTUDIO : 2006

AÑO DE SERVICIO INICIAL : 2007

DETALLE	B2	B3	C2	C3	C4	ARTICULADOS	IMD (Acumulado)
IMD	348	155	1,156	446	37	708	2,850.00
FD (Subida)	2.63	1.31	1.04	2.11	2.05	3.83	
FD (Bajada)	2.56	1.22	0.46	1.33	1.97	1.55	
TASA (r)	2.64%	2.64%	3.17%	3.17%	3.17%	3.17%	

EJES EQUIVALENTES	EE = IMDi x FD						
EE al 2006 (Subida)	915.24	203.05	1,202.24	941.06	75.85	2,711.64	6,049.08
EE al 2006 (Bajada)	890.88	189.10	531.76	593.18	72.89	1,097.40	3,375.21

AÑO (i)	$N = (365/2) * (EE.2006) * ((1+r)^n - 1) / LN(1+r)$						
2007	1,282,643.72	284,560.12	1,716,533.64	1,343,626.19	108,297.08	3,871,624.03	8,607,284.78
2012	2,353,134.93	522,053.28	3,193,675.30	2,499,866.98	201,490.78	7,203,301.90	15,973,523.17
2017	3,572,591.46	792,595.05	4,920,265.60	3,851,365.07	310,422.33	11,097,608.65	24,544,848.16
2022	4,961,742.72	1,100,784.34	6,938,429.58	5,431,094.08	437,749.44	15,649,556.83	34,519,356.99
2027	6,544,202.77	1,451,860.03	9,297,406.03	7,277,595.92	586,578.59	20,970,204.02	46,127,847.35

Cuadro 4.10

**NUMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DEL PAVIMENTO
(PROCEDIMIENTO ASUMIENDO COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE ACUERDO AL ESTADO DE LOS MATERIALES)**

Sección	Progresiva (Km.)	Carpeta Asfáltica		Base Granular		Sub-Base Granular		Numero Estructural Efectivo (SNEFF) (7)
		Espesor (cm)	Coef. Estructural (a1)	Espesor (cm)	Coef. Estructural (a2)	Espesor (cm)	Coef. Estructural (a3)	
		1	2	3	4	5	6	
1	62+900	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
2	63+400	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
3	63+900	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
4	64+200	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
5	64+400	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
6	64+900	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
7	65+220	22.50	0.35	20.00	0.12	0.00	0.10	4.05
8	65+500	17.50	0.35	35.00	0.12	0.00	0.10	4.06
9	65+900	17.50	0.35	35.00	0.12	0.00	0.10	4.06
10	66+400	17.50	0.35	35.00	0.12	0.00	0.10	4.06

NOTAS ACLARATORIAS

(1) (3) (5) Espesores geométricos de las capas del pavimento existente

(2) (4) (6) Coeficientes estructurales de los materiales actuales, asumidos de acuerdo al estado de deterioro o contaminación

(7) Número Estructural Efectivo del pavimento actual $(1) \times (2) + (3) \times (4) + (5) \times (6)$

Todos los espesores se convierten a pulgadas.

Por tratarse de un tramo de carretera con una longitud de 3.00 Km. y encontrándose valores similares del Numero Estructural asumiremos el mayor.

Cuadro 4.13

**NUMERO ESTRUCTURAL DE REFUERZO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO
(USANDO MR CALCULADO CON CBR - PERIDO 10 - 20 AÑOS)**

Tramo	Progresiva (Km)		SN0	N1,5	N10	RL	CF	SNEFF	SN10-20	SNREF	Espesor de Refuerzo (1) (Cm)
	De	A									
1	62+900	65+220	4.73	3.75E+07	1.59E+07	57.52	0.92	4.37	5.03	0.66	3.82
2	65+220	66+400	4.73	3.75E+07	1.59E+07	57.52	0.92	4.37	5.03	0.66	3.82

(1) Espesor de refuerzo en centímetros de concreto asfáltico con un $a_1=0.44$.iguales

De acuerdo al calculo realizado por el método AASHTO, se obtiene espesores de refuerzo mínimo porque el cálculo considera la solución del diseño del pavimento al final de la vida útil, por ello finalmente se recomienda colocar una capa de refuerzo de 5 cm de espesor en todo el tramo para uniformizar, pero se deberá realizar la correspondiente evaluación del pavimento a la fecha del refuerzo y determinar así el refuerzo real.

