

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE SUELOS
ESTABILIZADOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - APLICACIÓN
EN LA CARRETERA INTEROCEÁNICA-SUR TRAMO III**

TOMO I

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RAUL FERNANDEZ CONDEÑA

Lima - Perú
2009

A Dios por darme la oportunidad de vivir y tener una familia maravillosa.

Con mucho cariño:

- A mis padres que me dieron la vida y una carrera para mi futuro. A mi hermano Lucho por estar siempre conmigo apoyándome.
- A mi esposa Liliana y mi hijo Gabrielito que me motivan a ser cada día mejor.

DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE SUELOS ESTABILIZADOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS APLICACIÓN EN LA CARRETERA INTEROCEÁNICA-SUR TRAMO III

Resumen

El proyecto de construcción de una de las vías transnacionales más importante, se localiza en la selva sur oriental del Perú (Dpto. de Madre de Dios), encontrándonos con la indisponibilidad de materiales pétreos para su construcción, nace la solución de la estabilización de suelos con agente hidráulicos utilizando los bancos de materiales que nos ofrece la zona para la construcción del pavimento, de esta manera cumplir con los requerimientos estructurales y técnicos normalizado por cada capa del pavimento.

La técnica de estabilización de suelo cal y suelo cemento se aplicaron en las capas de sub base y base del pavimento respectivamente, donde se evidenció mejorías en las propiedades físicas - mecánicas del suelo original, esto depende mucho del tipo de suelo a estabilizar y de los controles que se realicen en campo y laboratorio.

En la estabilización suelo cemento con los materiales de la zona, en pista se reflejaron fisuras prematuras debido a la retracción hidráulica del suelo cemento, para mitigar estos defectos en esta tesis se describe algunas recomendaciones.

Capítulo 1. Se menciona aspectos generales de la procedencia del material de la zona, las principales propiedades de los suelos que interviene en la estabilización, del mismo modo como los tipos de estabilización que se aplica a los suelos inadecuados para su posterior utilización.

Capítulo 2. Se describe los ensayos de laboratorio normalizados que se realizaron en la localidad de Iberia, como parte de los diseños de suelos estabilizados (cal hidratada y cemento pórtland) y el seguimiento del control de calidad de cada capa de la conformación del pavimento.

Capítulo 3. Se detalla con más énfasis la estabilización de suelo cal hidratada en obra, donde se describe las características físicas de los materiales antes de realizar la mezcla suelo cal, la variación de las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla, los métodos de diseño de la mezcla suelo cal y el proceso constructivo en campo.

Capítulo 4. Definición y clasificación del suelo cemento pórtland en obra, reacción química del suelo cemento, variación de las propiedades físicas - mecánicas de la mezcla, parámetros que intervienen en el diseño de la mezcla suelo cemento, algunas recomendaciones de instituciones especializadas y por último el proceso constructivo en campo.

Capítulo 5. Este capítulo está referido a la descripción de los factores que intervienen en el diseño de espesores del pavimento, la variedad de métodos diseño, como el método AASHTO-93, método mecanístico esfuerzo-deformación y método de la PCA.

Capítulo 6. En este capítulo se encuentra lo concerniente a obra, en primer lugar se detalla la ubicación del proyecto, se describe la calidad de los materiales de canteras que se utilizó en la estabilización, una evaluación analítica de las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas después de ser estabilizada con cal y cemento, se realizó un monitoreo periódico de fisuras, rugosidad y deflexiones a nivel de TSB en sectores representativos del tramo Iberia – Iñapari, y por último se menciona las acciones que se realizaron en laboratorio y campo para mitigar las presencia de fisuras.

Capítulo 7. Está referido al presupuesto del pavimento del proyecto, primero se detalla las partidas de mejoramientos en la etapa constructiva además de las dimensiones del pavimento en las diferentes etapas del proyecto, luego se indican los análisis de costo unitario de las partidas involucradas en la construcción del pavimento, por último se analiza económicamente a nivel de costo directo los distintos mejoramientos y la variación del costo del pavimento en sus distintas etapas.

Palabras claves: estabilización, suelo, cal, cemento, propiedades, fisuras

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	
LISTA DE TABLAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPITULO 1. GENERALIDADES.	
1.1 Objetivos de la tesis.....	1
1.2 Procedencia de los materiales.....	2
1.3 Fundamentos generales para la estabilización de suelos.....	3
1.4 Tipos de estabilización de suelos.....	8
1.4.1 Estabilización Física.....	8
1.4.2 Estabilización Química.....	10
1.4.3 Estabilización Mecánica.....	14
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO.	
2.1 Análisis Granulométrico.....	24
2.1.1 Cribado de Mallas (fracción gruesa).....	25
2.1.2 Análisis de suspensión por Hidrómetro (fracción fina).....	26
2.2 Límites de Consistencia.....	27
2.3 Clasificación de Suelos.....	30
2.3.1 Clasificación AASHTO.....	31
2.3.2 Clasificación SUCS.....	33
2.4 Análisis de comportamiento de los suelos.....	35
2.4.1 Ensayo de expansión libre.....	35
2.4.2 Esponjamiento del material.....	37
2.5 Ensayos de Próctor Standard y Modificado.....	40
2.6 Compactación Mecánica en Campo.....	42
2.6.1 Factores que intervienen en la compactación en campo.....	42
2.6.2 Mediciones del control de campo.....	44
2.7 Ensayos de la Capacidad de Soporte (C.B.R.).....	47
2.8 Ensayos de la Resistencia a la Compresión Simple.....	48

2.9	Ensayo de Humedecimiento y Secado.....	49
	Referencia de la obra.....	50
CAPITULO 3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL.		
3.1	Objetivo de la estabilización con cal.....	62
3.2	Características de la cal.....	64
	3.2.1 Influencia química entre el suelo-cal.....	64
	3.2.2 Obtención de la cal.....	65
3.3	Variaciones en las propiedades del suelo.....	67
3.4	Diseño del porcentaje de cal.....	68
3.5	Procedimiento constructivo en campo.....	70
	Referencia de la obra (suelo-cal).....	74
CAPITULO 4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO PORTLAND.		
4.1	Objetivo de la estabilización con cemento pórtland.....	88
4.2	Características del cemento.....	90
	4.2.1 Tipos y componentes del cemento.....	90
	4.2.2 Reacción química del suelo cemento.....	92
4.3	Variaciones en las propiedades del suelo.....	93
4.4	Diseño del porcentaje de cemento.....	96
4.5	Procedimiento constructivo en campo.....	98
	Referencia de la obra (suelo-cemento).....	102
CAPITULO 5. DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)		
5.1	Definición de pavimentos.....	115
5.2	Tipos de pavimentos.....	116
5.3	Estudio de tráfico.....	118
5.4	Característica del material de la subrasante.....	120
5.5	Diseño de pavimento.....	122
	5.5.1 Método de diseño AASHTO-93.....	122
	5.5.2 Diseño mecanístico esfuerzo deformación.....	126
	5.5.3 Método de diseño de la PCA.....	127
	Referencia de la obra (diseño del pavimento).....	129
CAPITULO 6. APLICACIÓN DE LA ESTABILIZACION EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)		
6.1	Ubicación geográfica de la zona.....	141

6.2	Descripción del material de campo.....	143
6.2.1	Evaluación de la plataforma.....	143
6.2.2	Evaluación de canteras.....	145
6.3	Variaciones de los límites de consistencia en los suelos estabilizados.....	147
6.4	Variaciones de la capacidad de soporte de los suelos estabilizados.....	152
6.5	Monitoreo de fisuras a nivel de base suelo-cemento y a nivel de TSB.....	156
6.6	Mitigación de fisuras en los suelos estabilizados.....	164
6.6.1	Acciones en laboratorio.....	165
6.6.2	Acciones en pista.....	168
CAPITULO 7. COSTOS DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO III: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)		
7.1	Justificación de metrados de las capas estabilizadas.....	173
7.1.1	Mejoramientos en la etapa constructiva.....	173
7.1.2	Estructuración del pavimento.....	177
7.2	Análisis de costo unitario.....	179
7.2.1	Etapas estudio de factibilidad.....	179
7.2.2	Etapas constructiva-PID.....	182
7.3	Presupuesto.....	184
CONCLUSIONES.....		188
RECOMENDACIONES.....		193
BIBLIOGRAFIA.....		196
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

	Pág.
CAPITULO 1. GENERALIDADES.	
Tabla 1-1 Elección del equipo de compactación.....	16
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO.	
Tabla 2-1 Clasificación propuesta por el Massachussets Institute of Tecnology.	24
Tabla 2-2 Sistema de clasificación AASHTO.....	32
Tabla 2-3 Determinación del factor de esponjamiento y contracción.....	38
Tabla 2-4 Peso volumétrico (kg/m ³) y esponjamiento de materiales.....	39
Tabla 2-5 Método A, B y C del ensayo Próctor estándar y modificado.....	41
Tabla 2-6 Penetración y presión aplicada a la muestra patrón.....	47
Tabla 2-7 Métodos del ensayo de Resistencia a la compresión.....	48
Tabla 2-8 Parámetros de durabilidad con respecto al tipo de suelo.....	50
Tabla 2-9 Normas de los ensayos de laboratorio.....	50
Tabla 2-10 Canteras importantes del proyecto.....	51
Tabla 2-11 Características físicas de la cantera Saboya.....	51
Tabla 2-12 Características físicas de la cantera NC-47.....	51
Tabla 2-13 Características físicas de la cantera NC-50.....	52
Tabla 2-14 Distribución mineralógica de los suelos.....	52
Tabla 2-15 Material de la plataforma existente del estrato 0.00 – 0.30 m.....	53
Tabla 2-16 Material de la plataforma existente del estrato 0.30 – 1.50 m.....	53
Tabla 2-17 Espesores del mejoramiento por sector de diseño.....	55
Tabla 2-18 Ensayos de compactación próctor.....	56
Tabla 2-19 Variaciones del OCH y MDS con distinta energía de compactación.	57
Tabla 2-20 Variación de la resistencia con respecto al tiempo.....	57
Tabla 2-21 Cálculo del ensayo de durabilidad en los 12 ciclos.....	61
Tabla 2-22 Ensayos de durabilidad en la mezcla de suelo cemento.....	61
CAPITULO 3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL.	
Tabla 3-1 Requerimiento del suelo natural ante la estabilización suelo-cal.....	63
Tabla 3-2 Métodos de diseño de la mezcla suelo cal.....	68
Tabla 3-3 Características físicas del suelo natural.....	75
Tabla 3-4 Calidad de la fuente de agua.....	76
Tabla 3-5 Características físicos mecánicas de la mezcla suelo cal-Saboya.....	76
Tabla 3-6 Características físicos mecánicas de la mezcla suelo cal-NC-47.....	77
Tabla 3-7 Tasa de diseño - suelo cal.....	78
Tabla 3-8 Variación del PH con el incremento de cal-Saboya.....	78
Tabla 3-9 Variación del PH con el incremento de cal-NC-47.....	79
Tabla 3-10 Resistencia a la compresión y tracción en la mezcla suelo cal.....	79

Tabla 3-11 Resistencia a la compresión mínima en capas estabilizadas.....	80
Tabla 3-12 Parámetros - Dpto. de transporte de Texas.....	81
Tabla 3-13 Contenidos de cal con los distintos métodos de diseño.....	81
Tabla 3-14 Cuadro resumen del control de densidades - Sub base.	83
Tabla 3-15 Cuadro resumen del control de deflexiones - Sub base.	84
CAPITULO 4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO PORTLAND.	
Tabla 4-1 Comparativo de las ventajas y desventajas del suelo cemento.....	89
Tabla 4-2 Requisitos de granulometría en distintos países.....	89
Tabla 4-3 Requisitos de plasticidad en distintos países.....	90
Tabla 4-4 Requisito ensayos especiales del suelo.....	90
Tabla 4-5 Resistencia mínima a la compresión en suelos cemento.....	94
Tabla 4-6 Requerimiento de cemento inicial según el tipo de suelo – PCA.....	96
Tabla 4-7 Cantidad de cemento según instituciones internacionales.....	97
Tabla 4-8 Resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de suelo-PCA.....	97
Tabla 4-9 Valores máximo permisibles de durabilidad-PCA.....	98
Tabla 4-10 Resistencia a la compresión de capas estabilizadas-USACE.....	98
Tabla 4-11 Valores máximo permisibles de durabilidad-USACE.....	98
Tabla 4-12 Características físicas del suelo natural.....	102
Tabla 4-13 Calidad del agua utilizada en suelo cemento.....	103
Tabla 4-14 Característica físico mecánica de la mezcla suelo cemento-Saboya	104
Tabla 4-15 Característica físico mecánica de la mezcla suelo cemento-NC-47.	104
Tabla 4-16 Característica físico mecánica de la mezcla suelo cemento-NC-50..	105
Tabla 4-17 Tasas de diseño del suelo cemento – Resistencia.....	106
Tabla 4-18 Tasas de diseño del suelo cemento – Durabilidad... ..	106
Tabla 4-19 Tasa de diseño de suelo cemento definitivo.....	107
Tabla 4-20 Resistencia a la tracción y compresión-Saboya.....	107
Tabla 4-21 Resistencia a la tracción y compresión-NC-47.....	108
Tabla 4-22 Cuadro resumen del control de densidades - Base.	110
Tabla 4-23 Cuadro resumen del control de deflexiones - Base.....	111
CAPITULO 5. DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Tabla 5-1 Métodos para el diseño de pavimento.....	114
Tabla 5-2 Funciones del pavimento flexible.....	117
Tabla 5-3 Funciones del pavimento rígido.....	117
Tabla 5-4 Percentil para distinto niveles de tráfico.....	122
Tabla 5-5 Grado de confiabilidad vs la clasificación de la vía.....	123
Tabla 5-6 Desviación estándar normal de acorde a la confiabilidad.....	123
Tabla 5-7 Calidad del drenaje expresado en tiempo de saturación.....	125

Tabla 5-8 Determinación del m_x de acuerdo a la calidad del drenaje.....	126
Tabla 5-9 Coeficientes a y b propuesta por instituciones especializada.....	127
Tabla 5-10 Coeficiente de fatiga por carga en el eje.....	128
Tabla 5-11 Reporte de la estación de conteo vehicular.....	129
Tabla 5-12 Factores por tipo de vehiculo.....	130
Tabla 5-13 Cuantificación del número de ejes equivalentes EALs.....	130
Tabla 5-14 Sectorización de acuerdo al CBR(%) de diseño.....	131
Tabla 5-15 Parámetros de diseño según la AASHTO-93.....	132
Tabla 5-16 SN_{req} por sector de diseño.....	132
Tabla 5-17 Coeficiente estructural y de drenaje del pavimento.....	133
Tabla 5-18 Estructuración del pavimento por sector de diseño Iberia-Iñapari....	134
Tabla 5-19 Variantes al diseño de pavimento sector Iberia-Iñapari.....	134
Tabla 5-20 Determinación del esfuerzo de tracción admisible.....	135
Tabla 5-21 Determinación de la deformación vertical admisible.....	136
Tabla 5-22 Modulo de elasticidad de acuerdo al tipo de material.....	136
Tabla 5-23 Parámetros de esfuerzo deformación del pavimento.....	137
Tabla 5-24 Cálculo del factor de fatiga - PCA.....	138
Tabla 5-25 Parámetros y diseño del pavimento - PCA.....	139
CAPITULO 6. APLICACIÓN DE LA ESTABILIZACION EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Tabla 6-1 Coordenada de la región Madre de Dios.....	141
Tabla 6-2 Reporte de la población y superficie de Madre de Dios.....	143
Tabla 6-3 Estratificación de las canteras Saboya.....	146
Tabla 6-4 Estratificación de las canteras NC-47.....	146
Tabla 6-5 Estratificación de la cantera NC-50.....	147
Tabla 6-6 Características físicas del material de cantera km. 539+400 LD.....	149
Tabla 6-7 Características físicas del material de cantera 560+300 LI.....	150
Tabla 6-8 Sectores de monitoreo del tramo Iberia – Iñapari.....	156
Tabla 6-9 Características física-mecánica con variaciones de la plasticidad.....	165
Tabla 6-10 Variación de la energía de compactación con tasas de cemento.....	167
CAPITULO 7. COSTOS DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO III: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Tabla 7-1 Factores de incidencia del pavimento por sub tramo.....	178
Tabla 7-2 Presupuesto mejoramiento suelo arena ($e=0.65$ m).....	184
Tabla 7-3 Presupuesto mejoramiento suelo cal ($a=2.50$ m; $e=0.65$ m).....	184
Tabla 7-4 Presupuesto del km 653 al km 654 (etapa de factibilidad).....	186
Tabla 7-5 Costo de suelo cemento por tipo de cemento.....	187

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
CAPITULO 1. GENERALIDADES.	
Fig.1-1 Obtención de contenido óptimo de emulsión.....	13
Fig.1-2 Variación del bulbo de presiones en la estabilización mecánica.....	15
Fig.1-3 Equipos de compactación utilizados en la construcción de pavimentos.	23
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO.	
Fig.2-1 Influencia de la variación de la humedad respecto a los límites de consistencia.....	28
Fig.2-2 Variación del volumen respecto a la humedad.....	28
Fig.2-3 Curva de Fluidez.....	29
Fig.2-4 Carta de Plasticidad.....	34
Fig.2-5 Variación volumétrica de acuerdo al estado del suelo.....	38
Fig.2-6 Ensayo de densidad (cono de arena).....	45
Fig.2-7 Ensayo de densidad (densímetro nuclear).....	46
Fig.2-8 Determinación del CBR por el tipo de suelo.....	48
Fig.2-9 Resistencia de la mezcla suelo cemento con material A-1-a(0) y A-2-4 (0).....	59
CAPITULO 3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL.	
Fig.3-1 Concentración de iones de Ca^{++} e H^+ en la superficie arcillosa.....	65
Fig.3-2 Solubilidad del sílice y la alúmina	65
Fig.3-3 Método de Eades and Grim (PH =12.4).....	69
Fig.3-4 Diseño suelo-cal – Thompson.....	69
Fig.3-5 Diseño suelo cal – Dpto. de transporte de Texas.....	70
Fig.3-6 Diseño suelo cal – Cantera Saboya.....	76
Fig.3-7 Diseño suelo cal – Cantera NC-47.....	77
Fig.3-8 Determinación del % de cal - Método PH.....	79
Fig.3-9 Ábaco del coeficiente estructural del suelo cal.....	80
CAPITULO 4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO PORTLAND.	
Fig. 4-1 Estabilización química apropiada (After Dept of the Army 1983).....	87
Fig. 4-2 Aplicabilidad de los métodos de estabilización (Ingles y Metcalf, 1972)	87
Fig. 4-3 Equipos utilizado en la prefisuración del suelo cemento.....	101
Fig. 4-4 Diseño suelo cemento - Cantera Saboya.....	104
Fig. 4-5 Diseño suelo cemento - Cantera NC-47.....	105
Fig. 4-6 Diseño suelo cemento - Cantera NC-50.....	105

CAPITULO 5. DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Fig.5-1 Estructura genérica del pavimento.....	115
Fig.5-2 Tipos de pavimentos: flexible-rígido.....	116
Fig.5-3 Ciclo de deformaciones en el módulo de resiliencia.....	121
Fig. 5-4 Esfuerzo a la tracción vs profundidad.....	137
Fig. 5-5 Deformación unitaria vs profundidad.....	138
Fig. 5-6 Ábaco del diseño de espesores del suelo cemento PCA - suelo fino....	139
CAPITULO 6. APLICACIÓN DE LA ESTABILIZACION EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Fig. 6-1 Ubicación geográfica del sector Iberia-Iñapari.....	141
Fig. 6-2 Registro de precipitación estación Iberia.....	142
Fig. 6-3 CBR de plataforma existente con presencia de material laterítico.....	144
Fig. 6-4 Sección típica del pavimento con mejoramiento en hombros.....	145
Fig. 6-5 Variaciones en las características físicas del suelo-cemento y suelo-cal.....	149
Fig. 6-6 Variaciones en las características mecánica del suelo-cemento y suelo-cal.....	152
Fig. 6-7 Punto de fijación del CBR, Resistencia a la compresión y tracción.....	154
Fig. 6-8 Incremento del porcentaje de fisuras en los sectores de monitoreo.....	158
Fig. 6-9 Incremento de los valores de ahuellamiento en los sectores de monitoreo.....	160
Fig. 6-10 Incremento de la rugosidad en los sectores de monitoreo.....	161
Fig. 6-11 Incremento de la deflexión y radio de curvatura en los sectores de monitoreo.....	162
Fig. 6-12 Plasticidad óptima del suelo natural – mezcla suelo cemento.....	166
Fig. 6-13 Efecto del gradiente térmico en las losas de suelo cemento.....	168
CAPITULO 7. COSTOS DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO III: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825)	
Fig. 7-1 Sección con mejoramiento suelo-arena (Refuerzo).....	174
Fig. 7-2 Sección con mejoramiento suelo local-cal.....	175

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
a_x	Coefficiente estructural de capa
CBR	California Bearing Ratio
EAL	Ejes equivalentes de 8.2 ton.
I_c	Índice de Consistencia
IP	Índice de Plasticidad
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
IG	Índice de Grupo
MDS	Máxima Densidad Seca
Mr	Módulo Resilente Coeficiente de drenaje
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
OCH	Optimo Contenido de Humedad
PCA	Pórtland Cement Association
PID	Proyecto de Ingeniería de Detalle
PSI	Índice de Servicialidad actual.
SN	Número Estructural
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TSB	Tratamiento Superficial Bicapa
USACE	United State Army Corps of Engineers

DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE SUELOS ESTABILIZADOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS APLICACIÓN EN LA CARRETERA INTEROCEÁNICA-SUR TRAMO III

Introducción

El proyecto de construcción de una de las carreteras transnacionales más importantes se localiza en la selva sur oriental del Perú (Dpto. de Madre de Dios), donde la indisponibilidad de materiales pétreos en la zona, nos conlleva a realizar metodologías de estabilización de suelos.

La estabilización de suelos está enfocada a solucionar la condición inadecuada del terreno natural que será el cimiento de una obra civil sin dejar al margen el análisis económico. El mejor criterio de solución en estos casos, consiste en la modificación de las propiedades del terreno existente para hacerlo capaz de cumplir los requisitos de calidad exigidos en el proyecto.

La técnica de estabilización química de suelo cal y suelo cemento, se aplicaron en las capas de sub base y base del pavimento respectivamente, donde se evidenciaron mejorías en las propiedades físicas - mecánicas del suelo original, esto depende mucho del tipo de suelo a estabilizar y de los controles que se realicen en campo y laboratorio.

Una de la problemas genéricos en la estabilización del suelo cemento en pista son la reflexión de fisuras prematuras debido a la retracción hidráulica del suelo cemento, para mitigar estos defectos en esta tesis se describen algunas recomendaciones básicas.

Capítulo 1. Se menciona aspectos generales de la procedencia del material de la zona, las principales propiedades de los suelos que interviene en la estabilización, del mismo modo como los tipos de estabilización que se aplica a los suelos inadecuados para su posterior utilización.

Capítulo 2. Se describe los ensayos de laboratorio normalizados que se realizaron en la localidad de Iberia (Dpto. de Madre de Dios), como parte de los diseños de suelos estabilizados (cal hidratada y cemento pórtland) y el seguimiento del control de calidad de cada capa de la conformación del pavimento.

Capítulo 3. Se detalla con más énfasis la estabilización de suelo cal hidratada en obra, donde se describe las características físicas de los materiales antes de realizar la mezcla suelo cal, la variación de las propiedades físicas-mecánicas de

la mezcla, los métodos de diseño de la mezcla suelo cal y el proceso constructivo en campo.

Capítulo 4. Definición y clasificación del suelo cemento pórtland en obra, reacción química del suelo cemento, variación de las propiedades físicas - mecánicas de la mezcla, parámetros que intervienen en el diseño de la mezcla suelo cemento, algunas recomendaciones de instituciones especializadas y por último el proceso constructivo en campo.

Capítulo 5. Este capítulo está referido a la descripción de los factores que intervienen en el diseño de espesores del pavimento, la variedad de métodos de diseño, como el método AASHTO-93, método mecanístico esfuerzo-deformación y método de la PCA.

Capítulo 6. En este capítulo se encuentra lo concerniente a obra, en primer lugar se detalla la ubicación del proyecto, se describe la calidad de los materiales de canteras que se utilizó en la estabilización, una evaluación analítica de las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas después de ser estabilizada con cal y cemento, se realizó un monitoreo periódico de fisuras, rugosidad y deflexiones a nivel de TSB en sectores representativos del tramo Iberia – Iñapari, y por último se menciona las acciones que se realizaron en laboratorio y campo para mitigar la presencia de fisuras.

Capítulo 7. Está referido al presupuesto del pavimento del proyecto, primero se detalla las partidas de mejoramientos en la etapa constructiva además del dimensionamiento del pavimento en las diferentes etapas del proyecto, posteriormente se especifica los análisis de costo unitario de las partidas involucradas en la construcción del pavimento, por último se analiza económicamente a nivel de costo directo los distintos mejoramientos y la variación del costo del pavimento en sus distintas etapas.

CAPITULO 1. GENERALIDADES.

1.1 Objetivos de la tesis.

La realización de esta tesis tiene la finalidad de poder obtener el grado académico de Ingeniero Civil para el correcto y formal desarrollo de la profesión en el ámbito laboral, que en la actualidad amerita, ya que nos encontramos en un mundo globalizado donde las condiciones laborales son más exigentes debido a las envergaduras de los proyectos.

El tema de tesis busca desarrollar la investigación de suelos estabilizados aplicados en carretera referidos en especial a zonas de la selva sur oriental peruana, donde nace un mayor interés en este tema es cuando en la zona de trabajo no hay presencia de material granular, como se suele construir la mayoría de carreteras en el Perú, por lo que se busca soluciones para poder diseñar y construir el pavimento de acuerdo a lo requerido en el proyecto, uno de estos puede ser transportar el material de préstamo granular de canteras muy alejadas a la zona de trabajo lo que elevaría notablemente el costo de transporte de material seleccionado; pero la otra solución es estabilizar estos suelos finos con agente aglomerantes para otorgar a las capas del pavimento mayor aporte estructural además considerando que el pavimento va a estar sometida a gran solicitaciones de esfuerzos del tráfico por la implicancia que significa esta carretera en futuro, para el desarrollo del país.

Esta última solución se esta aplicando en la construcción de la principal carreteras del Perú en el futuro, El Corredor Vial Interoceánico del Sur Perú-Brasil.

Con mención principal el sub tramo: Iñapari – Puerto Maldonado tiene trascendencia nacional e internacional pues esta vía constituirá uno de los grandes ejes de integración y desarrollo de Sudamérica. Con la integración de las Vías de la Macro Región Sur con las del vecino país del Brasil, que van desde Brasilia, Río Branco, Porto Velho, Cuiabá y finalmente Santos en el Océano Atlántico, se habrá interconectado vialmente, importantes ciudades y territorios de las cuencas de los Océanos Pacífico y Atlántico.

Integrará y facilitará el desarrollo de las regiones naturales de la Costa, Sierra y Selva del Sur del Territorio Peruano. Además integrará el Departamento de Madre de Dios con la ciudad de Cobija y en general con el Departamento de Pando de la República de Bolivia.

Su importancia hace que los estudios de diseño permitan una construcción acorde con las necesidades detectadas a lo largo del Proyecto Corredor Vial Interoceánico Sur, es así como los diferentes estudios ejecutados permiten presentar soluciones viables para toda la carretera.

1.2 Procedencia de los materiales.

La procedencia de los materiales, estará enfocado a la parte de la ingeniería geológica, la formación aluvial Madre de Dios, es la predominante en la zona de trabajo consta de secuencias diversas de arcillitas, limolitas, arenas y gravas inconsolidadas a semiconsolidadas, hasta localmente endurecidas por la presencia de sustancias cementantes, como óxidos de hierro, perteneciente a la era del cuaternario, cubriendo en gran parte a la formación Ipuru que pertenece al terciario, presenta estratigrafía del neógeno (Mioceno) el afloramiento consisten de areniscas de grano fino a medio observándose en el tope limolitas y arcillitas con escasos lentes de arenas, el grosor de esta formación es de unos metros a unas decenas de metros; centrándonos más en la parte litológica podemos decir que el suelo es de característica laterítica por encontrarnos en una zona tropical es una roca meteorizada, y fracturada procedente de rocas silicatadas, compuesta fundamentalmente por hierro, de textura rojiza, siempre será susceptible a la erosión, a la saturación y a los deslizamientos, ya que la presencia del agua tiende a deteriorar sus propiedades geomecánicas.

La presencia de depósitos bofedales debido al alto nivel de la napa freática estos a su vez son consecuencia de las altas precipitaciones pluviométrica de la zona tropical y por la presencia de las pequeñas quebradas que lo cruzan estos pueden ser escorrentía superficial o subterránea; y también es de resaltar la estabilidad de los taludes en un medio tropical tienen un comportamiento complejo, debido a que la mayoría de los suelos son residuales.

Los suelos residuales se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos sino que se acumulan en el sitio en que se van formando o sea prácticamente se halla ubicado en la roca madre que lo ha originado. Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de la descomposición se produce una acumulación de suelo residual. Entre los factores que influyen en la velocidad de alteración de la naturaleza de los productos de la meteorización están el clima (temperatura y lluvia), la naturaleza de la roca original, el drenaje y la actividad bacteriana. El perfil de un suelo residual puede dividirse en tres zonas:

- a) La zona superior, en la que existe un elevado grado de meteorización, pero también cierto arrastre de materiales.
- b) La zona intermedia en cuya parte superior existe una cierta meteorización, pero también cierto grado de deposición hacia la parte inferior de la misma.
- c) La zona parcialmente meteorizada que sirve de transición del suelo residual a la roca original inalterada.

La temperatura y otros factores han favorecido el desarrollo de espesores importantes de suelos residuales en muchas partes del mundo.

1.3 Fundamentos generales para la estabilización de suelos.

La estabilización de suelos surge de la idea de poder solucionar la inadecuada condición del terreno natural que será usado como base de cimiento de una obra a construir. Las posibles soluciones para un material inadecuado, deben de resolverse con criterio técnico sin dejar de lado la parte económica; las soluciones posibles pueden ser las siguientes:

- Consideran el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño de las restricciones impuestas por la calidad del material que este otorga.
- Reemplazo del material inadecuado, por material de préstamo extraído de cantera de mejores características.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o que la calidad obtenida sea la adecuada.

La tercera opción de solución es la que conlleva a estabilizar el material existente de esta manera se evita el costo de transporte de material adecuado, la estabilización es un proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a ciertas manipulaciones o tratamiento físicos o químicos de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades físicos-mecánicas, obteniéndose capas del pavimento mucho más estables, capaz de soportar las sollicitaciones de esfuerzo del tráfico y las condiciones climáticas más severas como lo amerita en la zona del proyecto.

Además si entramos a tallar el tema de estabilización de suelos, cabe mencionar la estabilidad de taludes, ya que esto pertenece a la geomorfología, es parte aledaña del proyecto de carretera; si está se encuentra con planos de fallas inestables, con presencia de derrumbes del talud por existencia de agua intersticial en la zona, generalmente esto se protege con obras de arte, como pueden ser sembrado de plantas, muros de contención, gaviones, etc.

Las propiedades de los suelos que más frecuentemente se estudian en los problemas de estabilización son:

- a) Estabilidad Volumétrica.
- b) Resistencia.
- c) Permeabilidad.
- d) Compresibilidad.
- e) Durabilidad.

Frecuentemente será posible utilizar tratamientos que mejoren simultáneamente varias de esas propiedades, pero también debe de estarse preparado a encontrar evoluciones contradictorias en la lista, de manera que el mejoramiento de una propiedad signifique el deterioro de otra u otras, se detalla las propiedades de los suelos que pueden variar con la estabilización.

a) Estabilidad Volumétrica.

La expresión se refiere por lo general a los problemas relacionados con los suelos expansivos por el cambio de humedad esto origina el aumento de presiones que puede ocasionar deformaciones al pavimento. La estabilización

suele ofrecer una alternativa de tratamiento para estos suelos, puede ser aplicando cargas que equilibren la presión de expansión, la utilización de membranas impermeables, etc. Se trata de transformar la masa de arcilla expansiva en una masa granular o una masa rígida, unida por partículas con lazos suficientemente fuerte como para poder resistir las presiones internas de expansión, esto se logra por tratamiento químico o térmico.

b) Resistencia.

Como es sabido los factores que intervienen negativamente en el aporte de resistencia de un suelo son el contenido de materia orgánica y el contenido de alta humedad, estas características más se suscitan en los suelos orgánicos. Para nuestro caso, los suelos finos, estos adquieren una alta resistencia si se encuentran secos o cuando están a elevadas temperaturas, pero al ataque de la humedad la resistencia decrece hasta que estos tienden a agrietarse y la acción abrasiva del tráfico se llegue a pulverizar este tipo de suelo. Existen varios métodos de estabilización que se han revelado útiles para mejorar la resistencia de muchos suelos.

La compactación; es de hecho una forma de estabilización mecánica a la que se recurre para incrementar la resistencia de los suelos, pero no siempre se obtiene el objetivo en el futuro por lo que requiere de una estabilización química o térmica.

Vibroflotación; esta referida a la compactación de arenas y consiste en la inserción de un suelo arenoso suelto, de un dispositivo vibratorio, capaz de aplicar un hundimiento de agua simultáneamente con el vibrado, de tal manera que al encontrarse dicho dispositivo dentro del suelo inyectando agua y vibrando se produce la licuación de la arena lográndose con el ello la compactación.

Precarga; consiste en la aplicación de la carga superficial sobre el suelo ensayado con el fin de preconsolidarlo. Después de la precarga el suelo tiene todas las características deseable de un suelo preconsolidado, si se compara con uno normalmente consolidado, es decir que es menos compresible y más resistente, aumentando con ello la capacidad de carga y disminuyendo los

asentamientos. Este método de estabilización requiere de un largo periodo, dependiendo de las condiciones, como drenaje, permeabilidad, espesores de capa, etc.

c) Permeabilidad.

En materiales arcillosos, el uso de defloculantes (por ejemplo, polifosfato), puede reducir la permeabilidad; el uso de floculantes (hidróxido de cal o yeso) aumentan correspondientemente el valor de la permeabilidad.

En los suelos la permeabilidad se plantea, en términos generales, en dos problemas básicos, como lo son la pérdida de presión de poros y lo relacionado con el flujo del agua a través del suelo. El tener presiones de poro excesivas pueden originar deslizamiento en explanaciones y el flujo de agua puede originar tubificaciones y arrastres.

Si se compacta un suelo arcilloso con humedades muy bajas o prácticamente en seco, se obtendrán finalmente una alta permeabilidad en los suelos debidos a los grumos que no se disgregan, resistiendo al esfuerzo de compactación y permitiendo con ello que se forme una gran cantidad de vacíos intersticiales. Mientras más alta sea la humedad de compactación se producirá menores permeabilidades en el suelo compactado, ya que este tiene mayores oportunidades de deformarse, eliminándose gran cantidad de vacíos.

d) Compresibilidad.

Los cambios en volumen o compresibilidad, tienen una importante influencia en las propiedades de los suelos, pues se modifica la permeabilidad, se alteran las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, lo que tiene una importancia decisiva en la modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y se provoca desplazamientos.

En el caso de las arcillas saturadas, si no se permite el drenaje y se aplican esfuerzos, estos serán tomados por el agua. En el momento en que se permita el drenaje, los esfuerzos son transmitidos gradualmente al esqueleto o estructura

del suelo; este proceso produce una compresión gradual de dicha estructura, fenómeno conocido como consolidación.

Ahora, la compresibilidad de un suelo puede presentar variaciones importantes, dependiendo de algunos factores tales como la relación carga aplicada, respecto a la que el suelo soportaba anteriormente, tiempo de aplicación de la carga una vez que se ha disipado la presión de poros en exceso de la hidrostática, naturaleza química del líquido intersticial, asociados estos factores a los originados por el muestreo, sensibilidad del suelo y aún la forma de ejecutar las pruebas que se utilizan para estudiar la consolidación.

Es tan claro, que para remodelar un suelo se modifica su compresibilidad, por lo que esta característica se puede modificar mediante procesos de compactación. Se sabe que la humedad de compactación tiene una gran importancia en la compresibilidad de los suelos compactados, pues si se compactan dos especímenes con el mismo peso volumétrico, pero uno en la rama seca de la curva de peso volumétrico vs humedad y el otro en la rama humedad, para bajas presiones la del lado húmedo será más compresible debido a que su estructura se encuentra más dispersa, pero para grandes presiones se tiene colapso y reorientaciones en la estructura del espécimen que se encuentra en el lado seco, lo cual provoca que sea este ahora más compresible. Bajo presiones muy altas, ambas muestras llegan a la misma relación de vacíos ya que se llega a una orientación similar.

e) Durabilidad.

Suelen involucrarse en este concepto factores que se refieren a la resistencia a la intemperie o la erosión, desgaste debido a la abrasión del tráfico; de esta manera los problemas de durabilidad en las vías terrestres suelen estar muy asociadas a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodadura. Estos problemas afectan a los suelos naturales como a los estabilizados, si bien en este último los problemas suelen ser por un defecto del diseño, tales como una mala elección del agente estabilizador o un serio error en su uso, tal como podría ser el caso cuando se ignora la bien conocida susceptibilidad de los suelos arcillosos estabilizados con cemento a la presencia de sulfatos.

En la práctica actual se echan menos criterios de campo y laboratorio que permitan establecer cual va ser la durabilidad de un suelos estabilizado y este es un motivo que contribuye poderosamente a que el concepto durabilidad sea hoy de los más difíciles de analizar, referido al caso cuantitativo.

1.4 Tipos de estabilización de suelos.

1.4.1 Estabilización Física.

Este se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo, de acuerdo a la exigencia del proyecto. Hay varios métodos como son la mezcla de suelos, geotextiles y otros.

a) Mezclas de Suelos

Es un procedimiento por el cual se combinan dos o más suelos bajo ciertas condiciones de humedad, granulometría y límites de consistencia a fin de mejorar las propiedades individuales y producir una mezcla aceptable además sabemos que los suelos de grano grueso como las grava-arena tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como una capa de la carretera, ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino.

Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas para lograr los efectos deseados se necesita de la compactación como complemento.

a.1) Método Analítico

Es un método de entorno matemático que se puede usar para obtener la combinación adecuada de dos o más suelos de acuerdo a lo especificado en el

proyecto, se toma como parámetro de comparación la granulometría del material, mediante una serie de ecuaciones se consigue la proporción adecuada de cada suelo que debe de mezclarse para obtener el material adecuado (anexos 01).

a.2) Método Gráfico

Este método es útil, cuando no es muy fácil visualizar cual de los suelos debe de contribuir más a la formación de diferentes fracciones de la mezcla, esto sucede sobre todo cuando se cruzan las curvas granulométricas de los componentes.

Para la mezcla de dos suelos se utiliza el método del cuadrado, donde se realiza un comparativo entre el porcentaje pasante las mallas similares de cada suelo uniéndolos con trazos de líneas oblicuas y se dibuja en el mismo cuadrado un par de líneas verticales donde se delimita el área donde se puede tomar las posibles proporciones de suelos, de acuerdo a los rangos granulométricos del proyecto.

Para la mezcla de tres suelos se maneja el método del triangulo, de igual forma interviene la granulometría pero clasificándose esto como porcentaje de grava, arena y fino estos se plasman en un triangulo equilátero donde los porcentajes obtenidos de cada material (anexos 01).

b) Geotextiles

Un geotextil es típicamente definido como cualquier material textil permeable usado para incrementar la estabilidad del suelo, proporcionar el control de la erosión o como ayuda en el drenaje. La función que cumple el geotextil son los siguientes.

- Impermeabilización, al ser impregnado con asfalto forma una barrera impermeable que protege de la humedad a la estructura del pavimento subyacente evitando así el ablandamiento de la base portante y posterior degradación del pavimento.

- Capa anticontaminante, impide que ascienda los finos de la subrasante al pavimento evitando que este se contamine, debido a la presión que ejerce el tráfico.
- Capa disipadora de esfuerzos, con lo que se retarda la reflexión de fisuras existentes en el pavimento deteriorado hacia la capa de rodadura

1.4.2 Estabilización Química.

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso. A continuación mencionamos algunos de ellos:

a) Cal Hidratada o Viva: Disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos. Recientemente se han hecho estudios científicos relacionados a su empleo como estabilizador de suelos y se han cuantificados sus magníficos resultados. Cuando tenemos arcillas muy plásticas podemos disminuir dicha plasticidad, aumentar la resistencia y disminuir los cambios volumétricos de la misma asociados a la variación en los contenidos de humedad con el sólo hecho de agregarle una pequeña proporción de cal.

Este es un método económico para disminuir la plasticidad de los suelos y darle un aumento en la resistencia. Los porcentajes por agregar varían del 2 al 6% con respecto al suelo seco del material para estabilizar.

Es recomendable no usar más del 6% ya que con esto se aumenta la resistencia pero también tenemos un incremento en la plasticidad. Los ensayos de laboratorio que se deben realizar a suelos estabilizados con cal son: límites de Atterberg, granulometría, resistencia a la compresión simple y el índice de CBR.

Como especificamos anteriormente, la dosificación dependerá del tipo de arcilla, se agregará de 1% al 6% de cal por peso seco. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio, pero lo más común en la mayoría de los casos se requiere de un porcentaje cerca del 3%.

b) Cemento Portland: Aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas. El cemento mezclado con el suelo mejora en su mayoría las propiedades mecánicas del suelo. Los suelos por lo general son un conjunto de partículas inertes granulares con otras activas de diversos grados de plasticidad, la acción que en ellos produce el cemento es doble. Por una parte actúa como conglomerante de las gravas, arenas y limos desempeñando el mismo papel que en el hormigón. Por otra parte, el hidrato de calcio, que se forma al contacto del cemento con el agua, libera iones de calcio que por su gran afinidad con el agua roban algunas de las moléculas de ésta interpuestas entre cada dos laminillas de arcilla. El resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y de la plasticidad así como un aumento en la resistencia y la durabilidad.

Se puede utilizar todos los tipos de cementos, pero en general se emplean los de fraguado y endurecimiento normales. En algunos casos, para contrarrestar los efectos de la materia orgánica son recomendables los cementos de alta resistencia y si las temperaturas son bajas se puede recurrir a cementos de fraguado rápido o adicionar cloruro de calcio como aditivo.

Este tipo de estabilización es de uso cada vez más frecuente y consiste comúnmente en agregar cemento Portland en proporción de un 7% a un 16% por volumen de mezcla. Al mejorar un material con cemento Portland se piensa principalmente en aumentar su resistencia, pero además de esto, también se disminuye la plasticidad.

Casi todos los tipos de suelo que encontramos pueden estabilizarse con cemento con excepción de los que contienen altos porcentajes de materia orgánica. Por otra parte, los suelos de arcilla o limo requerirán un mayor porcentaje de cemento para lograr los resultados esperados.

Por lo general, la capa que se estabiliza tiene un espesor de 10 a 15cms. y podrá coronarse con una capa de rodadura de poco espesor (ya sea para tránsito ligero o medio); también podrá servir de apoyo a un pavimento rígido o flexible de alta calidad.

Para la utilización del cemento, lo que tiene verdadera importancia es que el suelo no contenga materias que perjudiquen el fraguado o la resistencia.

Interesa también para la economía de la obra limitar el porcentaje de cemento necesario y prever el comportamiento de las arcillas.

El éxito de la estabilización con cemento depende de tres factores: Contenido apropiado de cemento, contenido apropiado de humedad, adecuada compactación. Por estos las mezclas deben ser sometidas a diversos ensayos como son el de compactación, durabilidad y compresión que aparte de su objeto específico servirán para dosificar el cemento que se empleará en la mezcla. Con referencia a la cal y el cemento estos agentes hidráulicos, se detallaran más explícitamente en capítulos posteriores.

c) Productos Asfálticos: De los productos asfálticos, la emulsión es la más usada como estabilizante. El material asfáltico que se emplea para mejorar un suelo puede ser el cemento asfáltico o bien las emulsiones asfálticas, el primero es el residuo último de la destilación del petróleo. Para eliminarle los solventes volátiles y los aceites y para ser mezclado con material pétreo deberá calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160° C. Este tipo de producto tiene la desventaja de que resulta un poco más costoso y que no puede mezclarse con pétreos húmedos.

En las estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas ya que este tipo de productos si pueden emplearse con pétreos húmedos y no se necesitan altas temperaturas para hacerlo maniobrable, en este tipo de productos se encuentra en suspensión con el agua, además se emplea un emulsificante que puede ser el sodio o el cloro, para darle una cierta carga a las partículas y con ello evitar que se unan dentro de la emulsión; cuando se emplea sodio, se tiene lo que se conoce como emulsión aniónica con carga negativa y las que tienen cloro son las emulsiones catiónicas que presentan una carga positiva, siendo estas últimas las que presentan una mejor resistencia a la humedad que contienen los pétreos.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que presenten baja plasticidad, puede usarse también con las arcillas que solo mejora la impermeabilidad, resultando un método muy

costoso, además con otros productos se logra mayor eficiencia y menor costo para los suelos plásticos.

Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava si el material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a utilizar se conoce como "prueba de valor soporte florida modificada" y el procedimiento consiste en elaborar especímenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática de 11.340 kg (140 kg/cm²).

Después de esto se pesan y se meten a curar al horno a una temperatura de 60° C, se sacan y se penetran hasta la falla o bien hasta que tengan una profundidad de 6.35mm registrándose la carga máxima en kg, se efectúa una gráfica (Fig.1-1) para obtener el porcentaje óptimo de emulsión y se recomienda que el material por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un 1%.

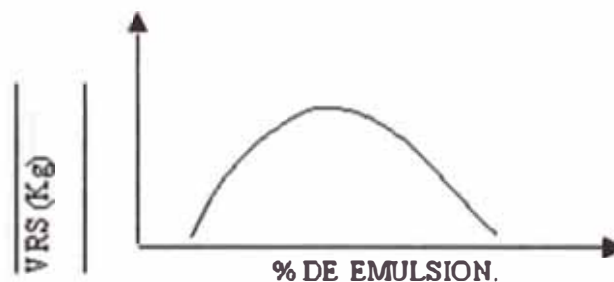


Fig. 1-1: Obtención de contenido óptimo de emulsión

La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de bitumen, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de bitumen utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más

el bitumen no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada.

d) Cloruro de Sodio: Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos. El principal uso de la sal es como matapolvo en bases y superficies de rodamiento para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. La sal común es un producto higroscópico; es decir, es capaz de absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, de ahí que sea un efectivo matapolvo al mantener la capa con un alto contenido de humedad.

Se puede utilizar en forma de salmuera o triturada. Para mezclar es más adecuado el uso de rastras con discos rotatorios. La compactación se puede iniciar en cualquier momento luego de perfilada la superficie con el equipo adecuado al tipo de suelo. Cuando se observe que se ha perdido la sal por efecto del tránsito o las lluvias, la superficie debe rociarse con 450 gr. de sal por cada metro cuadrado.

e) Escorias de Fundición: Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

1.4.3 Estabilización Mecánica.

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia, la mecánica de esta actividad está referida a la compactación de suelos que es ante todo una técnica de trabajo de campo y que si sus particularidades se estudian también en los laboratorios o son objeto de trabajos de investigación teórica, ello no puede tener otra finalidad que el apoyo de las propias obras en donde se aplique. Un suelo desarrolla presiones si unimos los puntos donde existe igual presión estas se forma el bulbo de presiones, la teoría de bulbos de presiones (Fig. 1-2) fue desarrollada por Boussinesq para un medio elástico, para fines prácticos todos los suelos son elásticos y la teoría es razonablemente cierta para suelos granulares.

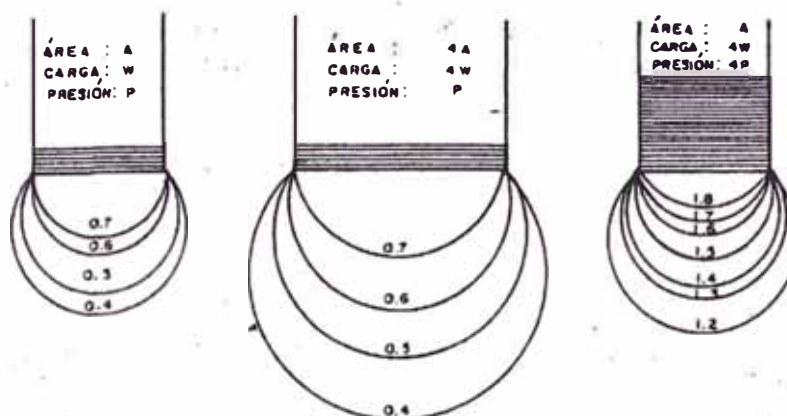


Fig.1-2: Variación del bulbo de presiones en la estabilización mecánica

En principio, el proceso de compactación en campo debe estar orientado al equipo adecuado que debe de utilizarse conociendo las características del material que se indica en el proyecto.

Después de haber planteado el tren de compactación adecuado, la interrogante sería, cual sería el proceso se debe de seguir en campo, que resultados de compactación se puede obtener con este planteamiento y que tipos de mejoras se puede realizar al equipo o al planteamiento de compactación. Como es sabido existen diversos modos de compactar materiales en el campo.

Los utilizados al presente se suelen clasificar en las siguientes categorías:

- a) Compactación por amasado
- b) Compactación por presión
- c) Compactación por impacto
- d) Compactación por vibración


Dentro de las anteriores categorías caben todas las soluciones comerciales e industriales que hasta el momento se han desarrollado para resolver el problema.

Los tres primeros tipos de compactadores se presentan bajo la forma de rodillos que circulan sobre el terreno que se desea compactar. El último en

ocasiones aparecen también con técnicas de rodado; pero en otras desarrollan mecanismos diferentes.

En la tabla 1-1; presentan algunas indicaciones en relación a la elección de equipos de compactación en los diferentes casos de la práctica. Se trata, naturalmente, de indicaciones de carácter general, que no pueden excusar la consideración de las características especiales de cada obra en el diseño del proceso de compactación que a ella corresponda, para llegar a los mejores resultados posibles.

Tabla 1-1: Elección del equipo de compactación



INDIC. SUCS	MATERIAL	TRAMPER AUTOPROPULSADO		TRAMPER REMOLCADO		PATA DE CABRA AUTOPROPULSADO		PATA DE CABRA REMOLCADO		LISO VIBRATORIO PEQUEÑO		LISO VIBRATORIO PESADO		PATA DE CABRA VIBRATORIO PEQUEÑO		PATA DE CABRA VIBRATORIO PESADO		NEUMÁTICO LIGERO		NEUMÁTICO PESADO	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	GRANULAR LIMPIO									1	1							3	2		
	GRANULAR CON POCOS FINOS	1	1							1	1	2	2								2
	ROCA	2	2									1					2				
GW, GP, S, W	ARENA, GRAVA									1	1	2	2								2
SP	ARENA UNIFORME									1	1	2	2								3
SM, GM	ARENAS O GRAVAS LIMOSAS	1	1	4	4	3	3			3	3	2	2								2
ML, MH	LIMOS	1	1	2	2									3	3						2
GC, SC	ARENAS O GRAVAS ARCILLOSAS	1	1	2	2									3	3						2
CH, CL	ARCILLAS	1	1	2	2													3			3

a) Compactación por Amasado.

En la nomenclatura usual, la compactación por amasado se identifica en el campo con la acción del rodillo pata de cabra, se puede considerar que los rodillos neumáticos ejercen una función similar. En el laboratorio existen actualmente pruebas que reproducen los mismos efectos. En esta sección se hará hincapié en la información que se refiere a compactación con rodillos pata de cabra.

Los rodillos pata de cabra compactan concentrando grandes presiones en las áreas de apoyo relativamente pequeñas de sus vástagos; éstos penetran

profundamente en la capa suelta tendida, especialmente en las primeras pasadas y esta penetración va siendo menor a medida que se densifica la capa. De esta manera el rodillo pata de cabra va compactando a la capa tendida de abajo hacia arriba, que frecuentemente se ha citado como la característica distintiva del procedimiento de amasado dentro de los trabajos de campo.

La punta de los vástagos del rodillo pata de cabra de forma cercana a la paralelepípeda son más eficientes, llevando la densificación a profundidades mayores y propiciando el uso de capas de mayor espesor. También alguna investigación realizada indica que a la misma presión aplicada en la superficie inferior del vástago las áreas mayores son más eficientes para compactación en profundidad, lo que resulta acorde con el conocimiento general; los vástagos de sección cuadrada son más eficientes que los de sección redonda, siendo como mínimo en estos equipos la presión de 8kg/cm^2 . Obviamente al mantener la misma presión sobre vástagos de mayor sección recta exige rodillos más pesados, aunque permita mayores espesores de capa.

Se considera que el vástago debe penetrar no menos de la cuarta o quinta parte de su longitud para poder considerar que todavía ejerce un efecto notable, en la actualidad los rodillos pata de cabra rinden su mejor utilidad al compactar suelos finos o con porcentajes elevados de ellos conocido también como suelos cohesivos. Se considera también que la fuerte distorsión con la que resulta finalmente la parte superior de una capa compactada favorece la liga con la capa suelta que sobre ella se deposita, de manera que se atribuye al rodillo pata de cabra virtudes especiales en lo referente a obtener conjuntos muy homogéneos con excelente liga entre capas. El rendimiento de los rodillos pata de cabra en el campo se ve influido por el manejo que se da a los equipos; por ejemplo, si los vástagos penetran en los mismos agujeros en pasadas sucesivas, el rendimiento obviamente se reduce y para evitar este efecto conviene que el operador haga ligeros cambios laterales en el recorrido del equipo.

b) Compactación por Presión.

b.1) Rodillos lisos.

Estos rodillos fueron considerados en algún momento como útiles para la compactación de suelos friccionantes; sin embargo, esta idea fue perdiendo validación con el paso de los años. De hecho, la superficie metálica de estos rodillos presenta una rigidez que, sobre todo después de las primeras pasadas produce un área de contacto muy pequeña con la capa de suelo que se está compactando; es sabido, que el efecto de la presión aplicada a la capa se disipa muy rápidamente con la profundidad cuando el área de contacto con la que se aplica la presión es poco considerable, de manera que se emplean capas de poco espesor, lo que es antieconómico o se obtienen compactaciones poco homogéneas a lo largo del espesor de la capa, con valores muy bajos en la parte inferior. En un cierto momento, se pensó evitar esta dificultad incrementando substancialmente la presión aplicada en la superficie de la capa, pero en tal caso la lisura del metal que forma el rodillo hace que esa parte superior quede tan densificada que resulta sumamente cerrada y bruñida, lo cual perjudica la unión de esa capa con la suprayacente, produciendo una estructura discontinua que no se considera deseable.

Al enfrentarse a estos hechos, los ingenieros de campo pensaron en la utilización de los rodillos metálicos lisos como terminadores de la parte superior de todo el terraplén, carpetas asfálticas recién tendidas. Así se utilizan todavía en trabajos de compactación ligeros. En la actualidad otros sistemas de compactación, como por ejemplo los rodillos neumáticos con aditamento vibratorio, se han considerado preferibles también para esos trabajos de acabado.

No obstante de todo lo anterior los rodillos lisos han vuelto al panorama de los trabajos de campo, pero provistos de sistemas de vibración, especialmente para la compactación de arenas y gravas; este hecho podrá ser comprendido en párrafos subsecuentes de este trabajo. Aún en estas condiciones, los rodillos lisos se consideran apropiados para la compactación de materiales friccionantes.

b.2) Rodillos neumáticos.

El campo de acción de los rodillos neumáticos en los trabajos de campo se ha extendido en forma continua con el paso del tiempo, al grado de que en la actualidad se les considera apropiados para la compactación de prácticamente todos los tipos de suelos, incluyendo grandes enrocamientos en los que se han obtenido resultados muy satisfactorios con equipos muy pesados. La llanta flexible llena de aire proporciona áreas de transmisión de presión suficientemente grandes como para que el efecto completo de densificación, la presión de los neumáticos alcanzan valores de 50 psi para equipos de 10 ton y 80 psi para equipos grandes de 10 a 60 ton, la presión se transmite a profundidades suficientemente grandes como para poder compactar grandes espesores grandes resultando económico.

Estos rodillos aplican a la superficie de la capa prácticamente la misma presión desde la primera pasada; esa presión es prácticamente igual a la de inflado de la llanta que, si se descuentan pequeños efectos de rigidez de la llanta misma. La superficie de contacto de la llanta con el suelo es función del peso del rodillo y de la presión de inflado, lo que lleva a la necesidad de usar equipos muy pesados cuando se deseen aplicar presiones muy grandes en áreas importantes.

La práctica ha indicado como muy conveniente que las llantas delanteras y traseras del equipo se superpongan ligeramente; es usual buscar una disposición que deje dos tercios de la huella libres entre las superposiciones. El acabado superficial de las capas compactadas con rodillos neumáticos suele presentar una rugosidad suficiente para garantizar una buena liga entre las capas tendidas sucesivamente.

Obviamente, el efecto de la presión de inflado y el aumento a la carga por rueda tienden siempre a producir en todos los tipos de suelo un crecimiento en el peso volumétrico seco máximo obtenido, pero no es recomendable el aumento de la presión de inflado sin aumentar proporcionalmente la carga por rueda, pues ello produciría una disminución del área de contacto cuyos malos efectos han quedado discutidos. Cualquiera de estos aumentos en la energía

de compactación se traduce en una disminución de la humedad óptima del proceso.

c) Compactación por Impacto.

En el campo, los compactadores por impactos van desde diferentes tipos de pisones (algunos manuales y otros con dispositivo que proporciona automáticamente el rebote), hasta rodillos tipo Tamper, semejantes a los rodillos pata de cabra, pero que reciben su acción de impacto a base de velocidades de operación mucho mayores.

Los pisones tienen una amplia utilización para la compactación de zonas en que un rodillo convencional no cabe o que están en la inmediata vecindad de cualquier cosa que pueda perjudicarse por el golpe de un equipo normal.

Los rodillos Tamper operan a velocidades superiores a los 20 km/h; su efecto no ha sido suficientemente analizado hasta la fecha, pero parece que sus mejores resultados se logran en suelos finos con abundante contenido de grava y guijarros o en suelos finos residuales, que contengan fragmentos de roca parcialmente intemperizada.

d) Compactación por Vibración.

La compactación por vibración más usual incorpora a equipos de compactación convencionales dicho efecto, empleando mecanismos de masas desbalanceadas o de tipo pulsativo que proporcionan el efecto vibratorio al compactador propiamente dicho. Un equipo apropiado debe aplicar presiones suficientemente considerables, lo que se logra aprovechando el peso muerto del equipo más la fuerza dinámica proporcionada por el vibrador, la mayor parte de los equipos vibratorios producen fuerzas verticales.

Los rodillos de cualquiera de los tipos ya descritos al recibir aditamentos vibratorios han mostrado utilidad especial en todos los tipos de suelos, desde enrocamientos hasta los fragmentos hasta arcillas. Se han atribuido al efecto vibratorio cuatro acciones de naturaleza diferente.

-Incremento de la presión por el componente vibrátil.

-La vibración que sufren las partículas.

-Efectos de impacto.

-Acciones repetitivas.

Se reconoce que estos cuatro efectos quedan influidos en los dispositivos prácticos por seis factores principales:

-La frecuencia, que es el número de revoluciones por minuto del oscilador.

-La amplitud, medida por una distancia vertical en casi todos los equipos comerciales.

-El empuje dinámico que se genera en cada impulso del oscilador.

-La carga muerta, representada por el peso del equipo compactación, sin considerar el oscilador propiamente dicho.

-La forma y el tamaño del área de contacto del equipo con el suelo.

-La estabilidad misma del compactador.

Obviamente a los factores anteriores hay que sumarles las características del tipo de suelo por compactar, el contenido de agua en campo. Puesto que la vibración implica una mayor entrega de energía y frecuentemente una mayor eficiencia de la misma, es natural esperar que los contenidos de agua óptimos del proceso sean menores en un equipo provisto de aditamento vibratorio que lo que sería para ese mismo equipo sin vibraciones.

La vibración impartida a las partículas del suelo parece de mayor significación, puesto que produce aceleraciones muy diversas a ellas y, como consecuencia, hace aparecer fuerzas relativas que contribuyen a la reestructuración de los conjuntos inestables; sin embargo, no ha sido posible cuantificar este efecto y menos aún analizarlo teóricamente.

La acción de impacto del vibrador tiene una consecuencia clara cuando se traduce en "saltos" del equipo; según las características del suelo y la frecuencia propia del equipo, la frecuencia de este tipo de impactos no es la misma que la que corresponde al vibrador; de hecho suele estar comprendida entre un tercio y la mitad de este valor, pues el "salto" ocurre con un valor intermedio entre la frecuencia del vibrador y la natural del suelo.

En suelos granulares este efecto de impacto del equipo en conjunto tiene una gran importancia práctica, por reducir por instantes la fricción interna entre los granos y aplicar presiones considerables inmediatamente después de ese momento, con la resistencia al esfuerzo cortante entre dichos granos disminuida, en tanto que la presión estática del equipo sin vibración tendría que vencer, para lograr acomodo de granos, la resistencia desarrollada bajo la presión del equipo en todo su valor.

En suelos cohesivos, los impactos del equipo también han demostrado su eficacia. De cualquier manera se ha visto que el efecto permite en estos suelos utilizar capas de mayor espesor durante el proceso. Cabe mencionar, que a mayor presencia de suelos finos puede suceder que se obtengan pesos volumétricos relativamente más bajos que lo deseable, valores que sólo pueden incrementarse si se logra aumentar significativamente la magnitud de los "saltos", lo que exige que el suelo esté ya muy rigidizado, que sólo podría lograrse o con muchas pasadas o con capas más delgadas. La consecuencia práctica de estas reflexiones es la recomendación de utilizar capas más delgadas inmediatamente debajo de los pavimentos e ir aumentando el espesor en zonas más profundas del terraplén, donde puedan aceptarse pesos volumétricos algo menores.

La frecuencia del vibrador dividida entre dicha velocidad es una medida tosca del número de ciclos de carga que se imparten al suelo y por ende influye notoriamente en su densificación para un equipo dado, los rodillos vibratorios son los únicos equipos de compactación que logran mejores resultados cuanto menor sea la velocidad de desplazamiento. Sin embargo, la práctica también indica que esas velocidades no deben ser excesivamente bajas, pues en tal caso se disminuye el efecto de impacto por efecto de "salto", ya mencionado.

Cuando se compactan suelos gruesos con vibración se produce un cambio en la orientación de las partículas en el momento en que tienden a separarse y una fuga de las partículas más finas a los huecos entre las más grandes, que contribuye a la densificación.

El número de pasadas suele aumentar el efecto de densificación causado por los rodillos vibratorios bastante más allá de lo que lo haría el mismo equipo sin vibración; también permite aumentar los espesores de las capas compactadas. Las altas frecuencias han mostrado ser particularmente útiles para compactar arenas con rodillos vibratorios ligeros en capas delgadas; cuando se utilizan equipos pesados, obviamente en capas de mayor espesor, las frecuencias más bajas han demostrado ser preferibles.

Equipos utilizados en la estabilización mecánica	
	
Rodillo Liso	Rodillo pata de cabra
	
Rodillo vibratorio (Bernero)	Rodillo neumático

Fig.1-3: Equipos de compactación utilizados en la construcción de pavimentos

CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO.

Introducción.

En este capítulo se describe los ensayos de laboratorio y campo realizados a los materiales de plataforma existente y cantera; estos pueden ser suelo de una cantera, una mezcla de suelos de distintas canteras o suelo estabilizado con un agente aglomerante; con ello se obtendrá las características físicas y mecánicas de los materiales y su posterior confirmación si son aptas ser utilizada como terreno de fundación en caso de la plataforma existente o para la conformación de capas del pavimento en el caso del material de cantera.

Una vez verificado la calidad del material de cantera en laboratorio se procede a su conformación de la capa del pavimento terminado esta actividad se realiza los controles en pista, siendo de esta manera consecuente con los ensayos de laboratorio, de esta manera se garantiza la calidad de la capa conformada del pavimento.

En el caso particular de la obra, los ensayos de laboratorio se realizaron con el objetivo del diseños de suelos estabilizados para las capas del pavimento con agentes aglomerantes de esta manera cumplir con las especificaciones técnicas y formular un plan de trabajo para que se verifique el control de calidad por tramo que se ejecuta de acuerdo a la frecuencia de ensayos que se encuentra estipulado en las especificaciones técnicas de servicio y en la normativa peruana EG-2000.

2.1 Análisis Granulométrico.

Anteriormente se dividía el suelo en tres o cuatro fracciones, pero con la técnica del cribado se pudo efectuar el trazo de las curvas granulométricas y con ello se dieron algunas clasificaciones granulométricas de las fracciones del suelo.

Tabla 2-1: Clasificación propuesta por el Massachussets Institute of Technology

Tamaño en mm.								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	Media	Fina	Grueso	Medio	Fino	Gruesa	Media	Fina (Coloide)
ARENA			LIMO			ARCILLA		

En los suelos gruesos, ha de señalarse, que el comportamiento mecánico e hidráulico está principalmente definidos por la compacidad de los granos y su orientación; característica que se destruye o modifica al extraer una muestra para realizar el ensayo, de modo que los resultados finales se ha tenido que perder toda propiedad inicial.

En los suelos finos en estado inalterado, las propiedades mecánicas e hidráulicas dependen en tal grado de la estructuración e historia geológica, que el conocimiento de su granulometría, resulta totalmente inútil para determinar las propiedades mencionadas.

Mediante en título de análisis granulométrico, se comprende todos los métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños. De tales métodos existen dos que merecen atención principal: El cribado por mallas y el análisis de suspensión de suelos con hidrómetro.

2.1.1 Cribado de Mallas (fracción gruesa).

La muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de abertura descendentes, hasta la malla N° 200, los retenidos de cada malla se pesan y el porcentaje que representan respecto al peso de la muestra total se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño, el complemento a 100% de esta cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla ensayada.

Para finalizar la representación granulométrica de suelos (fracción gruesa), suele dibujarse con porcentajes como abscisas el tamaño de las partículas y las ordenadas se refiere al porcentaje en peso acumulado comúnmente se realiza la gráfica en escala semi-logarítmica, de la gráfica surge los coeficientes de uniformidad C_u y coeficiente de curvatura C_c .

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Donde:

D_{60} : Tamaño real tal que el 60% del suelo sea igual o menor.

D_{30} y D_{10} : Igual nomenclatura que el D_{60} .

En relación a la realidad es un coeficiente de *no uniformidad*, pues su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta.

2.1.2 Análisis de suspensión por Hidrómetro (fracción fina).

El método del hidrómetro, es el de uso más extendido. Como todos los de este grupo, el método se basa en el principio de la velocidad de sedimentación de partículas en un líquido es función de su tamaño. El método fue propuesto independientemente por Goldschmidt en Noruega (1926) y por Bouyoucos en Estados Unidos (1927).

La ley fundamental que se hace uso en el procedimiento del hidrómetro es debida a Stokes, y proporciona una relación entre velocidad de sedimentación de las partículas del suelo en un fluido y el tamaño de esas partículas. Esta relación puede establecerse empíricamente, haciendo observaciones en el microscopio o bien por procedimiento teórico. Siguiendo esto último G.G. Stokes, en 1850, obtuvo una relación aplicable a una esfera que caiga en un fluido homogéneo de extensión infinita. Aún con esta limitación importante (pues las partículas reales de suelo se apartan muchísimo de la forma esférica) la ley de Stokes es preferible a las observaciones empíricas. Aplicando esa ley se obtiene el diámetro equivalente de la partícula, que es el diámetro de una esfera, que se sedimenta con la misma velocidad que la partícula real; en partículas equidimensionales, este diámetro es aproximadamente igual al diámetro real, pero en partículas laminares el diámetro real puede ser hasta el cuádruple del equivalente, cabe notar que en las partículas muy finas esta es la forma más frecuente.

La ley de Stokes es la siguiente expresión:

$$v = \frac{2}{9} \frac{\gamma_s - \gamma_f}{\eta} \left(\frac{D}{2} \right)^2 \quad \text{despejando "D" tenemos: } D_{(mm)} = \sqrt{\frac{1.800 \eta v}{\gamma_s - \gamma_f}}$$

v : Velocidad de sedimentación de la esfera en, cm/seg.

γ_s : Peso específico de la esfera, en gr/cm^3 .

γ_f : Peso específico del fluido, en gr/cm^3 (varia con la temperatura).

η : Viscosidad del fluido, en gr-seg/cm^3 (varia con la temperatura).

D : Diámetro de la esfera, en cm

La ley de Stokes aplicada a partículas de suelos real, que se sedimentan en el agua, es válida solamente en tamaños menores de 0.2 mm, aproximadamente (mayores tamaños, las turbulencias provocadas por el movimiento de las partículas alteran apreciablemente la ley de sedimentación), pero mayores a 0.2 micras más o menos debajo de este límite la partícula se afecta por el efecto browniano y no se sedimenta)

2.2 Límites de Consistencia.

Los límites de Atterberg y los índices se basan en el concepto de que un suelo de grano fino solamente puede existir en cinco estados de consistencia según su humedad. Así un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco, pasando a los estados semisólidos, plásticos, semilíquido y finalmente líquido, de acuerdo al incremento del contenido de humedad del suelo. Los contenidos de humedad y los puntos de transición de unos de los estados a otros se denominan límite de retracción o contracción, límite plástico y límite líquido, como se indica en la Fig. 2-1.

El concepto de un suelo como material que puede presentarse en varios estados, según su contenido de humedad, además de ello la variación volumétrica que presenta puede ser variable dependiendo de la composición mineralógica del suelo, principalmente si hay presencia de arcilla en la muestra (Fig. 2-2). Cuanto mayor sea la cantidad de agua que contiene un suelo, menor será la interacción entre partículas adyacentes y más se aproximará el suelo en su comportamiento al de un líquido.

De manera de ejemplo, si comparamos los suelos A y B, y si el suelo A tiene una mayor tendencia a absorber agua sobre las superficies de las partículas, puede esperarse que la humedad para la cual ambos suelos comiencen a comportarse

como un líquido será mayor para el suelo A que para el suelo B. Es decir, el suelo A tendrá un límite líquido mayor que el suelo B.

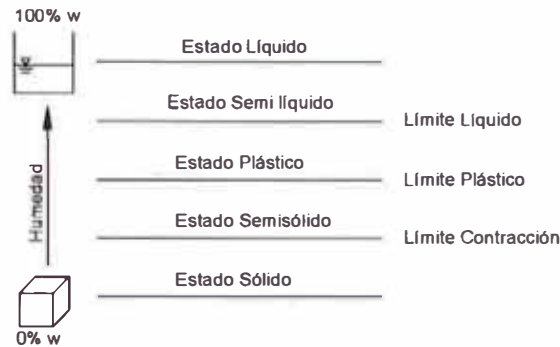


Fig.2-1: Influencia de la variación de la humedad respecto a los límites de consistencia

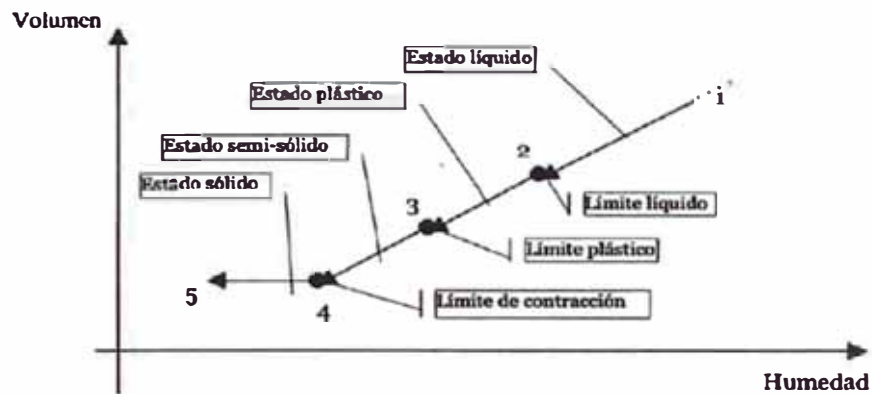


Fig.2-2: Variación del volumen respecto a la humedad

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definido por Atterberg:

Estado Líquido, con propiedades y apariencia de una suspensión.

Estado Semilíquido, con las propiedades de un líquido viscoso.

Estado Plástico, el suelo se comporta plásticamente.

Estado Semisólido, el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto al secado.

Estado Sólido, el volumen del suelo no varía con el secado.

A continuación mencionamos algunos parámetros de consistencia de suelos:

Índice de plasticidad (I_P), A. Atterberg encontró que esta representado numéricamente entre la diferencia aritmética del límite líquido y el límite plástico:

$$I_P = LL - LP$$

Donde:

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Índice de Fluidez (I_F), está definida como la pendiente de la curva de fluidez, relación entre la humedad y el número de golpes (N) a escala semi-logarítmica

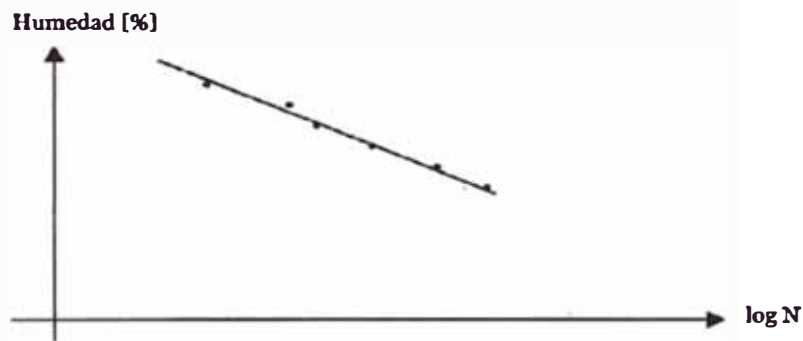


Fig.2-3: Curva de Fluidez

La ecuación de la curva de fluidez es:

$$w = -F_w \text{Log} (N) + C$$

Donde:

w : Contenido de agua.

F_w : Índice de fluidez, pendiente de la curva de fluidez.

N : Número de golpes.

C: Constante que presenta la ordenada en la abscisa de 1 golpe.

Índice de tenacidad (I_T)

$$I_T = \frac{I_P}{I_F}$$

Índice de liquidez (I_L)

$$I_L = \frac{w - LP}{LL - LP}$$

Índice de Consistencia (I_c),

$$I_c = \frac{LL - w}{LL - LP}$$

Rango de valores	Índice de consistencia (I_c)
Menor de 0.0	Líquido
Entre 0.0 y 0.50	Semi-líquido
Entre 0.5 y 0.75	Plástico
Entre 0.75 y 1.0	Semi-sólido
Mayor de 1.0	Sólido

2.3 Clasificación de Suelos.

La clasificación de suelos consiste, pues en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de unas ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico a través de una experiencia considerable. La clasificación de suelos permite resolver muchos tipos de problemas sencillos, y sirve de guía para preparar el programa de experimentación, si la dificultad y la importancia del problema requieren una investigación más profunda.

La mayoría de las clasificaciones de suelos utilizan pruebas muy sencillas, de tipo indicativo, para obtener las características del suelo necesario para asignarlo a un determinado grupo. Evidentemente una clasificación de suelos pierde su valor si la pruebas de partida resulta más complicada que la necesaria para medir directamente la propiedad fundamental que se desea conocer. Las características más usadas en clasificación son la granulometría y la plasticidad.

Se divide a los suelos en dos grandes fracciones: la fracción gruesa formada por partículas mayores que la malla N° 200 (0.074 mm) y menores que la malla de 3" (7.62 cm) y la fina formada por las partículas que pasan la malla N° 200.

La fracción gruesa se divide en gravas y arenas, teniendo como frontera la malla N° 4 (4.76 mm). Subdividiéndose subsecuentes de esta fracción toman en cuenta el contenido y naturaleza de los finos, así como las características de graduación. El conjunto presenta un aspecto muy similar al que posteriormente se discutirá con más detalle en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

La fracción fina se subdivide en grupos, tomando en cuenta sus características de plasticidad, las cuales están relacionadas con las propiedades mecánicas e hidráulicas, que interesan al ingeniero civil debido a que precisa tener datos de esfuerzo-deformación, resistencia, compresibilidad, permeabilidad, variación de volumétrica, y de los que más influye en la compresibilidad la que está ligada con las característica de plasticidad.

2.3.1 Sistema de clasificación AASHTO.

El departamento de caminos públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo unos de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras, posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como sistema AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basados en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo".

El índice de grupo (IG), aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice, la clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200. Los índice de grupo de los suelos granulares están comprendido entre 0 y 4, los correspondiente a los suelos limosos entre 8 y 12, los suelos arcillosos entre 11 y 20 o más, estos valores son número enteros y si es negativo se informa igual a cero. El índice de grupo puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$IG = (F-35) [0.2 + 0.005 (LL-40) + 0.01 (F-15)(I_p-10)]$$

Donde:

F: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200.

LL: Límite líquido.

I_p: Índice de plasticidad.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa del suelo en terraplenes, materiales de subrasantes, sub bases y bases.

Tabla 2-2: Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (≤ 35% pasa N° 200)						Materiales finos (> 35% pasa N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5**	
										A-7-6**	
N° 10 (2mm)	≤ 50										
N° 40 (0.5 mm)	≤ 30	≤ 50	≤ 51								
N° 200 (0.08mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35			≥ 36				
Límite líquido				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11

La clasificación describe las características de los materiales como se describe a continuación:

A-1-a Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-1-b Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-2-4 Materiales granulares con partículas finas limosas.

A-2-5 Intermedio.

A-2-6 Materiales granulares con partículas finas arcillosas.

A-2-7 Intermedio.

A-3 Arena de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas.

A-4 Principalmente partículas finas limosas.

A-5 Tipos de suelos poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticos y difíciles de compactar.

A-6 Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.

A-7-5 Las arcillas y limos más plásticos.

A-7-6 Las arcillas y limos más plásticos.

2.3.2 Sistema de clasificación SUCS.

El sistema desarrollado por el Dr. A. Casagrande utiliza la textura para dar términos descriptivos tales como: GW, Grava bien graduada; GC, grava arcillosa; GP, grava mal graduada; etc.

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad. Su agrupación está relacionado con su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

- 1.- Porcentaje de gravas, arenas y finos (fracción que pasa el tamiz N° 200)
- 2.- Forma de distribución granulométrica.
- 3.- Características de plasticidad y compresibilidad.

Se establecen fracciones de suelos: Canto rodado, gravas, arenas y finos (arcilla o limos). Los límites de demarcación entre las diversas fracciones y aspectos descriptivos, simbología descripciones y criterios de clasificación de laboratorio.

Los suelos se separan en tres divisiones: Suelos de granos gruesos, Suelos de granos finos, Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de granos gruesos son aquellos que contienen 50% o menos del material pasante por el tamiz N° 200 y suelos de granos finos son aquellos que contienen más del 50% del material pasante por el tamiz N° 200.

Los suelos de granos se dividen en gravas (G) y arenas (S). Las gravas son aquellas de granos gruesos que tienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz N° 200) retenida en el tamiz N° 4, y las arenas son aquellas que su porción mayor pasa por el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

Los suelos de granos finos se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad. Los limos son suelos de granos finos con un límite líquido y un grado de plasticidad por debajo de la línea "A", en el caso de las arcillas estos se ubican por encima de la línea "A". Esta definición no es válida para las arcillas orgánicas, puesto que el límite líquido y el índice de plasticidad de estos suelos dan puntos por debajo de la línea "A". El limo (M) y la arcilla (C) se dividen a su vez en dos grupos secundarios basados en el hecho que el suelo tenga un límite líquido relativamente bajo (L-Low) o alto (H-High). Los tipos de suelos representativos encontrados en cada uno de los grupos resultantes se dan en la Fig.2-4.

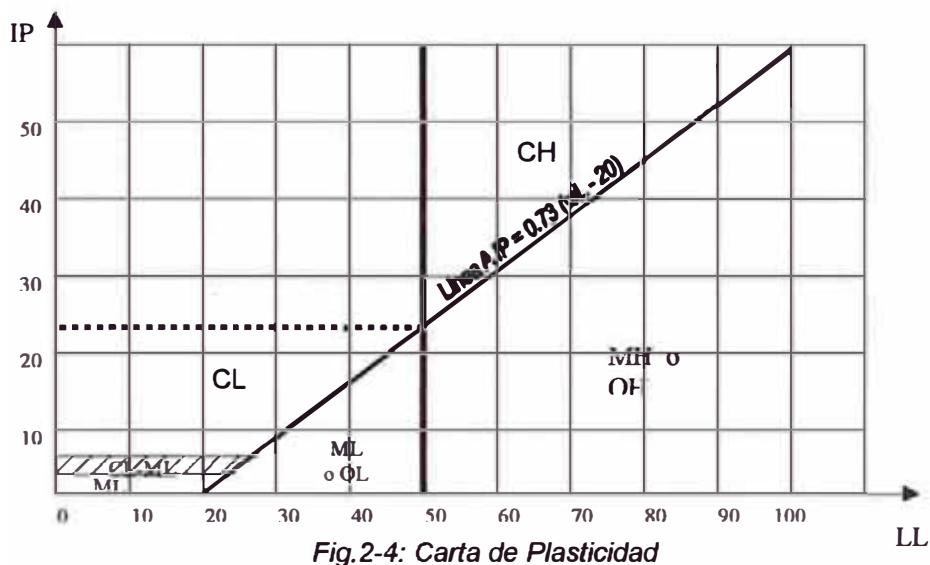


Fig.2-4: Carta de Plasticidad

La identificación de los suelos en campo es importante encasillarlo dentro de un sistema previo de clasificación. En el caso concreto de este trabajo, es colocarlo en algunos de los grupos mencionados dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; obviamente en el grupo que le corresponde según sus características. La identificación permite conocer, en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndole las del grupo en que se situé, naturalmente según ya se dijo, la experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda sacar de la clasificación.

2.4 Análisis de comportamiento de los suelos.

Para este acápite se consideró que se está trabajando con materiales de característica fina pudiendo ser estos arcillas, limos y arenas, donde una de las variables que influyen más en estos materiales son la inestabilidad volumétrica que al ser sometido a altas humedades es muy variables su comportamiento ejerciendo altas presiones en las estructuras civiles por ello se realiza el ensayo de expansión libre para tener una idea de su comportamiento a futuro en las condiciones a que va estar sometida.

El esponjamiento de un material son calculados en laboratorio si es posible determinarlo a través de moldes donde el volumen utilizado sería pequeño, caso contrario este ensayo se puede realizar en pista encajonando tramos de prueba con volúmenes mayores del mismo material por su puesto que este último refleja más la realidad debido a que la compactación es realizada con los rodillos y no con los pisonés del laboratorio, esta característica de los materiales suele ser una de las controversias para la determinación del volumen en la partida transporte del material (m^3 -km).

2.4.1 Ensayo de expansión libre.

La expansión de suelos esta referida a las arcillas expansivas que producen empujes verticales y horizontales afectando las cimentaciones de las obras civiles, la experiencia ha demostrado que los cambios volumétricos se correlacionan razonablemente con el límite de contracción y esto depende mucho de las propiedades químicas y mineralógicas. En el área de carreteras este parámetro no puede dejar de ser considerado.

Hay algunas propiedades físicas que influyen o contribuyen a los cambios volumétricos y tiene aplicación a los materiales tanto en el sitio como en el laboratorio, entre ellos se puede mencionar:

- La densidad seca, entre mayor sea la densidad seca para un contenido de humedad constante mayor es la presión de expansión que puede ejercer el

suelo, debido a la concentración de materiales arcillosos por unidad de volumen y a la mayor interacción entre partículas.

- De las propiedades del agua mientras más sales disueltas contenga esto tienden a minimizar los cambios volumétricos; sin embargo el agua con poca concentración de iones hace más susceptible el suelo a los cambios volumétricos.

- El confinamiento, los suelos con sobrecargas o cargas externas tienden a reducir la magnitud del cambio volumétrico, por esta razón cuando los suelos expansivos están debajo de otro no expansivo se reduce las posibilidades de daños.

- El tiempo para que aparezca el primer cambio volumétrico y la forma como estos cambios continúan, depende de la permeabilidad del suelo. La expansión se inicia cuando el suelo alcanza su condición de equilibrio.

- Capa vegetal, en zonas donde antes de construir las vías existía vegetación como árboles, arbusto y biodiversidad de pastos, la humedad era usada por estos y al removerse la capa vegetal la humedad se acumula en la estructura del pavimento propiciando cambios volumétricos.

- Drenaje superficial y subterráneo, un drenaje insuficiente permite la acumulación de la humedad que se convierte en un suministro de agua permanente para subrasante, mermando su capacidad de soporte.

En la actualidad hay métodos para la determinación de suelos expansivos.

a) Métodos indirectos.

Una de las manera de identificar estos suelo expansivos es de manera visual del sitio, la desecación de estos suelos es distinta que otros, manifestándose grietas de contracción de forma poligonal indican la posible presencia de material arcilloso. La técnica más importante y exacta es mediante la difracción de rayos X, este método es rápido y requiere poco cantidad de muestra.

Existiendo otros métodos para determinar la composición del suelo como son el método de análisis térmico diferencial, el de radiación infrarroja, el de dispersión dieléctrica.

b) Métodos directos.

El ensayo del tipo consolidómetro mide de forma cuantitativa la expansión y presión de expansión. La relación entre la deformación medida y la altura inicial de la muestra es definida como porcentaje de expansión. Si se requieren conocer las características de presión de expansión la muestra se carga con una sobrecarga predeterminada, luego se somete a saturación total y se aplica la carga variable de manera de mantener el volumen constante, esta carga se define como presión de expansión. Bajo estos conceptos básicos se han desarrollado estandarizados los ensayos en los laboratorios que buscan medir hinchamiento y presión de expansión de las muestras alteradas e inalteradas.

c) Métodos combinados.

Es una correlación entre los métodos directos y los indirectos, la correlación que se usa con los parámetros de límites de consistencia (límite líquido, índice de plasticidad, límite de contracción), contenido de partículas coloidales, porcentaje de cambio volumétrico, presión de expansión utilizando el consolidómetro bajo diferentes condiciones de cargas.

Esta técnica por lo general da origen a una categorización de acuerdo a la relativa severidad de los cambios volumétricos, en algunos casos se ha obtenido ecuaciones de predicción basada en las propiedades antes mencionadas.

2.4.2 Esponjamiento del material.

Para grandes volúmenes de material, la medida volumétrica varía con la ubicación del material en el proceso constructivo (Fig. 2-5). Sin cambiar ninguna otra propiedad, un mismo peso de material ocupará diferentes

volúmenes cuando sea manipulado durante el proyecto. El volumen de suelo se mide en tres estados: en natural, suelto y compactado.

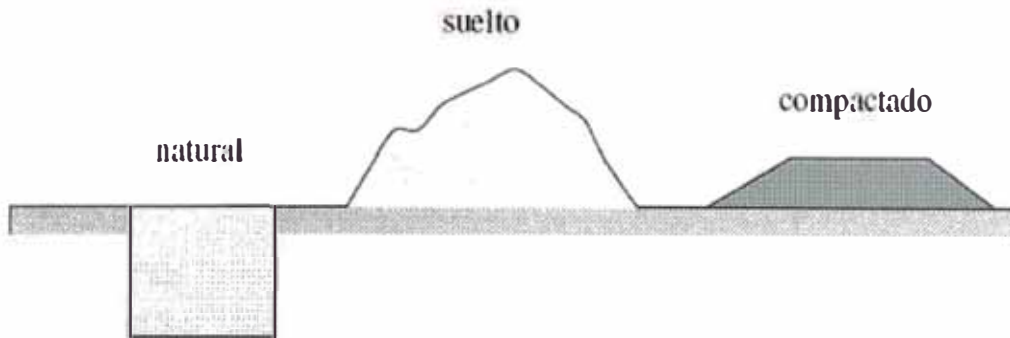


Fig.2-5: Variación volumétrica de acuerdo al estado del suelo

En cada una de estas condiciones lo que cambia físicamente es la cantidad de aire contenida en el suelo. Al fenómeno donde el aire ingresa e incrementa su volumen, explotación de la cantera o banco de material, se denomina *esponjamiento* y al opuesto, cuando el volumen de aire disminuye, proceso de compactación o densificación, se denomina *contracción*, estas son propiedades intrínsecas de todo tipo de material.

En un proyecto de carreteras, el ingeniero debe usar un volumen que sea preciso en sus cálculos, esto tiene aplicación en la partida de transporte y eliminación de material. La consistencia necesaria de las unidades se logra usando factores de esponjamiento o de contracción adecuado con el tipo de material.

Tabla 2-3: Determinación del factor de esponjamiento y contracción.

Esponjamiento	Contracción
$F_E = \frac{\gamma_s}{\gamma_n}; F_E = \frac{V_s}{V_n}; E = \frac{\gamma_n - \gamma_s}{\gamma_s}$	$F_C = \frac{\gamma_c}{\gamma_n}; F_C = \frac{V_n}{V_c}; C = \frac{\gamma_c - \gamma_n}{\gamma_n}$
E: Esponjamiento; F_E : Factor de esponjamiento.	C: Contracción; F_C : Factor de contracción.
γ_s : condición suelta.	γ_c : condición compactada.
γ_n : condición natural o en banco.	γ_n : condición natural o en banco.
V_s : Volumen suelto.	V_c : Volumen contracción.
V_n : Volumen natural.	V_n : Volumen natural.

El término volumen natural o en banco se usa para denotar este volumen tal como se encuentra en su estado natural *in situ*; expresado en metros cúbicos (m³N).

El volumen suelto representa la condición del material después de que ha sido manipulado por el proceso de carga y que se mantiene durante el proceso de transporte. La notación para esta es metro cúbico suelto (m³S).

La condición compactada de material indica que ha sido manipulado físicamente por medios artificiales para conseguir que ocupe un determinado volumen. Se expresa como un metro cúbico compactado (m³C).

A continuación se muestra una tabla de factores de esponjamientos que son de experiencia de proyectos anteriores estos valores son solo representativos, si se desea más preciso para cada proyecto, se debe de realizar ensayos de laboratorio con distintas muestras tomadas en diferentes calicatas a profundidades variables eludir algunos de estos estados para el cálculo del volumen del material, en la etapa de explotación del material de cantera es decisivo realizar este cálculo, pudiendo traer como consecuencia la ausencia de material para la culminación de los trabajos generando estos gastos adicional de obra.

Tabla 2-4: Peso volumétrico (kg/m³) y esponjamiento de materiales

Material	Peso en banco Kg/m ³	Peso suelto Kg/m ³	E	F _E
Arcilla seca	1600	1185	35	0.74
Arcilla húmeda	1780	1305	35	0.74
Tierra seca	1660	1325	25	0.80
Tierra húmeda	1895	1528	25	0.80
Tierra y grava	1895	1575	20	0.83
Grava seca	1660	1475	12	0.89
Grava húmeda	2020	1765	14	0.88
Limo	2610	1630	60	0.63
Roca bien triturada	2490	1565	60	0.63
Arena seca	1542	1340	15	0.87
Arena húmeda	1600	1400	15	0.87
Conchuela (calizas)	2075	1470	40	0.71

Fuente: Peurifoy y Schexnayder (2002). Construction Planning, Equipment and Method . Mc Graw-Hill.

2.5 Ensayos de Próctor Estándar y Modificado.

En el laboratorio hay muchos métodos para poder realizar la compactación, al menos teóricamente para poder simular a las condiciones del campo. Todos estos métodos con el objetivo de poder estudiar las compactaciones de los suelos. Históricamente el primer método, en el sentido de la técnica actual, a R.R. Proctor y hoy en día es conocido como ensayo de próctor estándar.

Para poder determinar la energía específica de compactación, se calcula con la fórmula

$$E_e = \frac{N \times n \times W \times h}{V}$$

Donde:

E_e : Energía específica (lb-pie/pie³).

N : Números de golpes por capa.

n : Números de capa de suelo.

W : Peso del pisón (lb).

h : Altura de caída libre del pisón (pie).

V : Volumen del suelo compactado (pie³).

R. R. Próctor estudió la influencia que ejercía el contenido inicial de agua del suelo encontrando que tal valor era de fundamental importancia en la compactación lograda. En efectos observó que a contenidos de humedad crecientes, disminuye la tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados, se obtenían más altos pesos específicos secos, pero que esta tendencia no se mantenía indefinidamente sino que al pasar un valor los pesos específicos disminuía los pesos específicos. Realizado esto R. Próctor propuso que para cada suelo particular existe una humedad llamada la "óptima" que genera el mayor peso específico seco.

Debido al rápido desenvolvimiento del equipo de compactación de campo comercialmente, la energía de compactación en el ensayo de próctor estándar empezó a no lograr representar en forma adecuada las compactaciones mayores que podían lograrse con dicho nuevo equipo. Esto condujo a una modificación

de la prueba, aumentando la energía de compactación denominado próctor modificado. Respecto a los parámetros físicos el ensayo de próctor estándar al tener menor peso específico unitario requiere mayor cantidad de agua que el próctor modificado, y estos a su vez presentan una serie de métodos que dependen de la gradación del material.

Tabla 2-5: Método A, B y C del ensayo Próctor estándar y modificado

	Método A	Método B	Método C
Molde	4" diámetro	4" diámetro	6" diámetro
Material	Pasante tamiz N° 4	Pasante tamiz 3/8"	Pasante tamiz 3/4"
Golpes por capa	25 golpes	25 golpes	56 golpes
Pisón Estándar	5.5 libras (altura de caída 12") E= 12400 Lb-pie/pie ³		
Pisón Modificado	10 libras (altura de caída 18") E= 56000 Lb-pie/pie ³		
N° Capas Estándar	Tres	Tres	Tres
N° Capas Modificado	Cinco	Cinco	Cinco
Uso	Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4	Cuando mas del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8"	Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4".

Aparte del contenido inicial del agua y de la energía específica de compactación, que son los factores más importantes entre los que influyen en la compactación de los suelos, hay otros que en algunos casos, pueden ser significativos, como son:

- a) En la curva pesos específico unitario seco vs. humedad partiendo de un suelo relativamente seco y se va añadiendo agua en forma gradual o del otro extremo se parte de un suelo húmedo y procede a secar el material; las investigaciones indican que el primer caso se obtiene pesos específicos secos mayores que el segundo. Una explicación a esto es que cuando se le añade agua esta penetra con el tiempo, mientras que el suelo húmedo, la humedad superficial va ser menor que la interna y no se logra la homogenización de la humedad con en el primer caso, siempre en cuando en el primer caso se le de un tiempo prudente para que el agua penetre a la parte interna.

b) En algunos laboratorio se realiza los puntos del ensayo próctor con la misma muestra, lo que se denomina recompactación del mismo suelo lo que esto es totalmente inconveniente esto genera que los pesos específicos son mayores que los mismos con muestra virgen, por lo que los suelos recompactados dejan de ser representativos. Una explicación a esto es la deformación volumétrica del tipo plástico producida por las sucesivas compactaciones.

c) Como aclaración, las pruebas de próctor estándar o modificada se realizan en moldes de 4", pero si la partículas es mayor a las malla N° 4, pues las gravas introducen efectos restrictivos indeseables por lo que se debe de realizar en moldes de 6", siempre en cuando no sobrepase el tamiz 3/4", esto es independiente del tamaño del molde, número de capas, número de golpes, peso del martillo, altura de caída del martillo.

2.6 Compactación Mecánica en Campo.

En el ítem 1.4.3 Estabilización Mecánica, se dieron algunos alcances relacionados los diferentes tipos de equipos que se utilizan para la compactación de terraplenes en pavimentos; además en este ítem se abarcara los métodos de ensayo de verificación de la densidad en campo.

2.6.1 Factores que interviene en la compactación en campo.

a) Contenido de Agua.

a.1) Peso volumétrico: El peso volumétrico esta relacionado con la humedad agregada al suelo en el proceso de compactación, el peso volumétrico será mayor si la distancia al óptimo contenido de humedad es mínima.

a.2) Grado de saturación: El grado de saturación disminuye de manera creciente al disminuir el contenido de agua por debajo del óptimo y el grado de saturación de muestras compactadas con el contenido de agua superior al óptimo es casi constante y relativamente alto pegándose a la curva de saturación

b) Energía de compactación.

b.1) Peso volumétrico: Se observa al aumentar la energía de compactación de las curvas se desplazan hacia arriba y hacia la izquierda, es decir, aumenta el peso volumétrico máximo y disminuye el contenido de agua óptimo. Esto se debe a que un suelo con contenido de agua superior al óptimo es más deformable y su base fluida menos compresible debido a su bajo contenido de aire.

b.2) Grado de saturación: La compactación en campo se realiza a contenido de agua constante, todo aumento de peso volumétrico seco logrado por el incremento de la energía de compactación da lugar a un aumento bien determinado del grado de saturación. Por lo tanto, un suelo compactado con cierto contenido de agua resultará con un grado de saturación más alto, cuanto mayor sea la energía de compactación empleada, acercándose a la curva de saturación.

b.3) Estructura: Toda la energía aplicada a un suelo trae como secuela la reducción del volumen, induce a deformaciones angulares. Por lo tanto el grado de orientación adicional de las partículas de un suelo arcilloso, inducido por el incremento en la energía de compactación, es una función creciente del contenido de agua.

c) Método de compactación.

Al tratar de métodos de compactación diferentes, no es posible hacer comparaciones a igual energía de compactación, a causa de los factores imponderables que influyen en la eficiencia del proceso de compactación y en la magnitud de la energía aplicada al suelo.

Por tanto a igualdad de humedad y peso volumétrico seco, el máximo grado de orientación de las partículas se lograría en el laboratorio, mediante compactación por amasado y el mínimo por compactación estática. La compactación en campo con rodillo pata de cabra produce un grado de orientación de las partículas ligeramente mayor que el compactador neumático.

d) Fracción gruesa.