FIGURA 3.1

UBICACIÓN DE CANTERAS, FUENTES DE AGUA, BOTADERO

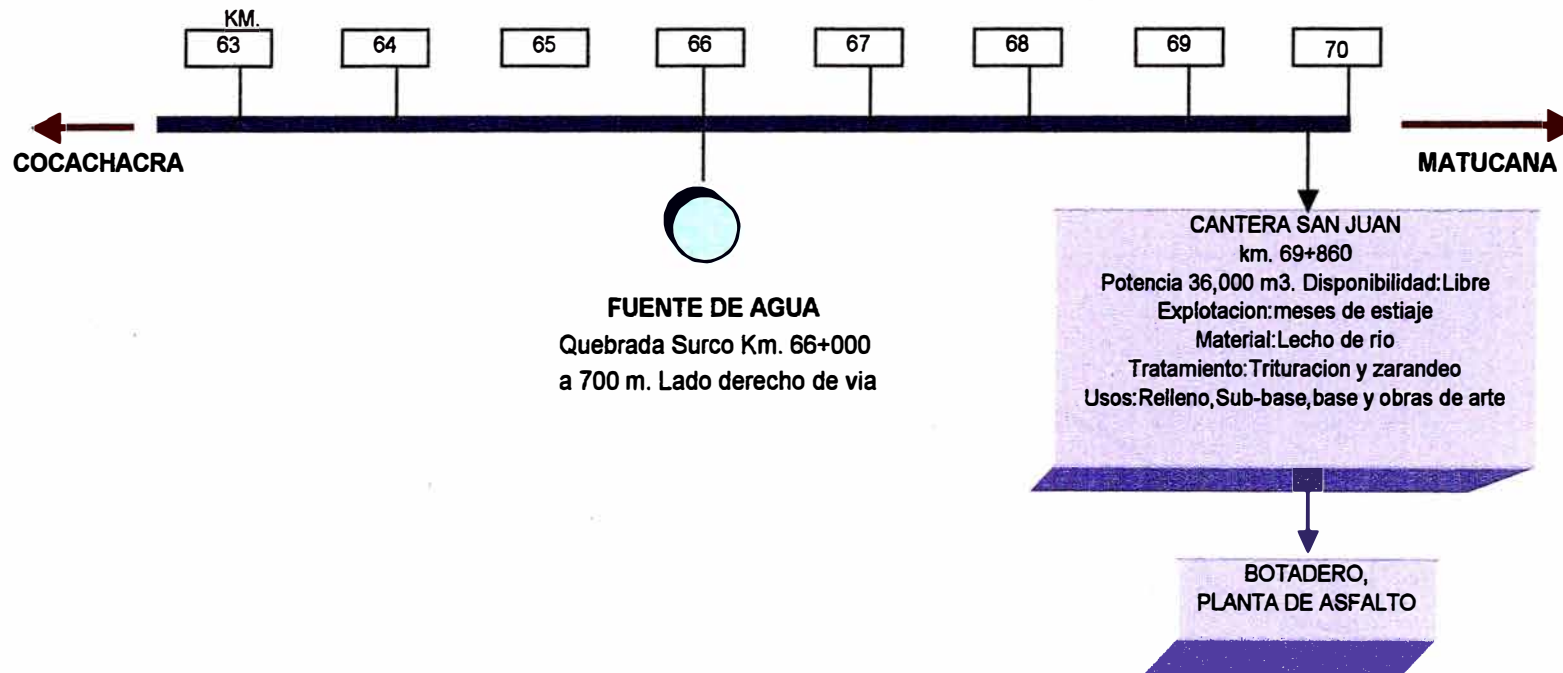
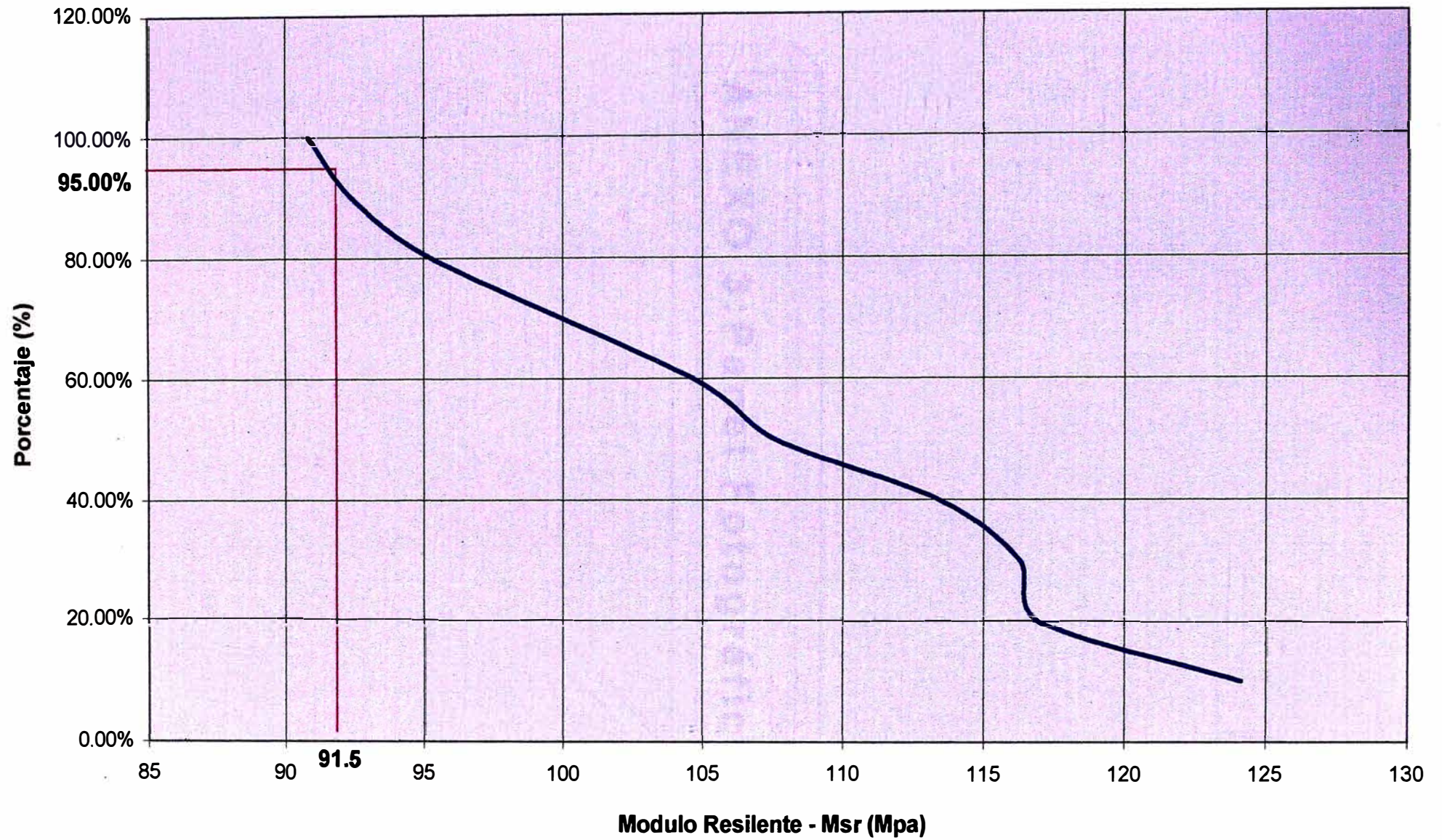