Una mezcla bien graduada de arcilla, arena y grava, se ve que el peso volumétrico máximo aumenta hasta cierto límite al aumentar el porcentaje de la fracción gruesa, para después decrecer. Puede decirse que mientras la fracción fina constituye una matriz dentro de la cual las partículas gruesas no establecen cadenas continuas, el peso volumétrico seco máximo aumenta con el porcentaje de los gruesos, ocurriendo lo contrario a partir del momento en que la fracción gruesa forme una estructura continua.

Requisito de compactación

El nivel de densificación de un suelo en el campo se fija en base a la densificación realizada en laboratorio. La diferencia entre ambos valores, tradicionalmente se mide a través de la relación, en porcentaje, entre el peso volumétrico seco obtenido por el equipo de compactación en el campo y el máximo correspondiente a la prueba de laboratorio.

El porcentaje de compactación de un suelo es:

$$\%Compactación = \frac{\text{Peso volumetrico seco medido en el ensayo en el terreno}}{\text{Peso volumetrico max imo de laboratorio}} \times 100$$

2.6.2 Mediciones del control en campo.

Para medir el grado de compactación de las capas del terraplén en construcción, se debe haber alcanzado el peso volumétrico de laboratorio, para la determinación de ello; hay dos métodos principales:

a) Método del cono y arena (ASTM D 1556).

Es uno de los métodos más usados para poder determinar la compactación de campo de las capas conformadas en las construcciones de terraplenes de las obras viales, el procedimiento es el siguiente:

1. Se excava un agujero de 10 a 15 cm de diámetro, a la misma profundidad de la capa a ensayar.
2. El material excavado es recogido y pesado cuidadosamente, se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.
3. En agujero realizado se llena de arena de peso volumétrico constante con una gradación normada.
4. Conocido el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico de la muestra, que debe ser mayor que el peso volumétrico especificado.

La fracción gruesa influye en los resultados de compactación, el procedimiento de compactación de laboratorio referente al reemplazo de material retenido en la malla 3/4" (fracción gruesa) por la retenido en la malla N° 4 estos resultados de laboratorio no son aplicables para la verificación de la compactación de campo. Para subsanar ello se corrige la densidad por presencia de partículas gruesa. El valor obtenido se compacta con el valor máximo alcanzado en laboratorio aplicando el criterio de porcentaje de compactación.

$$\%Compactación = \frac{\text{Peso volumetrico seco medido en el ensayo en el terreno}}{\text{Peso volumetrico max imo de laboratorio}} \times 100$$

Esta fórmula se aplica de manera directa, cuando tanto el suelo obtenido en el campo como así como compactado en laboratorio tenga el mismo porcentaje de partículas en la malla N° 4. Si se encuentra material pasante la malla 3/4" se efectuará la corrección de densidad como se indica en la norma ASTM D 718.

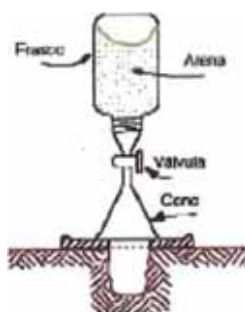


Fig.2-6: Ensayo de densidad (cono de arena)

b) Método del densímetro nuclear (ASTM D 2922).

Este método nos permite ahorrar en tiempo y costo con respecto al ensayo de cono de arena, este equipo se utiliza para la determinación de la densidad, una fuente emisora de rayos gamma (radio-berilio o cesio 137), un detector sensible a estos rayos cuando son modificados al atravesar el suelo que se ensaya y un contador automático que registra la velocidad con la que los rayos modificados arriban al detector. Esta velocidad depende en parte a la densidad del suelo y se mide en cuentas atómicas por minuto (CPM).

La conversión de dicha velocidad a densidad húmeda la puede realizar directamente el aparato si posee memoria por ello, o puede efectuarse con ayuda de curvas de calibración suministradas por el fabricante.

Para las medidas de la humedad, el equipo dispone de una fuente emisora de neutrones rápidos (americio-berilio o radio-berilio) un detector de los neutrones que pierden velocidad al chocar con otros de masa semejante tal es el caso del núcleo de hidrógeno y un contador automático que registra la velocidad con que los neutrones lentos llegan al detector. Esta velocidad se convierte en humedad.

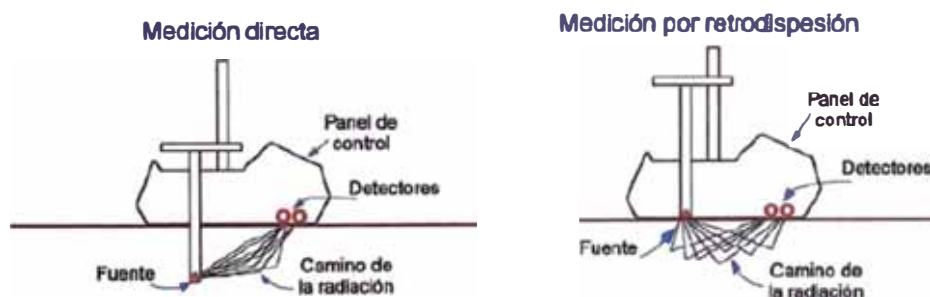


Fig.2-7: Ensayo de densidad (densímetro nuclear)

2.7 Ensayos de la Capacidad de Soporte (C.B.R.).

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio), es uno de los ensayos que permite medir la resistencia de los suelos, a nivel de laboratorio con muestras alteradas, el índice de CBR mide la relación al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas, este valor se usa en el diseño de pavimentos flexibles.

El CBR se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón de 3 pulg² dentro de un suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra chancada conocida como muestra patrón.

$$CBR(\%) = \frac{C \text{ carga unitaria del ensayo}}{C \text{ carga unitaria patron}} \times 100(\%)$$

En la siguiente tabla se muestra la resistencia de la muestra patrón a diferentes pulgadas de penetración.

Tabla 2-6: Penetración y presión aplicada a la muestra patrón

Penetración		Presión		
Milímetros	Pulgadas	Mpa	Kg/cm ²	Lb/pulg ²
2.54	0.1	6.90	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500
7.62	0.3	13.11	133.58	1900
10.16	0.4	15.87	161.71	2300
12.70	0.5	17.94	182.80	2600

Si se necesita calcular el índice de CBR in situ de la sub rasante, donde se evita la disturbación del material y con su humedad propia del suelo se puede realizar siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D 4429.

De acuerdo a la clasificación de suelos según la SUCS o AASHTO existen ábacos (Fig. 2-8) que nos da un rango de valores tentativos del valor de índice de CBR, para el diseño de pavimentos o un control de calidad exhaustivo debe de realizarse los ensayos de laboratorio correspondientes.

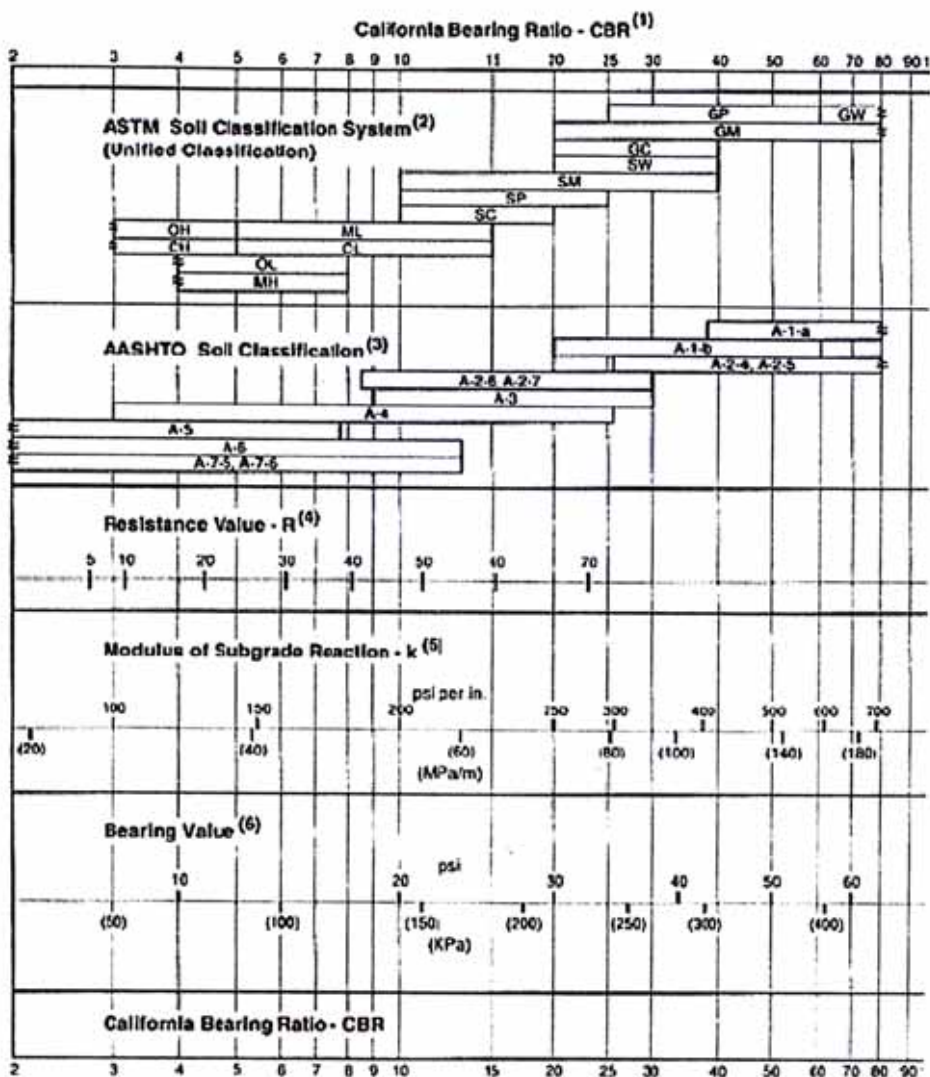


Fig.2-8: Determinación del CBR por el tipo de suelo

2.8 Ensayos de la Resistencia a la Compresión Simple (ASTM D 1633).

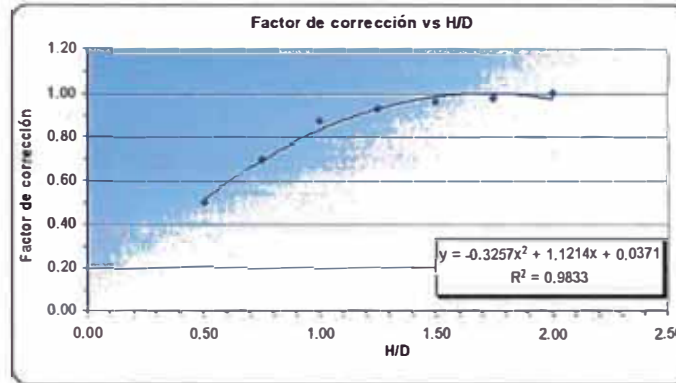
Este ensayo de laboratorio consiste en calcular la resistencia a la compresión simple no confinada del suelo cemento, esta mezcla se representa en especímenes que han recibido un curado de 7 días en cámara húmeda, previo a su rotura. Para la realización de este ensayo existen dos métodos:

Tabla 2-7: Métodos del ensayo de Resistencia a la compresión

Método	Diámetro de molde	Altura de molde	Relación H/D
A	101.6 mm (4.0")	116.4 mm (4.584")	1.15
B	71.1 mm (2.8")	142.2 mm (5.6")	2.00

Es sabido que para el cálculo de la resistencia de testigos de concreto se usa un factor de corrección, que es castigada a la resistencia calculada debida a la esbeltez que presenta el espécimen, de acuerdo la relación (H/D) H: altura, D: diámetro.

H/D	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87
0.75	0.70
0.50	0.50



Con referencia al método A la relación altura/diámetro (H/D=1.15) es menor que la del método B, esto nos conduce a que la resistencia del método A será mayor que el método B. En la práctica peruana, el método A ha sido empleado comúnmente que el método B. Como consecuencia, ha sido costumbre evaluar o especificar valores de resistencia a la compresión según el método A, según se menciona en la norma MTC E 1103.

2.9 Ensayo de Humedecimiento y Secado. (ASTM D 559).

Este ensayo permite calcular de manera cuantitativa las pérdidas del suelo-cemento debido a los cambios de humedad y volumen (expansión y contracción) producidos por el hundimiento y secado repetido en los especímenes endurecidos de suelo-cemento. Estos especímenes son compactados en un molde, antes de la hidratación del cemento, hasta un peso unitario máximo con el contenido óptimo de humedad, empleando los procedimientos de compactación descritos en el ensayo para la determinación de las relaciones humedad - peso unitario de mezclas de suelo-cemento.

Se citan dos métodos A y B, su elección depende de la granulometría del material, la preparación del espécimen así como el tipo de desgaste a que será sometido el espécimen de manera cíclica (variación de la temperatura, aplicación

de una fuerza abrasiva) y la manera de realizar los cálculos se ciñe a lo señalado en MTC E 1104 - 2000 tomando como referencia la norma ASTM D 559.

La pérdida de la mezcla de suelo cemento al ser sometida a este ensayo, no debe superar los límites propuestos que se indica en la tabla 2-8, según lo especifica la normativa peruana EG-2000.

Tabla 2-8: Parámetros de durabilidad con respecto al tipo de suelo

Suelos por Estabilizar	Perdida Máxima (%)
A-1, A-2-4, A-2-5, A-3	14
A-2-6, A-2-7, A-4, A-5	10
A-6, A-7	7

Referencia de la Obra.

1.0 Materiales de cantera y plataforma existente.

Se analizó la calidad de los materiales de cantera y plataforma existente del sector Iberia (km 652+000) a Iñapari (km 709+825), para ello se realizaron los ensayos físicos-mecánicos en laboratorio.

Tabla 2-9: Normas de los ensayos de laboratorio

Ensayos de laboratorio	Normas		
	MTC	ASTM	AASHTO
Cantera y Plataforma			
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 117	ASTM D 422	AASHTO T 88
Determinación del Límite Líquido	MTC E 110	ASTM D 4318	AASHTO T 89
Determinación del Límite Plástico	MTC E 111	ASTM D 4318	AASHTO T 90
Determinación del Índice de Plasticidad	MTC E 111	ASTM D 4318	AASHTO T 90
Próctor Estándar	MTC E 116	ASTM D 698	
Próctor Modificado	MTC E 115	ASTM D 1557	
Índice de CBR (%)	MTC E 132	ASTM D 1883	AASHTO T 193
Suelo - cemento			
Resistencia a la compresión de suelo cemento	MTC E 1103	ASTM D 1633	

Humedecimiento y secado (durabilidad)	MTC E 1104	ASTM D 559	
---------------------------------------	------------	------------	--

Las canteras utilizadas para el sector Iberia-Iñapari, para la conformación de terraplenes, sub base estabilizada suelo cal y base estabilizada suelo cemento son las siguientes:

Tabla 2-10: Canteras importantes del proyecto

Canteras	Saboya	NC-47	NC-50
Ubicación (km)	651+900	699+100	707+220
Lado	lqz.	lqz.	lqz.
Acceso	1.5 km	50 m	50 m
Volumen (m ³)	723,000	200,000	60,000
Usos	Base, sub base y rellenos	Base, sub base y rellenos	Base
Rendimiento (%)	90	95	95
Frente de abastecimiento	km 650+000 al km 680+000	km 680+000 al km 700+000	km 700+000 al km 709+825

Se realizaron prospecciones geotécnicas (calicatas) en el área de explotación de las canteras para determinar las características físicas del material de cada cantera.

Tabla 2-11: Características físicas de la cantera Saboya

ESTADISTICO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION	
	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS
Numero de Ensayos	150	150	150	150	150	150	148	148
Promedio	99.9	99.5	86.1	24.0	25.4	7.3	A-2-4 (0)	SC-SM
Desviación Estándar	0.32	0.48	6.14	4.93	1.6	1.1		
Varianza	0.10	0.23	37.74	24.34	2.6	1.2		
Coef. de Variación	0.32	0.48	7.14	20.58	6.3	14.8		
Mínimo	97.7	97.0	66.4	12.2	21.9	4.6		
Máximo	100.0	100.0	99.6	35.5	29.5	11.49		

Tabla 2-12: Características físicas de la cantera NC-47

ESTADISTICO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION	
	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS
Numero de Ensayos	18	18	18	18	18	18	18	18
Promedio	99.9	99.7	96.4	30.8	25.0	7.7	A-2-4 (0)	SC-SM
Desviación Estándar	0.12	0.23	4.19	3.69	1.3	1.0		
Varianza	0.01	0.05	17.58	13.61	1.7	1.1		
Coef. de Variación	0.12	0.23	4.35	11.97	5.17	13.53		
Mínimo	99.7	99.3	81.7	19.5	22.7	5.3		
Máximo	100	100	99.7	34.7	29.6	9.7		

Tabla 2-13 Características físicas de la cantera NC-50

ESTADISTICO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION	
	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS
Numero de Ensayos	10	10	10	10	10	10	10	10
Promedio	100.0	99.6	91.0	30.3	24.5	6.3	A-2-4 (0)	SM
Desviación Estándar	0.00	0.29	2.67	5.17	2.0	0.5		
Varianza	0.00	0.08	7.14	26.77	4.0	0.2		
Coef. de Variación	0.00	0.29	2.93	17.05	8.16	7.45		
Mínimo	100	98.9	84.8	22.8	21.3	5.7		
Máximo	100	99.8	94.3	37.8	27.4	7.0		

De las tablas 2-11, 2-12 y 2-13, el porcentaje pasante la malla N° 200, esta oscilando entre 24.0 y 30.8% con un coeficiente de variación de 11.9 y 20.6% estos valores reflejan un obstáculos en la producción del material, para enmendar esta situación se debe de realizar un control de calidad más exigente, separando la explotación del material por estrato homogéneo.

Los valores de límite líquido (LL) están comprendido entre 24.5 y 25.4% con un índice de plasticidad (IP) entre 6.3 a 7.7%, de estos valores de granulometrías y plasticidad se evidencia una característica de suelos finos con presencia de arcillas y limos; estos tipos de suelos clasifican según la AASHTO en A-2-4 y según la SUCS en SC y SM.

Para determinar la constitución mineralógica de los materiales de cantera (tabla 2-14), se realizó mediante el ensayo de difracción rayos X, para obtener la presencia mayoritaria de minerales en la muestra de suelos, del cuadro se evidencia que el 95% del material son silicosos (cuarzo).

Tabla 2-14: Distribución mineralógica de los suelos

MINERAL	INCIDENCIA PORCENTUAL	
	Cantera Saboya	Cantera NC-47
Cuarzo (SiO ₂) (%)	94.63	95.14
Ortoclasa (K,Ba,Na)(Si,Al) ₄ O ₈ (%)	3.79	2.48
Moscovita K(Al,V) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₁₂ (%)	0.99	1.65
Clorita (Mg,Al) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈ (%)	0.31	0.52
Hematita Fe ₂ O ₃ (%)	0.28	0.21

Para el análisis de los materiales de la plataforma existente, se realizaron calicatas cada 200 m de manera alternada con una profundidad de 1.50 m, se

evaluaron estos materiales por estrato, debido a que en los primeros 0.30 m de espesor aproximados en la plataforma existente el material se encuentra consolidado debido a la carga del tráfico y en los estratos inferiores los materiales califican como inadecuados para la conformación del pavimento.

Tabla 2-15: Material de la plataforma existente del estrato 0.00 m - 0.30 m

ESTADISTICO	Hum. Nat. (%)	Límites de Consistencia			% PASA TAMIZ				CLASIFICACION		Proctor		C.B.R. (%)			EXPANSIÓN (%)	
		LL	LP	IP	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	AASHTO	SUCS	MDS	OCH (%)	95	100	56	25	12
N	54.0	53.0	53.0	53.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
SUMA	745.0	1789.8	1156.6	633.2	4042.2	3530.2	3250.6	2169.0			108.6	700.6	1207.0	2019.9	41.9	58.1	73.7
PROMEDIO	13.8	33.8	21.8	11.9	74.9	65.4	60.2	40.2	A-2-6 / A-6	SC / SM	2.010	13.0	22.4	37.4	0.8	1.1	1.4
MIN	5.9	22.9	14.4	5.7	48.5	35.0	30.4	25.8			1.876	9.7	2.3	3.3	0.0	0.2	0.1
MAX	25.0	46.0	30.2	23.6	100.0	99.9	86.7	60.5			2.148	16.5	48.3	94.3	3.7	4.8	5.3
DESVIACION ESTANDAR	5.4	5.4	3.6	4.3	11.7	13.3	12.2	8.8			0.1	1.7	10.9	19.2	0.8	0.9	1.1
VARIANZA	29.4	29.0	13.0	18.9	137.0	176.9	148.4	77.8			0.0	3.0	119.6	368.5	0.6	0.9	1.1
COEF DE VARIACION	39.3	15.9	16.5	36.4	15.6	20.3	20.2	22.0			3.5	13.3	48.9	51.3	101.6	87.9	78.5

Tabla 2-16: Material de la plataforma existente del estrato 0.30 m - 1.50 m

ESTADISTICO	Hum. Nat. (%)	Límites de Consistencia			% PASA TAMIZ				CLASIFICACION		Proctor		C.B.R. (%)			EXPANSIÓN (%)	
		LL	LP	IP	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	AASHTO	SUCS	MDS	OCH (%)	95	100	56	25	12
N	285.0	281.0	279.0	279.0	280.0	284.0	284.0	285.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0
SUMA	5176.7	12067.5	6704.8	5336.1	27642.1	27746.6	27077.8	20586.7			524.8	4216.5	1212.4	1872.0	1183.7	1371.8	1554.0
PROMEDIO	18.2	42.9	24.0	19.1	98.7	97.7	85.3	72.2	A-6 / A-7	CL / CH / OL	1.848	14.8	4.3	6.6	4.2	4.8	5.5
MIN	4.6	19.4	13.8	5.1	80.6	66.7	45.7	12.5			1.651	10.0	0.2	0.3	0.0	0.1	0.4
MAX	49.4	73.4	38.1	42.8	100.0	100.0	100.0	98.8			2.007	21.4	37.8	70.0	9.9	9.9	12.7
DESVIACION ESTANDAR	4.9	9.7	4.9	7.7	2.4	4.1	6.6	18.7			0.1	2.2	4.2	7.2	2.3	2.4	2.5
VARIANZA	23.9	94.6	24.0	58.9	6.0	16.5	43.7	351.2			0.0	4.9	17.3	52.3	5.5	5.6	6.2
COEF DE VARIACION	26.9	22.6	20.4	40.1	2.5	4.2	6.9	25.9			3.8	14.9	97.5	109.7	56.2	48.8	45.5

En el estrato superior de 0.00 - 0.30 m de la plataforma existente, presenta una coloración rojiza de arcilla consolidada (material laterítico), este tipo de suelo clasifica según la AASHTO en A-2-6, A-6 y un SC, SM según la SUCS, con un CBR de 22.4% al 95% de la MDS, este material en estación seca tiene un buen comportamiento permitiendo una buena transitabilidad.

En el estrato inferior de 0.30 - 1.50 m, la mayoría del material es inadecuado con presencia parcial de materia orgánica, del tipo A-6, A-7-6 según la clasificación AASHTO y de tipo CL, CH, OL según la SUCS, con un CBR de 4.3% al 95% de la MDS, presentando un porcentaje de expansión de 4.2% donde se evidencia una inestabilidad volumétrica, son suelos altamente contraíbles, con estas características estos suelos carecen de un aporte estructural adecuado para una subrasante.



Foto 01. Se observa la laterita como material gravoso resultado de una consolidación de las arcillas con una coloración rojiza.

Los materiales inadecuados en su mayoría se encuentran en los estratos inferiores de la plataforma existente, debido a la presencia de materia orgánica, estado de consistencia plástico a semi-líquido o baja capacidad de soporte de la subrasante; se realizaron mejoramientos sectorizados dependiendo de la evaluación de campo, el cual se reemplaza con material de cantera para poder alcanzar el CBR de diseño de la subrasante y a partir de esta correcta fundación poder construir el paquete del pavimento.



Foto 02. Zona de mejoramiento, el material presenta un estado de consistencia semi-líquido.



Foto 03. Extracción del material inadecuado a 1.50 m por debajo de la plataforma existente, material tipo CL, A-6 (8).

Una de las características a considerar en los materiales arcillosos, estos ofrecen alta resistencia cuando las condiciones de ensayo son secas o a altas temperaturas, pero al contacto con la humedad esta pierde resistencia abruptamente además de ello las arcillas tienen la tendencia de variar la estabilidad volumétrica al incremento o decremento de la humedad.

En el diseño del pavimento, se consideró el CBR de diseño de la subrasante sectorizando el sector km 652+000 al km 709+825.

Tabla 2-17: Espesores del mejoramiento por sector de diseño

km Inicial	km Final	CBR de diseño(%)	Mejoramiento total (cm)	Mejoramiento Trat. suelo local (cm)	Mejoramiento Subrasante (cm)
650+000	653+700	4	51.0	21.0	30.0
653+700	660+720	3	65.0	35.0	30.0
660+720	661+740	6	35.0	5.0	30.0
661+740	663+990	4	51.0	21.0	30.0
663+990	670+000	3	65.0	47.5	17.5
670+000	672+650	4	51.0	33.5	17.5
672+650	679+910	3	65.0	47.5	17.5
679+910	693+500	4	51.0	33.5	17.5
693+500	696+350	7	28.0	10.5	17.5
696+350	702+830	4	51.0	33.5	17.5
702+830	710+000	5	42.0	24.5	17.5

En la zona de la selva amazónica, es peligroso el avance de obra, una vez abierto el pavimento si ocurrieran lluvias intensas, sería difícil obtener una nueva estabilización en un tiempo prudente. Por esta razón se plantea tres soluciones:

a) Reemplazo del material existente en la carretera.

El reemplazo del material es la solución más difícil y costosa por que se requiere un gran volumen de material nuevo de cantera y lo más crítico, requiere aún más áreas de botaderos para la disposición del material de mala calidad encontrados en la carretera.

b) Elevación de la rasante.

Esta alternativa exige un gran volumen de material nuevo de cantera. Como los espesores de mejoramientos llegan a los 65 cm en los casos CBR = 3%, la cantidad de material a transportar sería muy grande. Además de esto, no existe buena calidad en cantidad suficiente cerca de la carretera requiriéndose el transporte de material de mejor calidad de largas distancias.

c) Solución mixta de elevación de la rasante y estabilización del suelo local.

Esta es la solución más adecuada, que consiste en la elevación de la rasante hasta el nivel adecuado complementándose los espesores de mejoramientos con la estabilización del suelo local con arena u otro agente hidráulico en diferentes

espesores. En el presente caso la estabilización del suelo local se hará en un porcentaje promedio de 30%.

2.0 Suelo estabilizado con cemento

El suelo cemento desde el inicio del proyecto fue objeto de observación por el trato neófito en las estabilizaciones de suelos en el Perú, mayor experiencia se tiene con los suelos granulares debido a las construcciones de carreteras en las zonas de costa y sierra.

Con el objetivo de minimizar la probable excesiva rigidez de la capa estabilizada (suelo cemento) y consecuente con ello evitar la reflexión de fisuras en la superficie, se procedió a realizar tanteos de variación en la energía de compactación. La bibliografía especializada señala referente a los suelos finos, el ensayo de próctor estándar corresponde a este tipo de suelos para determinar la máxima densidad de laboratorio debido al problema de la fisuración que es innato para este tipo de suelos a causa de la inestabilidad volumétrica.

Se propuso un nuevo parámetro de control de la energía de compactación para el control de densidades de campo, que se denominó: "Próctor Intermedio", que contiene una energía de compactación intermedia a los ensayos próctor normalizado.

Tabla 2-18: Ensayos de compactación Próctor

Ensayo	Pisón.	Nº capas	Nº golpes	Energía	Norma
Próctor Estándar	5.5 Lb.	3 capas	25 golpes/capa	12,400 Lb-pie/pie ³	ASTM D 698
<i>Próctor Intermedio</i>	<i>10.0 Lb.</i>	<i>3 capas</i>	<i>25 golpes/capa</i>	<i>33,800 Lb-pie/pie³</i>	-
Próctor Modificado	10.0 Lb.	5 capas	25 golpes/capa	56,000 Lb-pie/pie ³	ASTM D 1557

Tabla 2-19: Variaciones del OCH y MDS con distinta energía de compactación

CANTERA KM	% CEMENTO	ENSAYO DE COMPACTACION					
		PROCTOR STANDARD		PROCTOR INTERMEDIO		PROCTOR MODIFICADO	
		MDS	OCH	MDS	OCH	MDS	OCH
Saboya	Natural	1.872	14.50	1.923	13.80	2.008	11.10
Saboya	4.0 %	1.869	14.80	1.918	14.10	1.999	11.50
Saboya	5.0 %	1.845	15.30	1.905	14.40	1.967	12.00
Saboya	6.0 %	1.822	15.60	1.896	14.80	1.972	12.50

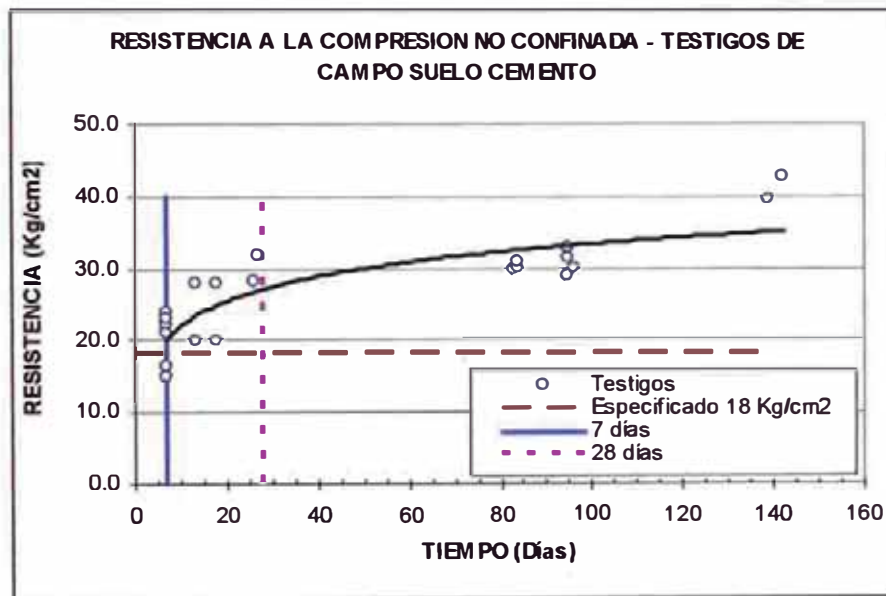
De la tabla 2-19, se utilizó material de la cantera Saboya con variaciones de la tasa de cemento, donde se aprecia que el ensayo próctor modificado obtiene una mayor densidad que el próctor estándar, lo que evidencia que a una mayor energía de compactación la relación de vacíos en el espécimen disminuye; de lo expuesto se redujo la energía descendiendo de próctor modificado a próctor intermedio que representa el 95% (1.923/2.008) de la máxima densidad seca del Próctor modificado. Este valor se tomó en consideración de manera que se disminuye la energía de compactación para el control de densidades de las capas estabilizada con cemento.

Referido a la resistencia a la compresión del suelo cemento, estos se incrementan de acuerdo al tipo de material, una mayor tasa de cemento o al adquirir una mayor edad, para ello en pista se extrajo testigos mediante el método diamantino, que estos ensayados en laboratorio arrojando valores variables desde 15.0 kg/cm² a 42.6 kg/cm², ver tabla 2-20.

Tabla 2-20: Variación de la resistencia con respecto al tiempo

N° de Registro	Fecha Produc.	PROGRESIVA		Lado	% Cemento	Edad en Pista	Fecha Rotura	Diamantina km	Resist. Media Kg./cm ²
		INICIO	FINAL						
SCT-01-07-056	05-01-07	682+700	683+380	Der.	3.5	7	12-01-07	682+950	16.3
SCT-01-07-057	11-01-07	683+380	684+020	Der.	3.5	7	18-01-07	683+920	22.0
SCT-01-07-058	12-01-07	684+020	684+480	Der.	3.5	7	19-01-07	684+260	15.0
SCT-01-07-051	04-01-07	683+470	683+730	lzq.	3.5	7	11-01-07	683+520	21.0
SCT-01-07-052	05-01-07	684+110	684+515	lzq.	3.5	7	12-01-07	684+420	23.9
SCT-01-07-053	12-01-07	686+100	686+255	lzq.	3.5	7	19-01-07	686+200	23.0
SCT-11-06-045	28-11-06	649+530	650+600	lzq.	4.0	13	11-12-06	650+450	19.7
SCT-11-06-045	28-11-06	649+530	650+600	lzq.	4.0	13	11-12-06	649+600	27.9
SCT-11-06-043	25-11-06	679+010	679+571	lzq.	4.0	18	13-12-06	679+160	19.9
SCT-11-06-043	25-11-06	679+010	679+571	lzq.	4.0	18	13-12-06	679+340	27.9
SCT-11-06-041	15-11-06	673+740	674+300	Der.	4.0	26	11-12-06	674+250	28.3
SCT-11-06-040	14-11-06	674+300	675+165	Der.	4.0	27	11-12-06	674+750	31.5

N° de Registro	Fecha Produc.	PROGRESIVA		Lado	% Cemento	Edad en Pista	Fecha Rotura	Diamantina km	Resist. Media Kg./cm ²
		INICIO	FINAL						
SCT-09-06-016	19-09-06	661+940	662+349	Izq.	4.7	83	11-12-06	661+950	29.7
SCT-09-06-014	18-09-06	661+600	661+770	Izq.	4.7	84	11-12-06	661+650	29.8
SCT-09-06-014	18-09-06	661+600	661+770	Izq.	4.7	84	11-12-06	661+750	30.7
SCT-09-06-013	07-09-06	661+000	661+760	Der.	5.0	95	11-12-06	661+050	28.8
SCT-09-06-013	07-09-06	661+000	661+760	Der.	5.0	95	11-12-06	661+250	32.8
SCT-09-06-014	07-09-06	661+760	661+920	Der.	5.0	95	11-12-06	661+850	31.4
SCT-09-06-013	06-09-06	660+950	661+290	Izq.	5.0	96	11-12-06	661+150	30.0
SCT-07-06-009	25-07-06	655+470	656+690	Der.	5.0	139	11-12-06	656+650	39.4
SCT-07-06-010	22-07-06	656+940	657+530	Izq.	5.0	142	11-12-06	656+950	42.6



La gráfica de la resistencia a la compresión simple no confinada vs. edad del suelo cemento esto llega a tener una tendencia asintótica, de manera que al pasar los 28 días de edad de producción sigue la resistencia a la compresión en crecimiento, esto es debido a un alto porcentaje de cuarzo (sílice) que existe en el suelo lo que estaría aumentando la reacción calcio con el sílice y la alúmina de manera que se estaría produciendo una mayor puzolinización.

Uno de los factores que intervienen en la resistencia del suelo cemento es el tipo del material, con un tipo de suelo granular o arenoso se obtendrá mayor resistencia que un suelo de característica fina si estos son analizados a una misma tasa de cemento, este criterio es considerado a partir de la capacidad de soporte del material natural, para nuestro caso se analizó con un tipo de suelo A-1-a (0) y un A-2-4 (0) según la clasificación AASHTO, de la Fig. 2-9 se evidencia

que a mayor tasa de cemento la diferencia de resistencia entre estos dos tipos de suelos se incrementa; a una tasa de 10% de cemento se alcanza una diferencia aproximada de 62 kg/cm².

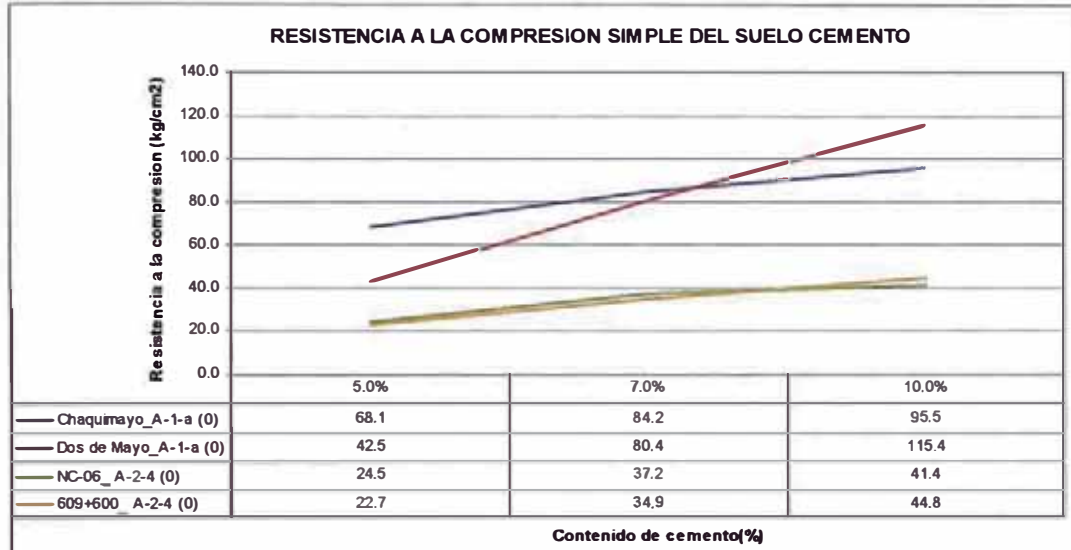


Fig. 2-9: Resistencia de la mezcla de suelo cemento con material A-1-a (0) y A-2-4 (0).



Foto 04. Moldeo de los especímenes de suelo-cemento en campo sobre una superficie compacta.



Foto 05. Especímenes de suelo-cemento que serán curado a los 7 días en cámara húmeda para su posterior rotura a la compresión simple.



Foto 06. Resistencia a la compresión simple no confinada del espécimen (Método A).



Foto 07. Especímenes de suelo cemento capeado para las rotura a la compresión simple.

Se realizaron los ensayos de humedecimiento y secado (durabilidad) en las mezclas de suelo cemento, para ello se fabricaron especímenes de suelo cemento con la energía de próctor modificado. Se realizaron ensayos en las canteras Saboya, NC-47 y NC-50 para el diseño de suelo cemento, uno de los inconvenientes en realizar este ensayo es que demanda tiempo debido a los 12 ciclos que es sometido a prueba la probeta (aproximadamente un mes) para poder conocer el porcentaje de pérdida respecto al suelo. De los ensayos se tiene los siguientes valores de durabilidad.

Tomaremos como ejemplo la cantera Saboya, con los siguientes datos de laboratorio.

Tasa de cemento: 3.5% en peso.

Peso seco del espécimen: 1865 gr.

Tipo de suelo: A-2-4 (0)

Humedad retenida en el espécimen al final de los 12 ciclos: 2.5%.

Calculo de ensayo de humedecimiento y secado (Durabilidad)

% Perdida de suelo cemento = $(1865 - 1602 / (1 + 2.5/100)) / 1865 \times 100 = 16.2\%$;
igualmente se procede para el cálculo con distintas tasas de cemento

Tabla 2-21: Cálculo del ensayo de durabilidad en los 12 ciclos

FECHA DE CICLO	Nº CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
21-Nov	1er ciclo	09:00	1883	1852	10:00	15:00	3.1
23-Nov	2do ciclo	09:00	1814	1803	10:00	15:00	5.7
25-Nov	3er ciclo	09:00	1798	1782	10:00	15:00	6.8
27-Nov	4to ciclo	09:00	1781	1773	10:00	15:00	7.3
29-Nov	5to ciclo	09:00	1767	1749	10:00	15:00	8.5
01-Di c	6to ciclo	09:00	1731	1702	10:00	15:00	11.0
03-Di c	7mo ciclo	09:00	1684	1671	10:00	15:00	12.6
05-Di c	8vo ciclo	09:00	1667	1658	10:00	15:00	13.3
07-Di c	9no ciclo	09:00	1655	1647	10:00	15:00	13.8
09-Di c	10mo ciclo	09:00	1643	1629	10:00	15:00	14.8
11-Di c	11mo ciclo	09:00	1626	1617	10:00	15:00	15.4
13-Di c	12mo ciclo	09:00	1614	1602	10:00	15:00	16.2

Tabla 2-22: Ensayos de durabilidad en la mezcla de suelo cemento

% CEM.	DURABILIDAD (%) MTC E-1004			ESPECIFICACION A-2-4	OBSERVACION		
	SABOYA	NC-47	NC-50		SABOYA	NC-47	NC-50
3.0	-	-	17.5	Máx. 14%			No cumple
3.5	16.2	-	-	Máx. 14%	No cumple		
4.0	12.7	13.8	15.4	Máx. 14%	Cumple	Cumple	No cumple
5.0	10.3	12.6	13.2	Máx. 14%	Cumple	Cumple	Cumple
6.0	8.1	11.3	10.4	Máx. 14%	Cumple	Cumple	Cumple

Tomando como parámetro sólo el ensayo de durabilidad, la tasa de diseño de cemento es de 4% para las canteras Saboya y NC-47 y de 5% para la cantera NC-50, según se indica en la tabla 2-22.



Foto 08. Moldeo de especímenes para el ensayo de humedecimiento y secado.



Foto 09. Especímenes con distintas tasas de cemento luego de los 12 ciclos del ensayo de humedecimiento y secado.

CAPITULO 3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL.

Introducción.

Haciendo una reseña histórica del empleo de la cal parecer ser una de la más antiguas estabilizaciones hay evidencia en la vía Apia, acceso de la antigua Roma. Hasta antes de la revolución industrial en la creación del cemento Pórtland, la cal ha sido uno de los aglomerantes más usados para la fabricación de morteros, revestimientos, esto es lo que ha ofrecido solidez a los edificios antiguos medievales también se utilizó como estuco para decoración de interiores.

En la antigüedad desde la búsqueda de canteras con rocas caliza, ya se conocía todo tipo de cal y su utilizaban todas estas por la causa del transporte ya que para cada tipo de cal los constructores se acomodaban para darle un uso adecuado y se amoldaban para obtener las características que necesitaban para la realización exitosa del trabajo. Lo que se puede concluir es que la cal ya convivía desde todos los tiempos con la población.

En la actualidad está ha sido más estudiada con varios fines constructivos de manera que este aglomerante otorga beneficios a los suelos inadecuados así pudiendo solucionar varios problemas en obra. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos. Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimento.

3.1 Objetivo de la estabilización con cal.

Ha venido a ser en muchos países una técnica preferida de estabilización de subrasante, sub-base y base, debido a que permite el uso de suelos inadecuados mejorándolos por el añadido de una pequeña cantidad de cal hidratada, evitando así su eliminación y el reemplazo por el material de préstamo de manera que se ahorra el costo de transporte de dicho material y en los costos

de derecho de cantera y acondicionamiento de cantera y botaderos que son partidas que influyen económicamente en el presupuesto de la obra, utilizados como solución alternativa del problema.

La reacción química suelo-cal produce alteraciones favorables que se reflejan en la mejoría de las características físicas y mecánicas de los suelos, hay que tener presente que la cal no reacciona de manera similar con los todos los suelos por que se recomienda que suelo natural antes de la estabilización con cal debe tener las siguientes características:

Tabla 3-1: Requerimiento del suelo natural ante la estabilización suelo-cal

Características del suelo natural	Parámetros
% tamiz N° 200	Mayor a 25%
IP	Mayor a 15%
Contenido de materia orgánica	Menor a 2%
Contenido de Ion SO ₄	Menor a 0.3%

Estos parámetros mencionados encierran más al grupo de los suelo arcillosos depende también de la composición mineralógica del suelo la cual determinará la afinidad con la dosis de cal que se aplique, en general la cal ofrece sus mejores bondades cuando se aplica a los suelos arcillosos.

Asimismo puede usarse la cal en combinación con otros estabilizantes dando lugar a sistemas mixtos de estabilización. Por ejemplo en la estabilización bituminosa la cal influye en corregir las características plásticas de los suelos cohesivos con lo cual se mejora la acción posterior del betún. La incorporación previa de cal puede ser ventajosa en el tratamiento de suelos arcillosos con cemento. La cal reduce la plasticidad, facilita la posterior pulverización del suelo y por consiguiente el mezclado con el cemento Pórtland, así como reduce las cantidades de este material. Al referirnos a una modificación de suelo con cal, existen dos casos la mejora y la estabilización de suelo cal.

a) Mejora de suelos. La mejora de suelos con cal persigue sólo el aprovechamiento de las modificaciones y efectos de la cal que produce sobre el suelo de manera inmediata, en el diseño y control de la mejora de suelos con cal es suficiente la realización de ensayos básicos de laboratorio. Los tratamientos

de mejora de los suelos pueden realizarse con pequeños porcentajes de cal añadidos al mismo, sin que sea normalmente necesario el empleo de las altas proporciones. Valores de 1% a 3% de cal añadido sobre el suelo.

b) Estabilización de suelos. Por diferenciar con la mejora, la estabilización de suelos con cal es un proceso que persigue la alteración de comportamiento mecánico del material para conseguir una resistencia estructural que se produce a largo plazo, además depende de la condiciones de curado para asegurar la reacción total (reacción puzolánica). Para los tratamientos de estabilización de suelos con cal la adición suelen ser superiores al 3% llegando incluso a valores de 8% y 10%.

3.2 Características de la cal.

3.2.1 Influencia química entre el suelo - cal.

Como se indicó anteriormente la influencia de cal modifica las características del suelo como puede ser en el índice de plasticidad, disminución de la densidad, aumento de la capacidad de soporte y mejoría al esfuerzo de corte, las alteraciones mencionadas es debido a las reacciones químicas básicas entre el suelo y cal.

a) Secado: La primera es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de arcilla. La utilización con cal hidratada producirá las reacciones iniciales, posteriormente reaccionará con los minerales de arcilla las acciones consecuentes también producirán un secado adicional pero esto será una reacción lenta, mejorando la capacidad de soporte, el secado sólo ocurre por los cambios químicos del suelo que reducen su capacidad para poder retener el agua y aumenta su estabilidad.

b) Modificación: En esta etapa los iones de H^+ y de calcio (Ca^{++}) de la cal hidratada emigran a la superficie de las partículas arcillosas y desplazan el agua y otros iones, la textura se hace más friable y granular a esto se le denomina floculación y físicamente se aprecia al disminuir el índice de plasticidad del suelo.

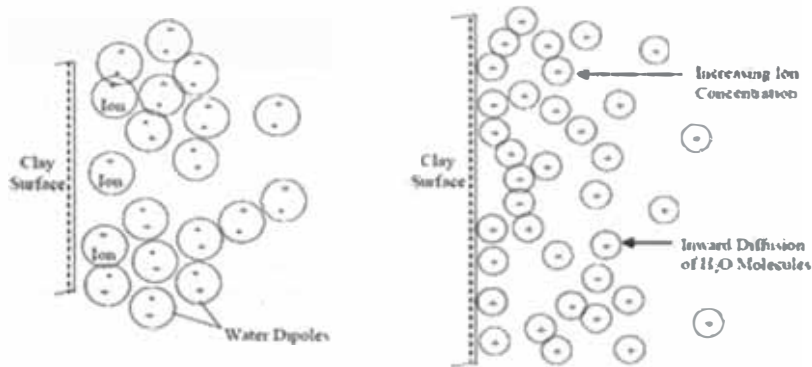


Fig.3-1: Concentración de iones de Ca^{++} e H^+ en la superficie arcillosa

c) Estabilización: El tercer proceso es a través del cual la cal y el agua afecta al suelo, aumentando rápidamente el $PH > 10.5$. Los dos principales componentes que reaccionan con la cal son la alúmina y la sílice estas dos se liberan para formar los hidratos de calcio-silicato (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH), estos contribuyen a la resistencia del suelo estabilizado con cal. Esta reacción es prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia si la mezcla de suelo-cal son curada durante determinado lapso de tiempo. Este hecho es conocido como "reacción puzolánica".

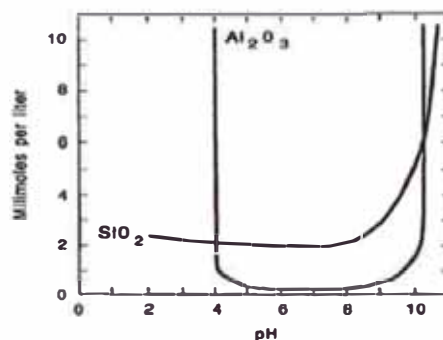


Fig.3-2: Solubilidad del sílice y la alúmina

3.2.2 Obtención de la cal.

La cal es un producto resultante de la descomposición de las rocas calizas por la acción del calor. Estas rocas calentadas a más de $900^{\circ} C$ producen o se obtienen el óxido de calcio, conocido con el nombre de cal viva, producto sólido de color blanco y peso específico de 3.4 kg/dm^3 . Esta cal viva puesta en

contacto con el agua se hidrata (apagado de la cal) con desprendimiento de calor.



Es decir el carbonato de calcio se descompone en óxido de calcio y anhídrido carbónico, que se elimina con los productos gaseosos de la combustión.

Cal Viva

El óxido de calcio llamado cal viva, es inestable por tener gran avidez con el agua de manera que reacciona químicamente de la siguiente manera



Produciendo de esta manera el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 o cal apagada, con desprendimiento de calor. En este caso hay un proceso de pulverización con aumento considerable de volumen la avidez por el agua es tanto que absorbe vapor de agua de la atmósfera y de la sustancia orgánica produciendo efectos cáusticos. Esta circunstancia hace peligroso el manejo de la cal viva por las consecuencias que puede causar a los obreros pudiendo ser quemaduras, no debe manipularse con los dedos, sino se adoptan las medidas necesarias, esta característica lo hace ventajosa para el manejo de suelos arcillosos con alta humedad.

Cal Hidratada

La cal hidratada es hidróxido de calcio, pero la cal viva no es apagada a pie de obra, sino en condiciones cuidadosamente controladas. El óxido de calcio debe recibir una cantidad estrictamente necesaria de agua, obteniéndose un hidróxido como polvo seco, que se muele finamente. Permite transportarlo de manera sencilla, almacenarlos en pilas y su aplicación en campo es inmediata.

El hidróxido de calcio es cuerpo sólido, blanco, amorfo, pulverulento soluble parcialmente en el agua, presenta color blanco (agua de cal o lechada) y en

mayor proporción forma una pasta fluida, untuosa al tacto que se llama cal apagada en pasta.

3.3 Variaciones en las propiedades del suelo.

- a) Reducción de la humedad natural de suelo: Este efecto se produce cuando la cal (CaO) toma la humedad necesaria del suelo para poder hidratarse y dado que la reacción química es exotérmica genera calor que facilita la evaporación del exceso de humedad.
- b) Modificación de la granulometría: Como se describió anteriormente la aplicación de la cal en suelos arcillosos causa la floculación y aglomeración de las partículas que se originan por el intercambio iónico en la superficie de las mismas, con esta modificación el material presenta mejor trabajabilidad.
- c) Reducción del Índice de Plasticidad: La aplicación de la cal provoca de manera generalizada un aumento del límite plástico y disminución del límite líquido, como consecuencia de ellos, se identifica la reducción del índice de plasticidad. Este efecto es progresivo, es decir, se incrementa con la cantidad de cal aplicada. A más cal, mayor reducción de la plasticidad. Sin embargo esta reducción no es lineal sino regresiva o asintótica, tendiendo un límite a partir del cual el aumento de cal no origina mejoras sustanciales.
- d) Reducción del potencial de cambios volumétricos: Las reacciones entre la cal y las partículas de arcilla también fijan un nivel de humedad de manera más estable y evitan su reducción o aumento ante aportes externos de humedad. Con ello se reduce el riesgo del aumento o reducción que pueda tener el volumen del suelo.
- e) Modificación de las características de compactación: La aplicación de la cal genera en los suelos arcillosos la modificación de los valores de humedad y densidad. Las fracciones de mayor tamaño (floculación) ante una misma energía de compactación se obtiene una menor densidad máxima, debido al aumento de la permeabilidad (mayor huecos) y como consecuencia de ello aumenta el contenido de humedad.

- f) Incremento del índice de CBR: Con el incremento de la dosis de cal el índice de CBR aumenta pero existe un punto de fijación en el incremento de cal donde la adición de cal ya no afecta la capacidad de soporte esto es variable dependiendo del tipo de suelo. Tal como ya se ha cuantificado en otros efectos, el incremento del C.B.R. es una consecuencia general para todos los suelos.

3.4 Diseño del porcentaje de cal.

El diseño del suelo cal consiste en determinar el óptimo porcentaje de cal, es indudable que desde el punto de vista técnico y económico la cantidad óptima de cal para estabilizar el suelo es el menor porcentaje capaz de modificar las propiedades del suelo, hasta alcanzar los parámetros requeridos del proyecto. Para ello se fabrican especímenes de suelo cal en laboratorio donde la propiedad del suelo que en su mayoría se corrobora es la resistencia cuyo incremento depende mucho de la aplicación del curado.

Tabla 3-2: Métodos de diseño de la mezcla suelo cal

Métodos	Descripción
Eades and Grim. (ASTM D 6276)	Basado en el incremento del PH del suelo cal, donde se debe de alcanzar el valor de 12.4 donde ocurre la máxima reacción (reacción puzolánica). Ver Fig. 3-3.
Thompson	Basado en la resistencia a la compresión no confinada, debe de alcanzar valor mayores a 50 psi con un curado de 28 días a 22° C. Ver Fig. 3-4
Diseño de mezcla – Dpto. de Transporte de Texas	Basado en el IP y material pasante la malla N° 40. Recomienda para subbase >50 psi y para base >100 psi. Ver Fig. 3-5

El mecanismo del diseño que se utilizó en obra, es el método del CBR, basado en alcanzar el valor de CBR mínimo de 40% de la mezcla suelo cal, este valor se define por que la mezcla suelo cal se utilizó como material de sub base estabilizada y el diseño del pavimento exigía este aporte estructural.

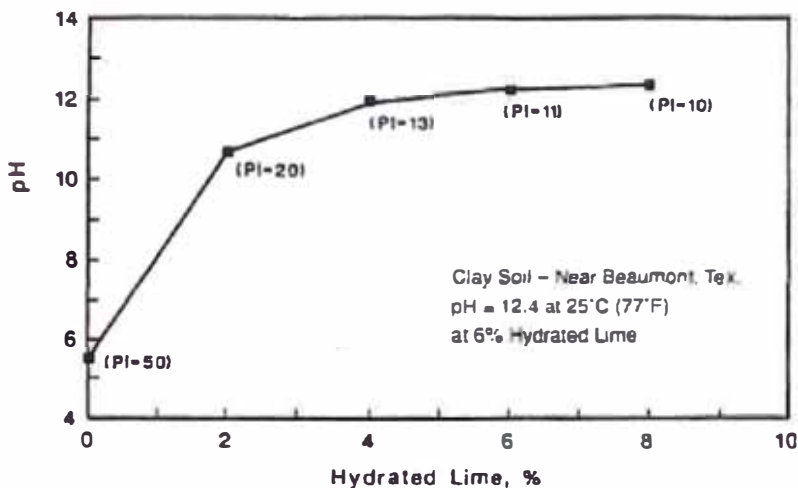
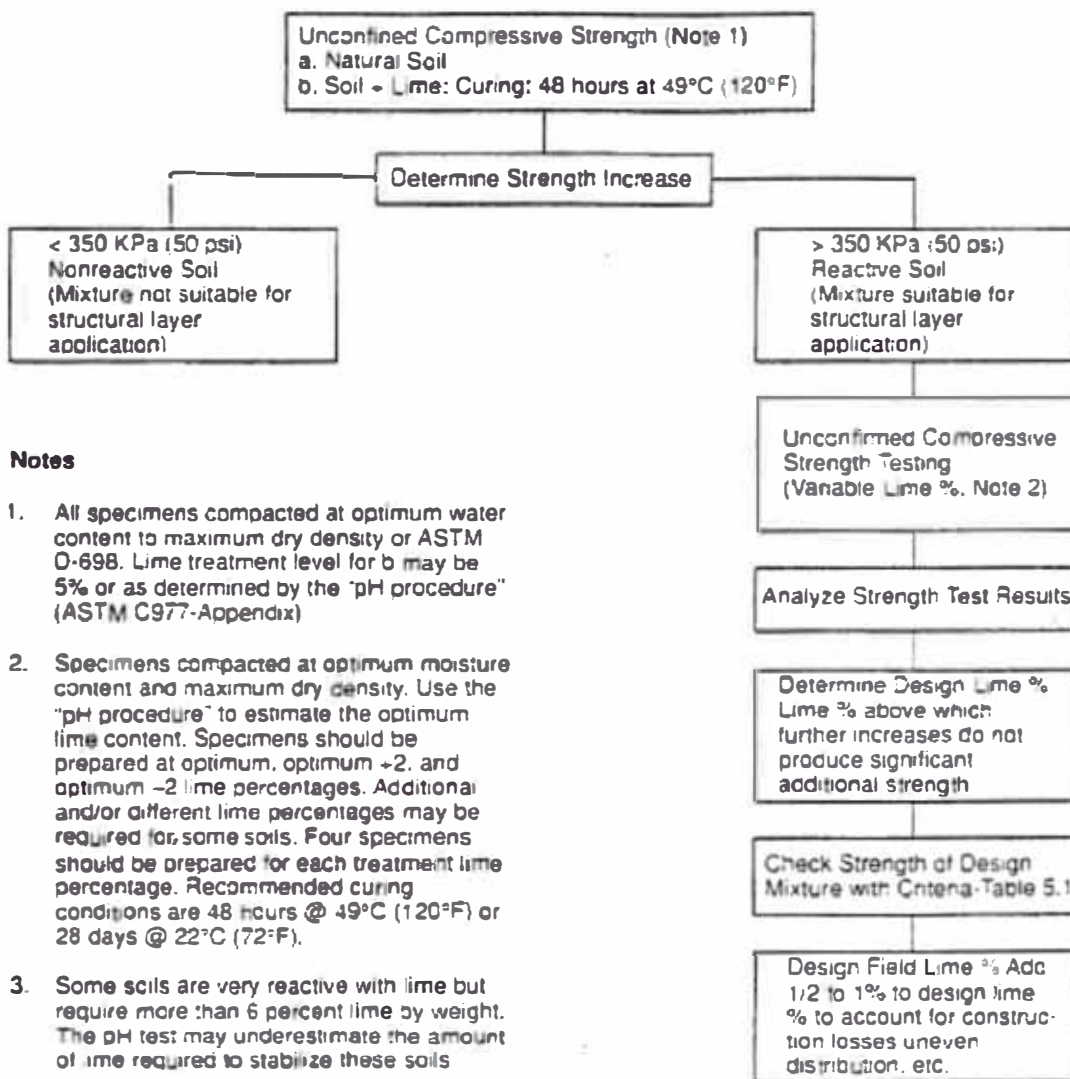


Fig.3-3: Método de Eades and Grim (PH =12.4)



Notes

1. All specimens compacted at optimum water content to maximum dry density or ASTM D-698. Lime treatment level for b may be 5% or as determined by the "pH procedure" (ASTM C977-Appendix)
2. Specimens compacted at optimum moisture content and maximum dry density. Use the "pH procedure" to estimate the optimum lime content. Specimens should be prepared at optimum, optimum +2, and optimum -2 lime percentages. Additional and/or different lime percentages may be required for some soils. Four specimens should be prepared for each treatment lime percentage. Recommended curing conditions are 48 hours @ 49°C (120°F) or 28 days @ 22°C (72°F).
3. Some soils are very reactive with lime but require more than 6 percent lime by weight. The pH test may underestimate the amount of lime required to stabilize these soils

Fig.3-4: Diseño suelo-cal - Thompson.

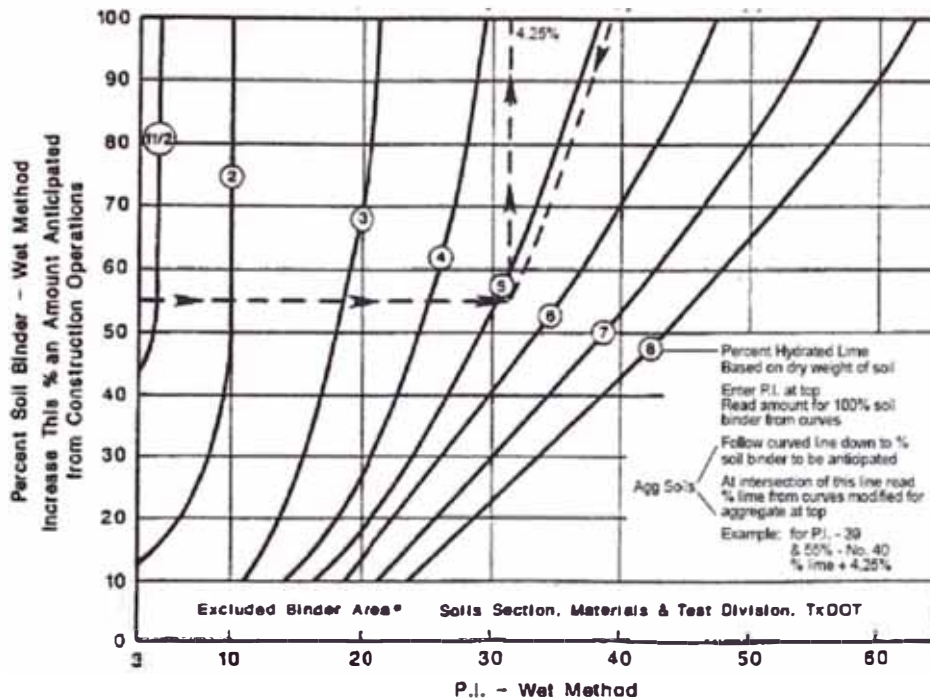


Fig.3-5: Diseño suelo cal – Dpto. de transporte de Texas

Una vez seleccionado el porcentaje de cal adecuado, posterior al diseño, es aconsejable por razones prácticas adicionarle entre 0.5% y 1% para tener en cuenta los desperdicios inevitables por proceso constructivo, para ello se debe de plantear una fórmula de trabajo donde se indique las secuencias constructivas además del curado que debe recibir esta capa estabilizada.

3.5 Procedimiento constructivo en campo.

Antes de la adición de cal se debe escarificar el suelo para eliminar elementos gruesos a esto se denomina pulverizar el suelo, a nivel de todo el espesor que se va a estabilizar.

La verificación de la tasa de cal en cada momento es importante, desde el punto de vista económico como funcional para adaptarse lo mejor posible a las características del suelo y la humedad de campo.

1. Procedimiento de dosificación y extendido de la cal:

Se ejecutará el número de pasadas necesarias con el escarificador de manera que se pulverice el suelo natural donde como mínimo el 60% del suelo debe de pasar la malla N° 4. El extendido de la cal lo realizan por vía seca y vía húmeda:

En la vía seca el extendido de la cal se realiza directamente en polvo sobre el material a tratar. Las diferencias de procedimiento se establecen en función de la tecnología de la entendedora, mencionaremos tres tipos:

- a) No Servodirigido: Es el procedimiento más artesanal. La dosificación es imprecisa ya que obliga a mantener constante la velocidad del equipo.
- b) Servodirigido: La velocidad de avance esta servodirigida por el motor de la entendedora. La cal se almacena en una tolva separada de la cuba de almacenamiento por lo que se reduce el problema de cambios de dosificación e función del grado del llenado de la misma.
- c) Servodirigido con control ponderal: Cuenta con un control ponderal que se realiza por medios de unas balanzas electrónicas situadas bajo la cuba. La precisión es mucho mayor.

La vía húmeda la dosificación de la cal se realiza por medio de lechada, garantiza un mayor control en la dosificación. La puesta en obra se realiza normalmente por medio de una mezcladora de lechada consistente en una cantidad remolcada dotada de un silo de cal y un depósito de agua. La unidad cuenta con una estación motorizada con sistema de alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del conglomerante.

2. Procedimiento de mezclado:

El mezclado consiste en integrar la cal y el suelo de manera homogénea, existe varios equipos de acuerdo a la finura de la mezcla y homogeneidad requerida en obra. Los equipos más usados son:

Gradas de disco: Solamente sirven los equipos más pesados (4 a 8 ton) con radio de gran diámetro. Presentan problemas importante cuando se presenta bolos en la matriz del suelo que provoque que se atasque los discos (para tamaños de 30 a 50 cm).

Pata de cabra: Utilizado más en la compactación de suelos arcillosos. Solamente se emplea como mezclador primario para triturar y mezclar la capa de suelo se utiliza generalmente como tratamiento previo a la pasada de grada de rejas.

Gradas de Rejas: A veces también se utiliza las mismas hojas de la motoniveladora dispuestas en posición vertedera. Pueden alcanzar mayores profundidades de las gradas de los discos (hasta 40 cm)

Rotobadores: Se trata de un conjunto de azadas que giran fijadas a un cigüeñal. De esta manera los útiles de corte penetran en el suelo y proyectan el material arrancado contra una carcasa provista de barras mejorando el grado de pulverización. Su profundidad de acción llega hasta los 35 cm. Las características de mezclado son mucho mejores que las gradas.

Pulvimezcladores: Son equipos autopropulsados, compuesto por un elemento mezclador. El mezclador esta formado por un árbol de eje horizontal provisto de cuchillas. El conjunto gira a una velocidad de 200 rpm. La profundidad de tratamiento se regula variando la posición del eje de giro con respecto a la superficie del suelo. La anchura de corte oscila entre 2.0 a 2.5 m y la profundidad de mezclado entre 30 y 45 cm aproximadamente. Se recomienda en suelos gruesos la utilización de puntas rectas y en suelos blandos es mejor utilizar patillas en L puesto que el mezclado se realiza mejor.

3. Compactación y curado:

La compactación se realiza posteriormente a la nivelación de los materiales tratados o estabilizados con maquinaria específica (motoniveladora o bulldozer).

Para suelos arcillosos mejorados con cal el procedimiento de compactación más utilizado consiste en realizar varias pasadas iniciales con patas de cabra,

consiguiendo aumentar la trituración y el mezclado del suelo posterior a ello se realiza el trabajo de perfilado con la motoniveladora de acuerdo a la nivelación topográfica, a continuación el rodillo liso complementa la compactación sellando la capa superior; en espesor mayores se recomienda utilizar seguidamente rodillo neumático.

El número de pasadas final deberá ajustarse en función de los resultados obtenidos en los tramos de prueba. En este sentido hay que tener en cuenta que, en el caso de tratamiento con cal, cuando las dosificaciones son bajas (suelos modificados) el CBR puede bajar una vez que la energía de compactación supera un determinado valor (debido a la aproximación, al grado de saturación de la mezcla suelo cal). Por otro lado cuando las dosificaciones son altas (caso de suelos estabilizados), el índice de CBR es creciente con la energía de la compactación.

Hay que indicar que en el caso de suelos estabilizados, el periodo mínimo de curado es de 3 días, para asegurar el endurecimiento antes de extender la siguiente capa, pudiendo llegar a 7 días en caso de condiciones desfavorables en caso de humedad ambiental o periodo de lluvias.

4. Verificación en laboratorio y campo:

Los ensayos de CBR para suelos tratados con cal, muestran un aumento de la estabilidad en relación al CBR del suelo natural, por lo que se introduce unas variables en la norma del CBR.

- a) Mezclar el suelo y la cal húmeda hasta el contenido óptimo y moldear la probeta enseguida.
- b) Después del mezclado y humedecido del suelo con cal, dejar la mezcla en reposo por 2 a 4 horas, en cámara húmeda después de lo cual se procede al moldeo de las probetas.
- c) Extender el periodo de reposo previo, a 24 horas procediendo después a moldear las probetas.
- d) Dejar la mezcla suelo-cal humedecida al óptimo, durante 7 días al aire, pulverizar la masa, restablecer el óptimo contenido de agua y compactarlas.

- e) Dejar la mezcla suelo-cal en cámara húmeda durante 7 días, agregar el agua correspondiente al óptimo, compactar y ensayar según norma.
- f) Con las probetas compactadas, según la variable b), dejarla durante un periodo de curado de 7 días luego del moldearlas.

En estos casos el periodo de inmersión es el común de 4 días, y luego se hace la penetración del pistón. Las variables resumidas tratan de reflejar las distintas situaciones que pueden producir en el mezcla del suelo cal en laboratorio y campo.

La verificación de la densidad in situ por métodos convencionales o por aparatos de emisión neutrónica es el método más rápido de comparar las condiciones iniciales previstas. Pero dado que los suelos estabilizado o simplemente modificados con cal ofrece pequeñas variaciones en la capacidad portante conviene además usar otro método de comparación con la mezcla proyectada como son resistencia a la compresión simple o CBR.

La comprobación de la dosificación de la cal en la capa que se va a estabilizar es una de la más importante por lo que es muy conveniente conocer esta configuración lo más rápidamente posible.

Referencia de la Obra (suelo-cal).

La mezcla suelo-cal se aplicó en la construcción de la sub base del pavimento con un espesor de diseño de 20 cm para esta capa, el suelo natural tiene una clasificación según la AASHTO A-2-4 proveniente de las canteras Saboya y NC-47, donde el propósito de la mezcla suelo cal es elevar la capacidad de soporte del suelo natural hasta un valor mínimo especificado de 40% de CBR, con esta capacidad portante y el cumpliendo de requisitos adicionales que exige la EG-2000, esta mezcla puede utilizarse como material de sub base.

1. Calidad de los materiales.

Suelo: Usado de la cantera Saboya y NC-47 del estrato de 2.00 a 3.50 m y 3.80 a 5.00 m de profundidad respectivamente, con clasificación de suelos para

ambas canteras según la AASHTO tipo A-2-4 y un SM según la clasificación SUCS.

Tabla 3-3: Características físicas del suelo natural

ENSAYOS	RESULTADOS CANTERA SABOYA	RESULTADOS CANTERA NC-47	ESPECIF. EG-2000
ESTRATO (m)	2.00 – 3.50 m	3.80 - 5.00 m	
GRANULOMETRIA			
% Pasa Nº 04	100.0	100.0	
% Pasa Nº 10	99.8	99.7	
% Pasa Nº 40	95.2	99.0	
% Pasa Nº 200	22.4	38.6	
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Límite Líquido	23	22	
Indice de plasticidad	5	5	< 18%
CLASIFICACION			
SUCS	SC-SM	SM	
AASHTO	A-2-4(0)	A-2-4(0)	
SUSTANCIAS PERJUDICIALES			
% de Materia Orgánica	1.2	1.0	< 3%

Cal: Se realizó con cal hidratada que cumple las especificaciones técnicas y los requisitos establecidos en las especificaciones AASHTO M-16 O ASTM C-977, según se reporta en los certificados de calidad del proveedor.

Agua: El agua usado es del campamento Iberia ubicado en la progresiva km 651+900 lado izquierdo.

Tabla 3-4: Calidad de la fuente de agua

FUENTES DE AGUA	PARAMETROS EVALUADOS		
	Sulfatos gr/L	PH	M.O. ppm
Pte. Primavera	0.055	7.2	4.1
Pte. Tahuamanu	0.097	7.2	6.2
Campamento Iberia	0.090	6.9	5.0

2. Diseño del porcentaje de cal (Método del CBR).

Conociendo la calidad de los materiales, se procedió al diseño de mezcla suelo cal en el caso particular del proyecto el parámetro del índice de CBR ($CBR \geq 40\%$) es lo que rige el porcentaje óptimo de cal a utilizar.

CANTERA SABOYA (km 651+900 LI)

Tabla 3-5: Características físicas mecánicas de la mezcla suelo cal-Saboya

% CAL	GRANULOMETRIA					LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR (%)
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			
0.0	100.0	100.0	99.8	95.2	22.4	23	5	A-2-4(0)	SC-SM			
2.0	100.0	100.0	99.7	92.5	24.4	23	4	A-2-4(0)	SM	1.960	12.5	51.0
3.0	100.0	100.0	99.8	91.2	25.4	23	3	A-2-4(0)	SM	1.964	13.6	62.3
4.0	100.0	100.0	99.8	92.1	26.4	24	2	A-2-4(0)	SM	1.956	14.6	78.5

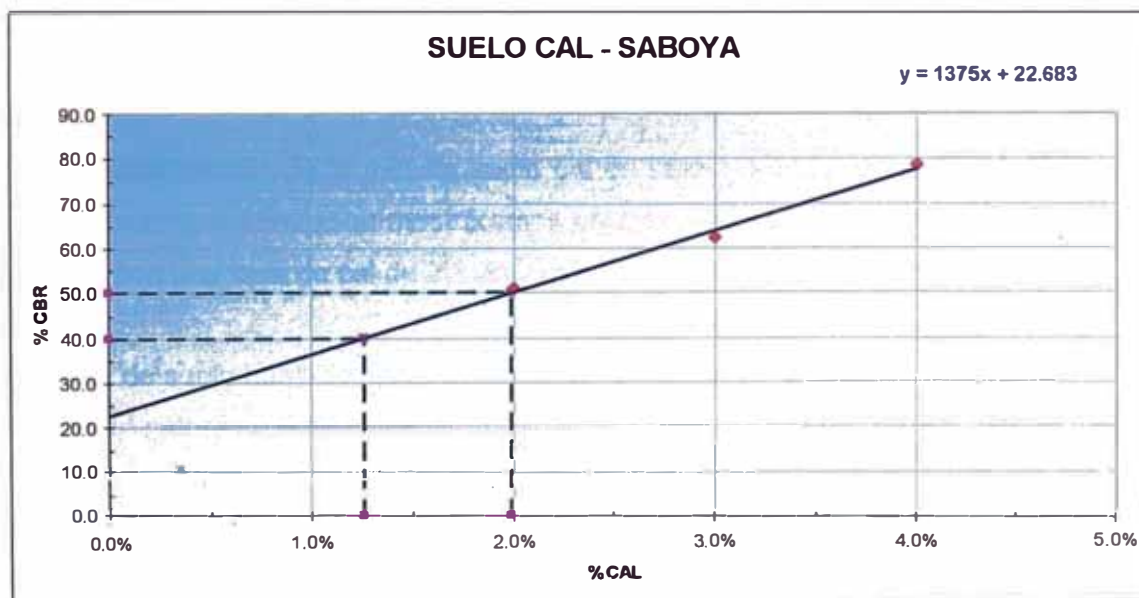


Fig.3-6: Diseño suelo cal – Cantera Saboya

CANTERA NC-47 (km 699+100 LI)

Tabla 3-6: Características físicas mecánicas de la mezcla suelo cal-NC-47

% CAL	GRANULOMETRIA					LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR (%)
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			
0.0	100.0	100.0	99.7	99.0	38.6	22	5	A-2-4(0)	SM	1.936	12.8	
2.0	100.0	100.0	99.5	98.8	40.5	22	4	A-2-4(0)	SM	1.943	13.4	38.0
3.0	100.0	100.0	99.5	97.6	41.5	23	3	A-4(1)	SM	1.944	14.2	59.0
4.0	100.0	100.0	99.1	96.7	42.7	23	2	A-4(2)	SM	1.931	15.5	73.0

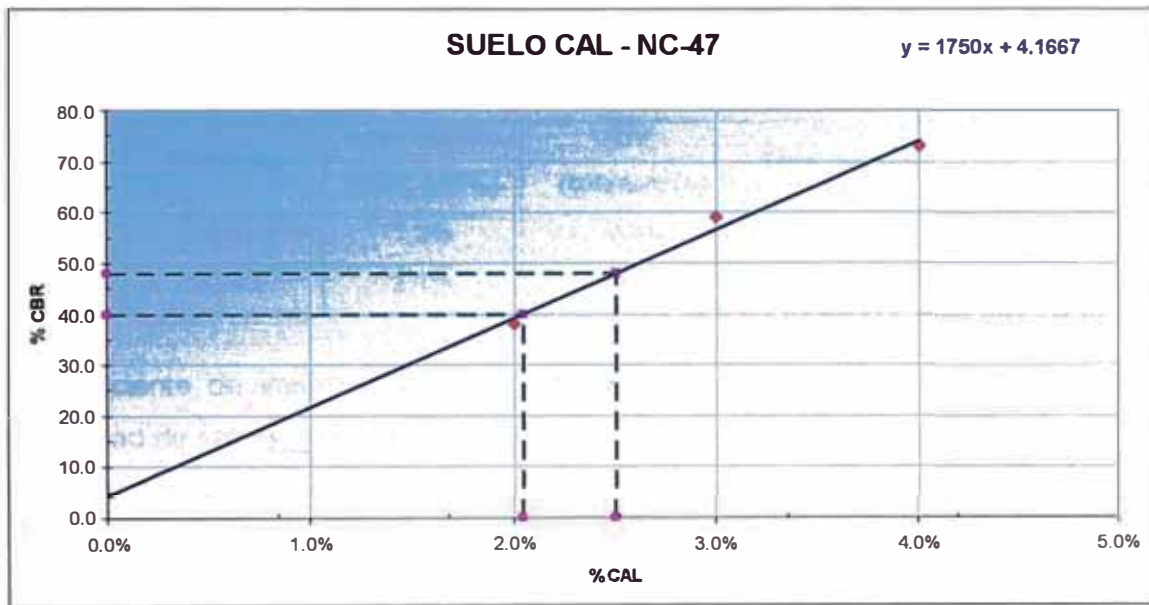


Fig.3-7: Diseño suelo cal – Cantera NC-47

Para la elaboración de la mezcla suelo cal en laboratorio se requiere de cierta dosificación, a continuación mostraremos un ejemplo con material de la cantera Saboya con una tasa de cal de 2% en peso:

Muestra de suelo húmedo: 3000 gr.

Humedad natural: 8.0 %

Humedad óptima: 12.5 %

Determinación de la cantidad de agua para alcanzar la humedad óptima:

$$3000/1.08 = 2777.8 \text{ gr. (suelo seco).}$$

$$\text{agua retenida : } 3000-2777.8 = 222.2 \text{ ml.}$$

Contenido de agua para llegar al 12.5% : $2777.8 \times 0.125 = 347.2$ ml.

Agua a incrementar: $347.2 - 222.2 = 125.0$ ml.

Para 2% de cal.

Cantidad de cal: $2777.8 \times 2/98 = 56.7$ gr.

De los cuadros mostrados se evidencia variaciones positivas en las características físicas-mecánicas del suelo al adicionar cal de manera dosificada.

Respecto al diseño de mezcla suelo cal por el método de CBR se obtuvo:

Tabla 3-7: Tasa de diseño - suelo cal

Canteras	Tasa diseño (CBR $\geq 40\%$)	CV (tolerancia)	Tasa adoptada
Saboya	1.3%	20%	2.0%
NC-47	2.1%	20%	2.5%

El coeficiente de variación (CV) de 20%, que se considera es debido a la erraticidad de valores principalmente del material pasante la malla N° 200 como se evidencia en las tablas 2-11 y 2-12. Para tener un menor manejo en campo del porcentaje de cal se propuso de manera general utilizar la tasa de 3% en peso.

3. Diseño de suelo cal (Métodos alternativos).

En laboratorio se realizó otros diseños de mezcla suelo cal como se indica en el ítem 3.4 Diseño del porcentaje de cal.

a) Eades and Grim (ASTM D 6276)

Se determinó el valor del PH del suelo natural y de la mezcla suelo cal, hasta alcanzar el valor de 12.4.

Cantera Saboya

Tabla 3-8: Variación del PH con el incremento de cal-Saboya

Peso de arcilla:	P=25*(1+w/100)		Humedad:	2.94	Peso Húmedo:			25.74
% de cal	0.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	8.0%	
peso de cal (gr)	0.00	0.51	0.77	1.03	1.28	1.54		
pH	4.61	12.32	12.45	12.49	12.51	12.53		

Cantera NC-47

Tabla 3-9: Variación del PH con el incremento de cal-NC-47

Peso de arcilla:	P=25*(1+w/100)		Humedad:	2.67	Peso Húmedo:	25.67	
% de cal	0.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	8.0%
peso de cal (gr)	0.00	0.51	0.77	1.03	1.28	1.54	2.05
pH	4.73	12.29	12.36	12.38	12.40	12.40	12.43

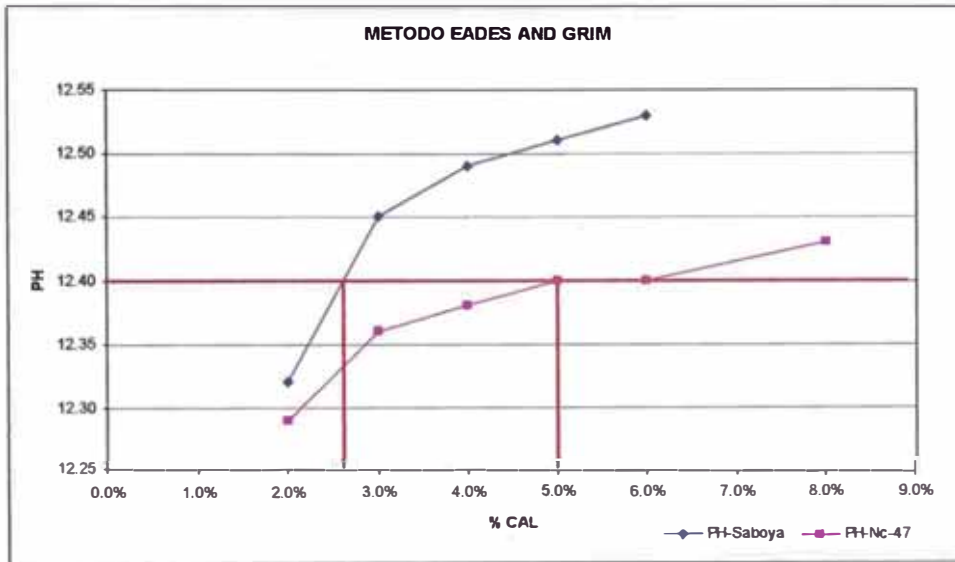


Fig.3-8: Determinación del % de cal - Método PH

Del gráfico, el valor del PH de 12.4 se alcanza con el contenido de cal de 2.7% para la cantera Saboya y 5.0% para la cantera NC-47, con estas dosificaciones de cal se estaría alcanzando la máxima reacción química entre las partículas de arcillas e iones de H⁺ y Ca⁺⁺.

b) Método de Thompson.

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión simple y tracción indirecta de la mezcla de suelo cal a los 28 días, incrementando la cal de manera dosificada a los materiales de las canteras Saboya y NC-47.

Tabla 3-10: Resistencia a la compresión y tracción en la mezcla suelo cal

% CAL	Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm ²)		Resistencia a la tracción a 28 días (kg/cm ²)	
	SABOYA	NC-47	SABOYA	NC-47
2.0 %	9.82	9.51	1.14	0.81
3.0 %	16.80	12.12	2.93	0.99
4.0 %	19.45	12.80	3.40	1.56
5.0 %	20.21	13.75	3.55	1.84

% CAL	Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm ²)		Resistencia a la tracción a 28 días (kg/cm ²)	
	SABOYA	NC-47	SABOYA	NC-47
6.0 %	23.65	15.80	3.89	1.91

Tabla 3-11: Resistencia a la compresión mínima en capas estabilizadas

Capa de suelos estabilizada	Resistencia mínima a la compresión no confinada (psi)*	
	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Base	750	500
Sub base	250	200

* Resistencia a la compresión simple determinada a 7 días para estabilización con cemento y a 28 días para cal y cal-cemento y cenizas volantes

Fuente: Soil Stabilization for Roads and Airfields FM 5-410. Department of the Army, the Navy and the Air Force. Army TM 5-822-14

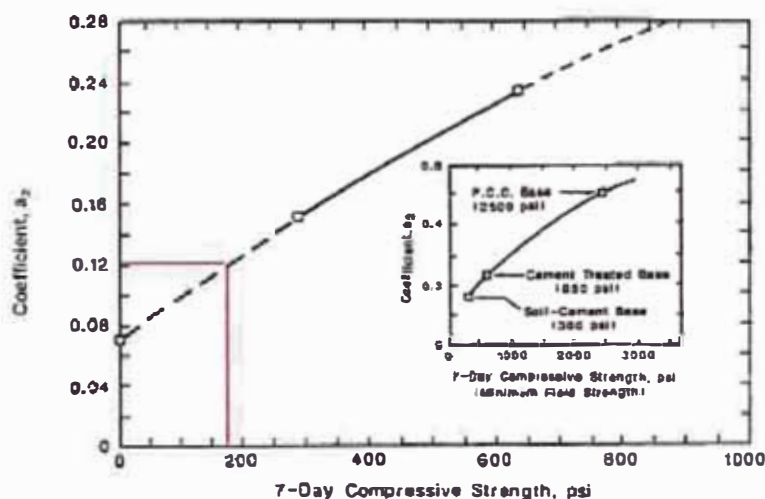


Figure 3-13 Structural layer coefficient, a_2 , was determined by Thompson as a function of compressive strength for lime stabilized layers (after Thompson, 1976).

Fig.3-9: Ábaco del coeficiente estructural del suelo cal

Para obtener el coeficiente estructural de la sub base estabilizada de 0.12 pulg^{-1} de acuerdo al ábaco AASHTO propuesto para el suelo cal, corresponde una resistencia de 175 psi (12.3 kg/cm^2). De acuerdo a la tabla 3-11, para una base estabilizada es más riguroso la evaluación de la resistencia siendo esto en 7 días; para nuestro caso para una sub base suelo cal corresponde evaluar su resistencia a 28 días.

El diseño de mezcla suelo cal por resistencia a la compresión, de acuerdo a la tabla 3-10, corresponde los valores de 2.4 y 3.3% de cal para las canteras Saboya y NC-47 respectivamente, con dicho contenido de cal se alcanzan la resistencia de 12.3 kg/cm^2 a los 28 días.

c) Departamento de transporte de Texas.

Para ingresar al ábaco (Fig. 3-5) necesitamos los siguientes parámetros físicos del suelo, para la obtención del porcentaje óptimo de cal.

Tabla 3-12: Parámetros - Dpto. de transporte de Texas

Característica físicas	Saboya	NC-47
Pasante la malla N° 40	95.2	99.0
IP	5	5

El porcentaje de cal resultante es 1.5% para las dos canteras Saboya y NC-47, además para material de sub base se recomienda el valor mínimo de 50 psi (3.52 kg/cm²), con los porcentajes calculados se alcanza estos valor de resistencia.

De los tres métodos de diseño de mezcla suelo cal, se obtienen distintos porcentajes de acuerdo a la metodología empleada; considerándose el método de Eades and Grim, como el más conservador debido a que se emplea el mayor contenido de cal garantizando la reacción total de la mezcla.

Tabla 3-13: Contenidos de cal con los distintos métodos de diseño

Canteras	Diseño de mezcla de suelo-cal		
	Eades and Grim (PH)	Método de Thompson	Dpto de transporte de Texas
Saboya	2.7%	2.4%	1.5%
NC-47	5.0%	3.3%	1.5%

4. Fórmula de trabajo.

Teniendo en consideración la calidad de los materiales y del porcentaje de cal a utilizar en la mezcla, procede a realizar los trabajos en campo.

a) Equipo Mecánico utilizado:

01 Recicladota de pavimentos –Terex RS- 425, la cual mezcla el suelo cal en la vía.

01 Dispensador pulvimixer para la aplicación de la cal.

02 Rodillo pata de cabra modelo CA-25-PD.

- 01 Rodillo liso vibratorio.
- 01 Cisterna de agua de 8300 galones.
- 01 Motoniveladora CAT-140.
- 01 Tractor con arado de discos.

b) Procedimiento en campo:

Conformación. Se esparció el material de la cantera Saboya o de la cantera NC-47 a un espesor de 29 cm suelto (38% de esponjamiento) y de un espesor de 28.5 cm suelto (esponjamiento de 30%) de para llegar a 20 cm de la capa compactada y con humedad de hasta 1.5% por encima del óptimo del Próctor modificado para obtener la densidad de campo que exige las especificaciones técnicas.

Aplicación de la cal hidratada. La cal se esparció en una proporción de 3% en peso con el dispensador y como se indica en las especificaciones técnicas la tasa no debe variar más de 5% por exceso o por defecto de la cantidad de cal por metro cúbico del diseño aprobado. Se comprobó la tasa de cal por el método de bandejas.

Determinación de la cal en campo:

Datos:

Máxima densidad seca: 1936 kg/m³

Humedad óptima: 12.8 %

Espesor de la capa: 0.20 m

Porcentaje de cal: 3%

$$\text{Tasa de cal (kg / m}^2\text{)} = M .D .S \times \text{espesor de capa} \times (\%)$$

$$\text{Tasa de cal} = 1936 \times 0.20 \times 0.03 = 11.6 \text{ kg/m}^2$$

Mezclado. La cal con el suelo se ejecutó lo más inmediatamente posible con una estabilizadora de rotores mezcladores horizontales, los cuales garantizan una buena homogeneidad de la mezcla suelo cal.

Humedecimiento. Se adicionó agua para alcanzar la humedad óptima de compactación.

Compactación. Se inicia con los rodillos pata de cabra (6 pasadas) hasta alcanzar un grado de compactación aproximado de 90%, se realiza el control de nivelación topográfica para determinar las cotas, posteriormente el perfilado correspondiente, para culminar se compacta con un rodillo vibratorio liso (6 pasadas) en la que se alcanza el porcentaje de compactación mínimo especificado de 95% respecto al ensayo próctor modificado.

Tabla 3-14: Cuadro resumen del control de densidades - Sub base

ESTADISTICO	CONTENIDO DE HUM.		DENSIDAD		D _i
	OPTIMA	CAMPO	MAXIMA	CAMPO	% COMPAC.
N	702.0	702.0	702.0	702.0	702
SUMA	8891.6	8945.9	1352.3	1312.1	68114.3
XP	12.7	12.7	1.926	1.869	97.0
MIN	11.0	10.4	1.861	1.771	95.02
MAX	15.2	15.1	1.986	1.946	99.68
DESVIACION ESTANDAR	1.0	0.8	0.031	0.035	1.100
VARIANZA	0.9	0.6	0.001	0.001	1.210
COEF. DE VARIACION	7.5	6.0	1.592	1.880	1.1

Del control de densidades realizados en obra, la densidad promedio alcanza el valor de 97.0%, de esta manera el control de densidades cumple el parámetro mínimo de especificación técnica.

Se realizó el control deflectométrico a nivel de la sub base suelo cal para ello se calculó la deflexión admisible, mediante la teoría de elasticidad del pavimento.

WINDEPAV

Interfase Windows del programa DEPAVF

Por: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela

Título SUB BASE SUELO CAL

Radio de las ruedas de carga (cm) 10.8
 Distancia entre los centros de las ruedas de carga (cm) 32.4
 Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 5.6

Capa No.	Espesor (cm)	Módulo E(kg/cm ²)	R. Poisson	Liga
1	20	4300.14	0.35	Ligada
2	65	719.92	0.45	Ligada
3		309.99	0.45	

Posición del valor máximo para una carga

- A Bajo una rueda simple
- B Bajo una de las ruedas de la carga
- C Al centro de la carga

Capa	Cota (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z(kg/cm ²)	Epsilón T(micro)	Epsilón Z(micro)
1	0	7.05 B	5.60 A	665 B	-340 C
	20	-3.10 B	1.06 B	-628 C	694 B
2	20	0.17 C	1.06 B	-628 C	1210 B
	85	-0.16 C	0.15 C	-222 C	404 C
3	85	0.00 B	0.15 C	-222 C	478 C

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) 96.85
 Radio de curvatura (m) 77.1

La deflexión de campo se controla mediante la deflexión característica del sector evaluado, utilizando la siguiente ecuación:

$$D_c = D_p + 1.645 \times \sigma$$

D_c: Deflexión característica.

D_p: Deflexión promedio.

σ : Desviación estándar (1.645 representa el 95% del nivel de confiabilidad)

La deflexión admisible adoptada para la obra es de 96×10^{-2} mm; como se puede apreciar la deflexión característica de 74×10^{-2} mm, está por debajo del valor admisible, lo que indica que cumple el control deflectométrico.

Tabla 3-15: Cuadro resumen del control de deflexiones - Sub base

ESTADISTICO	Deflexiones Normalizadas		Radio curvatura Rc (m)
	Dk0 (0.01 mm) 1 er. Dial	Dk25 (0.01 mm) 2 do. Dial	
PROMEDIO	55.2		219
MAX. OBTENIDO	92.4		710
MIN. OBTENIDO	22.0		59
DESV. ESTANDAR	11.4		
CARACTERISTICA	74.0		
R x D		12057	

5.0 Panel Fotográfico del Proceso Constructivo.



Foto 10. Esparcido de la cal por el camión dispensador de cal.



Foto 11. Verificación de la tasa de cal in situ (kg/m^2), por el método de bandeja.



Foto 12. Mezclado homogéneo del suelo con la cal mediante la recicladora.



Foto 13. Trabajos rutinarios de sub base suelo cal, un tramo de 300 m en el carril derecho.



Foto 14. Verificación de la profundidad de mezclado que alcanza el rotor de la recicladora.



Foto 15. Compactación con rodillo pata de cabra en la sub base suelo-cal.



Foto 16. Control de densidades a nivel de sub base suelo cal.



Foto 17. Control deflectométrico a nivel de sub base suelo cal terminado.

CAPITULO 4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO PORTLAND.

Introducción.

El suelo cemento ha tenido crecimiento y maduración en el transcurso de la historia como las construcciones de pisos y muros si bien se ha trabajado de forma empírica otro que merece atención es la construcción de caminos sobre todo cuando había escasez de materiales apropiados.

En Filadelfia Joseph Hay Amies en 1914, presentó la patente de un producto llamado "Alkaline Cement" manufacturado en un planta central con 60% de cemento Pórtland, 30% de hidróxido de calcio y 10% soda cáustica, el resultante de esto se mezcló con suelo natural y agua. En 1917 el Ing. Brooke-Bradley aplicó exitosamente una mezcla cemento con suelo arcilloso en la construcción de una carretera de un condado inglés, esta técnica no se uso ya que por la vía sólo el tráfico principal era rueda de acero tirado de caballos.

En 1932 el Departamento de Caminos Estatales de Carolina del Sur, creó un laboratorio encargado en la investigación y estudio del suelo cemento, con bases sólidas se empezó con la construcción con suelo cemento hasta el punto que se alcanzo madurez del tema y esto sirvió para que sea divulgado por los demás departamentos de EE.UU y la Pórtland Cement Association, la Highway Research Board y la Transport Research Board. Además en la segunda guerra mundial utilizaron los alemanes de manera eficiente el suelo cemento para la construcción de aeropuertos, una de las razones principales por lo que se usa el suelo cemento en Europa es debido a la escasez de asfalto.

Las estabilizaciones químicas que se aplican a los suelos en su mayoría afectan las propiedades del los suelos, los aglomerantes más utilizados en estabilización son la cal, cemento y asfalto, para poder definir el tipo de aglomerante se debe considerar las característica física del suelo natural, debido a que no todo los aglomerantes reaccionan igual con un mismo tipo de suelo. La fuerza armada de los EEUU (Fig. 4-1) da unas recomendaciones respecto a la elección correcta del aglomerante.

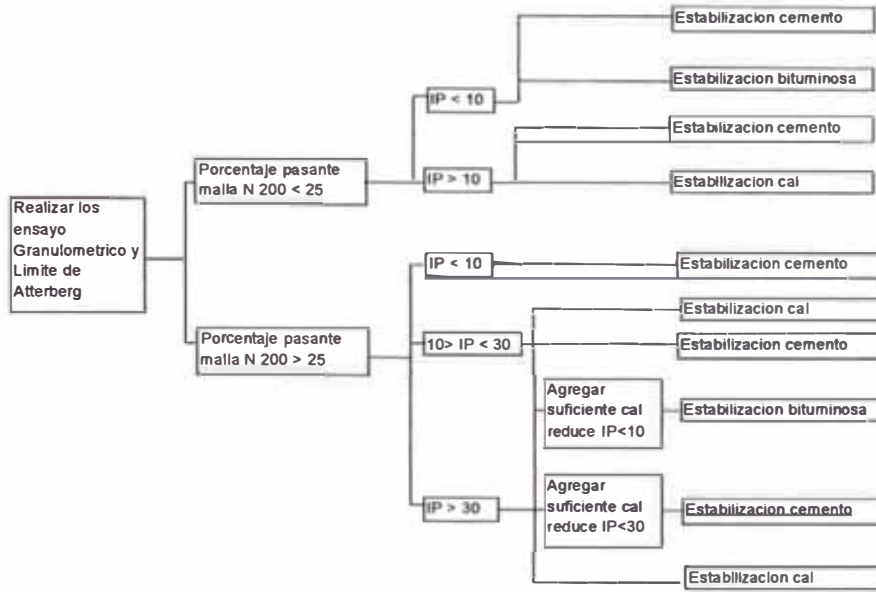


Fig. 4-1: Estabilización química apropiada (After Dept of the Army 1983)



Fig. 4-2: Aplicabilidad de los métodos de estabilización (Ingles y Metcalf, 1972)

En cada país y a través del tiempo los investigadores le han dado distinta connotación al concepto de suelo-cemento. Sin embargo el concepto más aceptado es el de Portland Cement Association (PCA), que dice: “El suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas proporciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se transforma en un material duro, durable y rígido. Se le usa principalmente como base en los pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos”

Algunos estudiosos dicen que el verdadero nombre de la técnica debe ser “suelo tratado con cemento” ya que el proceso no implica una gran rigidez en el resultado final del tratamiento. A continuación se menciona la clasificación del suelo cemento:

a) Suelo cemento compactado: Su proporción en peso varía entre 4 y 25% aproximadamente, se le da la dureza compactándolo. Es el más utilizado y puede realizarse con los siguientes tipos de suelos:

- Suelos limosos
- Suelos arcillosos
- Suelo granular limpio
- Mezclas de suelos finos y gruesos arcillosos-limosos

Debe considerarse que mientras más finos tenga el suelo, principalmente de tipo arcilloso, mayor cantidad de cemento se requerirá para realizar la mezcla suelo cemento.

b) Suelo cemento plástico: Según la PCA, es “La mezcla de cemento con un suelo fino muy húmedo en estado plástico. Cuando se coloca tiene la consistencia de un mortero plástico. Frecuentemente se usa en zonas difíciles donde no es posible compactar. Requiere una cantidad de cemento mayor que el tipo compactado, esto es, mayor del 10% y no se compacta”.

c) Suelo modificado con cemento: Según la PCA, es “Una mezcla, dura o semidura, íntima de suelo pulverizado, agua y pequeñas cantidades de cemento que se compacta. Por lo tanto se distingue del suelo-cemento, compactado exclusivamente en la menor cantidad de cemento que se adiciona. La cantidad de cemento en peso varía entre 1% y 4%. Se le utiliza cuando se requiere:

- Obtener mayor resistencia del suelo, aunque no muy alta.
- Compactar el terreno en condiciones más favorables.
- Hacer más impermeables determinados suelos.”