Figura 4.1
PERCENTIL - Msr Vs %





ANEXO 3: Panel Fotográfico



FOTO N° 01.-Se puede apreciar el material ígneo intrusivo (tonalita – granodiorita), que presenta tres sistemas de fracturamiento, se realizó en la dirección del buzamiento.



FOTO N° 02.-Material aluvio – coluvial, presencia de material fino y material grueso que varía su diámetro desde los 0.10 m a 1.50 m.



FOTO N° 03.-El material de procedencia aluvial, producto del arrastre de las aguas de las partes altas de las quebradas.



FOTO N° 04.-Esguimientos sobre las laderas provocan inestabilidad en los taludes generando desprendimiento.



FOTO N° 05.-Material pétreo anguloso y material fino como el limo y la arcilla, cuya composición es estable, pero es sensible a los cambios de temperatura.



FOTO N° 06.-Muro de contención de concreto armado, de altura variable y 60.00 m de longitud se encuentra estabilizando el talud, evitando desprendimientos y deslizamientos del material.



FOTO N° 07.-Muro de sostenimiento del terraplén que conforma la estructura del pavimento de altura variable y 54.00 m de longitud.



FOTO N° 08.-Registro fotográfico de la calicata realizada en el Km. 64 + 122, la profundidad de excavación fue de 1.50 m a cielo abierto.



FOTO N° 09.-Se puede apreciar el espesor que presenta el primer estrato, siendo este de granulometría fina y color amarillento.



FOTO N° 10.-En la calicata realizada en la berma de la carretera, se puede observar la presencia de tres estratos siendo ellos de composición fina y cambiando sus tonalidades desde amarillo claro hasta grisáceo.



FOTO N° 11.-Se observa la socavación existente en la base cimentación de gaviones, que serán demolidos y remplazados por otra base de cimentación con enrocado (Km. 64+670 lado izquierdo de la vía).



FOTO N° 12.-Cantera San Juan, ubicado en el Km. 69+860 de la carretera Cocachacra-Matucana.



FOTO N° 13.-Material fino que en presencia del agua tiende a aumentar su volumen, generando derrumbes

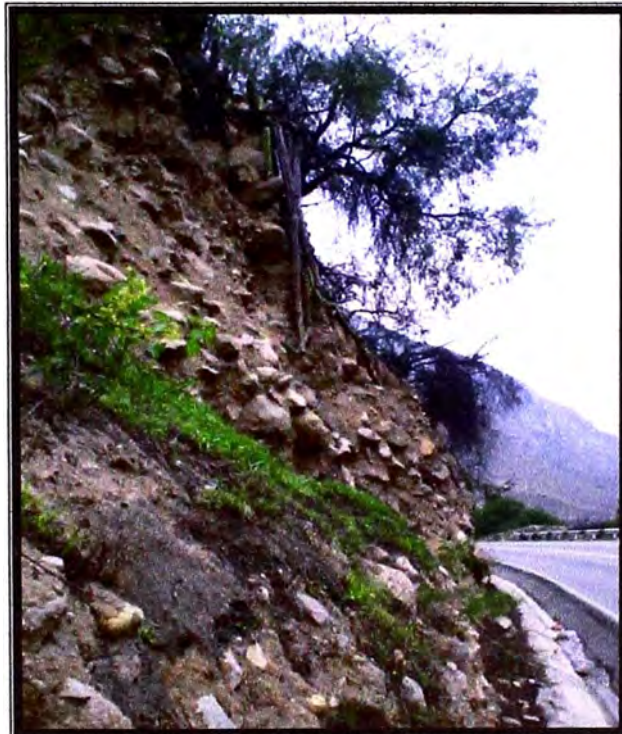
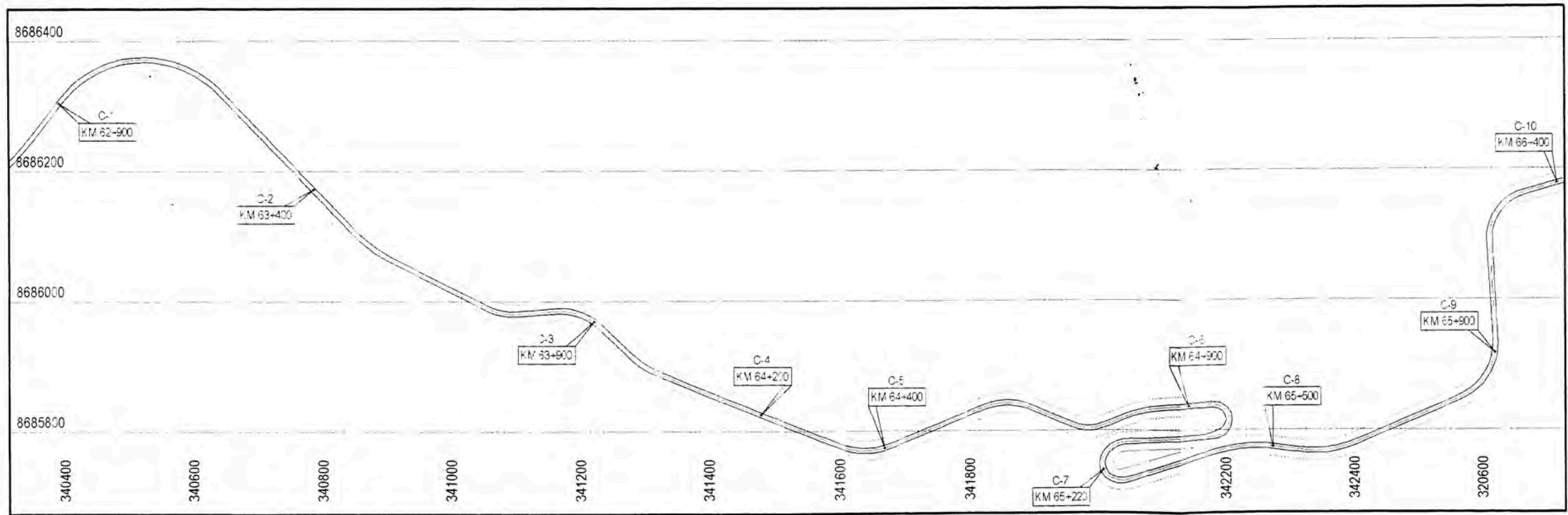


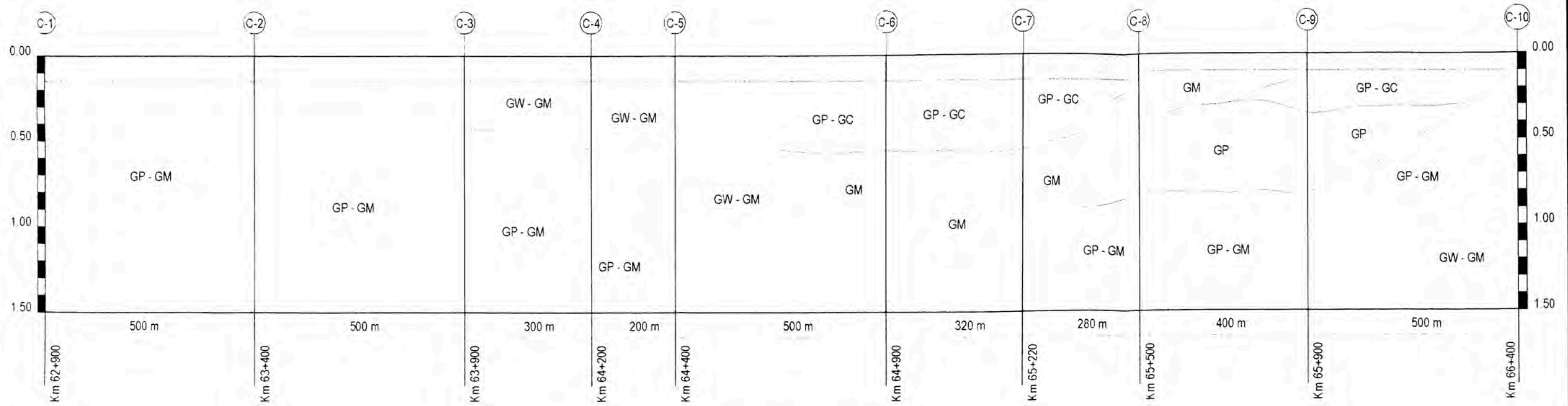
FOTO N° 14.-Se aprecia parte del talud estable (Km. 65+300), debido a la presencia de vegetación que poseen raíces profundas,



ANEXO 4: Perfil estratigráfico



TRAZADO EN PLANTA
ESC 1:7500



PERFIL ESTRATIGRAFICO
ESC 1:25