4.1 Objetivo de la estabilización con cemento Pórtland.

Al realizar la mezcla del suelo cemento se produce variaciones en las propiedades del suelo inicial, pero una de las propiedades de mayor importancia que se consigue al realizar la mezcla de suelo cemento es el incremento de la resistencia, que con el transcurrir del tiempo estos alcanzan resistencia mayores a

4 Mpa. Por ser una actividad fuera de lo convencional en la construcción de pavimentos, este presenta ventajas y desventajas en su aplicación:

Tabla 4-1: Comparativo de las ventajas y desventajas del suelo cemento

Ventajas	Desventajas
Facilidad para mejorar los suelo inadecuados.	Aumento del costo por adición del cemento.
La alta densificación y mayor rigidez permite que la presión de los neumáticos se transmita mejor los esfuerzos a la capa inferior.	Cuidado en el proceso constructivo evitar el fraguado anticipado.
Debido a la alta resistencia, los espesores del pavimento son menores.	Se exige una mejor calidad en el proceso constructivo.
Presenta un prolongada durabilidad frente a climas extremos.	Control del cemento en campo (fuga de finos de cemento)
Actualmente se cuenta con equipo de alto rendimiento en el proceso constructivo.	Conseguir la liga entre capas es difícil.
Con el transcurso del tiempo gana resistencia.	Se produce agrietamiento, tener cuidado en el diseño.

Respecto a la calidad del material, cualquier suelo puede estabilizarse con cemento a excepción de los suelos muy plásticos, orgánicos o con altos contenidos de sales, varios países limitan la característica física del material, como son la granulometría y la plasticidad, con estos dos parámetros se obtiene una mezcla económica y con buen comportamiento estructural.

Tabla 4-2: Requisito granulométrico en distintos países

El Salvador	Colombia INVIAS (2002)	Canada Saskatchewan Highways and Transportation (1998)	Estados Unidos PCA (2003)	ACI 230	España
Pasa N° 4 50-100% Pasa N° 200 5-35% Tmax 50 mm (2")	Pasa N° 4 < 40% Pasa N° 200 < 50% Tmax 75 mm (3")	Pasa N° 200 5-30% Tmax 63 mm (2 1/2")	Tmax 50 mm (2")	Pasa N° 4 < 55% Pasa N° 200 5-35% Tmax 50 mm	+ +

+ Los valores depende del tipo de suelocemento y tráfico estipulado en catálogos de secciones. Los requisitos granulométricos se encuentran en el pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes FOM/891/04

Tabla 4-3: Requisito plasticidad en distintos países

El Salvador	Colombia INVIAS (2002)	Canada Saskatchewan Highways and Transportation (1998)	Instituto Mexicano del Transporte IMT	Experiencia en Sudáfrica	España
LL < 40% + IP < 8% +	LL < 35% IP < 15%	IP < 10%	LL 45 - 50% IP < 25%	IP < 8%	LL < 30% IP < 15%

+ Se cuenta con experiencia de buenos resultados, en casos donde el suelo presente LL < 55% y IP < 25%

Tabla 4-4: Requisito ensayos especiales del suelo

Ensayos	Tolerancias
Contenido de materia orgánica	< 1% - 2%
Contenido de ion SO ₄	< 0.2%

El contenido de cemento depende si el suelo va ser modificado o estabilizado, la calidad del cemento Portland se rige de acuerdo a los norma ASTM C 150 y ASTM C 595, el problema del agrietamiento superficial del suelo cemento esta asociado al incremento del contenido de cemento y la utilización en suelos finos y plásticos en la mezcla. Cuando el suelo presenta alto contenido de sulfato en el suelo es recomendable utilizar el cemento tipo II o V.

La calidad del agua que se utilice en la mezcla debe ser potable y relativamente limpia, libre de álcalis, ácidos o materia orgánica, algunas especificaciones señalan que debe de estar con un PH entre 5.5 a 8.0 y el contenido de sulfato debe ser menor a 1 g/l.

4.2 Características del cemento.

4.2.1 Tipos y componentes del cemento.

El cemento Portland es un material que tiene propiedades de adhesión y cohesión para unir materiales inertes y formar estructuras sólidas de comportamiento monolítico, cuya resistencia va aumentando a medida que transcurre el tiempo. En sus procesos de aplicación se requiere del agua para completar el proceso químico de hidratación que implica el fraguado del polvo de cemento y el posterior endurecimiento, constituyendo finalmente una masa sólida y resistente.

La fabricación de los tipos de cemento estándar se realiza bajo la norma ASTM C-150 y para los cementos adicionados está normado bajo la ASTM C-595.

Tipo I: Para uso que no requiera propiedades especiales.

Tipo II: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III: Para utilizarse cuando se requiera alta resistencia inicial.

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Los denominados "cementos adicionados" son mezclas de cementos con un material de característica puzolánica molido en forma conjunta, en el Perú se fabrican los tipos IP, IPM, IS, ISM.

Tipo IP: es un cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% a 40% del peso total.

Tipo IPM: es un cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.

Tipo IS: es un cemento al cual se ha añadido entre 25% a 75% de escoria de altos hornos referido al peso total.

Tipo ISM: es un cemento al cual se ha añadido menos del 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.

Materias Primas: Minerales que contienen los componentes principales del cemento:

Oxido de calcio (CaO):	58% - 67%
Oxido de silicio (SiO ₂)/Sílice:	16% - 26%
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)/Alúmina:	4% - 8%
Oxido de fierro (Fe ₂ O ₃):	2% - 5%

Principales fases minerales del clinker

Silicato tricálcico - $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S):

- Componente principal y decisivo que aporta resistencia.
- Factor principal del fraguado inicial y del rápido endurecimiento del cemento.

Silicato dicálcico - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S):

- Endurece más lentamente que el C_3S , sin embargo a largo plazo alcanza la misma resistencia.
- Contribuye al incremento de la resistencia a edades mayores de 7 días.

Aluminato tricálcico - $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A):

- Reacciona muy rápidamente con el agua pero no posee ninguna propiedad hidráulica destacable.
- Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de endurecimiento.
- Los cementos con bajos contenidos de C_3A son resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.

Ferrito aluminato tetracalcico - $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF):

- Contribuye poco en la resistencia del cemento.
- La formación de C_4AF reducen la temperatura de clinkerización.

Existen trabajos de investigación que concluyen que el cemento Pórtland tipo I, permite a la mezcla alcanzar mayor resistencia que la del tipo II, pues contiene mayor cantidad de aluminato tricálcico y sulfato de calcio, pero el tipo II es preferible al tipo I cuando se trata de reducir el agrietamiento.

4.2.2 Reacción química del suelo cemento.

La solución formada por la mezcla cemento y agua reaccionan con las partículas del suelo, reacción en las que los iones de calcio tienen a agrupar las partículas de suelos cargadas negativamente produciéndose su floculación por acción de la gravedad, de manera que este fenómeno aún no es comprendido del todo, pero básicamente parece que consisten en reacciones

de cemento con los componentes silicosos de los suelos, que producen conglomerantes que ligan las gravas, arenas y limos; este es el efecto básico de los suelos gruesos. Además el hidrato de calcio que se forma como consecuencia del contacto del cemento con el agua, libera iones de calcio, muy ávidos de agua, que la toman de la que existen en la laminillas de arcilla; el resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y la plasticidad del suelo arcilloso, así como el aumento de su resistencia y su durabilidad.

El efecto del cemento en los suelos arcillosos resulta más complicado y peor comprendido que en los suelos más gruesos. Parece ser que en primer lugar se produce un efecto primario en el que la hidratación del cemento produce silicatos y aluminatos hidratados de calcio, hidróxido de calcio, hidróxido de calcio e iones de Ca, que elevan la concentración de electrolitos de agua intersticial, aumentando su PH. Viene a continuación un proceso secundario en dos fases: En la primera, se produce un intercambio iónico entre los iones de calcio y otros absorbidos por los minerales de arcilla. En la segunda fase, tienen lugar reacciones químicas puzolánicas entre el cemento y elementos que componen los cristales de arcilla. Los elementos silícicos y aluminicos reaccionan con los compuestos cálcicos para formar elementos cementantes; el resultado final de esta reacción es la transformación de una estructura arcillosa originalmente floculada y vaporosa, en un agregado resistente que evoluciona la resistencia con respecto al tiempo.

4.3 Variaciones en las propiedades del suelo.

Los suelos más adecuados para la estabilización con cemento son aquellos que están compuestos por arenas con cierta matriz limo-arcillosa. Los cambios del suelo natural al añadir contenido de cemento son los siguientes:

- Aumento de la resistencia a la compresión simple y a la flexión.
- Aumento del módulo elástico y dinámico.
- Aumento de la capacidad de soporte C.B.R.
- Disminución de la plasticidad.
- Disminución de la permeabilidad.
- Aumento de la cohesión y del ángulo de fricción interno.

De las variaciones mencionadas se describe algunas propiedades primordiales propias de la mezcla del suelo cemento.

a) La Densidad: La relación máxima densidad y humedad óptima puede variar de acuerdo al tipo de suelo y contenido de cemento si se cambia la energía de compactación, el incremento del máximo peso volumétrico por una mayor energía de compactación sin que llegue a fracturar las partículas del suelo aumenta notablemente la resistencia a compresión del suelo cemento y mejora el resto de las propiedades estructurales

b) Resistencia a la compresión simple: La resistencia de la mezcla del suelo cemento se incrementa progresivamente con respecto al tiempo. Los valores que se obtengan en laboratorio dependen de muchos factores.

- Contenido y tipo de cemento.
- La energía de compactación adecuada.
- La eficiencia lograda en el mezclado.
- El tipo de materias orgánicas, sales y materiales deletéreos existente en el suelo.
- La cantidad y la calidad del agua.
- El tiempo transcurrido después de realizado el mezclado y la compactación.
- La duración y forma de realizar el curado.

Entidades internacionales con experiencia en suelo cemento recomienda valores mínimos de resistencia a la compresión simple.

Tabla 4-5: Resistencia mínima a la compresión en suelos cemento

El Salvador		
Tipo de suelo	Resistencia mínima a la compresion simple (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
Todos los casos	20	—
INVIAS (Colombia)		
Bases estabilizadas : Resistencia a 7 días = 21 kg/cm ²		
España		
Tipo de suelo	Resistencia mínima a la compresion simple (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
Todos los casos	15	—

c) Módulo de Elasticidad: El tratamiento de suelo con cemento eleva considerablemente los módulos de elasticidad, generando una rigidez tal que

puede ser aprovechada en beneficio de una conveniente distribución de carga, impuesta por el tráfico vehicular generando menores deformaciones posibles de esta manera garantiza el buen desempeño de la estructura del pavimento durante la vida de diseño.

Los valores de módulo de elasticidad, tanto estático como dinámico y del coeficiente de Poisson son muy variables, dependiendo principalmente del tipo de suelo y el contenido de cemento en la mezcla.

d) Resistencia a la flexión: El comportamiento del suelo cemento referente a la resistencia a la flexión se ha obtenido directamente o indirecta a través de ensayos como el de la elaboración de vigas según la norma ASTM D1635 o mediante el ensayo de tracción indirecta. Algunos autores coinciden con la resistencia a la flexión puede variar de $1/3$ a $1/5$ de la resistencia a la compresión simple.

e) Retracción: La retracción en las mezclas de suelo cemento es el resultado de la pérdida de agua por secado y de las reacciones ocurridas durante la hidratación del cemento. Los factores que influyen en el grado de agrietamiento como consecuencia de la misma son numerosos y complejos, entre ellos están, el tipo y cantidad de cemento utilizado, contenido de agua aplicado en el campo, propiedades de los agregados, procedimientos de curado realizados, las condiciones del clima, el tiempo de colocación y el rozamiento entre la capa de suelo cemento y la subyacente.

En la actualidad países de Francia, España y USA han desarrollado y puesto en práctica sistemas para minimizar la reflexión de las fisuras en las capas superiores del pavimento mediante creación de juntas en fresco a distancias cortas (prefisuración). Así mismo se ha logrado también minimizar el agrietamiento a través de mejoras a los requerimientos de diseño de mezclas y especialmente en el tipo de cemento.

f) Resistencia al desgaste: El suelo cemento es un material que soporta de manera excelente los esfuerzos perpendiculares a la superficie, pero muy deficiente de resistir las fuerzas abrasivas del tránsito circulando directamente

sobre el, por tal razón en este tipo de aplicaciones se recurre a proteger las capas de suelo cemento colocando sobre ellas una capa de rodadura de concreto hidráulico, concreto asfáltico o tratamiento superficial asfáltico.

4.4 Diseño del porcentaje de cemento.

Para el diseño de suelo cemento influyen mucho el tipo de suelo, el tipo y contenido de cemento que se utilizará en la mezcla y la calidad del agua, la dosificación adecuada de estos tres parámetros y el mecanismo de curado correspondiente; nos conduce a una mezcla de suelo cemento que tendrá en desempeño favorable frente a las solicitaciones de esfuerzos debido al tráfico y la condición climática de la zona.

El tipo de suelo debe de ceñirse a las recomendaciones granulométricas y de plasticidad dada en la tabla 4-2 y 4-3, en caso que no cumplan deben de realizarse mezcla de suelo o la adición de algún agente estabilizante como la cal, además debe de estar libre de presencia de material orgánico, sulfatos.

La cantidad de cemento inicial se selecciona en función al tipo de suelo, en algunos casos se exige un contenido mínimo para garantizar la adecuada homogeneidad de la mezcla. La PCA recomienda una serie de porcentajes en función al tipo de suelo según la tabla 4-6, esto no debe de considerarse como diseño sino como una estimación inicial del contenido de cemento

Tabla 4-6: Requerimiento de cemento inicial según el tipo de suelo - PCA

AASHTO	SUCS	Rango típico de cemento (% en peso)	Contenido típico de cemento para prueba de humedad-densidad (% en peso)	Contenido típico de cemento para prueba de durabilidad (% en peso)
A-1-a	GW GP, GM SW, SP SM	3-5	5	3-5-7
A-1-b	GM, GP SM, SP	5-8	6	4-6-8
A-2	GM, GC SM, SC	5-9	7	5-7-9
A-3	SP	7-11	9	7-9-11
A-4	CL, ML	7-12	10	8-10-12
A-5	ML, CH CH	8-13	10	8-10-12
A-6	CL, CH	9-15	12	10-12-14
A-7	MH, CH	10-16	13	11-13-15

Tabla 4-7: Cantidad de cemento recomendada por instituciones internacionales

Contenido de cemento inicial, % en peso	El Salvador	PCA	USACE	Colombia INVIAS	España
5	No se exige un contenido de cemento inicial. La práctica común considera un 2% como contenido especial para todos los tipos de suelo.	GW, GP, GM SW, SP, SM	GW, SW	No se sugiere un contenido de cemento inicial.	Considera 3% como contenido inicial, para todos los tipos de suelo.
6		GM, GP, SM, SP	GP, SW-SM, SW-SC GW-GM GW-GC		
7		GM, GC, SM, SC	GM, SM, GC, SC SP-SM, GP-SM SP-SC, GP-GC SM-SC, GM-GC		
9		SP	-		
10		CL, ML, MH, CH	SP, CL, ML ML-CL, CH		
11		-	MH-OH		
12		CL, CH	-		
13		MH, CH	-		

Posteriormente de la elección del porcentaje inicial del contenido de cemento, se procede a verificar las condiciones reales para ello se fabrica especímenes en laboratorio someterlos a la resistencia a la compresión simple, así como el ensayos de durabilidad (humedecimiento y secado) siempre en cuando el suelo cemento este en condiciones adversa durante su operación. El porcentaje de diseño es aquel que cumple con los requerimientos de resistencia y durabilidad con el porcentaje mínimo de cemento.

Las resistencia mínima recomendada por instituciones especializada en suelo cemento (tabla 4-5) y la PCA da una idea tentativa del diseño, muestra rango de valores de resistencia para 7 y 28 días; y valores máximos permisibles del ensayo de durabilidad.

Tabla 4-8: Resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de suelo-PCA

Tipo de Suelo	Resistencia a la compresion saturado (psi)	
	7 días	28 días
Suelos arenoso y gravoso AASHTO A-1, A-2, A-3 SUCS GW, GC, GP, GM SW, SC, SP, SM	300-600	400-1000
Suglos limosos AASHTO A-4, A-5 SUCS ML, CL	250-500	300-900
Suelos arcillosos AASHTO A-6, A-7 SUCS MH, CH	200-400	250-600

* Los especímenes se curo a 7 y 28 días antes de la resistencia a la compresion simple

Tabla 4-9: Valores máximo permisibles de durabilidad-PCA

Clasificación de suelos		Máxima pérdida aceptable después de 12 ciclo de humedecimiento y secado (%)
AASHTO	SUCS	
A-1	GW, GP, GM, SW, SP, SM	14
A-2-4, A-2-5	GM, GC, SM, SC	
A-3	SP	
A-2-6, A-2-7	GM, GC, SM, SC	10
A-4	CL, ML	
A-5	ML, MH, OH	
A-6	CL, CH	
A-7	OH, MH, CH	7

Criterios adicionales:

1. Los cambios de máximo volumen durante el ensayo deben de estar por lo menos 2% del volumen inicial.
2. Contenido máximo de agua durante el ensayo deben ser por los menos la cantidad de agua requerida en el moldeo.
3. La resistencia a la compresion se incrementa con respecto al tiempo.

El USACE, para pavimentos de capas estabilizadas recomienda valores mínimos de resistencia a los 7 días, del mismo modo detalla los valores máximos del ensayo de durabilidad.

Tabla 4-10: Resistencia a la compresión de capas estabilizadas-USACE

Capas estabilizadas	Mínima resistencia a los 7 días (psi)	
	Pavimento flexible	Pavimento rígido
Base	750	500
Sub base o sub rasante	250	200

Tabla 4-11: Valores máximo permisibles de durabilidad-USACE

Tipo de suelo	Máxima pérdida aceptable después de 12 ciclos de humedecimiento y secado (%)
Granular IP<10	11
Granular IP>10	8
Limos	8
Arcillas	6

4.5 Procedimiento constructivo en campo.

1. Escarificado de la superficie:

El procedimiento consiste en disgregar la superficie a todo lo largo, ancho y espesor, esta actividad se realiza antes de la dosificación del cemento con equipos tales como bulldozers, riper de la motoniveladora o estabilizador rotatorio, el objetivo es pulverizar el suelo hasta la granulometría especificada en el proyecto. Además en esta etapa la humedad del material debe de estar

cercana a la óptima de compactación calculada en laboratorio, el método tradicional de dosificar la humedad es por medio de los camiones cisternas, que cuentan con una "flauta esparcidora" que permite una dosificación exacta de la humedad.

2. Dosificación del cemento:

Luego de escarificado el suelo se procede a extender el cemento de acuerdo al diseño de mezcla especificado.

a) Dosificación en sacos: Consiste en extender los sacos de cemento en la superficie a una determinada distancia entre si, posterior a ellos se abren los sacos y se distribuye el cemento de manera uniforme en la superficie, esta actividad lo debe realizar el personal entrenado y protegido.

b) Dosificación a granel: Se realiza mediante camiones esparcidores que cuentan con distribuidor automático donde equilibra la velocidad del vehiculo con la del tornillo sinfín dispuesto en el tanque de almacenamiento, haciendo que la distribución del cemento sea homogénea.

c) Dosificación por vía húmeda: Consiste en un tren de estabilización, el cual consiste en un equipo que dosifica, mezcla e inyecta lechada de cemento en un equipo mezclador-escarificador, el cual avanza detrás del equipo dosificador de lechada, mezclando íntimamente esta última con el suelo.

3. Mezclado:

Este proceso tiene como objetivo mezclar homogéneamente el suelo, cemento y agua, afín de obtener una mezcla trabajable y compactarse a su máxima densidad.

a) Mezclado con motoniveladora: Se puede utilizar solo en obras pequeñas ya que no garantiza la homogeneidad de la mezcla, se necesita realizar varias pasadas con la cuchilla, se necesita mucha experiencia del operador, en la detección de variaciones de color de la mezcla es un indicativo de falta de homogeneidad.

b) Mezclado equipo rotatorio: Los equipos mezcladores-escarificadores, además de garantizar un mezclado homogéneo proporcionan alto rendimientos, el ancho del equipo varía entre 2.0 a 2.5 m el espesor, velocidad del rotor y la velocidad de marcha se calibra, estos equipos necesitan de un control de humedad antes y después de pasar el equipo.

4. Conformación y compactación:

Posterior al mezclado, se realiza una compactación inicial con rodillo pata de cabra lo que ayuda a evitar la formación de grumos, para un mejor acabado superficial la motoniveladora realiza el refine del material que no se compacto (los puntos bajos) y posterior a ello se realiza la compactación final con rodillo vibro compactador y en otros casos con rodillo neumático alta alcanzar la densidad especificada, todo este trabajo no puede ser mayor de 2 horas desde la mezcla hasta la compactación final.

5. Curado y apertura al tráfico:

El procedimiento de curar el suelo cemento:

- a) Riego continuo de agua posterior a la compactación y acabado de suelo cemento.
- b) Riego de emulsión bituminosa, esta membrana impide que le agua que contiene la mezcla sea liberada rápidamente por evaporación, permitiendo que fragüe satisfactoriamente.

Se debe de extender una superficie de agregado sobre la emulsión cuando se encuentra en estado fresco. Los suelos granulares pueden abrirse inmediatamente al tráfico, mientras que en suelos finos conviene 7 días de curado para abrir al tráfico.

6. Juntas:

El tema de juntas de contracción o de control es relativamente reciente. Hasta el momento son pocos los países que han desarrollado o aplicado de forma sistemática la técnica de formación de juntas en fresco aproximadamente de 2.5

a 3.0 m, también conocidas como prefisuración en que trata de un método muy eficaz para el control de reflexión de fisuras en las capas superiores del concreto asfáltico, Francia, España y Alemania son países más activos en el desarrollo y la técnica, podemos mencionar dos métodos:

Método Olivia: Se inserta simultáneamente a la formación de la junta una cinta o lamina flexible de lasticoidera la inclusión de cintas plásticas en la junta del fresco.

Método Craft: Simultáneamente a la creación de la entalla en el material fresco, se aplica un riego de emulsión asfáltica en las juntas, para impedir que se vuelvan a adherir las paredes de las juntas.

Métodos de prefisuración



Método Craft

Método Olivia

Fig. 4-3: Equipos utilizado en la prefisuración del suelo cemento

7. Control de calidad del suelo cemento:

a) Pulverización: Según la PCA, el 80% de la mezcla debe de pasar la malla N° 4 y el 100% pasar la malla de 1”.

b) Control del contenido de cemento: Se colocan bandejas en el suelo antes de la distribución del cemento, posteriormente se retira y se pesa el cemento este valor se compara con el diseño del proyecto.

c) Contenido de humedad: se controla la humedad para garantizar la hidratación del cemento a una adecuada compactación; se recomienda que la humedad

este por debajo del OCH, para no llenar el total de vacíos e impedir que sea una mezcla totalmente rígida.

d) Uniformidad del mezclado: Para controlar la uniformidad del mezclado se hace unas pequeñas excavaciones igual al espesor de la capa, comprobando la uniformidad del color y aspecto general de la mezcla.

Referencia de la Obra (suelo-cemento).

La mezcla de suelo cemento se utilizó como material para la construcción de la capa de base estabilizada con un espesor de 20 cm y un ancho de plataforma de 9.60 m; donde la calidad del suelo natural, cemento y agua fueron analizados antes de realizar el diseño de mezcla de suelo cemento. Para determinar el óptimo contenido de cemento se siguió los lineamientos de los ensayos *Resistencia a la compresión simple (MTC E 1103)* y *Humedecimiento y secado (MTC E 1104)*.

1. Calidad de los materiales. ¶

Suelo: Se utilizó material de la cantera Saboya, NC-47 y NC-50, que según ensayos de laboratorio arrojaron los siguientes valores:

Tabla 4-12: Características físicas del suelo natural

ENSAYOS	RESULTADOS CANTERA SABOYA	RESULTADOS CANTERA NC-47	RESULTADOS CANTERA NC-50	ESPECIF. EG-2000
ESTRATOS (m)	3.50 - 7.00 m	5.00 - 8.00 m	0.40 - 4.00 m	
GRANULOMETRIA				
% Pasa Nº 04	100.0	100.0	100.0	
% Pasa Nº 10	98.7	99.7	99.3	
% Pasa Nº 40	83.8	96.1	90.6	
% Pasa Nº 200	18.0	27.3	24.8	
LIMITES DE CONSISTENCIA				
Límite Líquido	26	27	32	< 40%
Índice de plasticidad	5	6	7	< 18%

CLASIFICACION				
SUCS	SC-SM	SC-SM	SM	
AASHTO	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	
SUSTANCIAS PERJUDICIALES				
% de Sulfatos, expresado como SO ₄	0.005	0.007	0.011	< 0.2%
% de Materia Orgánica	1.2	1.0	0.9	

Cemento: El cemento utilizado es marca RUMI tipo I, que cumple con las especificaciones técnicas ASTM C-150, como se evidencia en los certificados del proveedor.

Agua: Las fuentes de agua utilizadas en la mezcla de suelo cemento en el proyecto son:

Tabla 4-13: Calidad del agua utilizada en suelo cemento

FUENTE DE AGUA	PARAMETROS EVALUADOS	
	Sulfatos gr./L	PH
Río Acre	0.067	7.6
Pte. Primavera	0.055	7.2
Pte. Noaya	0.042	7.4
Pte. Tahuamanu	0.097	7.2
Puerto Portillo	0.082	7.1
Especificación	< 1.0	5.5 - 8.0

2. Diseño del porcentaje óptimo de cemento.

a) Resistencia a la compresión simple (MTC E 1103 -2000).

La resistencia a la compresión simple no confinada del espécimen después de haber estado sometido a un curado húmedo de 7 días, debe de alcanzar como mínimo el valor de 18 kg/cm² según diseño.

CANTERA SABOYA (km 651+900 LI)

Tabla 4-14: Característica físico mecánica de la mezcla suelo cemento-Saboya

% CEMENTO	GRANULOMETRIA					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ²
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			
0%	100	100	98.7	83.8	18.0	26	5	A-2-4 (0)	SC-SM	1.933	11.2	
4%	100	100	98.8	83.9	19.4	24	3	A-2-4 (0)	SM	1.944	12.5	21.4
5%	100	100	98.8	84.0	20.6	23	2	A-2-4 (0)	SM	1.951	13.2	25.8
6%	100	100	98.9	84.1	21.8	21	NP	A-2-4 (0)	SM	1.959	14.1	28.9

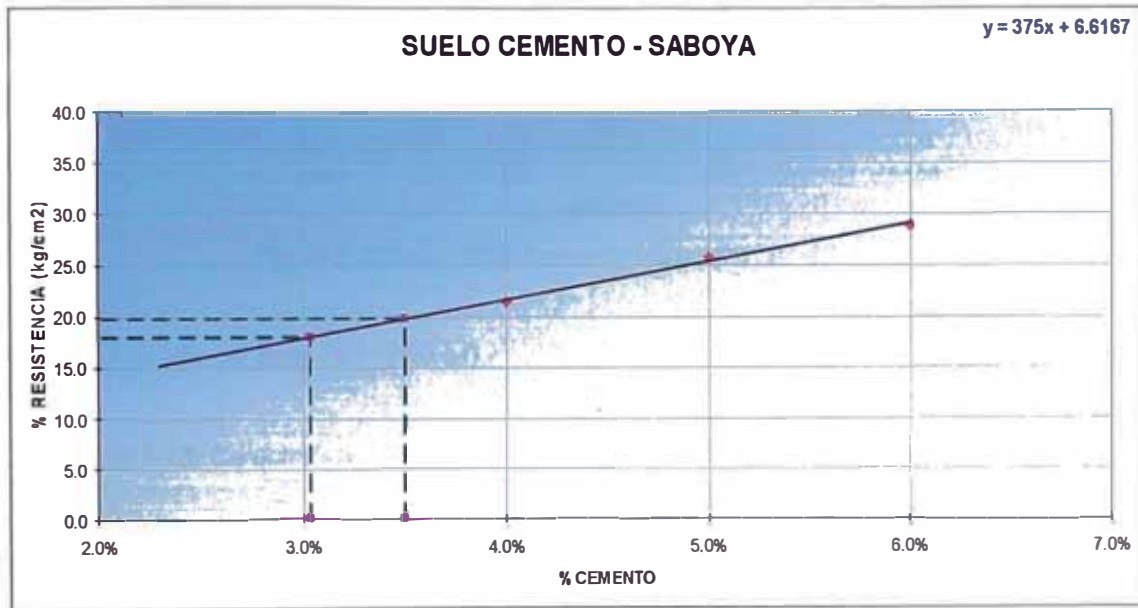


Fig. 4-4: Diseño suelo cemento - Cantera Saboya

CANTERA NC-47 (km 699+100 LI)

Tabla 4-15: Característica físico mecánica de la mezcla de suelo cemento-NC-47

% CEMENTO	GRANULOMETRIA					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ²
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			
0%	100	100	99.5	96.1	27.3	27	6	A-2-4 (0)	SC-SM	1.941	11.5	
4%	100	100	99.5	96.6	30.9	26	4	A-2-4 (0)	SC-SM	1.950	12.7	21.9
5%	100	100	99.6	96.7	32.1	24	2	A-2-4 (0)	SM	1.963	13.4	25.8
6%	100	100	99.6	96.7	33.2	23	NP	A-2-4 (0)	SM	1.972	14.1	29.7

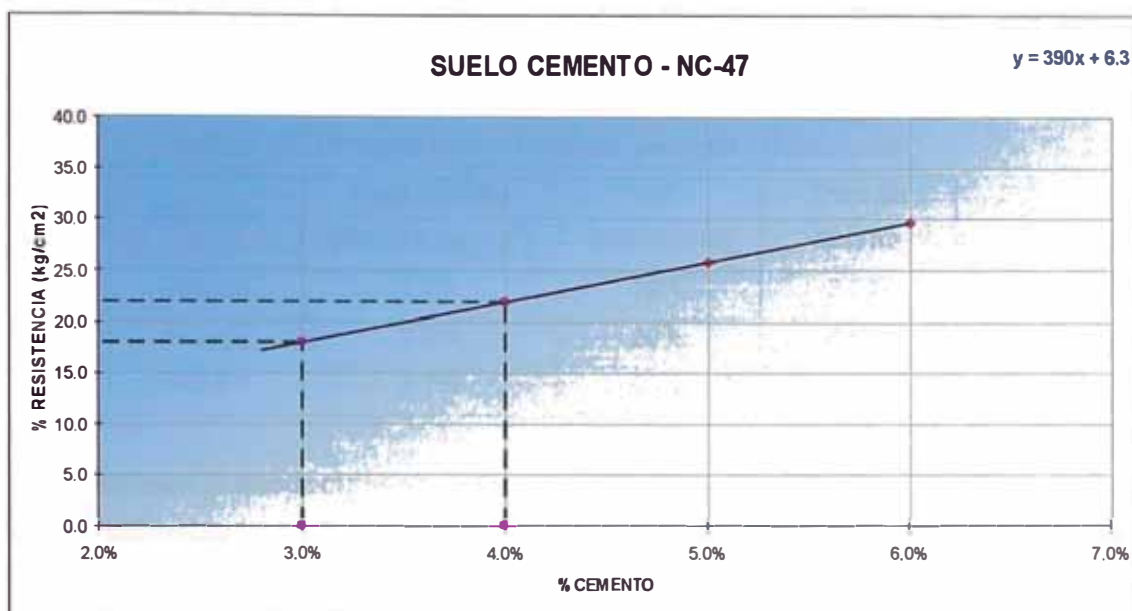


Fig. 4-5: Diseño suelo cemento - Cantera NC-47

CANTERA NC-50 (km 707+200 LI)

Tabla 4-16: Característica físico mecánica de la mezcla de suelo cemento-NC-50

% CEMENTO.	GRANULOMETRIA					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia Kg/cm2
	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			AASHTO	SUCS			
0%	100	100	99.3	90.6	24.8	32	7	A-2-4 (0)	SM	1.913	9.5	
3%	100	100	99.3	90.9	28.2	29	5	A-2-4 (0)	SM	1.920	10.4	11.2
4%	100	100	99.3	91.0	29.3	28	4	A-2-4 (0)	SM	1.931	11.2	15.2
5%	100	100	99.3	91.0	30.4	27	3	A-2-4 (0)	SM	1.943	12.4	19.3
6%	100	100	99.4	91.1	31.8	26	2	A-2-4 (0)	SM	1.951	12.9	23.2

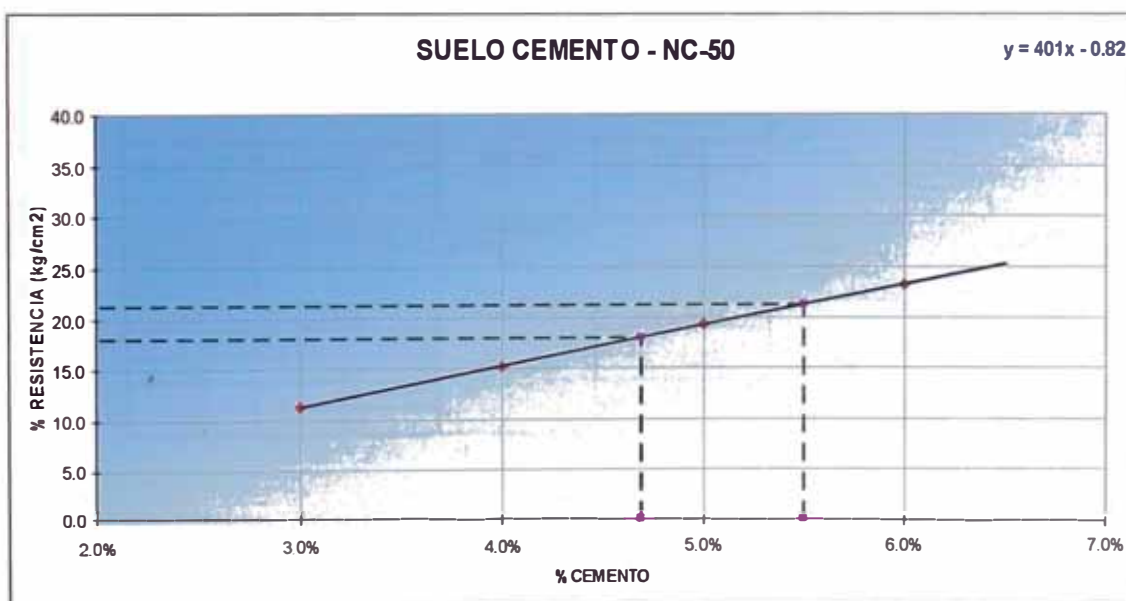


Fig. 4-6: Diseño suelo cemento - Cantera NC-50

De los resultados mostrados, la tasa de cemento que satisface la resistencia mínima de 18 kg/cm² por cada cantera se indica en la tabla 4-17.

Tabla 4-17: Tasas de diseño del suelo cemento - Resistencia

Canteras	Tasa mínima (Rd ≥18 kg/cm ²)	CV (tolerancia)	Tasa de diseño
Saboya	3.0%	10%	3.5%
NC-47	3.0%	20%	4.0%
NC-50	4.7%	20%	5.5%

b) Durabilidad humedecimiento y secado (MTC E 1104 -2000).

Posterior a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, es necesario ejecutar el ensayo de durabilidad (humedecimiento y secado) que al contrastar estos dos ensayos se optará por elegir el porcentaje de cemento que satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad en la mezcla del suelo cemento.

Tabla 4-18: Tasas de diseño del suelo cemento - Durabilidad

% CEMENTO	DURABILIDAD (%) MTC E-1104 SABOYA	ESPECIFICACION A-2-4	OBSERVACIONES	TASA DE DISEÑO
3.0	-	Máx. 14%	-	4.0%
3.5	16.2		No cumple	
4.0	12.7		Cumple	
5.0	10.3		Cumple	
6.0	8.1		Cumple	
% CEMENTO	DURABILIDAD (%) MTC E-1104 NC-47	ESPECIFICACION A-2-4	OBSERVACIONES	TASA DE DISEÑO
3.0	-	Máx. 14%	-	4.0%
3.5	-		-	
4.0	13.8		Cumple	
5.0	12.6		Cumple	
6.0	11.3		Cumple	
% CEMENTO	DURABILIDAD (%) MTC E-1104 NC-50	ESPECIFICACION A-2-4	OBSERVACIONES	TASA DE DISEÑO
3.0	17.5	Máx. 14%	No cumple	5.0%
3.5	-		-	
4.0	15.4		No cumple	
5.0	13.2		Cumple	
6.0	10.4		Cumple	

La tasa de cemento utilizada en el proyecto con los distintos materiales de canteras, se muestra en la tabla 4-19.

Tabla 4-19: Tasa de diseño de suelo cemento definitivo

Parámetros	Canteras		
	Saboya	NC-47	NC-50
Resistencia (MTC E 1103-2000)	3.5%	4.0%	5.5%
Durabilidad (MTC E 1104 -2000)	4.0%	4.0%	5.0%
Tasa de diseño	4.0%	4.0%	5.5%

En la etapa constructiva, respecto a la conformación de la base estabilizada suelo cemento, surgieron los problemas de fisuración superficial, de la experiencia concebida todo suelo cemento se fisura debido a la retracción hidráulica y el gradiente térmico que genera esfuerzo en el suelo cemento. En el capítulo 6 se detalla los procesos realizados para revertir esta falencia.

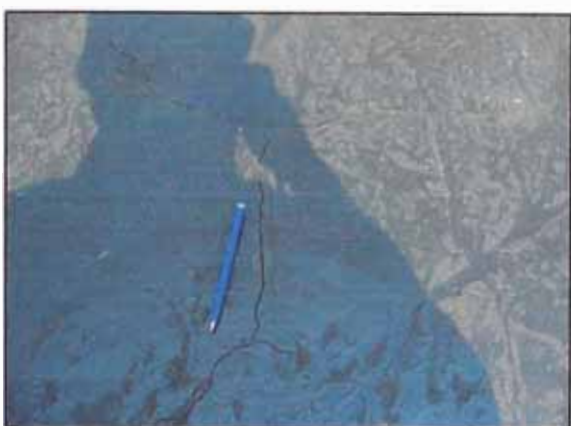


Foto 18. Fisuras a temprana edad en base suelo cemento imprimado.



Foto 19. Fisuras por retracción hidráulica en la capa de base suelo cemento imprimado.

3.0 Resistencia del cemento vs tipo de cemento.

Con los materiales de cantera (Saboya y NC-47) se añadió cemento de manera dosificada de distintos tipos Tipo I y Tipo IP de la marca Rumi, se muestra los resultados de resistencia en la tabla 4-20 y 4-21.

Tabla 4-20: Resistencia a la tracción y compresión-Saboya

% CEMENTO	Resistencia kg/cm ² Cemento tipo I				Resistencia kg/cm ² Cemento tipo IP			
	COMPRESIÓN 07días	COMPRESIÓN 28días	TRACCIÓN 07días	TRACCIÓN 28días	COMPRESIÓN 07días	COMPRESIÓN 28días	TRACCIÓN 07días	TRACCIÓN 28días
2.0 %	3.1	7.9	0.1	0.2	5.3	5.8	1.0	1.0
4.0 %	18.4	20.1	2.9	4.7	18.9	22.3	4.4	5.1
6.0 %	26.4	38.8	5.4	6.9	34.4	37.3	6.7	9.3
8.0 %	33.4	54.2	8.0	11.6	40.8	51.3	9.2	12.2
10.0 %	42.1	62.5	9.0	13.0	48.2	61.0	10.5	13.6
12.0 %	53.3	83.2	9.3	14.5	60.4	73.3	11.0	14.9

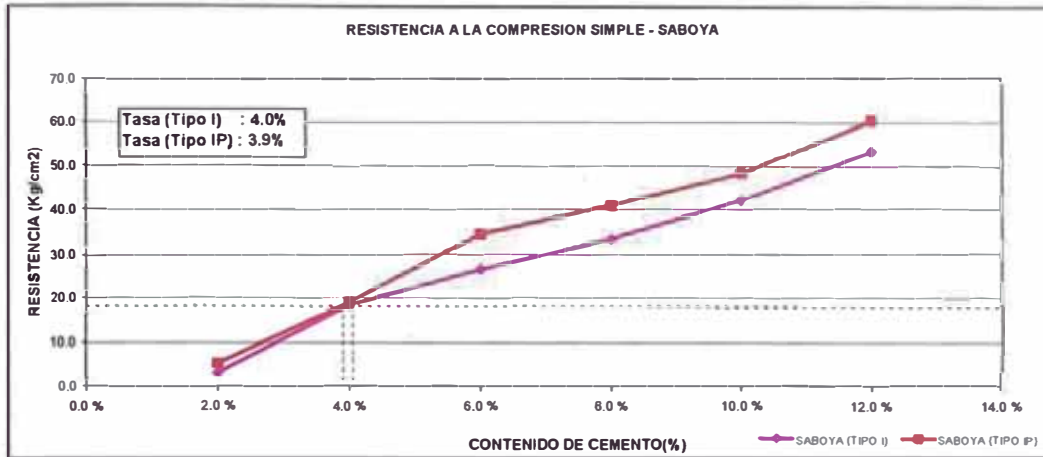
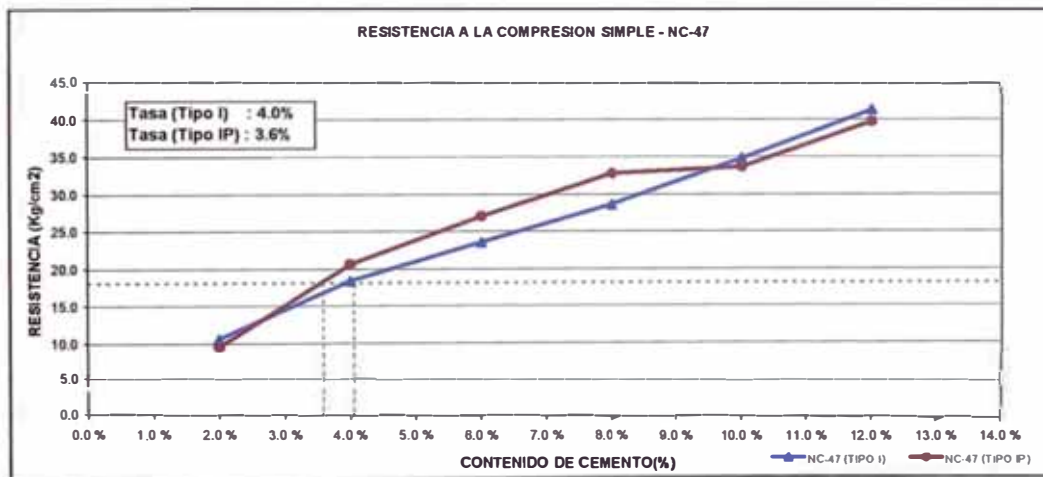


Tabla 4-21: Resistencia a la tracción y compresión-NC-47

% CEMENTO	Resistencia kg/cm ² Cemento tipo I				Resistencia ka/cm ² Cemento tipo IP			
	COMPRESIÓN 07días	COMPRESIÓN 28días	TRACCIÓN 07días	TRACCIÓN 28días	COMPRESIÓN 07días	COMPRESIÓN 28días	TRACCIÓN 07días	TRACCIÓN 28días
2.0 %	10.5	11.8	1.8	3.5	9.5	19.3	2.2	3.3
4.0 %	18.3	23.2	3.0	5.2	20.6	32.3	3.4	7.1
6.0 %	23.5	33.5	4.2	6.0	27.0	40.5	4.7	8.5
8.0 %	28.5	40.9	4.9	8.0	32.7	49.5	5.7	9.4
10.0 %	34.7	48.0	5.2	9.0	33.6	51.9	6.1	10.9
12.0 %	41.2	56.9	6.0	10.8	39.7	56.5	7.0	15.0



4.0 Fórmula de trabajo.

Teniendo en consideración la calidad de los materiales y el porcentaje óptimo de cemento, se procede a realizar el trabajo en campo.

a) Equipo Mecánico:

01 Motoniveladora CAT 140G.

01 Rodillo Autop. Liso vibratorio CAD25D.

- 01 Rodillo Autop. Neumático AP 22
- 01 Rodillo pata de cabra CA-25 PD.
- 01 Tractor neumático con arado.
- 01 Camión distribuidor de cemento.
- 01 Recicladora estabilizador suelos Terex RS 425.
- 01 Camión sistema 256 HP.
- 01 Camión Volquete 15 m³.
- 01 Camión tanque imprimador.

b) Procedimiento en campo:

Se escarifica en todo el ancho de trabajo de manera de pulverizar todos los grumos, de manera que la mezcla posterior sea homogénea, a su vez le incrementa agua por medio de la cisterna hasta alcanzar 1.5% de humedad por encima de la humedad óptima, debido a la hidratación del cemento.

Aplicación del cemento. El camión dispensador distribuye el cemento en todo el ancho del carril de trabajo, el cálculo de la tasa de cemento en pista se realiza de la misma forma que el suelo cal.

$$\text{Tasa de cemento (kg / m}^2\text{)} = M .D .S \times \text{espesor de capa } x (\%)$$

$$\text{Tasa de cemento} = 1.936 \times 0.20 \times 0.040 = 15.5 \text{ kg/m}^2$$

Mezclado. Inmediatamente después de ser esparcido el cemento se efectuó el mezclado con una máquina recicladora de pavimento que tiene rotores mezcladores horizontales los cuales garantizan la homogeneidad de la mezcla suelo cemento.

Compactación. Los trabajos de compactación se iniciaron con rodillos pata de cabra (6 pasadas) terminándose con el rodillo neumático (6 pasadas). Los trabajos de mezclado, compactación y refine con el respectivo control topográfico se deben culminar en un lapso no mayor de 3 horas. El grado de compactación, según las especificaciones técnicas de servicio establece como mínimo de 95% del Próctor modificado.

Tabla 4-22: Cuadro resumen del control de densidades - Base

ESTADISTICO	CONTENIDO DE HUM.		DENSIDAD		Di % COMPAC.
	OPTIMA	CAMPO	MAXIMA	CAMPO	
N	388	388	388	388	388
SUMA	4837.1	4913.4	751.4	743.7	38406.2
XP	12.5	12.7	1.937	1.917	98.99
MIN	10.5	10.6	1.919	1.845	95.02
MAX	13.1	13.6	1.968	1.970	101.82
DESVIACION ESTANDAR	0.460	0.427	0.011	0.032	1.989
VARIANZA	0.212	0.183	0.000	0.001	3.956
COEF. DE VARIACION	3.7	3.4	0.5	1.7	2.0

Del control de densidades realizados en obra, la densidad promedio alcanza el valor de 98.9%, de esta manera el control de densidades cumple el parámetro mínimo de especificación técnica.

Se realizó el control deflectométrico a nivel de base suelo cemento para ello se calculó la deflexión admisible mediante la teoría de elasticidad del pavimento.

WINDEPAV

Interfase Windows del programa DEPAVF

Por: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela

Título BASE SUELO CEMENTO

Radio de las ruedas de carga (cm) 10.8
Distancia entre los centros de las ruedas de carga (cm) 32.4
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 5.6

Capa No.	Espesor (cm)	Módulo E (kg/cm ²)	R. Poisson	Liga
1	20	38600.34	0.2	Ligada
2	20	4300.14	0.35	Ligada
3	65	719.92	0.45	Ligada
4		309.99	0.45	

Posición del valor máximo para una carga

A Bajo una rueda simple

B Bajo una de las ruedas de la carga

C Al centro de la carga

Capa	Cota (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Epsilon T (micro)	Epsilon Z (micro)
1	0	8.34 B	5.60 A	150 B	-38 C
	20	-4.65 B	0.71 B	-108 C	61 B
2	20	-0.28 C	0.71 B	-108 C	199 B
	40	-0.80 C	0.21 C	-145 C	173 C
3	40	-0.01 C	0.21 C	-145 C	293 C
	105	-0.06 C	0.06 C	-81 C	151 C
4	105	0.00 B	0.06 C	-81 C	178 C

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) 60.06
Radio de curvatura (m) 492.82

La deflexión de campo se controla mediante la deflexión característica del sector evaluado, utilizando la siguiente ecuación:

$$D_c = D_p + 1.645 \times \sigma$$

D_c: Deflexión característica.

D_p: Deflexión promedio.

σ : Desviación estándar (1.645 representa el 95% del nivel de confiabilidad)

La deflexión admisible adoptada para la obra es de 50×10^{-2} mm; como se puede apreciar la deflexión característica de 45.8×10^{-2} mm, está por debajo del valor admisible, lo que indica que cumple el control deflectométrico.

Tabla 4-23: Cuadro resumen del control de deflexiones - Base

ESTADISTICO	Deflexiones Normalizadas		Radio curvatura R _c (m)
	D _{k0} (0.01 mm) 1 er. Dial	D _{k25} (0.01 mm) 2 do. Dial	
PROMEDIO	30.7		351
MAX. OBTENIDO	48.4		710
MIN. OBTENIDO	8.8		101
DESV. ESTANDAR	9.2		
CARACTERISTICA	45.8		
R x D	10751		

Curado. Terminada la conformación y habiendo cumplido la compactación, según las especificaciones técnicas, se procede a realizar el riego de imprimación asfáltica como membrana de curado de la capa de suelo cemento, el cual se protegió con arena fina limpia húmeda, por un lapso de 7 días, después de este periodo se da apertura al tráfico.

5.0 Panel Fotográfico del Proceso Constructivo.



Foto 20. Esparcido del cemento con el camión dispensador.



Foto 21. Control de la dosificación de cemento en campo.



Foto 22. Mezclado del suelo cemento con el equipo escarificador - reciclador.



Foto 23. Mezclado por franjas, con la estabilizadora con rotores internos en un sector de 100 m.



Foto 24. Verificación de la profundidad y homogenización de estabilización suelo cemento.



Foto 25. Trabajos cotidiano, tren de compactación en la base suelo cemento.



Foto 26. Imprimación del tramo de base suelo cemento después de su aprobación de laboratorio y topografía.



Foto 27. Arenado con espesor de 2.0 cm, aproximadamente luego de la imprimación con emulsión asfáltica de rotura lenta.



Foto 28. Control de densidades con el densímetro nuclear a nivel de base suelo cemento.



Foto 29. Control de deflexiones a nivel de base suelo cemento culminado.

CAPITULO 5.
DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR
TRAMO 3: PTE INAMBARI - ÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825).

Introducción.

Para el diseño de un pavimento de una vía determinada, se necesita saber una serie de factores que intervienen directamente al terreno de fundación y de la calidad de los materiales que estará constituido el pavimento, proyectándose además que en la etapa de pavimento construido no se puede dejar de lado las condiciones climáticas de la zona y la carga de tráfico que a futuro se incrementará, estas dos condiciones entre otras, deberá soportar el pavimento según el periodo de diseño.

Existe una variedad de métodos para diseñar un pavimento con el transcurrir del tiempo se ha ido desechando algunos métodos y perfeccionándose otros acondicionando la mayor cantidad de parámetros que pueden influir en el diseño de un pavimento, a continuación se menciona algunos métodos de diseño:

Tabla 5-1: Métodos para el diseño de pavimento

Método	Descripción
Empíricos	Se emplean factores de seguridad muy altos, métodos basados en la clasificación de suelos como el Índice de Grupo.
Semi empíricos	Relacionado con algunos ensayos. Métodos basados en el CBR, Hveem y el de Texas.
Racionales	Basados en consideraciones teóricas sobre distribución de esfuerzos y deformaciones. El Navy, Shell e Instituto del asfalto.

En la actualidad en la mayoría de los proyectos referidos a diseños del pavimento se utiliza el método AASHTO-93, sin embargo existe el método de diseño AASHTO-2002, que considera parámetros más reales de la zona como son el gradiente térmico de la zona, espectro de ejes de carga de vehículos, sin duda este método estaría rigiéndose en las condiciones reales del pavimento en la actualidad se encuentra en evaluación en zonas de estudios.

5.1 Definición de pavimento.

Un pavimento es un paquete estructural que está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan en la subrasante de una vía que ha sido conformada por el movimiento de tierras y exploración, que ha de resistir las cargas repetitivas del tránsito que se le transmite durante el periodo en que fue diseñada. La estructuración del pavimento típico es la siguiente:

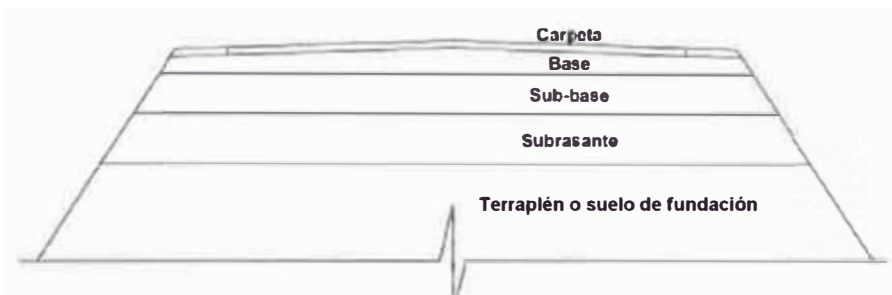


Fig.5-1: Estructura genérica del pavimento

- a) Terraplén o suelo de fundación. Sirve de fundación al pavimento, después de terminado el movimiento de tierras (corte, relleno y media ladera) y una vez compactado se debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en el proyecto.
- b) Subrasante. Corresponde a la parte superior del suelo de fundación, que ha sido nivelada, perfilada y compactada que servirá de apoyo directo para las diferentes capas del pavimento, es necesario mencionar que la subrasante debe de estar bien drenada con las obras de arte necesarias, evitando de manera cabal las posibles infiltraciones del agua al pavimento.
- c) Sub base. Capa de material pétreo, mezcla de suelo cemento o cal, mezcla bituminosa o piedra tratada que se coloca entre el suelo de fundación y la capa de base.
- d) Base. Capa de material pétreo, mezcla de suelo cemento, mezcla bituminosa o piedra tratada que se coloca sobre la capa de sub base.

e) Capa de rodamiento. Esta se coloca sobre la capa de base en el caso de pavimento flexible está constituido por una carpeta asfáltica que absorbe los esfuerzos cortantes debido a la carga de tráfico. En el caso de pavimento rígido esta capa es de concreto hidráulico que a su vez por la alta rigidez transmiten eficientemente los esfuerzos a la subrasante

5.2 Tipos de pavimentos.

Para clasificar los pavimentos existen diferentes criterios, puntos de vistas, de manera general el pavimento es toda superficie preparada y alisada con el objeto de brindar una fácil, cómoda y circulación de los vehículos. Los pavimentos en general se clasifican en pavimentos flexibles, pavimentos semirígidos, pavimentos rígidos.

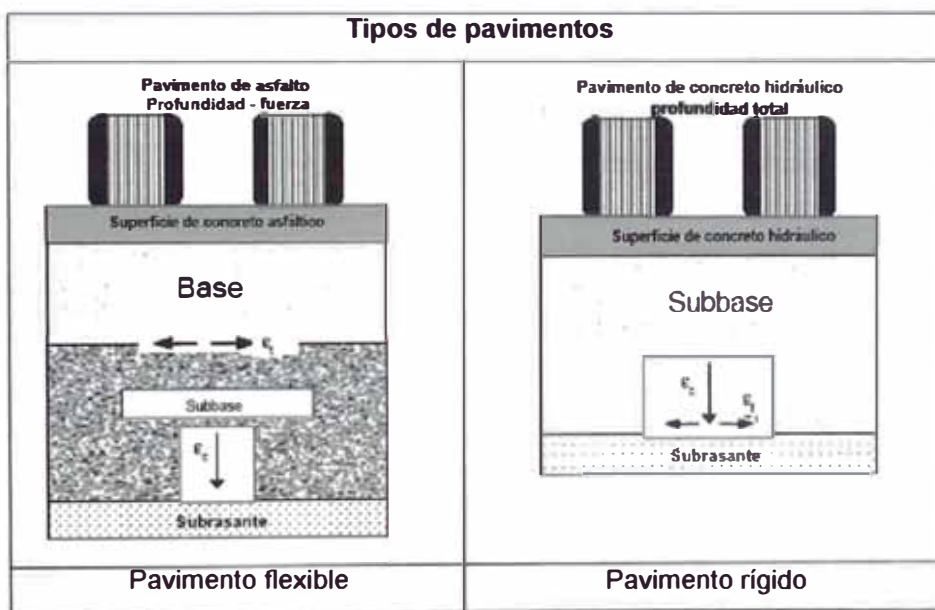


Fig. 5-2: Tipos de pavimentos: flexible-rígido

a) Pavimentos flexibles.

Este tipo de pavimentos están formado por una carpeta bituminosa apoyada realmente sobre dos capas de características flexibles como son la base y la sub base, no siendo necesaria la presencia de las dos capas en el pavimento, dependiendo de las condiciones del proyecto.

Tabla 5-2: Funciones del pavimento flexible

Capas del pavimento	Funciones de capas del pavimento flexible
Sub base granular	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El espesor que se requiere debe satisfacer los niveles de esfuerzo tal que al ser transmitidos a la subrasante debe ser menor o igual a su propia resistencia. ❖ Esta capa actúa como filtro impidiendo que los finos de la subrasante contaminen la capa de base. ❖ La subrasante sufre cambios volumétricos debido a las infiltraciones de agua, estos cambios puede ser absorbido por la capa de sub base cumpliendo la función drenante.
Base granular	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Esta capa debe de absorber grandes esfuerzos, transmitiendo a las capas de sub base y subrasante, esfuerzos de una intensidad adecuada. ❖ Los materiales de mejor calidad se colocan en las capas superiores del pavimento con menor espesor que las capas subyacente.
Carpeta asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La carpeta debe de proporcionar una superficie uniforme, estable además de resistir los esfuerzos cortantes generados por el tráfico. ❖ Debe de impedir el paso del agua al interior del pavimento.

b) Pavimentos rígidos.

Este pavimento está conformado por una losa de concreto como superficie de rodadura y subyacente a esta capa se encuentra una capa de sub base granular que esta a su vez trasmite de manera uniforme los esfuerzos de las cargas dinámicas al nivel de subrasante.

Tabla 5-3: Funciones del pavimento rígido

Capas del pavimento	Funciones de capas del pavimento rígido
Sub base granular	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La función más importante es impedir la infiltración de agua que es percolada a través de las juntas de las losa de concreto. ❖ Sirve como capa de transición y suministra un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.

Capas del pavimento	Funciones de capas del pavimento rígido
	❖ Controla los cambios volumétricos de la subrasante.
Losa de concreto	❖ La función de la losa en el pavimento rígido son las misma de la carpeta asfáltica, más la función estructural de soportar y transmitir de manera adecuada los esfuerzo hasta el nivel de subrasante.

5.3 Estudio de tráfico.

Es uno de los factores que define el dimensionamiento de la estructura pavimento, se considera las cargas más pesadas (ejes simple, tándem, tridem) en el carril de diseño durante el periodo de diseño adoptado, la repetición de la carga vehicular y la consecuente acumulaciones de deformaciones del pavimento son fundamentales para el diseño.

Eje Sencillo: Es un eje cuyo extremo lleva una o dos ruedas sencillas.

Eje Tándem: Constituido por dos ejes sencillos con rueda dobles a los extremos.

Eje Tridem: Es aquel constituido por tres ejes sencillos.

Los diferentes tipos de vehículos que circulan sobre el pavimento durante la vida útil de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes, por los diferentes vehículos y presión de inflado. La AASHTO ROAD TEST, trata de resolver este problema, tomando como carga patrón un eje sencillo de 8.2 toneladas (80 KN o 18 kips) este valor es tomado, por que dicha carga por eje fue normalizada con carga de diseño en varios países.

a) Determinación del volumen del tránsito.

Para el diseño de pavimento, es necesario predecir la carga de tráfico que va a soportar la vía durante el periodo de diseño, es conveniente tener en cuenta que para el diseño de pavimento interesa solamente el volumen de tránsito que pasa por un carril, al que se denomina carril de diseño

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

Donde:

T_n : Tránsito en cualquier año.

T_i : Tránsito en el año inicial i .

r : Tasa de crecimiento anual.

La expresión que permite determinar el tránsito acumulado durante n años del periodo de diseño es la siguiente.

$$T_{acumulado} = T_i \times \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)}$$

b) Determinación del factor camión.

El factor camión es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje y la producida por el eje simple estandarizado de 8.2 toneladas. El factor camión se puede determinar por el conteo y pesaje de los vehículos, este método tiene como característica la precisión para determinar el tránsito real con referencia a los 8.2 toneladas, pero es costoso, por lo que nos da la alternativa de usar valores correspondiente a una vía cerrada que posea dicha información considerando que la característica del tránsito es similar en ambas vías.

La AASHTO ROAD TEST elaboró unas tablas relacionada al factor camión, donde los parámetros variables para este cálculo son las cargas por eje, espesor del pavimento, tipo de pavimento y la serviciabilidad (Fuente Manual del AASHTO 93 Capítulo 3).

c) Determinación del número de los ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Una vez determinado el periodo de diseño y determinado el número de vehículos que transitarán en el carril de diseño, es posible convertir esto a ejes simples equivalentes a 8.2 toneladas mediante la siguiente expresión.

$$EE_{8.2 \text{ ton}} = IMD \times 365 \times F_{carril} \times F_{camion} \times \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)}$$

Donde:

EE: Ejes simples equivalentes a 8.2 toneladas.

IMD: Tránsito medio diario.

r : Tasa anual de crecimiento del tránsito.

n: Periodo del diseño.

5.4 Característica del material de la subrasante.

Para la evaluación de esta capa se realiza la auscultación de calicatas en el terreno existente, que llevado la muestra al laboratorio se ejecutará el ensayo de capacidad de soporte (CBR) esto representa la condición más crítica al encontrarse el material saturado; el ensayo se simula en campo la resistencia que opone el material a ser deformado (penetración) a causa de la sollicitación de esfuerzos bajo las cargas repetitivas del tránsito, reflejándose en el ensayo sólo el comportamiento lineal del material.

La carga del tráfico es una carga dinámica repetitiva aplicado al pavimento produciendo deformaciones resilientes (instantáneamente recuperables) y plásticas (acumulativas no recuperables), bajo la carga móvil la deformación permanente se va acumulando; debe hacerse notar el hecho de que en ciclos intermedios la deformación permanente para cada ciclo disminuye, hasta que prácticamente desaparece en los ciclos finales. De aquí se desprende el concepto de módulo de resiliencia (M_r).

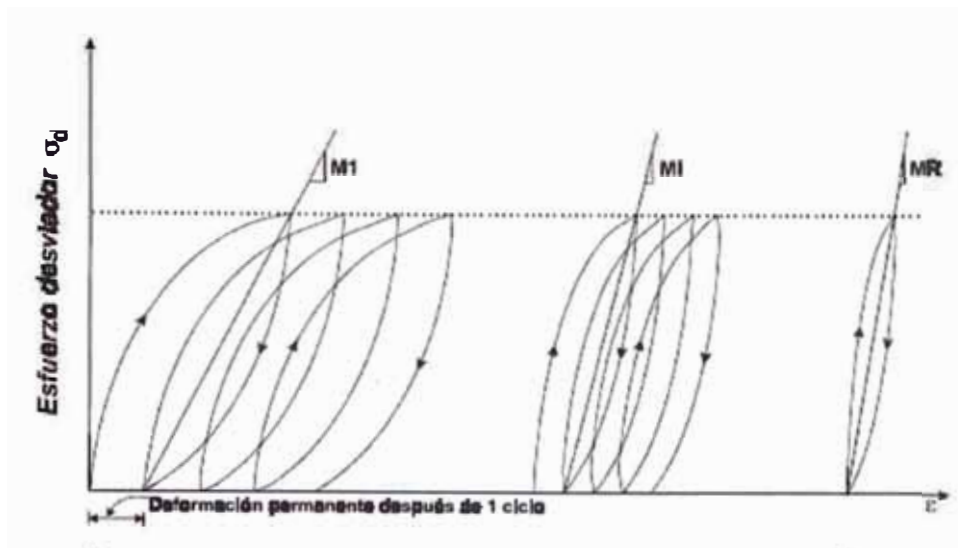
$$M_r = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\varepsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_{axial}}$$

σ_1 = esfuerzo principal mayor

σ_3 = esfuerzo principal menor

σ_d = esfuerzo desviador

ε_{axial} = deformación recuperable



Deformación acumulada después de N ciclos

Fig.5-3: Ciclo de deformaciones en el módulo de resiliencia

Durante pruebas de carga repetida se observa que después de un cierto número de ciclos de carga, el módulo llega a ser aproximadamente constante a este valor se considera como módulo de resiliencia

Como la mayoría de las empresas e instituciones dedicadas al diseño de pavimentos no cuentan con el equipo para el ensayo de módulo de resiliencia (Mr) se han desarrollado investigaciones para correlacionar el CBR con el Mr, que según la AASHTO señala algunas ecuaciones:

$$\begin{aligned} Mr \text{ (psi)} &= 1500 \times \text{CBR} && \text{si } \text{CBR} < 7.2\% \\ Mr \text{ (psi)} &= 3000 \times \text{CBR}^{0.65} && \text{si } 7.2\% < \text{CBR} < 20\% \end{aligned}$$

Con el Mr estacional se determina el factor de daño relativo (Uf) que permite extrapolar y considerar las características del suelo a condiciones climáticas particulares, es evidente que la acción de las aguas de lluvias produce el ascenso del nivel freático teniendo un contacto directo con la subrasante cambiando sus características en comparación con los valores de Mr de la estación seca.

$$Uf = 1.18 \times 10^8 \times Mr^{-2.32}$$

Donde:

Uf : Factor de daño

Mr : Módulo resiliente (psi)

Para la determinación del CBR de diseño y su posterior correlación con el Mr. Si en un determinado tramo se presenta una heterogeneidad en los suelos de la subrasante que no permita definir como un predominante, según el Instituto del Asfalto referido al diseño de la subrasante se define con valores de CBR que es menor que el 60%, el 75% o el 87.5% del total de valores analizados del tramo.

Tabla 5-4: Percentil para distinto niveles de tráfico

Niveles de tráfico (EAL)	Percentil de diseño (%)
10 ⁴ o menos	60%
Entre 10 ⁴ y 10 ⁵	75%
10 ⁵ o mas	87.5%

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar daños futuros a las estructuras que se apoyen sobre la subrasante, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución como impedir las variaciones de la humedad del suelo, confinar las arcillas bajo relleno, evitar las arcillas expansivas realizando un cambio de trazo de la vía o reemplazar el material inadecuado.

5.5 Diseño de pavimento.

5.5.1 Método de diseño AASHTO-93.

En la actualidad se utiliza el diseño AASHTO-93 este método carece de algunos parámetros que no son considerados en el diseño de pavimentos, debido a ello la AASHTO ha generado un nuevo plan de diseño de pavimento AASHTO-2002 actualmente se encuentra en la fase de desarrollo.

Los parámetros generales que interviene en el cálculo del número estructural (SN) requerido según el diseño del pavimento AASHTO-93 (GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993):

- Confiabilidad - Desviación estándar normal (Z_r).
- Desviación estándar total (S_o).
- Tráfico (N).
- Módulo Resiliente (M_r).
- Serviciabilidad (ΔPSI).

Confiabilidad - desviación estándar normal (Z_r).

La confiabilidad de un proceso de diseño-comportamiento de un pavimento, es la probabilidad de que una sección del pavimento diseñada usando el proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño. La AASHTO presenta una tabla para cada tipo de pavimento a diseñar.

Tabla 5-5: Grado de confiabilidad vs la clasificación de la vía

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.99	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Guía para diseño de estructura del pavimento, AASHTO-93

Tabla 5-6: Desviación estándar normal de acorde a la confiabilidad

Confiabilidad R (%)	Desviación estandar Normal (Z_r)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para diseño de estructura del pavimento, AASHTO-93

Desviación estándar total o Varianza (S_o)

Por otro lado, considerando que se ha efectuado un estudio de tráfico detallado, que ha incluido censos de vehículos y de cargas, se adopta:

Para pavimento flexible un valor de $S_o = 0.40$ a 0.50

En construcción nuevas un valor de $S_o = 0.35$ a 0.40

En sobre capas un valor de $S_o = 0.50$

Tráfico (N)

Este parámetro se aclara más en el ítem 5.3 de este mismo capítulo.

Módulo resiliente (M_r)

Este parámetro se aclara más en el ítem 5.4 de este mismo capítulo.

Serviciabilidad (ΔPSI).

La serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico (automóviles y camiones) que usa la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de serviciabilidad Presente (PSI , Present Serviciabilty Index), que varía entre cero 0 (malas condiciones), y cinco 5, (camino perfecto). Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final.

Serviciabilidad inicial.

$P_i = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_i = 4.2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final.

$P_t = 2.5$ ó más para caminos principales

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Con los parámetros mencionados se procede a calcular el número estructural (SN) requerido para las condiciones que el proyectista asuma correctamente según la ecuación siguiente:

$$\text{Log } N = Z_R \times S_O + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \times \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{3,15}}} + 2,32 \times \log M_R - 8,07$$

Luego de calculado el SN requerido, tendremos que estructurar un pavimento que ofrezca como mínimo ese número estructural determinado de la ecuación anterior.

Los parámetros que influyen en el cálculo del dimensionamiento de las capas del pavimento según el método AASHTO-93 son:

Coefficientes estructurales de capa (a_x)

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_x), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada materia para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Coefficientes de drenaje de capa (m_x)

La AASHTO recomienda unos tiempos de drenaje, para niveles de saturación del suelo de 50% y 85%, donde a 85% drena el agua mejor que a un 50% de saturación.

Tabla 5-7: Calidad del drenaje expresado en tiempo de saturación

Calidad del Drenaje	50% saturación	85% saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas
Muy pobre	El agua no drena	mayor de 15 horas

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje (m_x), que toma en cuenta las capas no ligadas.

Tabla 5-8: Determinación del m_x de acuerdo a la calidad del drenaje

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

5.5.2 Diseño mecánico esfuerzo-deformación.

Este método consiste en evaluar los criterios de fatiga del pavimento para el periodo de vida útil.

1. Fatiga de la capa cementada: Para ellos utiliza la deformación límite de tracción de la capa cementada considerándose las ecuaciones de fatiga más utilizadas.

Ec. de fatiga del Prof. BALBO - USP $\sigma_1(\text{lim}) = 0.9511 - 0.0555\log(N)$.

Ec. de fatiga del Prof. CERATI - UFRGS $\sigma_1(\text{lim}) = 0.75 - 0.04\log(N)$.

El valor de N representa el número de solicitaciones de eje estándar de 8.2 toneladas calculado con los factores de los vehículos según la AASHTO, por recomendación del Cuerpo de Ingenieros (USACE) es más conservador usar valores de 2 a 4 veces el valor de N dependiendo de la carga el tráfico.

2. Deformaciones en las capa de suelo natural a nivel de subrasante o mejoramientos:

$$\sigma_v(\text{limite}) = a \cdot N^b$$

Donde:

a, b : Valores constante

N: Número de solicitaciones de 8.2 ton durante el periodo de diseño

Tabla 5-9: Coeficientes a y b propuesta por instituciones especializada

N	Autores	Criterio terminal	a	b
1	D W. Potter/SG Donald (NAASRA)	Flecha de 20 a 30 mm	-0.0085	-0.14
2	SHELL (Claessem, Edwards, Sommer, Uge)	Flecha de 20 mm	-0.028	-0.25
3	L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees (LNPC)	-	-0.021	-0.24
4	Transport and Road Research Laboraty (TRRL)	Flecha de 10 mm	-0.015	-0.253
5	Shell KSLA (Dorman e Metcalf)	-	-0.0116	-0.21
6	The Asphalt Institute (L. E. Santucci)	Flecha de 13 mm	-0.0105	-0.223
7	Centre de Recherches Routieres (CRR)	-	-0.011	-0.23
8	Nottingham University	Deformaciones excesivas	-0.0216	-0.28
9	Monismith (University of California)	-	0.105	-0.2234
10	Kentuck Highway	-	-	-

5.5.3 Método de diseño de la PCA.

La Portland Cement Association desarrollo un método de diseño de espesores aplicable específicamente al suelo cemento, con base en las propiedades que hacen que este material sea fundamentalmente diferente a otros empleados para base de pavimentos.

El suelo cemento, como cualquier material de construcción, esta sometido a la acción de fatiga para la repetición de cargas. Las investigaciones de la PCA indican que el comportamiento varía ampliamente con el tipo de suelo usado para la mezcla de suelo cemento.

Parámetros de diseño:

Capacidad de soporte. Se evalúa por medio de un módulo de reacción K, determinado con el ensayo de placa.(AASHTO T-222-62).

Periodo de diseño. Es el tiempo de servicio del pavimento, que determinara el volumen total de vehículos involucrados en el diseño

Tránsito. Se cuantifica mediante el número y peso de los distintos ejes que utilizará durante el periodo de diseño

Calidad del suelo cemento. Se mide su resistencia a la falla por fatiga tomando como unidad de consumo de fatiga correspondiente a mil ejes equivalentes de 8.2 ton.

En función de esta, se cuantifica el consumo de fatiga ocasionado por las distintas cargas por eje, sobre suelo granular o fino, los valores de esos coeficientes de consumo de fatiga.

Tabla 5-10: Coeficiente de fatiga por carga en el eje

Coeficiente de consumo de fatiga		
Carga por eje (ton)	Suelo cemento suelo granular	Suelo cemento fino granular
Ejes simple		
13.6	12500000	3530
12.5	1270000	1130
11.8	113000	337
10.9	8650	93
10.0	544	23.3
9.1	27	5.2
8.2	1.0000	1.0000
7.3	0.0250	0.1600
6.4	0.0004	0.0200
5.4		0.0018
Tandem		
22.7	12500000	3530
21.8	3210000	1790
20.8	792000	890
20.0	186000	431
19.0	41400	203
18.1	8650	93
17.2	1690	41.1
16.3	305	17.5
15.4	50.4	7.1
14.5	7.5	2.74
13.6	1.0000	1.0000
12.5	0.1200	0.3410
11.8	0.0120	0.1070
10.9	0.0010	0.0310
10.0		0.0081
9.1		0.0018

Se multiplicará el número esperado de repeticiones de cada eje por su correspondiente consumo de fatiga, para obtener el factor de fatiga del eje en consideración, la suma de los factores de fatiga así obtenidos se denomina el factor de fatiga del pavimento de suelo cemento.

Referencia de la Obra (diseño del pavimento).

1.0 Estudio de Tráfico.

La evaluación del tráfico para el sector de Iberia - Iñapari se evaluó en el periodo de marzo del 2004, tomando como estación de conteo la localidad de Iberia (B-14), de manera que se calculó el IMD para ese año partiendo de ese dato se planteo la ecuación para la realización de la proyección del tráfico es de tipo exponencial del tipo $T_n = T_i \times e^{rx}$ donde r es la tasa de crecimiento anual del tráfico.

La tasa de crecimiento anual para autos es de 2.56%.

La tasa de crecimiento anual para camionetas es de 1.73%.

La tasa de crecimiento anual para bus es de 8.83%.

La tasa de crecimiento anual para C-2 es de 5.24%.

La tasa de crecimiento anual para C-3 es de 8.14%. Todos los valores de tasa de crecimiento estimados son validos para el año 2009 hasta el 2029.

Tabla 5-11: Reporte de la estación de conteo vehicular

Codigo de Estacion : B14						Estacion : IBERIA			
Año	Auto	Camta	Camta Rural	Micro	Omnib	Camion 2 Ejes	Camion 3 Ejes	Articul.	IMD
2004	34	3	0	0	0	5	1	0	43
2009	53	13	0	0	6	2	27	0	102
2019	68	16	0	0	19	4	102	0	209
2029	92	19	0	0	39	7	156	0	314

Los vehículos que se consideran que tiene aporte destructivo reflejados esto en el factor camión, para el pavimento son los siguientes: Ómnibus, camión de 2 ejes, camión de 3 ejes y camión articulado, los demás son vehículos ligeros.

Tabla 5-12: Factores por tipo de vehiculo

Vehiculo	Omnibus	C-2	C-3	Articulado
F. camion	2.52027	9.36282	3.82894	7.12794
Factor carril	0.510	0.510	0.510	0.510

Para la determinación del EAL (8.2 ton.) en este caso se utilizo la ecuación siguiente:

$$EAL = 365 \times F_{camion} \times F_{carril} \times IMD_{proy}$$

Tabla 5-13: Cuantificación del número de ejes equivalentes (EALs)

Codigo de Estacion : B14

Estacion :

IBERIA

Tramo: Ñapari-Mavila

Año	Omnib		Camion 2 Ejes		Camion 3 Ejes		Articul.		IMD	EAL Anual	Σ EAL
	Unid	EAL	Unid	EAL	Unid	EAL	Unid	EAL			
2009	6	2.9E+03	2	4.2E+03	27	1.9E+04	0	0.0E+00	36	2.6E+04	2.6E+04
2010	10	4.7E+03	3	4.4E+03	66	4.7E+04	0	0.0E+00	78	5.6E+04	8.2E+04
2011	11	5.0E+03	3	4.6E+03	69	4.9E+04	0	0.0E+00	82	5.9E+04	1.4E+05
2012	12	5.4E+03	3	4.8E+03	72	5.1E+04	0	0.0E+00	86	6.2E+04	2.0E+05
2013	12	5.8E+03	3	5.0E+03	75	5.3E+04	0	0.0E+00	90	6.4E+04	2.7E+05
2014	13	6.3E+03	3	5.3E+03	80	5.7E+04	0	0.0E+00	96	6.8E+04	3.4E+05
2015	14	6.7E+03	3	5.6E+03	85	6.0E+04	0	0.0E+00	102	7.3E+04	4.1E+05
2016	15	7.2E+03	3	5.9E+03	90	6.4E+04	0	0.0E+00	109	7.7E+04	4.8E+05
2017	17	7.8E+03	4	6.2E+03	93	6.6E+04	0	0.0E+00	113	8.0E+04	5.7E+05
2018	18	8.4E+03	4	6.6E+03	98	7.0E+04	0	0.0E+00	120	8.5E+04	6.5E+05
2019	19	9.0E+03	4	7.0E+03	102	7.3E+04	0	0.0E+00	125	8.9E+04	7.4E+05
2020	21	9.7E+03	4	7.4E+03	106	7.6E+04	0	0.0E+00	131	9.3E+04	8.3E+05
2021	22	1.0E+04	4	7.8E+03	110	7.8E+04	0	0.0E+00	137	9.7E+04	9.3E+05
2022	24	1.1E+04	5	8.2E+03	116	8.3E+04	0	0.0E+00	145	1.0E+05	1.0E+06
2023	26	1.2E+04	5	8.7E+03	120	8.5E+04	0	0.0E+00	150	1.1E+05	1.1E+06
2024	27	1.3E+04	5	9.2E+03	125	8.9E+04	0	0.0E+00	158	1.1E+05	1.2E+06
2025	30	1.4E+04	6	9.7E+03	131	9.3E+04	0	0.0E+00	166	1.2E+05	1.4E+06
2026	32	1.5E+04	6	1.0E+04	137	9.7E+04	0	0.0E+00	174	1.2E+05	1.5E+06
2027	34	1.6E+04	6	1.1E+04	142	1.0E+05	0	0.0E+00	182	1.3E+05	1.6E+06
2028	37	1.7E+04	7	1.1E+04	150	1.1E+05	0	0.0E+00	193	1.4E+05	1.7E+06
2029	39	1.9E+04	7	1.2E+04	156	1.1E+05	0	0.0E+00	203	1.4E+05	1.9E+06

El pavimento se diseño para un periodo de 10 años por lo que nos corresponde tomar el valor de 6.5×10^5 EAL como máxima carga vehicular a lo que estará sometido en pavimento.

2.0 Característica del material de la subrasante.

La característica de la subrasante, a nivel de plataforma existente, presenta un material de naturaleza laterítica de manera superficial en sus primeros 30 cm de espesor en sectores puntuales del tramo, que garantiza la transitabilidad de la vía durante casi todo el año, debajo de esta capa laterítica la mayor parte de los materiales son de mala calidad presentando baja capacidad de soporte, elevada expansión, que tienen una clasificación de suelos A-6 y A-7-6 según la AASHTO,

debido a este problema se elevó la rasante y o se realizaron mejoramientos debajo del terreno existente.

Luego de la inspección de campo, se procedió a la auscultación de calicatas realizadas en la plataforma existente, de los materiales muestreados se realizaron los ensayos de laboratorio, los valores de CBRs encontrado en cada calicata se sectoriza homogéneamente el tramo para distintos valores de CBR al 75% del percentil se obtiene el CBR de diseño.

Tabla 5-14: Sectorización de acuerdo al CBR(%) de diseño

km Inicial	km Final	CBR (%)	Mr (ksi)
650+000	653+700	4	6.000
653+700	660+720	3	4.500
660+720	661+740	6	9.000
661+740	663+990	4	6.000
663+990	670+000	3	4.500
670+000	672+650	4	6.000
672+650	679+910	3	4.500
679+910	693+500	4	6.000
693+500	696+350	7	10.500
696+350	702+830	4	6.000
702+830	710+000	5	7.500

3.0 Diseño de pavimento.

Para el sector Iberia – Ñapari diseñaremos por el método AASHTO-93 que es muy conservador y confiable a su vez es el más utilizado en la mayoría de los proyectos de carreteras, posteriormente se realiza una verificación mecánica a nivel de esfuerzo - deformación en las capas del pavimento y por último se realiza una aplicación ilustrativa del método de la PCA en suelo cemento.

3.1 Método de diseño AASHTO-93.

Para el sector en mención, todos los parámetros se mantienen constantes a excepción de la calidad de la subrasante debido a que presentan distintos valores de CBR por sector de diseño. Tomaremos el ejemplo del km 650+000 al km 653+700.

Tabla 5-15: Parámetros de diseño según la AASHTO-93

Número de ejes totales :	6.5x10 ⁵ EALs
Factor de Confiabilidad (R) :	95%
Desviación estándar normal (Zr) :	-1.645
Desviación estándar total (So) :	0.45
Módulo de Resiliencia (CBR = 4%) :	6000 psi
Serviciabilidad inicial (Pi) :	4.2
Serviciabilidad final (Pt) :	2.0
Periodo de diseño (años) :	10
Número estructural requerido (SNreq):	3.56

$$\text{Log } N = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \times \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log M_R - 8,07$$

Aplicando la ecuación del AASHTO, para los distintos valores de CBR de diseño de la subrasante, se obtiene los siguientes valores de SN_{req}.

Tabla 5-16: SN_{req} por sector de diseño

km Inicial	km Final	CBR (%)	Mr (ksi)	SN req
650+000	653+700	4	6.000	3.56
653+700	660+720	3	4.500	3.93
660+720	661+740	6	9.000	3.10
661+740	663+990	4	6.000	3.56
663+990	670+000	3	4.500	3.93
670+000	672+650	4	6.000	3.56
672+650	679+910	3	4.500	3.93
679+910	693+500	4	6.000	3.56
693+500	696+350	7	10.500	2.93
696+350	702+830	4	6.000	3.56
702+830	710+000	5	7.500	3.30

A partir de los valores de SN_{req}, se diseña los espesores de las capas del pavimento, teniendo en consideración los coeficientes estructurales y de drenaje dependiendo del tipo de material a considerar en el pavimento.

Para las capas del pavimento, según el material que se indica en el Proyecto de Ingeniería de Detalle:

Tabla 5-17: Coeficiente estructural y de drenaje del pavimento

Capas del pavimento	Coeficiente estructural	Coeficiente de drenaje
Tratamiento Superficial Bicapa	$a_1 = 0.00$ (No tiene aporte estructural)	
Base estabilizada con cemento	$a_2 = 0.14$ (Resistencia = 300 psi)	$m_2 = 1.10$
Sub base estabilizada con cal	$a_3 = 0.12$ (CBR = 40%)	$m_3 = 1.00$
Mejoramiento de subrasante	$a_4 = 0.07$ (CBR = 7%)	$m_4 = 1.00$

Los tratamientos superficiales, comprende en la aplicación de un revestimiento de imprimación seguido de dos revestimiento de liga y dos revestimiento de agregado pétreo, interpuestos entre sí; cumplen la función de impermeabilizar el pavimento, y fijar las gravillas por otro lado, la capa de gravilla aportan las características antideslizantes, resistencia a la circulación de vehículos, asegurar la drenabilidad de las aguas superficiales, este tipo de superficie de rodadura atenúa algunas imperfecciones en el pavimento debido a que es una capa flexible, que en su mayoría son recomendado en carreteras donde todavía no se ha consolidado el terreno de fundación.

Se realizó la verificación en laboratorio de la resistencia alcanzada del suelo o de la mezcla estabilizada (suelo cemento y suelo cal) con una determinada tasa de aglomerante, este valor de resistencia transcrito en los ábacos AASHTO numéricamente se expresa como un coeficiente estructural para cada capa del pavimento.

Con las características de estos materiales propuesto, se diseñan los espesores de las capas del pavimento, con un espesor de Tratamiento Superficial Bicapa con un espesor aproximado de 2.5 cm, un espesor de 20 cm para la base estabilizada, espesor de 20 cm para la sub base estabilizada, además la capa de mejoramiento de la subrasante tiene un espesor variable de manera que satisfaga el número estructural requerido por sector de diseño.

Tomaremos el sector del km 650+000 al km 653+700 como ejemplo:

$SN = (51 \times 0.07 \times 1.0 + 20 \times 0.12 \times 1.0 + 20 \times 0.14 \times 1.1) / 2.54 = 3.56$, los demás sectores se calcularon de manera similar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5-18: Estructuración del pavimento por sector de diseño Iberia-Iñapari

km Inicial	km Final	CBR (%)	SN req.	Mejor. de la SR (cm)	Sub base cal (cm)	Base cemento (cm)	TSB (cm)	SN
650+000	653+700	4	3.56	51	20	20	2.5	3.56
653+700	660+720	3	3.93	65	20	20	2.5	3.95
660+720	661+740	6	3.10	35	20	20	2.5	3.12
661+740	663+990	4	3.56	51	20	20	2.5	3.56
663+990	670+000	3	3.93	65	20	20	2.5	3.95
670+000	672+650	4	3.56	51	20	20	2.5	3.56
672+650	679+910	3	3.93	65	20	20	2.5	3.95
679+910	693+500	4	3.56	51	20	20	2.5	3.56
693+500	696+350	7	2.93	28	20	20	2.5	2.98
696+350	702+830	4	3.56	51	20	20	2.5	3.56
702+830	710+000	5	3.30	42	20	20	2.5	3.31

Una de las críticas que se puede hacer a este diseño de pavimento, es la variabilidad del CBR(%) provocando 11 sectores de diseño en el tramo Iberia-Iñapari, donde una posible solución podría ser la homogenización del CBR(%) de la subrasante de diseño elevando la capacidad de soporte así se evitaría tener la capa “mejoramiento de la SR” de espesor variable.

Siguiendo la recomendación si se hubiera mejorado la subrasante incrementando el CBR(%) de diseño a 10%, 15% o 20%, lo que trae como consecuencia la disminución de espesores de las capas del pavimento con las mismas propiedades mecánicas - estructurales de las capas estabilizadas.

Tabla 5-19: Variantes al diseño de pavimento sector Iberia-Iñapari

km Inicial	km Final	CBR Subrasante Mejorada (%)	Mr (psi)	SN req.	Sub base cal (cm)	Base cemento (cm)	TSB (cm)	SN
650+000	709+825	10	13400	2.69	25	25	2.5	2.70
650+000	709+825	15	17441	2.44	25	21	2.5	2.45
650+000	709+825	20	21027	2.28	23	20	2.5	2.30

Pero hay que tener en consideración, lo afecto que se encuentra el pavimento si se construye sin elevación de la rasante (sin rellenos) con respecto del terreno natural por ser una zona con nivel freático alto y ubicarse en una zona tropical. El pavimento se va a encontrar afecto al agua y una condición hidráulica crítica por no tener cuencas definidas (zona de selva llana). La solución mixta que se plantea es la construcción del terraplén en las zonas de bajíos del terreno natural y los sectores que estén afectados de carácter hidráulico, con la condición extensiva de incrementar la capacidad de soporte de la corona del terraplén (subrasante).

3.2 Diseño mecanístico esfuerzo-deformación.

a) Cálculo del esfuerzo a tracción en la capa cementada.

El valor de N utilizado en obra es de 2.5 veces el tráfico pronosticado en el periodo de diseño, este valor se considera por recomendación del USACE para un tráfico liviano.

Tabla 5-20: Determinación del esfuerzo de tracción admisible

ECUACION PROF CERATI - UFRGS			ESFUERZO TRACCION LIMITE	
$\sigma_t(\text{lim}) = 0.75 - 0.04\log(N)$	N AASHTO =	6.50E+05	$\sigma_t(\text{lim}) =$	5.17E-01 Mpa
$\sigma_t(\text{lim}) = 0.75 - 0.04\log(N)$	N USACE =	1.63E+06	$\sigma_t(\text{lim}) =$	5.02E-01 Mpa

ECUACION PROF BALBO - USP			ESFUERZO TRACCION LIMITE	
$\sigma_t(\text{lim}) = 0.9511 - 0.0555\log(N)$	N AASHTO =	6.50E+05	$\sigma_t(\text{lim}) =$	6.28E-01 Mpa
$\sigma_t(\text{lim}) = 0.9511 - 0.0555\log(N)$	N USACE =	1.63E+06	$\sigma_t(\text{lim}) =$	6.06E-01 Mpa

b) Determinación de la deformación a nivel de la subrasante.

Para nuestro caso, la ecuación planteada por la Universidad de Nottingham para la determinación de la deformación vertical es el más conservador.

Tabla 5-21: Determinación de la deformación vertical admisible

N	Autores	Criterio terminal	a	N = 6.50E+05		1.63E+06
				b	Dv (límite)	Dv (límite)
1	D.W. Potter/GS Donald	flecha de 20 a 30 mm	-0.0085	-0.14	-1.31E-03	-1.15E-03
2	SHELL (Classem, Edward, Sommer, Uge)	flecha de 20 mm	-0.028	-0.25	-9.86E-04	-7.84E-04
3	L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees (LNPC)	-	-0.021	-0.24	-8.46E-04	-6.79E-04
4	Transport and Road Research Laboratory (TRRL)	flecha de 10 mm	-0.015	-0.253	-5.07E-04	-4.02E-04
5	Shell KLSA (Dorman e Metcalf)	-	-0.0116	-0.21	-6.98E-04	-5.76E-04
6	The Asphalt Institute (L.E. Sartucci)	flecha de 13 mm	-0.0105	-0.223	-5.31E-04	-4.33E-04
7	Centre de Recherches Routieres (CRR)	-	-0.011	-0.23	-5.06E-04	-4.10E-04
8	Nottingham University	Deformaciones excesivas	-0.0216	-0.28	-5.09E-04	-3.94E-04
9	Monismith (University of California)	-	0.105	-0.2234	5.28E-03	4.30E-03

c) Modelación de la estructura del Pavimento.

Se calculará los módulos elásticos de las capas del pavimento, de acuerdo a los coeficientes estructurales adoptados por capa contrastando estos con los ábacos estructurales y teniendo en consideración el rango de módulo de elasticidad señalada en la guía AASHTO-93.

Tabla 5-22: Módulo de elasticidad de acuerdo al tipo de Material

Tipo de material	Módulo de elasticidad (E) psi	Módulo de elasticidad (E) kg/cm ²
Base granular tratada con cemento	1'000,000 - 2'000,000	70,300 - 140,600
Base tratada con cemento	500,000 - 1'000,000	35,150 - 70,300
Base tratada con asfalto	350,000 - 1'000,000	24,600 - 70,300
Sub base estabilizada con asfalto	40,000 - 300,000	2,800 - 21,000
Estabilización con cal	20,000 - 70,000	1,400 - 4,900
Material granular sin tratar	15,000 - 45,000	1,050 - 3,150
Material de subrasante o material fino	3,000 - 40,000	210 - 2,800

Fuente: Guía para diseño de estructura del pavimento, AASHTO-93

Para la modelación de la estructura se utilizará el programa colombiano DEPAV para el cálculo de los esfuerzos y deformaciones en cada capa del pavimento para una carga normalizada de 8.2 ton por eje.

Para ello se consideró el caso más crítico de la estructuración del pavimento de la Obra, con una sub rasante de CBR = 3%, correspondiente a un refuerzo de 65 cm con CBR =7%, con una sub base suelo cal de 20 cm y una base suelo cemento de 20 cm.

Ingreso de datos:

Nº	Capa	Capacidad estructural	Espesor (cm)	Módulo E (kg/cm ²)	Poisson (μ)
1	Base suelo cemento	Resist = 300 psi	20	38600.34	0.20
2	Sub base suelo cal	CBR = 40%	20	4300.14	0.35
3	Refuerzo	CBR = 7%	65	719.92	0.45
4	Sub rasante	CBR = 3%	Semi infinito	309.99	0.45

Salida de datos:

Capa	Cota (cm)	σ_t (kg/cm ²)	σ_c (kg/cm ²)	ϵ_t	ϵ_c
1	0	8.34 B	5.60 A	1.50E-04	-3.80E-05
	20	-4.65 B	0.71 B	-1.08E-04	6.10E-05
2	20	-0.28 C	0.71 B	-1.08E-04	1.99E-04
	40	-0.80 C	0.21 C	-1.45E-04	1.73E-04
3	40	-0.01 C	0.21 C	-1.45E-04	2.93E-04
	105	-0.06 C	0.06 C	-8.10E-05	1.51E-04
4	105	0.00 B	0.06 C	-8.10E-05	1.78E-04

Tabla 5-23: Parámetros de esfuerzo deformación del pavimento

Esfuerzos y deformaciones	DEPAV	Parámetros admisibles			
		AASHTO	USACE	Resultados Saboya	Resultados NC-47
Esfuerzo de tracción en la capa cementada (kg/cm ²)	4.65	5.17	5.02	4.7	5.2
Esfuerzo de tracción en la capa suelo cal (kg/cm ²)	0.8			1.95	0.99
Deformación vertical en compresión en refuerzo (mm)	2.93E-04	5.06E-04	3.94E-04		
Deformación vertical en compresión en sub rasante (mm)	1.78E-04	5.06E-04	3.94E-04		

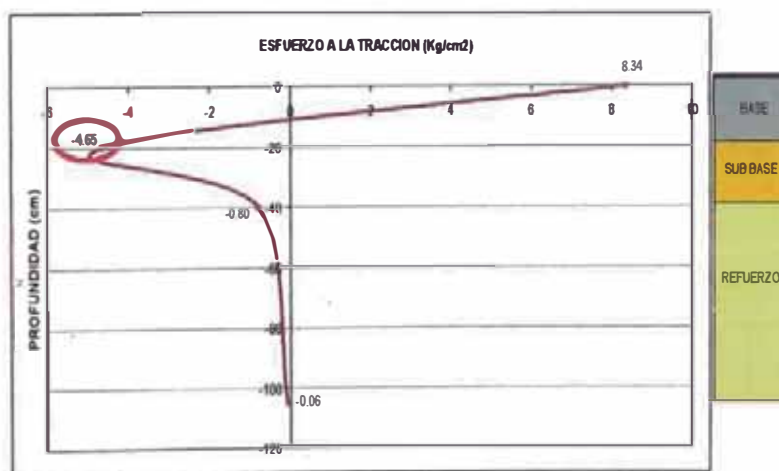


Fig.5-4: Esfuerzo a la tracción vs profundidad

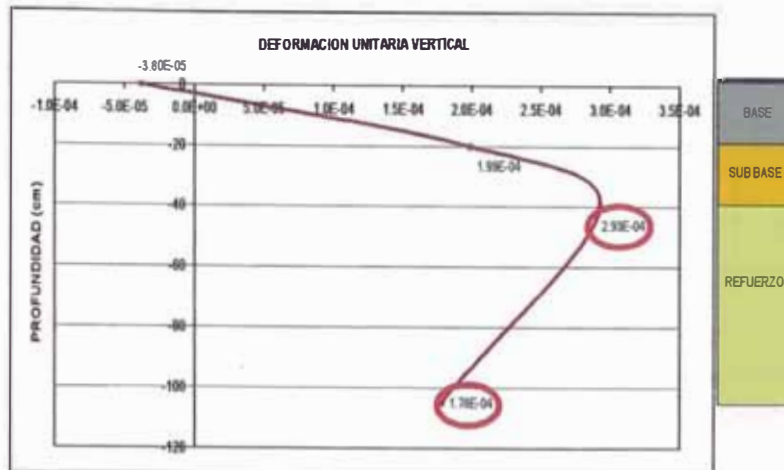


Fig.5-5: Deformación unitaria vs profundidad

Del cálculo de esfuerzos y deformaciones de la capas del pavimento determinados por medio de una modelación mecánica; se verifican que son menores que los valores máximos permisibles según los calculados por las ecuaciones empíricas y los resultados de laboratorio, garantizando de esta manera el buen comportamiento estructural del pavimento a las sollicitaciones de carga del tráfico de diseño.

3.3 Método de diseño de la PCA.

Este método se desarrollo de manera didáctica mas no se utilizó en obra. Para este diseño se consideró los siguientes parámetros comunes a los métodos anteriores como son tráfico y periodo de diseño, posterior a ello se calculó el factor de fatiga de acuerdo a la tabla 5-10, utilizaremos la tabla 2-8 para calcular el módulo de reacción (K) por medio del valor del CBR(%) de diseño de la subrasante. Ingresamos al ábaco de la PCA para suelos finos (Fig. 5-6), con el parámetro de factor de fatiga y módulo de reacción para determinar el espesor del suelo cemento.

Tabla 5-24: Cálculo del factor de fatiga - PCA

Vehículos	Cantidad de vehículos (1)	Factor Camión (2)	Carga por eje (Ton) (3)	Coficiente de consumo de Fatiga (4)	Factor fatiga (1)x(4)/1000
Omnibus	128	2.52	10.0	23.3	3
C-2	30	9.36	13.8	3530	106

Vehículos	Cantidad de vehículos (1)	Factor Camión (2)	Carga por eje (Ton) (3)	Coefficiente de consumo de Fatiga (4)	Factor fatiga (1)x(4)/1000
C-3	754	3.83	11.0	93	70
Total					179

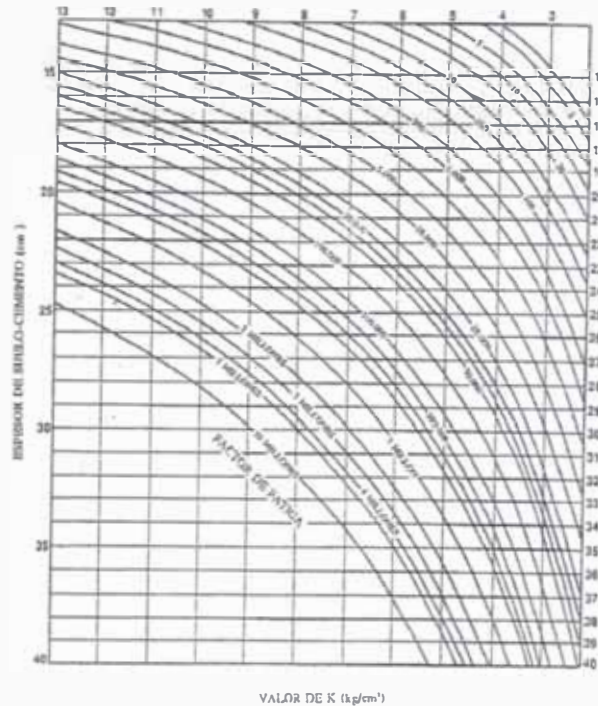


Fig.5-6: Ábaco del diseño de espesores del suelo cemento PCA- suelo fino

Tabla 5-25: Parámetros y diseño del pavimento - PCA

Ejes totales de 8.2 Ton :	6.5x10 ⁵ EALs				
Periodo de diseño :	10 años				
Factor fatiga:	179				
Capacidad de soporte de la subrasante	Resultados del ábaco				
CBR Diseño (%)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
Módulo de reacción (K) kg/cm ³	3.0	3.7	4.2	4.7	5.1
Espesor suelo cemento (cm)	21.3	19.6	18.2	17.5	16.7

El método de diseño de la PCA califica como de menor confiabilidad debido, a que no considera un rango específico de resistencia a la compresión del suelo cemento para la poder utilizar el ábaco de diseño de espesores.

CAPITULO 6. APLICACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825).

Introducción.

En el tramo mencionado de 60 km aproximadamente, desde las localidades de Iberia e Iñapari, zona fronteriza con Brasil, el pavimento en este sector se construyó con suelos estabilizados con agentes químicos (cal y cemento). Las construcciones de las carreteras en el Perú con suelos estabilizados son de limitadas experiencias, la gran mayoría de carreteras se han construido con material granular, por lo que las carreteras en la selva siempre ha resultado dificultoso de poder ejecutarlas en su mayoría sin éxito.

A consecuencia de la inexperiencia en la actividad de suelos estabilizados haciendo un énfasis especial al suelo cemento; se presentan fisuras prematuras reflejadas a nivel de base suelo-cemento proyectándose hasta la capa de rodadura (Tratamiento Superficial Bicapa), por lo que ha causado preocupación, debido a ello se ha realizado un estudio mediante evaluaciones en campo y una serie de ensayos de laboratorio con el objetivo de mitigar las fisuras prematuras y comprender el mecanismo cementicio del suelo cemento frente a los factores externos que puede influir en esta capa rígida.

Para mitigar las fisuras en la base suelo cemento, se realizaron acciones en laboratorio y en campo. En laboratorio se implanto algunas variables en la calidad del suelo antes de utilizarse en la mezcla de suelo cemento, se trató que la capa estabilizada suelo cemento sea menos rígida disminuyendo la energía de compactación especificada. En campo también se realizó variaciones en el proceso constructivo mejorando el método de curado y efectuándose prefisuraciones a nivel de base suelo cemento este es una excelente solución frente a las fisuras del suelo cemento.

6.1 Ubicación geográfica de la zona.

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Madre de Dios provincia del Tahuamanu, al sureste del territorio peruano delimitado por las siguientes coordenadas geográficas.

Tabla 6-1: Coordenadas de la región de Madre de Dios

ORIENTACION	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Lat.Sur	09° 55' 33"	12° 30' 11"	13° 20' 04"	11° 56' 59"
Long.Oeste	70° 37' 59"	68° 39' 27"	69° 38' 38"	77° 22' 27"
Lugar	Punto entre el hito internacional N° 16 y el río Primavera	Puerto Heath sobre el río Madre de Dios	Puerto Astillero ó Markham sobre el río Tambopata	Divisoria de aguas de los ríos Manú Chico y Camisea

Se encuentra limitado por el norte con el departamento de Ucayali y la República del Brasil; por el este con la República de Bolivia; por el sur con el departamento de Puno y por el oeste con el departamento del Cuzco.



Fig. 6-1: Ubicación geográfica del sector Iberia-Iñapari

Particularmente para la investigación, sólo se consideró el tramo entre las localidades de Iberia (km 650+000) e Iñapari (km 709+825) frontera con Brasil, con una longitud aproximada de 60 km, sector que pertenece a la provincia de Tahuamanu. El proyecto se encuentra emplazado en una zona orográfica ondulada a plana que comprende la selva baja del Perú entre los 200 y 340 m.s.n.m.

El clima de Madre de Dios es de tipo tropical, cálido, húmedo y con precipitaciones anuales superiores a 1000 mm. La temperatura media anual en Puerto Maldonado, capital del departamento, es de 26°C; las máximas llegan a 38°C en los meses de Agosto y Septiembre; las mínimas descienden a 8°C. Existe un periodo de precipitaciones muy escasas que abarca los meses de Junio, Julio y Agosto. La época lluviosa es de Diciembre a Marzo.

De los registros pluviométricos tomados en la localidad de Iberia en el periodo comprendido entre los meses de Junio-06 a Julio-07, se aprecia que los meses de mayor precipitación ocurre en los meses de diciembre, febrero y marzo.

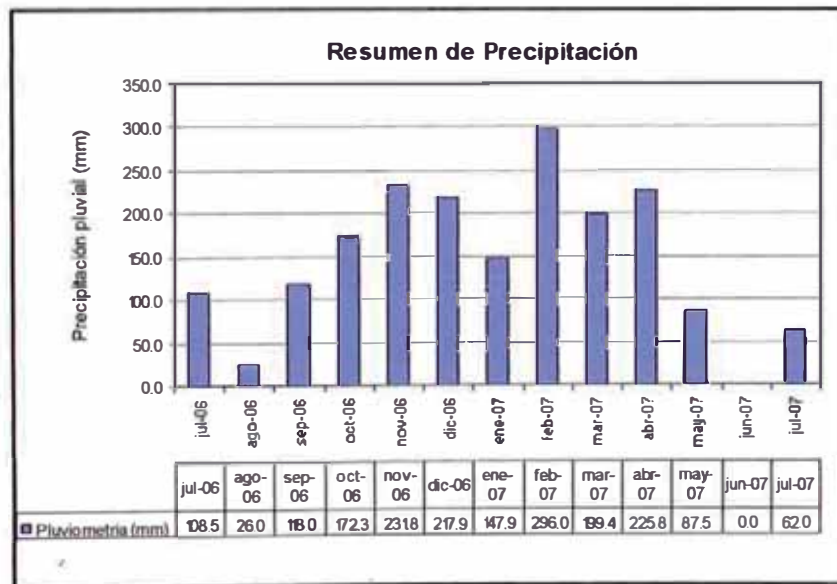


Fig. 6-2: Registro de precipitación estación Iberia

El departamento de Madre de Dios tiene una superficie de 85,300.54 Km², ocupando el tercer lugar en extensión después de los departamentos de Loreto y Ucayali.

Posee una población total de 102,174 habitantes, teniendo una densidad poblacional de 1.20 hab/km². A continuación es presentado un cuadro ilustrativo de la población existente en el departamento de Madre de Dios, el registro de datos proviene de la fuente del INEI en el periodo del mes de Noviembre -2003.

Tabla 6-2: Reporte de población y superficie de Madre de Dios

Provincia y Distrito	Dispositivo Legal de Creación			Población Total (al 30/06/2003)	Superficie (km ²)	Densidad Poblacional (Hab/ km ²)	Población Electoral (al 30/06/2003)
	Nombre	Número	Fecha				
Total				102174	85300.54	1.20	42355
Tambopata				69438	36268.49	1.91	34256
Tambopata	Ley	1782	26 Dic 1912	46604	22218.56	2.11	29472
Inambari	Ley	1782	26 Dic 1912	8929	4255.82	2.10	2232
Los Piedros	Ley	1782	26 Dic 1912	6710	7032.21	0.95	1592
Laberinto	Ley	26349	07 Set 1994	6995	2760.90	2.53	960
Manu				24216	27835.17	0.87	4424
Manu	Ley	1782	26 Dic 1912	4114	8166.65	0.50	1105
Piscocorral	Ley	1782	26 Dic 1912	1092	10955.29	0.10	341
Madre de Dios	Ley	1782	26 Dic 1912	11101	7234.81	1.53	1405
Huepetuhe				7909	1478.42	5.35	1577
Tahuamanu				8520	21195.88	0.40	3675
Iñapari	Ley	1782	26 Dic 1912	1308	14653.66	0.09	405
Yariña	Ley	13656	07 Jun 1961	4772	2549.32	1.87	2587
Tahuamanu	Ley	1782	26 Dic 1912	2440	3793.90	0.64	683

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática
Registro Nacional de Identificación y Estado Civil

6.2 Descripción del material de campo.

6.2.1 Evaluación de la Plataforma.

La plataforma existente geoméricamente tiene un ancho de 6.00 m con peraltes de 4.0% aproximadamente se encuentra en un estado consolidado debido a la carga de tráfico y transitable a causa del mantenimiento periódico que recibe la carretera, en las zonas de ensanches (zonas externas a la plataforma existente) la consistencia del material es blanda debido a la acumulación de humedades con valores que varían entre 10 a 25%, los materiales en esta zona presentan índice de plasticidad del orden de 15 a 25%.

El predominio del material en plataforma en el estrato superior tiene una clasificación de suelos A-2-6 y A-6 según la AASHTO, en sus estratos inferiores eran materiales de mala calidad de características arcillosas con plasticidad variable de mediana a alta estos materiales clasifican según la AASHTO A-6 y A-7-6.

El proyecto no consideró el aprovechamiento del material que le da buena transitabilidad a la vía existente en la mayor parte del año en condiciones secas, está referido a la capa granular (material laterítico) que se encuentra en zonas sectorizadas de todo el tramo km 650+000 al km 709+825. Los suelos lateríticos tienen la propiedad de cimentación natural proporcionada por la sílice, óxido de hierro en su composición, este tipo de suelo tiene un buen comportamiento estructural, arrojando valores de CBR del orden de 25% como se muestra en el siguiente gráfico.

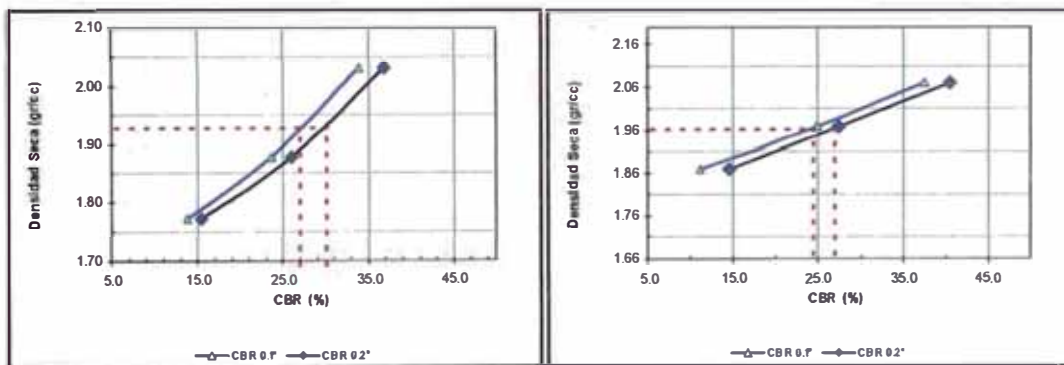


Fig. 6-3: CBR de plataforma existente con presencia de material laterítico

Si se hubiera utilizado el material laterítico de la plataforma existente como material de subrasante aprovechando la mejor calidad de la subrasante en el diseño de pavimento consecuente a ello se disminuiría el SN requerido, en la estructura del pavimento se evitaría la colocación de la capa de refuerzo.

Para remendar este problema en los hombros del pavimento se realizaron mejoramientos (aplicación suelo-cal) a nivel de plataforma existente, garantizando la armonía modular entre el hombro mejorado con la plataforma existente debido a que una zona se encuentra consolidada y con respecto a la otra, debiendo desempeñarse como una sola estructura monolítica (terreno de

fundación) frente a la solicitaciones debido al tráfico y peso propio de la estructura, donde un mínimo asentamiento diferencial se reflejaría esto en la superficie del pavimento como un defecto de fisura.



Foto 30. Mejoramiento en los hombros (zona de ensanche de la plataforma existente), eliminación del material inadecuado.



Foto 31. Aplicación del mejoramiento suelo cal en los ensanches de la plataforma, con la adición de material de cantera.

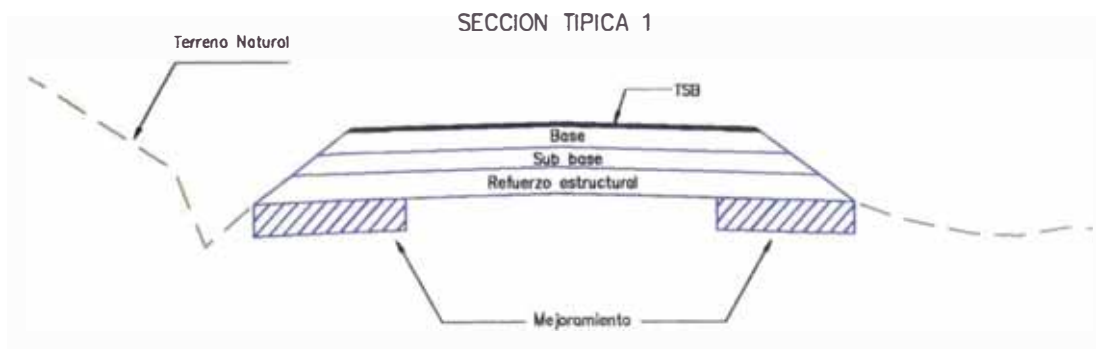


Fig. 6-4: Sección típica del pavimento con mejoramiento en hombros

6.2.2 Evaluación de Canteras.

Se realizaron la evaluación de las canteras del proyecto referente a su calidad, encontrándose materiales de características finas, por lo que se consideró que estos materiales deben ser empleados para la fabricación de mezclas estabilizadas de cal y cemento como parte de la construcción de la sub base y base del pavimento, la calidad de esta mezcla debe cumplir con los parámetros establecidos en la EG-2000, debido a que estas mezclas estabilizadas

alcanzan a cumplir con los requisitos de materiales para sub base y base. Las canteras propuestas en el proyecto son las siguientes:

Canteras Saboya (km 651+900 LI): La explotación de la cantera Saboya se hizo a tajo abierto y de acuerdo a su perfil estratigráfico se utiliza de la siguiente manera:

Tabla 6-3: Estratificación de la cantera Saboya

Profundidad (m)		Tipo de Suelo	Usos
0.00	0.60	OH Limo orgánico de con elevada materia orgánica.	Desbroce y Limpieza
0.60	1.00	CH Arcilla limosa de mediana a alta plasticidad.	Material inadecuado no se utiliza
1.00	2.20	CL Arcilla limosa de bajas plasticidad.	Rellenos
2.20	3.50	SC Arena limo arcillosa de baja plasticidad.	Sub base
3.50	7.00	SM Arena limosa de baja plasticidad.	Base

NF : No se encontró

Disponibilidad: Todo el año para su explotación.

Canteras NC-47 (km 699+100 LI): La explotación, se hizo a tajo abierto de acuerdo a su perfil estratigráfico se utiliza de la siguiente manera:

Tabla 6-4: Estratificación de la cantera NC-47

Profundidad (m)		Tipo de Suelo	Usos
0.00	0.45	OH Arcilla limosa con elevado porcentaje de materia orgánica.	Desbroce y Limpieza
0.45	3.80	CL Arcilla limosa de mediana plasticidad.	Relleno

3.80	5.00	SC Arena limo arcillosa de baja plasticidad.	Sub base
5.00	8.00	SM Arena limosa de baja plasticidad.	Base

NF : Se encuentra a 8.00 m.

Disponibilidad: Todo el año para su explotación.

Canteras NC-50 (km 707+220 LI): La extracción del material se hizo a tajo abierto, presentado un perfil estratigráfico de manera que se utilizó de la siguiente manera:

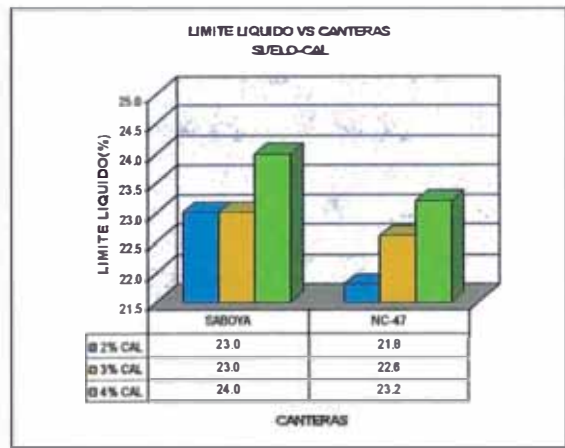
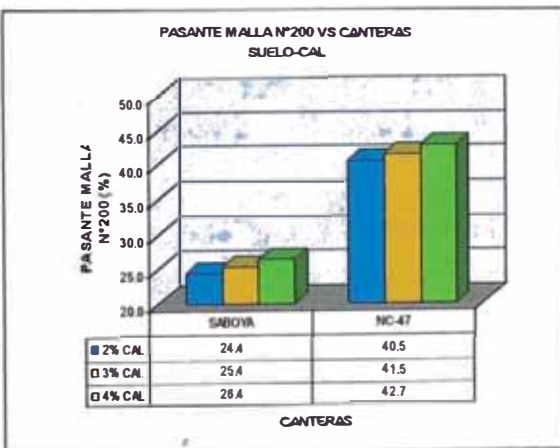
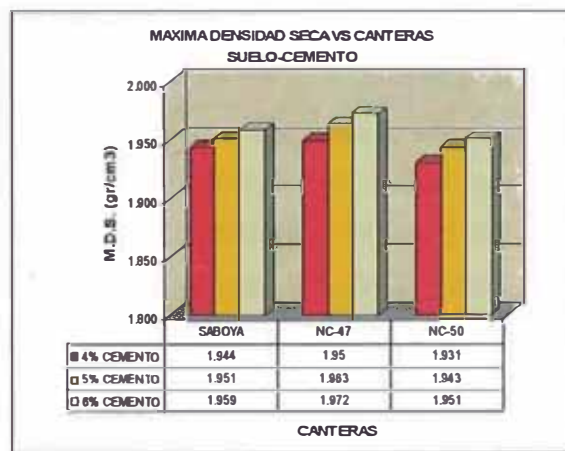
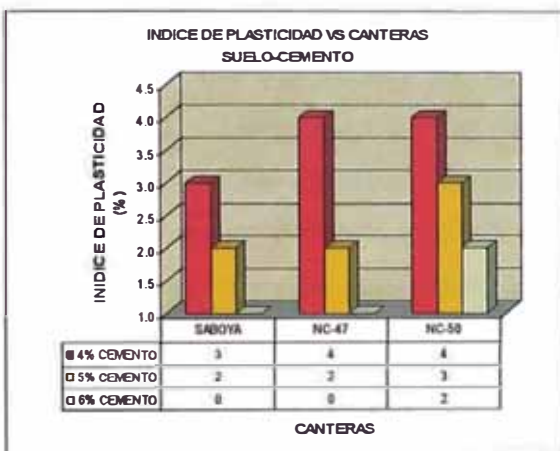
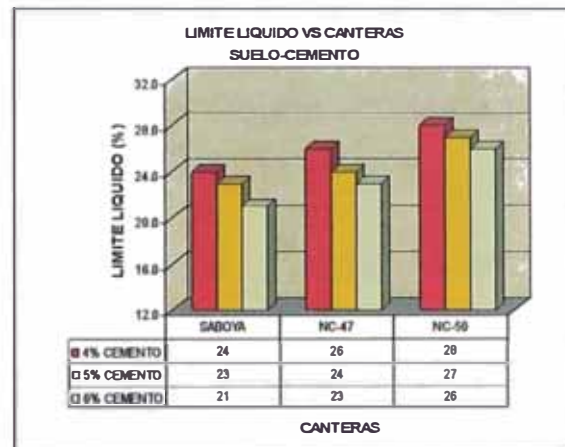
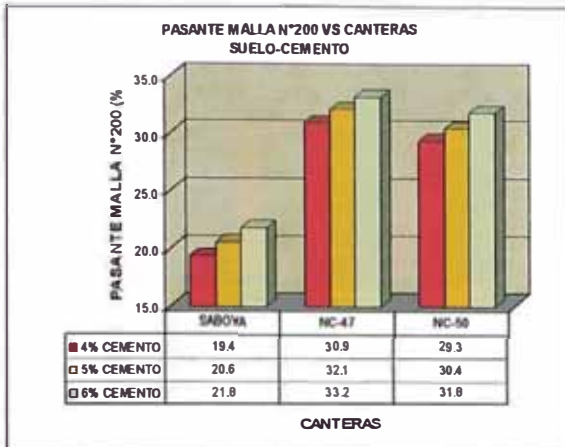
Tabla 6-5: Estratificación de la cantera NC-50

Profundidad (m)		Tipo de Suelo	Usos
0.00	0.40	OH Arcilla limosa con elevado porcentaje de materia orgánica.	Desbroce y Limpieza
0.40	1.10	CL Arcilla limosa de mediana plasticidad.	-
1.10	4.00	SM Arena limosa de baja plasticidad.	-
0.40	4.00	Los materiales de 0.40 - 4.00 se mezclan 70	Base

Disponibilidad: Todo el año para su explotación.

6.3 Variaciones de los límites de consistencia en los suelos estabilizados.

Referente a los capítulo 3 y 4 de la presente tesis, la mezcla de suelo cal y suelo cemento muestran variaciones en las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia) con respecto al incremento dosificado del aglomerante, garantizando una mejor trabajabilidad del material en pista. En los diseños de mezclas estabilizadas que se muestran en las tablas 3-5, 3-6, 4-14, 4-15 y 4-16 se manifiestan las siguientes variaciones en los resultados:



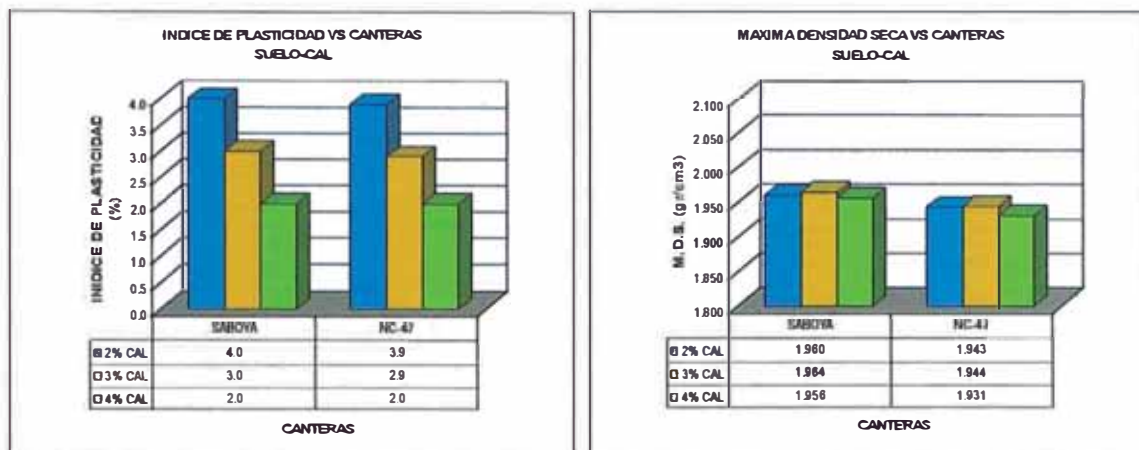


Fig. 6-5: Variaciones en las características físicas del suelo-cemento y suelo-cal

Del gráfico, las variaciones de las propiedades físicas se manifestaron al añadirse de manera dosificada el contenido de cemento o cal; para la mezcla suelo cemento se muestran incremento en los resultados en el porcentaje pasante la malla N°200, la máxima densidad seca y decadencia del valor del límite líquido, índice de plasticidad; en el suelo cal las variaciones son similares al suelo cemento a diferencia del límite líquido en este caso ha aumentado y la máxima densidad seca disminuye muy ligeramente.

Se realizó la evaluación de las características físicas de la mezcla de suelo cemento con materiales de canteras extraoficiales al tramo Iberia - Iñapari, con una tasa de variación desde 4% a 14%. El cemento que se ha utilizado para la preparación del suelo cemento para ambas cantera es cemento RUMI tipo I.

a) Cantera: 539+400 (km 539+400 LD).

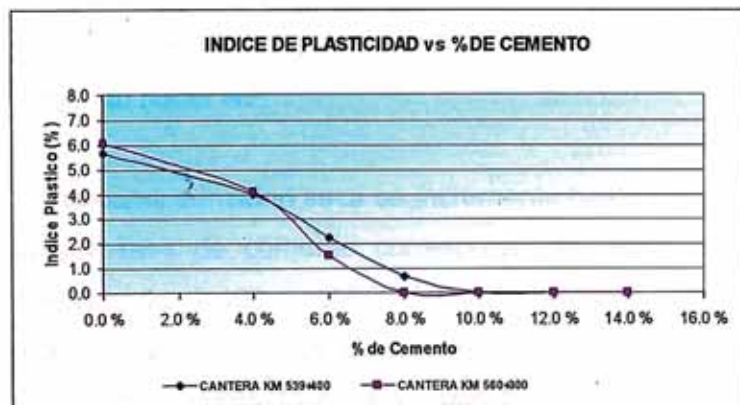
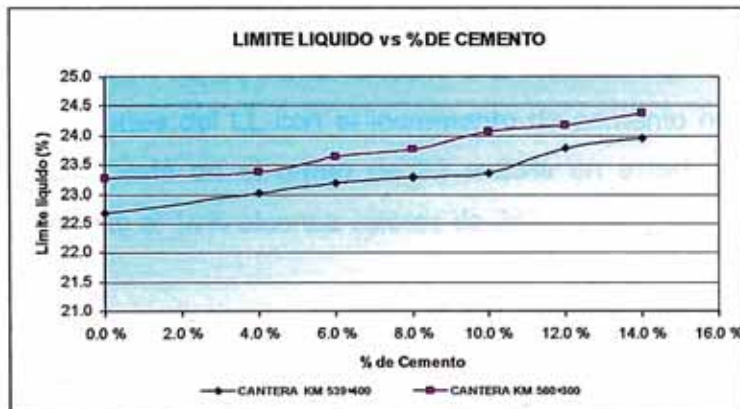
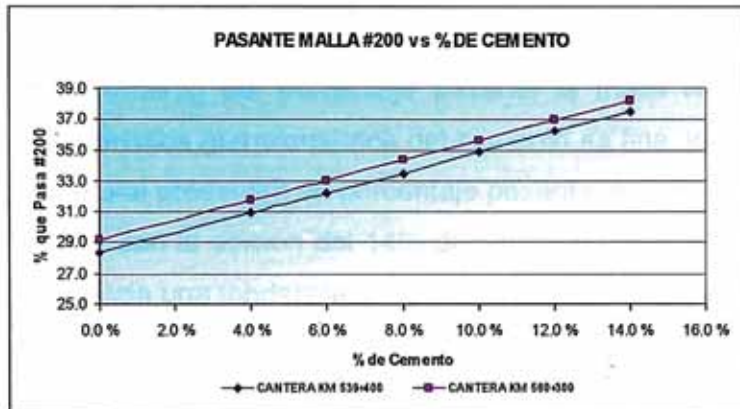
b) Cantera: 560+300 (km 560+320 LI) + Arenal (km 603+350 LI).

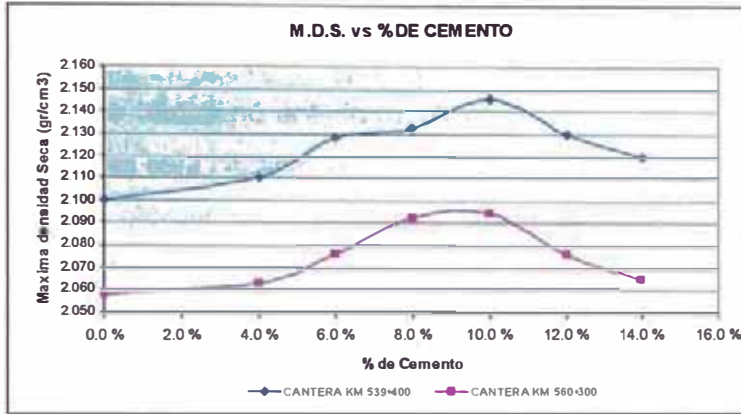
Tabla 6-6: Características físicas del material de cantera 539+400 LD

% CEMENTO	CANTERA	GRANULOMETRIA						L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.
		1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			AASHTO	SUCS		
0.0 %	539+400 LD	100	100.0	98.9	97.4	78.9	28.3	22.7	5.7	A-2-4 (0)	SC - SM	2.100	8.4
4.0 %	539+400 LD	100	100.0	98.8	97.6	79.8	30.9	23.0	4.0	A-2-4 (0)	SM	2.110	8.9
8.0 %	539+400 LD	100	100.0	99.0	97.6	80.2	32.2	23.2	2.2	A-2-4 (0)	SM	2.128	9.1
8.0 %	539+400 LD	100	100.0	99.1	97.6	80.6	33.4	23.3	0.7	A-2-4 (0)	SM	2.132	9.2
10.0 %	539+400 LD	100	100.0	99.0	97.6	81.0	34.9	23.4	NP	A-2-4 (0)	SM	2.146	9.1
12.0 %	539+400 LD	100	100.0	99.1	97.7	81.4	36.2	23.8	NP	A-4 (0)	SM	2.130	9.0
14.0 %	539+400 LD	100	100.0	99.1	97.8	81.9	37.5	24.0	NP	A-4 (1)	SM	2.120	8.8

Tabla 6-7: Características físicas del material de cantera 560+300 LI

% CEMENTO	CANTERA	GRANULOMETRIA				L.L.	P	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	
		3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40			AASHTO	SUCS			
0.0 %	km. 560+320	100.0	99.0	98.5	90.4	27.4	10.5	A-6 (1)	SC			
0.0 %	Arenal	100.0	100.0	100.0	84.9	17.9	NP	A-2-4 (0)	SM			
0.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.2	98.5	91.6	23.3	6.0	A-2-4 (0)	SC - SM	2.058	10.1	
4.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.1	98.7	92.0	31.7	23.4	4.1	A-2-4 (0)	SC - SM	2.063	10.6
6.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.3	98.6	92.2	33.0	23.6	1.5	A-2-4 (0)	SM	2.076	10.8
8.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.4	98.8	92.4	34.3	23.8	NP	A-2-4 (0)	SM	2.092	10.9
10.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.3	98.7	92.5	35.6	24.1	NP	A-2-4 (0)	SM	2.094	10.8
12.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.4	98.8	92.7	36.9	24.2	NP	A-4 (0)	SM	2.076	10.7
14.0 %	km.560+320 70% Arenal 30%	100.0	99.3	98.7	92.9	38.2	24.4	NP	A-4 (1)	SM	2.064	10.5





El incremento del porcentaje pasante la malla N° 200, es debido a que la característica granulométrica del cemento es fina, los materiales de las canteras en natural presentan un porcentaje pasante la malla N° 200 que varían de 28.3 a 29.1%, con la adición del 14% de cemento alcanza porcentaje de 37.5 a 38.2% se aprecia una tendencia lineal con una pendiente de 0.65.

El límite líquido (LL) se incrementa ligeramente con la adición del porcentaje de cemento, esto es una contradicción a lo esperado en gabinete debido a que la floculación del cemento conduce a la reducción del LL, además de la gráfica las variaciones del LL con el incremento de cemento no son significativa. El límite líquido está en el orden de 22 a 23% en estado natural, con la adición del cemento al 14% alcanza valores de 24%.

El índice de plasticidad (IP) que presenta estos materiales de cantera en estado natural son del orden del 6% con el incremento del cemento se disminuye el IP de manera gradual, con la tasa de 8% y de 10% de cemento el material de las canteras 560+300 y 539+400 respectivamente pierde todo su plasticidad llegando hacer NP.

La máxima densidad seca se incrementa hasta alcanzar un máximo de densidad a una tasa de cemento correspondiente, en el estado natural alcanzan los valores de 2.100 y 2.058 gr/cm³ para las canteras 539+400 y 560+300 respectivamente y con la tasa de 10% de cemento alcanza la mayor densidad llegando a valores de 2.146 y 2.094 gr/cm³.

6.4 Variaciones de la capacidad de soporte de los suelos estabilizados.

Como se mencionó anteriormente las canteras de suelos en la zona de estudio presentan baja capacidad de soporte, con la adición correcta de cal y cemento al suelo le otorgan una mejoría estructural de esta manera la mezcla estabilizada alcanzaría a cumplir con los parámetros de resistencia del proyecto para la sub base suelo cal (CBR>40%) y para la base suelo cemento (Rd>18 kg/cm²).

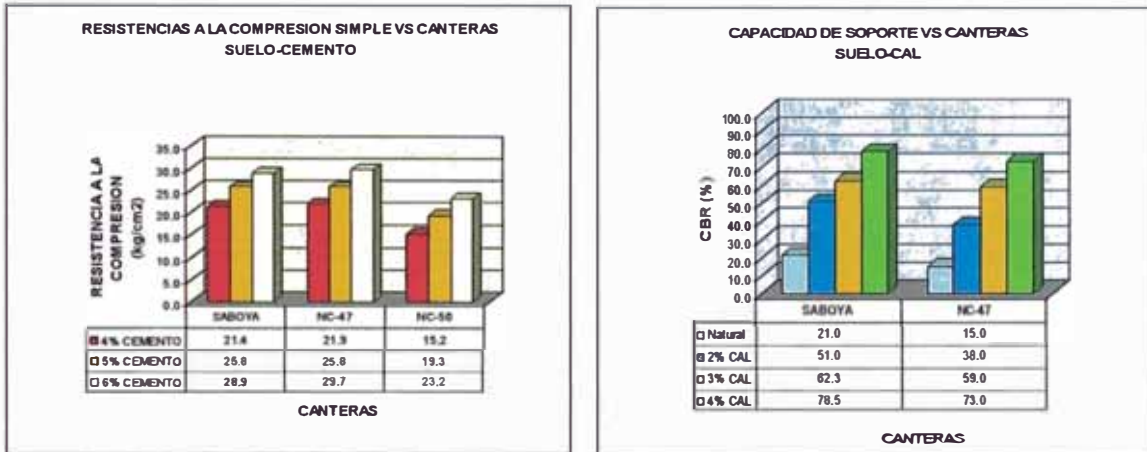
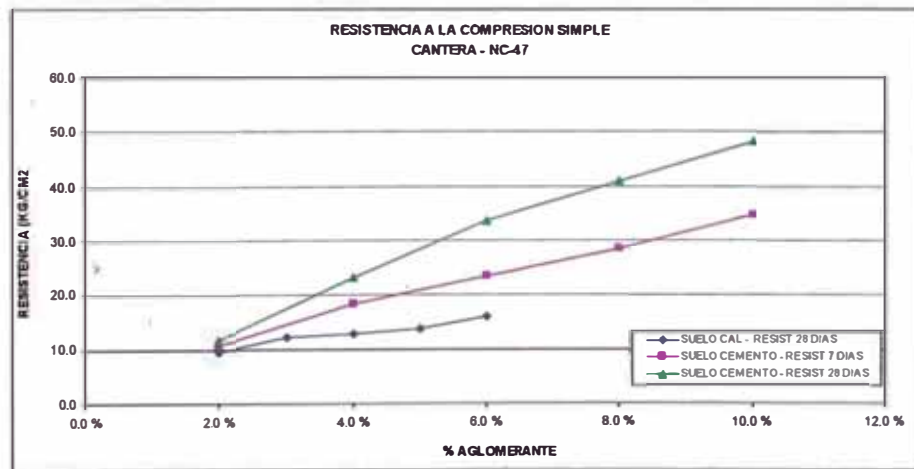
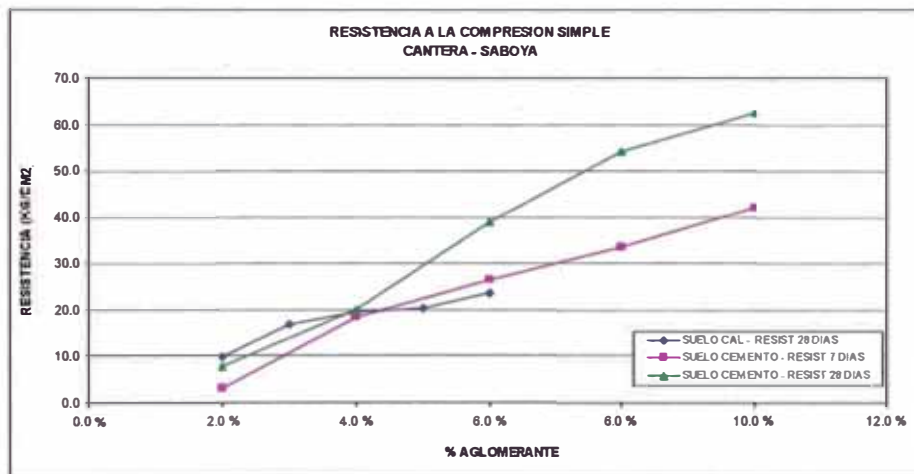
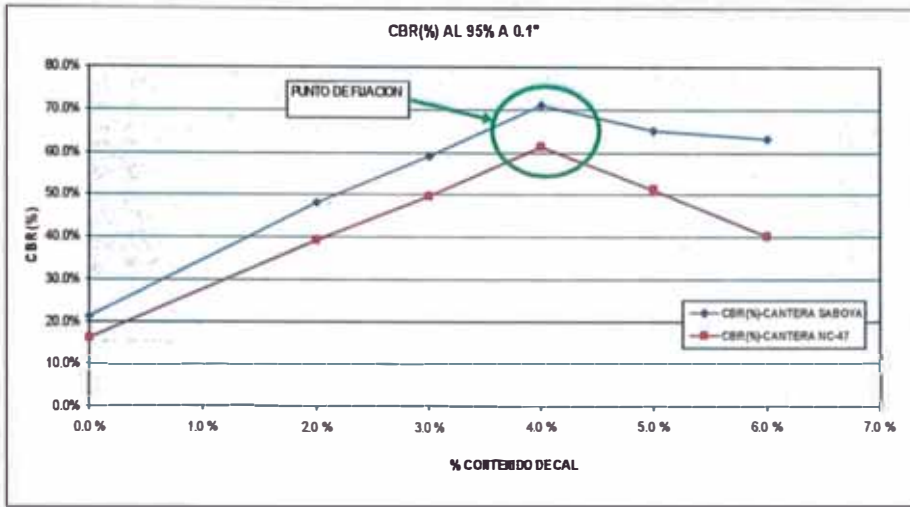


Fig. 6-6: Variaciones en las características mecánica del suelo-cemento y suelo-cal

La resistencia del suelo cemento a los 7 días aumenta de acuerdo al incremento dosificado del cemento en la mezcla, nótese que el incremento de resistencia es variable, alcanzan la resistencia mínima requerida con diferente tasa de cemento para cada cantera; estos se debe a las características físicas y químicas del suelo natural y la afinidad directa con el cemento, además la resistencia del suelo cemento va en aumento con respecto a su edad de producción como se detalla en la tabla 2-20.

El CBR(%) del suelo cal se incrementa de manera paulatina de acuerdo a la tasa de cal que se aplica al suelo natural, la variación del CBR(%) a una misma tasa de cal depende de la matriz arcillosa que contenga el suelo. De manera similar que el suelo cemento, el suelo cal debería de evaluarse su capacidad de soporte por resistencia a la compresión debido que la resistencia del suelo cal se incrementa con respecto al tiempo. En la mezcla suelo cal existe un punto donde el índice de CBR no mejora al incrementarse mayor dosis de cal, conocido como

“punto de fijación” este porcentaje de cal se determinó para las dos canteras arrojando el valor de 4.0% de cal para las dos canteras.



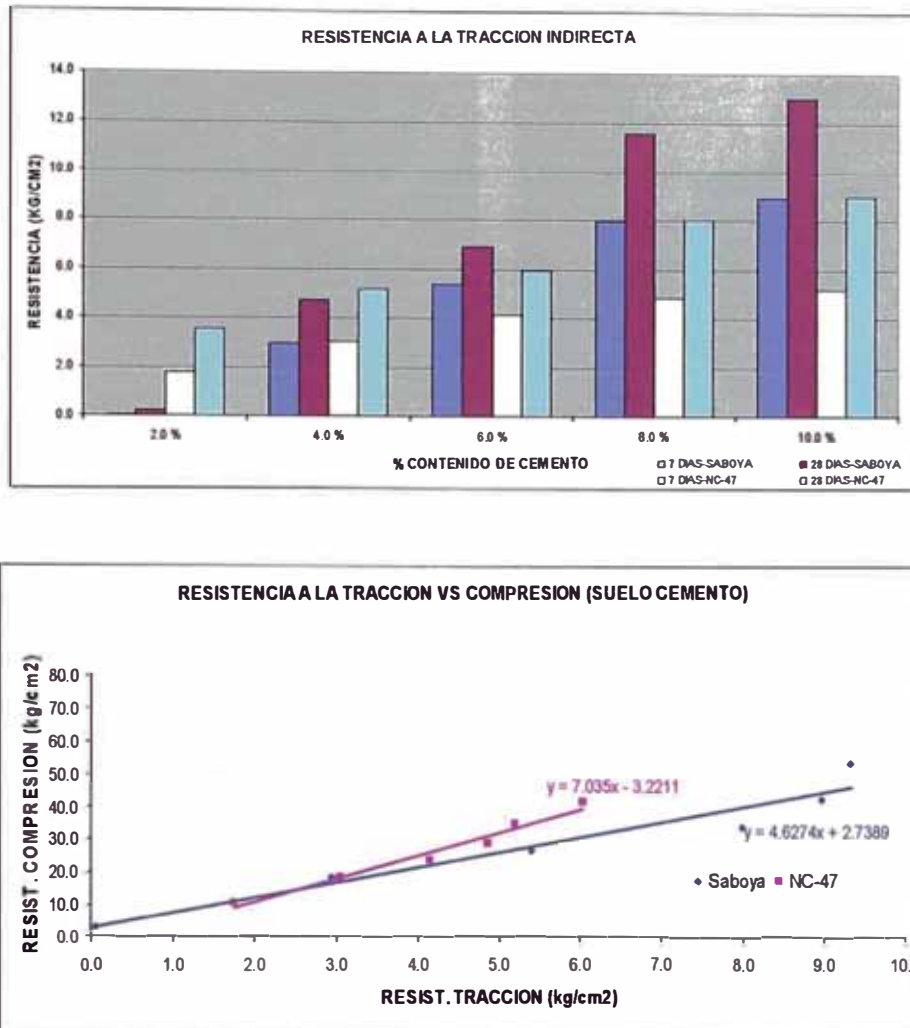


Fig. 6-7: Punto de fijación del CBR, Resistencia a la compresión y tracción

De las tablas 3-10, 4-20 y 4-21 referente a las mezclas de suelo cal y suelo cemento, se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión y tracción indirecta, donde a una misma tasa de cemento y cal la mezcla de suelo cemento genera mayor resistencia a la compresión que la mezcla suelo cal, esto es debido a que el cemento ya posee el componente que aporta resistencia a la mezcla (silicato tricálcico), sin embargo la mezcla de suelo cal tiene que esperar la reacción entre la arcilla (suelo) y la cal para formar el silicato tricálcico para ello depende mucho de la matriz arcillosa del suelo natural. La resistencia a la tracción en mezclas de suelo cemento evoluciona respecto al tiempo y además presentan una relación de 1/6 con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días, esto es una buena herramienta para la verificación de la resistencia al esfuerzo cortante que son originada por la carga vehicular a nivel de esta capa.



Foto 32. Batería de especímenes de suelo cemento para el ensayo de compresión simple y tracción indirecta.



Foto 33. Especimen sometido al ensayo de compresión simple no confinada (MTC-1103, ASTM D 1633) previo capping.



Foto 34. Ensayo de Tracción en suelo cemento simulando la norma de tracción indirecta del concreto (MTC E 708, ASTM C 496).



Foto 35. Vista del especimen colocado en la mordaza para ser sometido al ensayo de Tracción indirecta.

6.5 Monitoreo de fisuras a nivel de base suelo-cemento y a nivel de TSB.

En la capa de suelo cemento se reflejan fisuras prematuras y su posible incremento, el grado de severidad de las fisuras son leves, moderadas y excepcionalmente del tipos severas, este problema causó preocupación en la etapa constructiva por lo que se tomo la decisión de realizar un monitoreo de fisuras en zonas sectorizadas que fueron escogidas de acuerdo a la variación de las tasas de cemento, la procedencia del material de cantera y de acuerdo al avance de la obra:

Tabla 6-8: Sectores de monitoreo del tramo Iberia - lñapari

N°	SECTORES	Marzo-07	Abril-07	Mayo-07	Meses posteriores
1	KM 660- KM 661	TSB	TSB	TSB	TSB
2	KM 667- KM 668	TSB	TSB	TSB	TSB
3	KM 673- KM 674	TSB	TSB	TSB	TSB
4	KM 681- KM 682	Base	TSB parcial	TSB	TSB
5	KM 694- KM 695	Base	Base	TSB	TSB

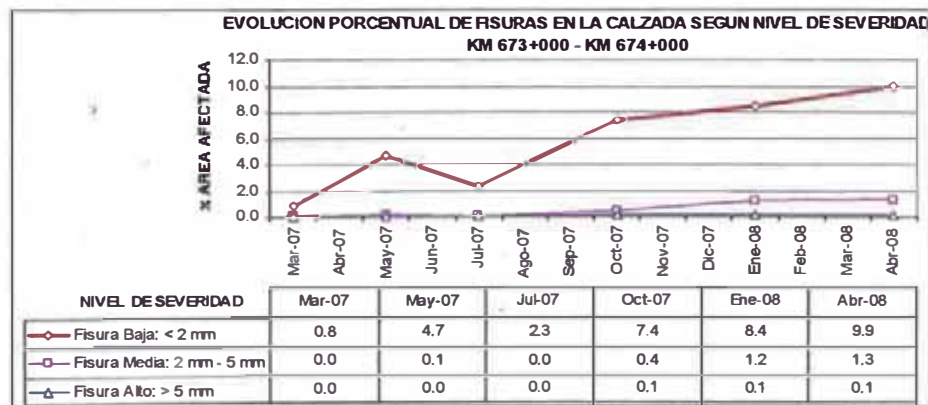
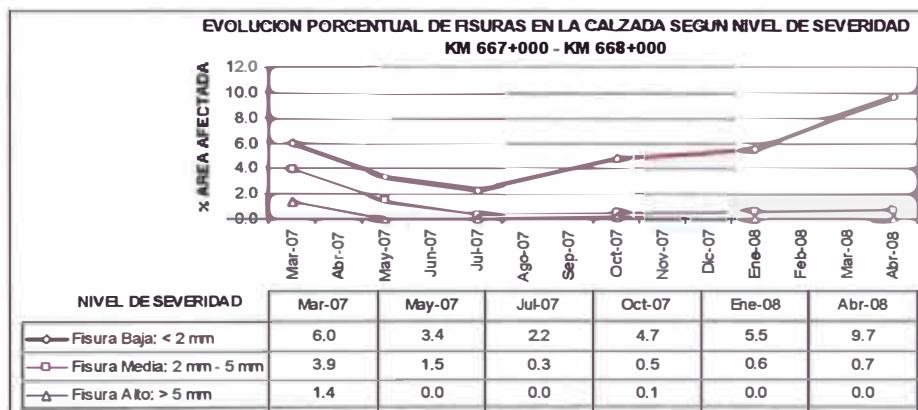
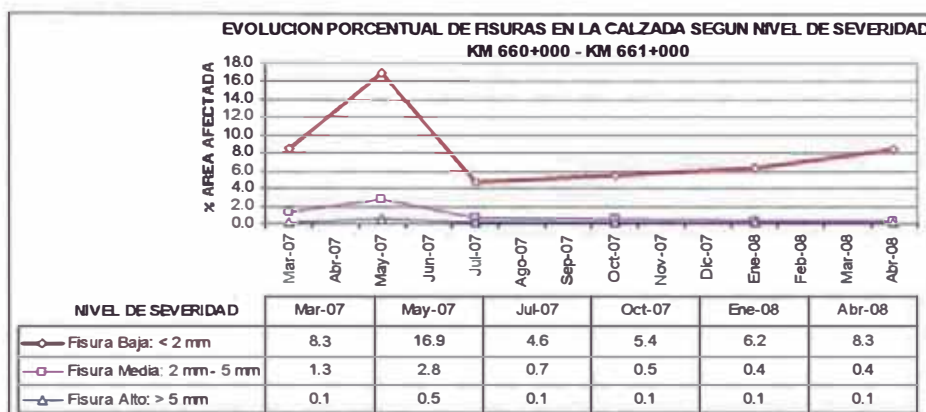
Se muestra los cinco sectores de monitoreo que se evaluaron periódicamente de acuerdo al avance de obra, encontrándose algunos con base y otros con TSB, a partir del mes de mayo-07 todos los sectores se evaluaron a nivel de TSB.

En los sectores 1, 2 y 3 no se realizó el sellado de fisuras a nivel de base suelo cemento pero si el sellado de fisuras a nivel de TSB. En el sector 4 y 5 se realizó el sellado de fisuras a nivel de base suelo cemento y el bacheo de desprendimientos de la base suelo cemento con mortero asfáltico. En los sectores indicados aparte del monitoreo de fisuras a nivel de la calzada completa se realizó el monitoreo de rugosidad y deflexiones a nivel de base imprimada y TSB de acuerdo al avance de obra, los últimos reportes de evaluación son a nivel de TSB en todos los sectores.

A continuación se muestra los resultados de la evaluación acumulada desde el mes de marzo del 2007 al mes de abril del 2008.

Fisuras

La visualización de fisuras en el pavimento son a nivel de la capa de rodadura (base imprimada o TSB) se cuantificó el área de las fisuras (área dañada) en una primera instancia con un ancho mínimo de 0.60 m luego se redujo la dimensión a 0.30 m de ancho desde el segundo a tercer monitoreo, del mismo modo el conteo se realiza a las fisuras tratadas y las no tratadas. Las fisuras en la cazada evaluadas en el periodo son:



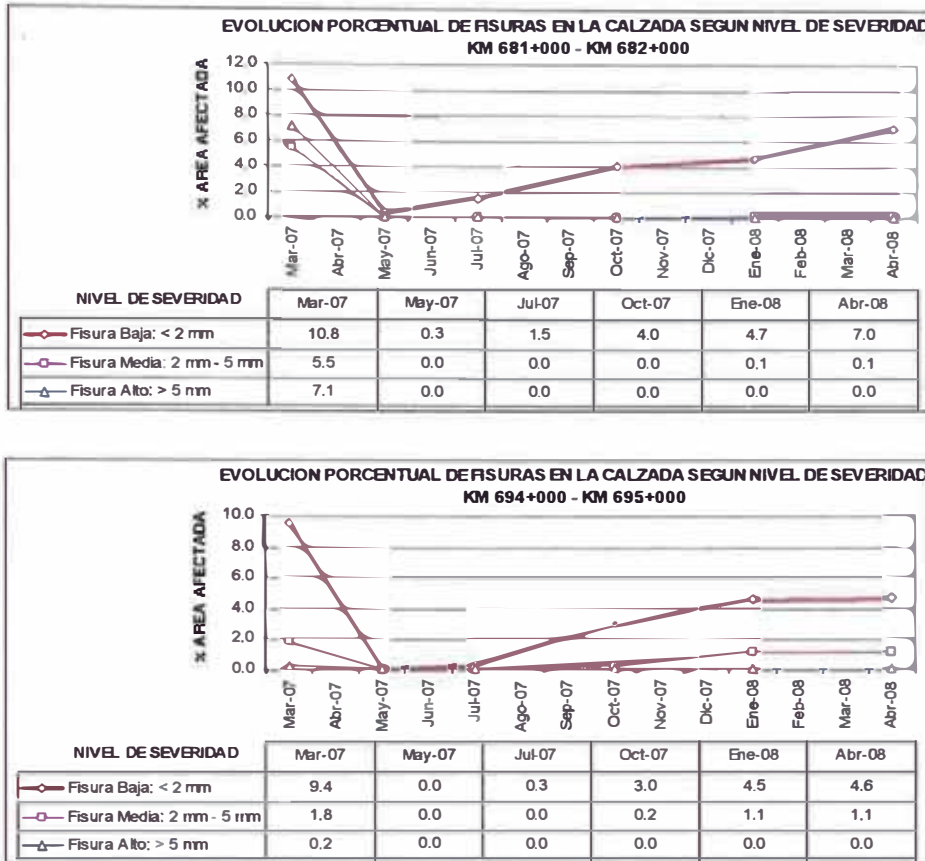


Fig. 6-8: Incremento del porcentaje de fisuras en los sectores de monitoreo

En el gráfico del km 660, se muestra un máximo incremento en el periodo de May-07 con un 16.9% en las fisura de severidad baja, para corregir este defecto se realizó un tratamiento con una capa sellante previo tratamiento de las fisuras reflejadas en el TSB, para el periodo de Jul-07 y posteriores a este periodo el areado de fisuras se realizó con una dimensión de ancho de 0.30 m; nótese un incremento leve de las fisuras de manera gradual, las fisuras de severidad media y alto no tienen mayor implicancia en su desarrollo.

En el km 667, se disminuye la cuantificación de las fisuras para el periodo de May-07, debido a que se realizó el tratamiento de fisuras y se aplicó un sellado de fog seal (líquido asfáltico) que tenía la función de ocultar el tratamiento de fisuras, pasado los meses se volvieron a reflejar las fisuras es más el tratamiento de fisuras se deja reflejar a través del fog seal, en general el incremento de fisuras de severidad leve se incrementa con una pendiente suave.

En el km 673, el periodo de Jul-07 se realizó la colocación de una capa sellante (textura cerrada) ocultando las fisuras evaluadas en los periodos anteriores, en

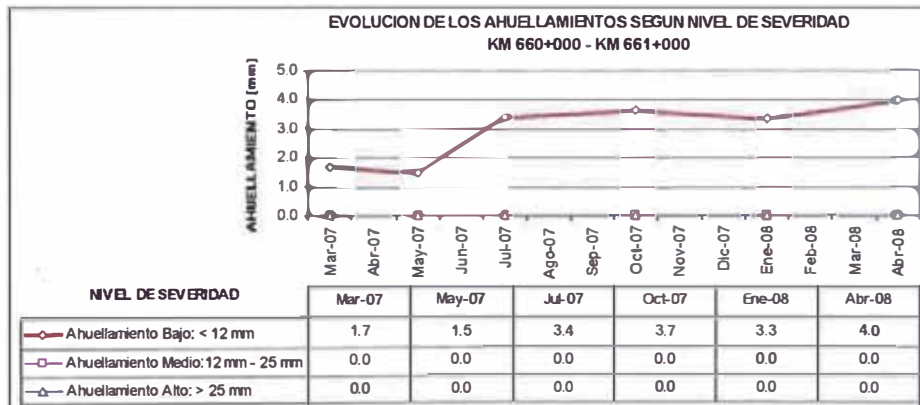
los siguientes relevamientos (Oct-07) las fisuras se vuelven a reflejar visualizándose en el gráfico el incremento de las fisuras bajas, las fisuras de severidad media y alta alcanza como máximo de 1.3%.

En la primera evaluación del km 681, se realizó a nivel de base imprimada arrojando valores altos en porcentajes de áreas dañadas, en el periodo de May-07 se evaluó a nivel de TSB previo tratamiento de fisuras a nivel de base imprimada, de cierta manera ayuda a mitigar las proyecciones de las fisuras a nivel de TSB alcanzando en hasta un valor de 7.0% a nivel de fisura baja en el periodo de Abr-08.

En este último sector km 694, al igual que el sector anterior se realizó la evaluación de fisuras a nivel de base recibiendo el tratamiento de fisuras a nivel de esta capa y posterior a ello se colocó el TSB, apreciándose en el gráfico el incremento de fisuras a nivel de TSB con una pendiente de crecimiento muy suave.

Ahuellamientos

Los ahuellamientos evaluados al presente período son:



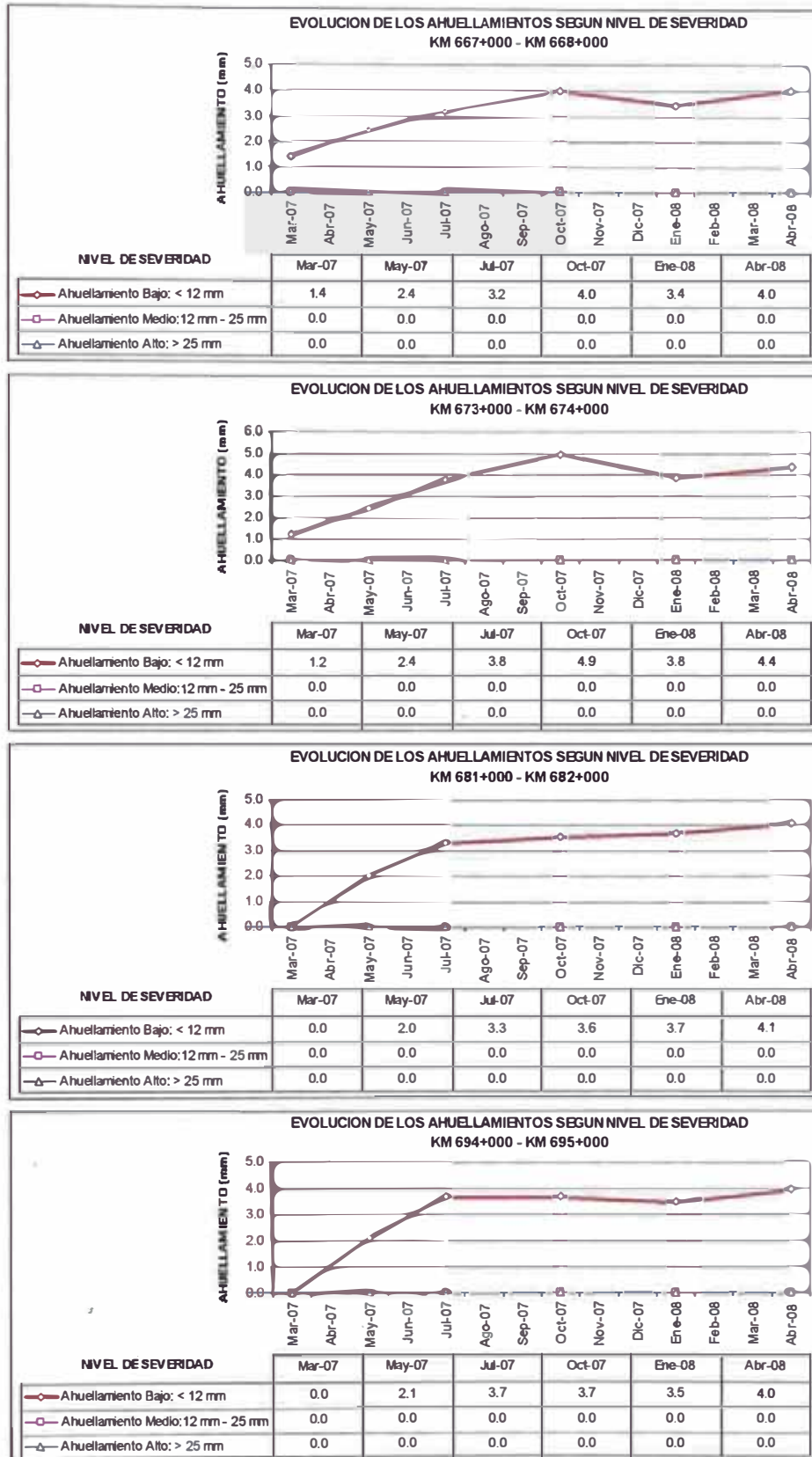


Fig. 6-9: Incremento de los valores de ahuellamiento en los sectores de monitoreo

Por ser una capa estabilizada de base suelo cemento estas no deben presentar ahuellamientos por la naturaleza rígida de esta capa. Los probables ahuellamientos que pueden estar ocurriendo en la base estabilizada se debe a una deficiencia en el control de la nivelación topográfica antes de liberar la capa estabilizada, otro aspecto puede ser los bacheos en la base suelo cemento deteriorada (deficiente colocación del mortero asfáltico en frío) obsérvese que al pasar un año de monitoreo se observa que el ahuellamiento en general de los 5 sectores estos alcanzan el valor de 4.0 mm.

Rugosidad (IRI)

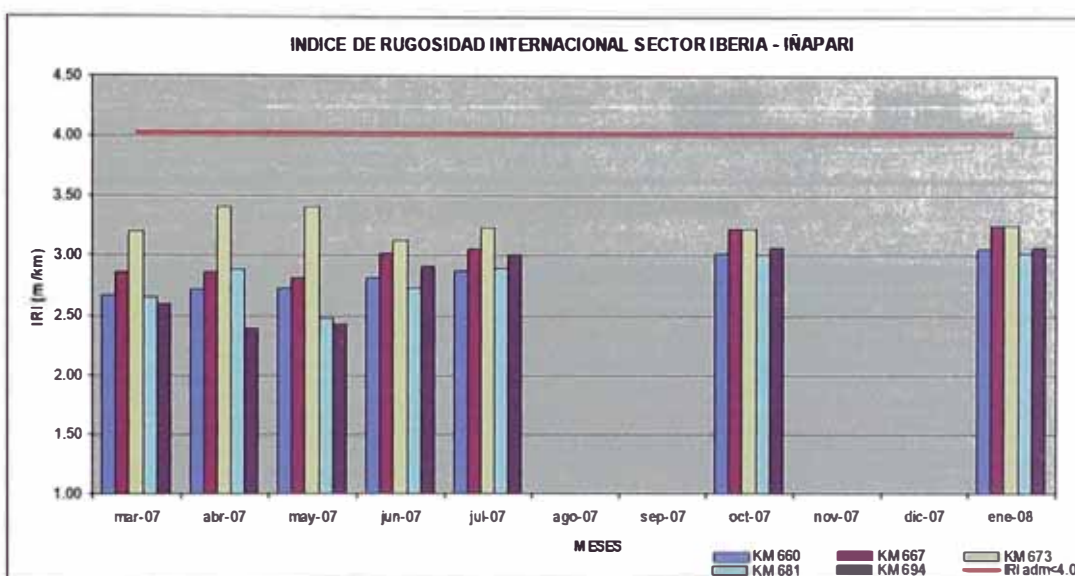


Fig. 6-10: Incremento de la rugosidad en los sectores de monitoreo

Con respecto a la evaluación funcional que se realizó en los sectores de monitoreo con el objeto de verificar si el tratamiento de fisuras aplicado en los sectores influyen en la cuantificación de la rugosidad, donde se aprecia el incremento de la rugosidad con la evolución del tiempo este parámetro está directamente relacionada con la calidad de la serviciabilidad del pavimento con el paso del tráfico. En las gráficas del IRI respecto al km 673 y km 681 se aprecian bajos en el valor de rugosidad estos son debido a que en primera instancia se midió la rugosidad en superficie de rodadura a nivel de TSB de segunda capa y base imprimada en un mismo sector de monitoreo, además hay que tener presente los factores que afectan a la evaluación como son las juntas de construcción transversal a la plataforma y la superficie a evaluar debe de estar limpia.

Mediciones deflectométricas

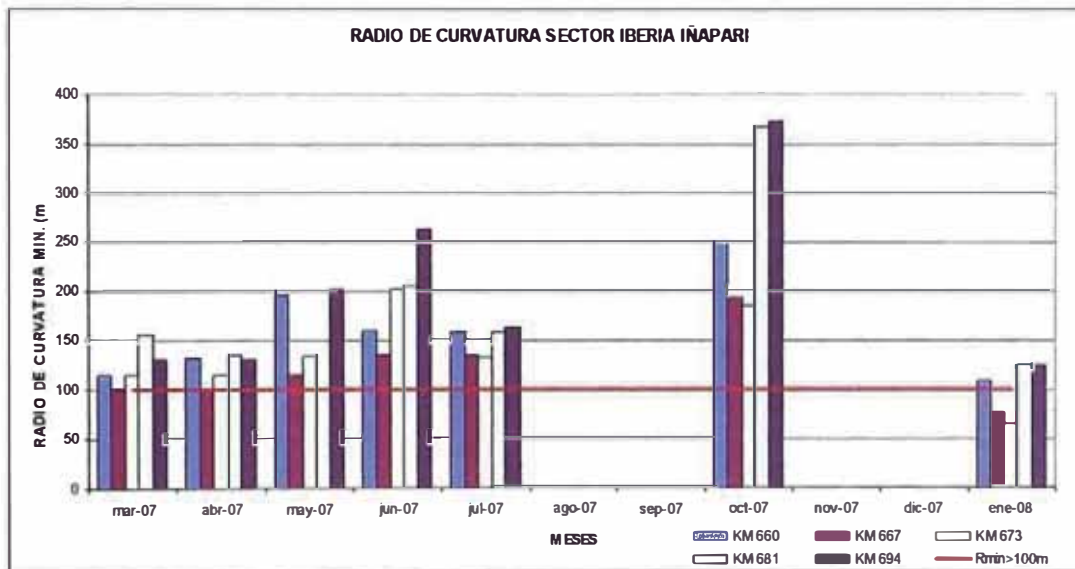
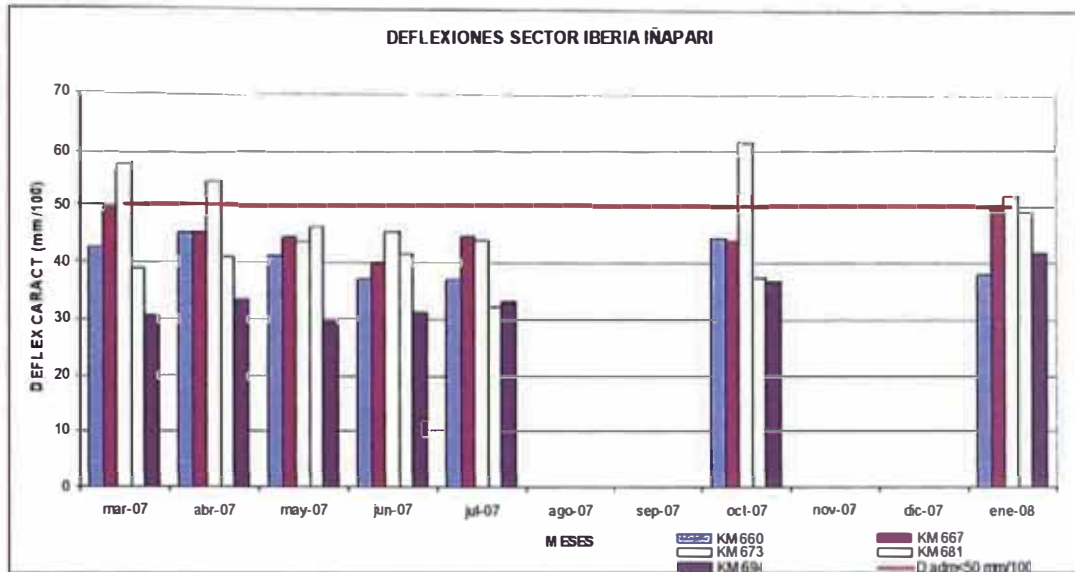


Fig. 6-11: Incremento de la deflexión y radio de curvatura en los sectores de monitoreo

El control de deflexiones permite determinar la condición estructural del pavimento en determinada etapa del servicio. Referente a los monitoreo de los cinco sectores estos respondieron estructuralmente aceptables arrojando valores menores que la deflexión admisible de 50 (1/100 mm); a excepción del km 673 que presenta la deflexión máxima por encima del valor admisible nótese que estos valores altos se dan en el periodo de lluvias (mar-07, abril-07 y ene-08), en este periodo la napa freática sube comprometiendo la subrasante a un posible ablandamiento de esta capa, la solución en este sector es realizar un sistema de subdrenaje.

El radio de curvatura es un parámetro coherente con las deflexiones; de los sectores de monitoreo en toda época del año los valores de radio de curvatura son mayores de 100 m de acuerdo a lo recomendado por la CONREVI, a excepción del km 673 en el mes de ene-08 como se evidencio en las deflexiones este déficit se debe al ablandamiento de la subrasante debido al periodo de lluvia, se debe de monitorear su comportamiento y de los resultados se dictara un juicio del sector.



Foto 36. Fisura transversal de severidad media, a nivel de TSB.



Foto 37. Bacheo y tratamiento de fisuras a nivel de base imprimada en la progresiva km 681+500.



Foto 38. Tratamiento de sellado de fisuras a nivel de TSB con elastómero (betuflex), en el sector km 660.



Foto 39. Mediciones de deflexiones con el equipo de Viga Benkelman en los sectores de monitoreo, sector km 694.



Foto 40. Medición de la rugosidad superficial a nivel de TSB con el equipo de tipo respuesta Bump Integrator.

6.6 Mitigación de fisuras en los suelos estabilizados.

Es de esperarse que se presenten fisuras en la capa del material estabilizado con cemento, esto sucede por el desarrollo de los gradientes térmicos que originan tensiones y que adicionados al fenómeno de retracción hidráulica resultan en los cambios dimensionales del material, influyendo directamente en el fenómeno de fisuración.

Fuente: Fisuras en materiales tratados con cemento para carreteras - Boletín kilómetro 40 ICPC

Teniendo en cuenta que al fabricar mezclas de suelo cemento, se llegan a obtener altas resistencia a la compresión (70 kg/cm^2 o más), las cuales no son convenientes por su susceptibilidad al agrietamiento, pues finalmente se reflejan en la capa de rodadura; en la actualidad se fijan un límite superior de 56 kg/cm^2 , valor hasta el cual se considera que el suelo cemento presenta un comportamiento acorde con las exigencia del pavimento flexible.

Fuente: Ingeniería de pavimento para carreteras - A Montejo Fonseca Pág. 114.

Para alcanzar el ancho límite de fisuras, la resistencia a la compresión no confinada a 7 días para suelos de grano fino no debe exceder 2070 KPa (300 psi).

Fuente: Minimizing cracking in treated material for improved performance, Research & Development Bulletin de la Portland Cement Association, 2002.

De los alcances bibliográficos relacionado al suelo cemento, se describe las acciones realizadas en laboratorio y en pista para mitigar la reflexión de fisuras que son innatas de esta mezcla estabilizada.

6.6.1 Acciones en laboratorio.

a) Con la intención de implementar parámetros de control en la partida de suelo cemento en la normativa peruana EG-2000. Se realizó un estudio del IP del suelo natural de la cantera Saboya, con el propósito de definir parámetros en las características físicas del suelo natural para que estos sean aplicados exitosamente en la mezcla del suelo cemento.

Tabla 6-9: Características física-mecánica con variaciones de la plasticidad

Cantera Saboya con un IP=NP

% CEMENTO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ² 7 días
	Nº4	Nº 10	Nº40	Nº200			AASHTO	SUCS			
4 %	100.0	100.0	96.0	23.1	21	NP	A-2-4(0)	SM	1.935	13.1	15.90
5 %	100.0	99.7	91.1	24.2	22	NP	A-2-4(0)	SM	1.942	13.9	22.80
6 %	100.0	100.0	95.1	26.7	22	NP	A-2-4(0)	SM	1.950	14.8	28.50

Cantera Saboya con un IP=5%

% CEMENTO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ² 7 días
	Nº4	Nº 10	Nº40	Nº200			AASHTO	SUCS			
4 %	100.0	99.7	95.6	26.3	23	4	A-2-4(0)	SM	1.961	15.1	19.38
5 %	100.0	99.8	93.7	27.1	24	2	A-2-4(0)	SM	1.961	15.2	25.88
6 %	100.0	99.8	94.9	28.1	24	1	A-2-4(0)	SM	1.938	16.6	29.92

Cantera Saboya con un IP=10%

% CEMENTO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ² 7 días
	Nº4	Nº 10	Nº40	Nº200			AASHTO	SUCS			
4 %	100.0	99.9	95.7	45.1	31	8	A-4(2)	SM	1.920	14.3	14.70
5 %	100.0	99.8	95.7	45.5	30	8	A-4(2)	SC	1.924	14.9	16.60
6 %	100.0	100.0	93.7	45.8	30	6	A-4(2)	SM	1.918	15.5	22.80

Cantera Saboya con un IP=15%

% CEMENTO	GRANULOMETRIA				LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ² 7 días
	Nº4	Nº 10	Nº40	Nº200			AASHTO	SUCS			
4 %	100.0	99.8	96.6	52.2	32	13	A-6(5)	CL	1.862	15.1	8.00
5 %	100.0	99.7	96.2	53.2	29	11	A-6(4)	CL	1.873	16.1	12.00
6 %	100.0	99.5	96.4	54.1	29	8	A-4(4)	CL	1.902	16.0	16.60

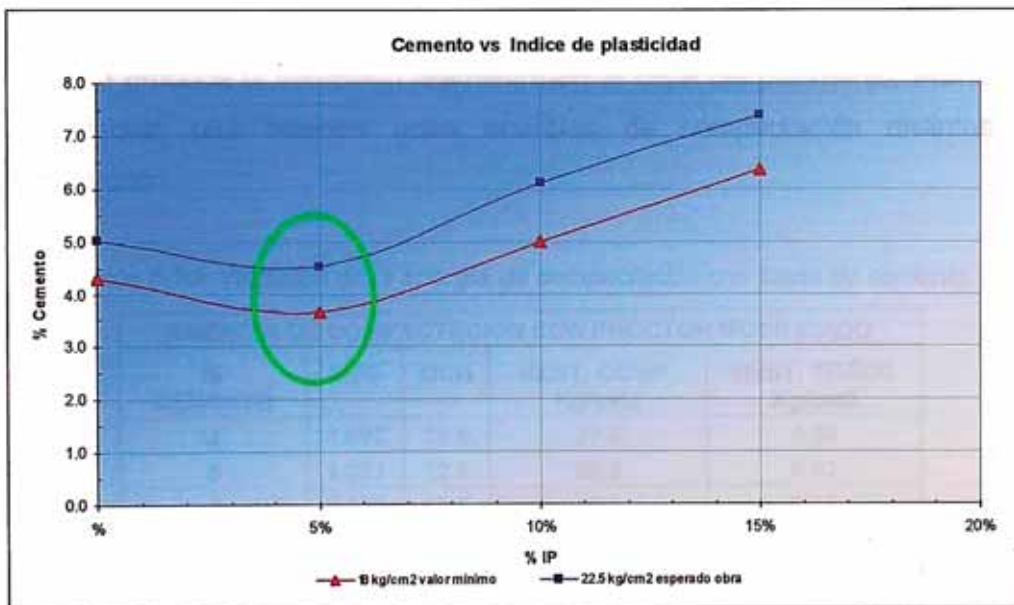
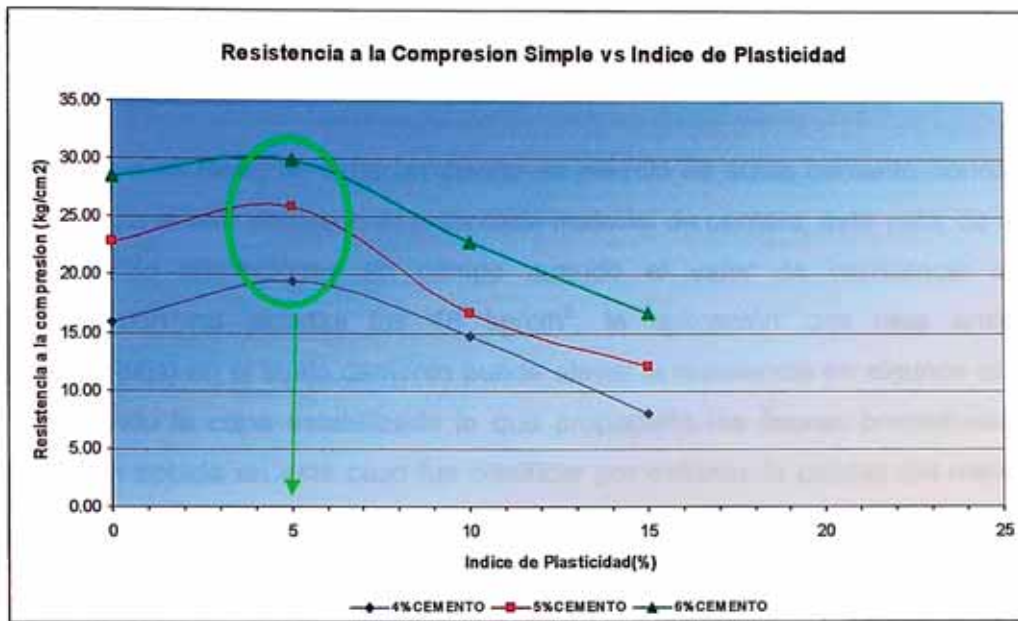


Fig. 6-12: Plasticidad óptima del suelo natural – mezcla suelo cemento

De los gráficos, se deduce que el índice de plasticidad óptimo del suelo natural es de 5% para obtener la máxima resistencia a la compresión simple sea cualquiera la tasa de cemento que se aplique, paralelamente se deduce que para el límite líquido el valor recomendado debe ser inferior a 30%, con un porcentaje del material de la malla N° 200 inferior a 30%, estas características físicas mencionada se encuentra en las arenas con una matriz limosa, otra manera de obtener estas características es realizando combinaciones de

cantera consiguiendo mezclas de suelo-arena, para poder bajar la plasticidad y evitar las contracciones del suelo cemento.

b) Si bien es cierto se tiene un diseño de mezcla de suelo cemento donde se especifica la tasa de cemento para cada material de cantera, este valor de tasa ha sufrido alteraciones en campo cuando el valor de resistencia a la compresión no alcanza los 18 kg/cm², la aplicación una tasa errónea (sobredosis) en el suelo cemento puede elevar la resistencia en algunos casos rigidizando la capa estabilizada lo que propagaría las fisuras prematuras, la solución optada en este caso fue clasificar por estratos la calidad del material de cantera, con un estricto control en la malla N° 200 e índice de plasticidad.

c) Una acción tomada en obra, fue la disminución de la energía de compactación debido a que los suelos finos deben de compactarse con el próctor estándar como lo recomienda la bibliografía clasificada; una mayor energía produce la fisuración prematura en la capa del pavimento. Por lo que se efectuó una relación entre energías de compactación distintas en laboratorio:

Tabla 6-10: Variación de la energía de compactación con tasas de cemento

ENERGIA DE COMPACTACION CON PROCTOR MODIFICADO				
% CEMENTO	MDS	OCH	REST. COMP. Kg/cm ²	REST. TRACC Kg/cm ²
4	1.999	11.5	27.7	5.98
5	1.967	12.0	36.8	6.97
6	1.972	12.5	40.7	8.15

ENERGIA DE COMPACTACION CON PROCTOR INTERMEDIO(*)				
% CEMENTO	MDS	OCH	REST. COMP. Kg/cm ²	REST. TRACC Kg/cm ²
4	1.918	14.1	17.7	3.93
5	1.905	14.4	22.7	5.02
6	1.896	14.8	25.7	5.71

(*) Tres capas, 25 golpes pizón modificado.

ENERGIA DE COMPACTACION CON PROCTOR ESTANDAR				
% CEMENTO	MDS	OCH	REST. COMP. Kg/cm ²	REST. TRACC Kg/cm ²
4	1.869	14.8	17.1	3.01
5	1.845	15.3	18.5	4.75
6	1.822	15.6	23.0	5.95

Por lo que se tomo la decisión de cambiar el grado de compactación especificada de 100% del próctor modificado a próctor intermedio, pero realizando un análisis de energía de compactación de estos ensayos se puede afirmar que para estos tipos de suelos finos el 95% de Próctor modificado equivale a 100% de Próctor Intermedio.

6.6.2 Acciones en pista.

a) Una de las causas por lo que el suelo cemento se fisura es el alto gradiente térmico, llegando por las noches a 20° C y en el día la temperatura de la base suelo cemento llega a 45° C, que genera esfuerzo térmico de tracción debido al alabeo de las losas de suelo cemento en las diferentes estaciones del día.

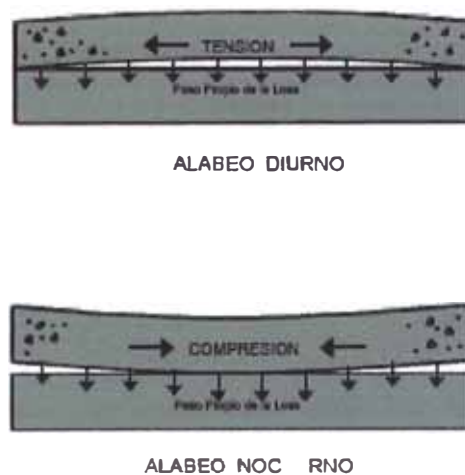


Fig. 6-13: Efecto del gradiente térmico en las losas de suelo cemento

Se recomienda un buen mecanismo de curado, pudiendo ser mediante un riego tipo niebla a la superficie de la base suelo cemento más aún si se encuentra imprimada la base estabilizada, mantener siempre el arenado de imprimación con humedad constante; debido a que en el interior del suelo cemento con ser una capa negra la imprimación bituminosa esta absorbe calor y por ser impermeable la capa suelo cemento en el interior se asemeja al efecto invernadero. Se debe de recordar que un buen curado otorga a la mezcla de suelo cemento una evolución favorable de la resistencia.

b) Realizar el tratamiento del sellado de fisuras sea de cualquier severidad (baja, media y alta), de esta manera evitar las filtraciones de agua que pueden causar daños futuro en la capas del pavimento, asimismo mitigar el desarrollo de las fisuras debido a la carga vehicular a que es sometida, el tratamiento de fisura menor de 2 mm se realizó de manera manual previa limpieza de la zona afectada, con betuflex, sellador elastomérico a temperatura de 160° C, esparciendo confitillo en su parte superior para retardar la reflexión de fisuras en el pavimento. Si la fisura resulta mayor a 2 mm se ruteará la fisura con un ancho de 4 a 8 mm y se proseguirá con los procedimientos anteriores

c) Se realizaron prefisuraciones transversales con el objetivo de invitar que las fisuras se susciten en la junta, esta actividad se realizó con la máquina cortadora de pavimento, luego de haberse conformado la capa de base suelo cemento y fraguado la mezcla, estas prefisuraciones se realizaron cada 3 m con una profundidad de 5 cm y con un ancho del disco cortador de 8 mm, en el momento de realizar la junta de contracción (prefisura) se inyectó agua para evitar el polvo y el sobrecalentamiento del disco, posterior a ello se procede a limpiar restos y polvo en la junta de contracción, para la aplicación de la emulsión asfáltica de rotura lenta, se siguió esta metodología de trabajo hasta que se implanto otro método de prefisuración con menor tiempo de ejecución.

d) La segunda metodología usada para evitar las fisuras en la base suelo cemento es la prefisuración provocada en el proceso de mezclado del suelo cemento con la recicladora (dentro del proceso constructivo del suelo cemento) a continuación el equipo de retroexcavadora con una plancha adosada va colocando unos geosintéticos de un ancho de 0.15 m de ancho y de largo 4.50 m con frecuencia de colocación cada 3.00 m, esta actividad simula una aplicación del método Olivia, lo que se utiliza en el otros países desarrollados, este procedimiento de trabajo ha dado buen resultado en campo, reduciendo las fisuras por retracción hidráulica del suelo cemento.



Foto 41. Delineamiento con tiza para la ejecución de la prefisura en la capa de suelo cemento.



Foto 42. Máquina de cortadora de pavimento realizando la junta de contracción (prefisura).



Foto 43. Aplicación manual de la emulsión de rotura lenta en la junta previa limpieza de la junta.



Foto 44. Presentación del geosintético empleado en las prefisuraciones del método de Olivia.



Foto 45. Colocación del geosintético mediante equipo retroexcavadora en el suelo cemento fresco.



Foto 46. El geosintético se coloca en los 4.5 m (ancho del carril) a una profundidad de 0.07 m de la por superficie.



Foto 47. Curado con agua (riego niebla) mediante el camión cisterna en la base suelo cemento imprimada, por el método de aspersión.



Foto 48. Imprimación asfáltica con emulsión de rotura lenta, realiza la función de curado evitando la evaporación del agua en la base estabilizada.



Foto 49. Obsérvese en el núcleo diamantino, la presencia de sílice que aporta en la reacción puzolánica del suelo cemento.

CAPITULO 7. COSTOS DEL PAVIMENTO EN EL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR TRAMO 3: PTE INAMBARI - IÑAPARI. (Km. 652+000 al Km. 709+825).

Introducción.

Como es de conocimiento para la construcción de una vía se necesita la intervención de varias áreas de ingeniería (ejecución multidisciplinaria), como el área de topografía y explanaciones, obras de arte y drenaje, suelos y pavimentos, etc.; cada una de estas áreas tiene como responsabilidad de la correcta ejecución de las respectivas partidas que tiene a su cargo así como el control de avance de obra que se encuentra reflejado en los metrados de la distintas partidas, que contrastado con el costo unitario de cada partida se genera el presupuesto total de la vía a nivel de costo directo.

Plasmando un enfoque al presupuesto del pavimento del proyecto, es menester saber que este se encuentra asignado a suma alzada, lo que significa que no se puede cambiar el precio ofertado en la licitación en la etapa de concurso, debido a que el postor obtuvo la buena pro con este presupuesto, ni tampoco puede ser desagregado en partidas comunes de las distintas capas del pavimento.

Se realizará un comparativo de los análisis de costos unitarios para las etapas de Factibilidad y Proyecto de Ingeniería de Detalle (PID), que forman parte de las distintas partidas del pavimento, referido a los mejoramientos (PID) y paquete del pavimento (Etapa de Factibilidad).

En el desarrollo del capítulo, en primera instancia se indica la justificación de los metrados estos se puede evaluar en los mejoramientos, luego analizaremos económicamente los tipos de mejoramientos y posteriormente a nivel de conjunto el pavimento en la etapa de Factibilidad y PID.

7.1 Justificación de metrados de capas estabilizadas.

7.1.1 Mejoramientos en la etapa constructiva.

Se describen las partidas utilizadas en los trabajos de *mejoramiento suelo-arena* (220A) conocido como capa de refuerzo, este mejoramiento es realizado hacia arriba en la mayoría de los trabajos ejecutados excluyéndose de esta manera la partida 202A Excavación de material suelto y el mejoramiento alternativo es el *mejoramiento suelo local – cal* (220D) cuya partida es nueva con respecto al PID, siendo aplicado en suelos que cumplan ciertas características físicas aprovechando la calidad del material existente y evitando la conformación de terraplenes de altura considerables (suelo-arena).

a) Mejoramiento suelo - arena.

Definición:

Esta actividad consiste en la eventual disgregación del material hasta el nivel de la subrasante existente, realizando el retiro del material inadecuado debido a su baja capacidad de soporte, alta presencia de material orgánico, estado de consistencia del material (blando a líquido) con estas características el material requiere ser reemplazado este por material de mejor calidad (suelo-arena) con las dimensiones, alineamiento y pendiente señalado en los planos del proyecto.

Los materiales de adición deberán presentar tal que cumpla con los requisitos de la corona del terraplén; los equipos empleados deben ser compatible con los procesos constructivos adoptados, deben cumplir las consideraciones técnicas indicadas en las especificaciones técnicas EG-2000.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al entero. En este caso, el volumen se determinará con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Supervisor antes y después de la construcción del mejoramiento. La reconformación de la nueva

subrasante debido al relleno de mejoramiento será medida y pagada de acuerdo a la partida correspondiente.

Pago:

Partidas involucradas en el mejoramiento suelo-arena:

- 103 Derecho de cantera.
- 220A Aplicación de mejoramiento de suelo-arena.
- 220B Explotación en cantera de arena.
- 220C Explotación en cantera de suelo.
- 701 Transporte de material granular hasta 1km.
- 702 Transporte de material granular después de 1km.

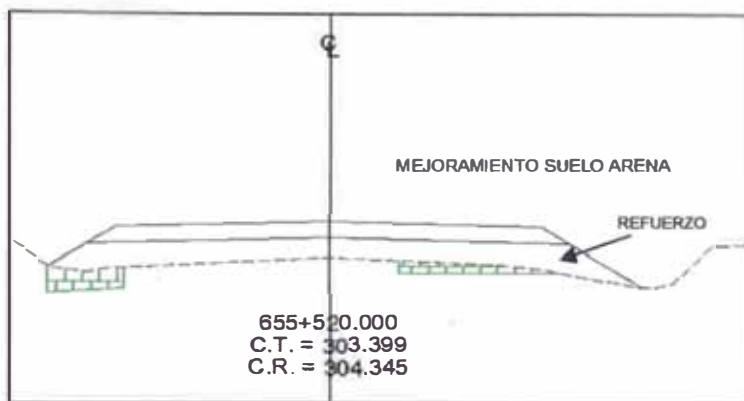


Fig. 7-1: Sección con mejoramiento suelo-arena (Refuerzo)

b) Mejoramiento de suelo local-cal.

Definición:

Este trabajo consiste en adición de cal con una tasa dosificada al suelo existente que cumpla ciertas características físicas en pista, en otras ocasiones al suelo existente se incrementa material de cantera de manera de cumplir con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto. Que tiene como finalidad proteger la subrasante de posibles infiltraciones de la humedad en zonas con presencia de nivel freático alto; que podrían afectar estructuralmente al pavimento en periodos de lluvias; la reacción química suelo cal se da con mayor éxito en los suelos de arcillosos tipo CL según clasificación SUCS.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al entero. En este caso, el volumen se determinará con base en las áreas de las secciones

transversales del proyecto localizado, verificadas por el Supervisor antes y después de la construcción del mejoramiento. La reconformación de la nueva subrasante debido al relleno de mejoramiento será medida y pagada de acuerdo a la partida correspondiente.

Pago:

Partidas involucradas en el mejoramiento suelo local-cal:

- 103 Derecho de cantera.
- 220C Explotación en cantera de suelo.
- 220D Aplicación de mejoramiento suelo-cal.
- 220E Suministro de cal.
- 701 Transporte de material granular hasta 1km.
- 702 Transporte de material granular después de 1km.

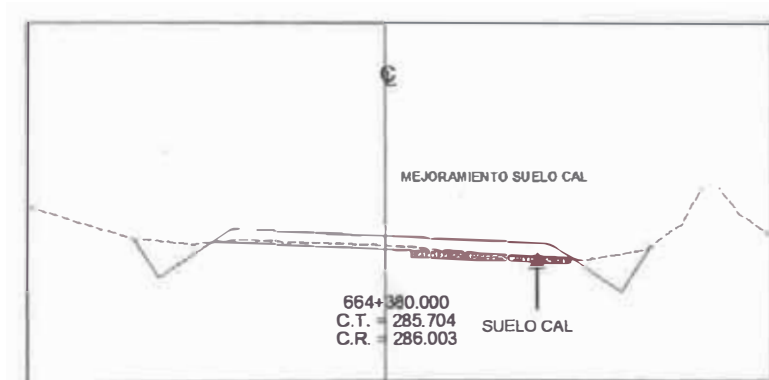


Fig. 7-2: Sección con mejoramiento suelo local-cal

c) Partidas utilizadas en los mejoramientos.

103 Derecho de Cantera

Comprende el pago al Concesionario por todos los costos de adquisición, obtención de permisos, derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo, necesarios para la construcción de la vía.

202A Excavación en Material Suelto

Esta partida consiste en el corte o excavación del terreno, según lo indicado en los planos, y de acuerdo a los taludes indicados y clasificación de materiales como material suelto.

El trabajo a ejecutar se refiere al trazo de taludes, el corte del prisma con equipo mecánico, sin uso de explosivos, a la eliminación del material de corte y

a la limpieza del material en la plataforma. Los materiales de corte pueden disponerse para eliminación en botaderos o ser utilizados en lugares indicados por la Supervisión.

220A Aplicación de Mejoramiento Suelo-Arena

Este trabajo consiste en la eventual disgregación del material existente en la plataforma hasta el nivel de la subrasante, el retiro o adición de materiales, la mezcla de suelo con la arena, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos de proyecto.

220B Explotación de Cantera de Arena

220C Explotación de Cantera de Suelo

Estas partidas están enfocadas a permitir la cuantificación del material de arena y/o suelo incorporados en el mejoramiento ejecutado, de acuerdo al diseño para mejoramientos y especificaciones técnicas aprobadas.

220D Aplicación de Mejoramiento Suelo Cal

220E Suministro de Cal

Comprende todos los servicios de mejoramiento de suelos de subrasante, donde se emplee como agente de estabilización la cal, sea con empleo del suelo existente (propio o de préstamo lateral) o utilizando material de cantera (adicionado).

701 Transporte de material granular hasta 1 km.

702 Transporte de material granular después de 1 km.

La norma que debe guiar las Especificaciones Técnicas, es la que se estipula en las EG – 2000, por lo que disponen coordinar con el Concesionario a efectos de que en los análisis de precios unitarios de las subpartidas de transporte, se considere el método de medición de dicha norma, que señala que en la unidad de pago será el metro cúbico-kilómetro, además de incluir los esponjamientos y las contracciones de los materiales.

7.1.2 Estructuración del pavimento.

a) Conformación del pavimento por etapas.

En la etapa del estudio de factibilidad, referido al frente Iberia - Ñapari, el diseño del paquete del pavimento para el periodo de 10 años, estaba conformado por una capa base estabilizada con cemento de 25 cm de espesor ($a_2=0.22$ pulg.⁻¹) y una carpeta asfáltica de 7.5 cm de espesor ($a_1=0.44$ pulg.⁻¹), con un ancho a nivel de carpeta asfáltica de 8.40 m (ancho de calzada 6.60 m y ancho de berma 0.90 m y una zona de señalización de 0.30 m).

En la Propuesta Técnica, la estructura del pavimento se mostraba con una capa de sub base estabilizada con cal de 20 cm de espesor ($a_3=0.14$ pulg.⁻¹), una capa de base estabilizada con cemento de 20 cm de espesor ($a_2=0.22$ pulg.⁻¹), y una capa de tratamiento superficial bicapa sin aporte estructural, en un ancho de 9.00 m a nivel de superficie de rodadura (ancho de la calzada 6.60 m y un ancho de berma 1.20 m)

En la etapa del PID para la construcción del pavimento, se propone la conformación de las capas estabilizadas de sub base suelo cal y base suelo cemento y un tratamiento superficial bicapa con la adición de una capa sellante se previo que el tratamiento tendrá una vida útil de 5 años, en el quinto año de servicio se prevé la aplicación de un microrevestimiento de 8 mm con polímero SBR (Styrene – Butadyene – Rubber) de esta manera garantiza los niveles de servicio hasta el décimo año periodo en que fue diseñado el pavimento.

b) Detalle del pavimento - etapa constructiva

Dado que todos los servicios, tales como la ejecución sub base suelo cal, base suelo cemento, imprimación y tratamiento superficial bicapa, capa sellante, microrevestimiento asfáltico, incluyendo sus transportes, son componentes de la Obra Alternativa Pavimento Asfáltico, la ejecución de la sub base suelo cal o base suelo cemento será medida en % de avance, es decir la cantidad de material de sub base suelo cal y base suelo cemento transportada, colocada y compactada, se obtendrá dividiendo la longitud de avance entre la longitud

total del sub tramo y éste resultado multiplicado por el factor porcentual, sobre el valor total de la obra alternativa de pavimento, definido para cada sub tramo como se indica en la tabla 7.1.

Tabla 7-1: Factores de incidencia del pavimento por sub tramo

Descripción	Inambari-Sta Rosa km. 42.50	Sta Rosa-Pto Maldonado km. 136.50	Pto Maldonado-Iberia km. 168.00	Iberia-Ñapari km. 56.20	Total
Subbase	3.02%	12.27%	12.40%	4.60%	32.29%
Base	2.05%	9.75%	12.84%	5.50%	30.14%
Pavimento	3.94%	11.39%	15.21%	7.03%	37.57%
- TSB-Imprimación	2.91%	7.91%	11.13%	5.66%	27.61%
- Microrevestimiento	1.03%	3.48%	4.08%	1.37%	9.96%
Total					100.00%

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de cemento, cal, suelo y arena, de humedecimiento, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados y en general todos las actividades descritas en las especificaciones técnicas requeridas para la adecuada ejecución de estas partidas. Así mismo se incluyen los costos de mano de obra y equipos empleados en cada uno de los procesos así como el transporte de suelo y arena y toda cuanta actividad sea necesaria.

El precio unitario a reconocer será determinado por todos los costos que demande la ejecución de la actividad, incluyendo en ellos, el costo de transporte calculado en función a la distancia media de transporte correspondiente a cada sub tramo.

7.2 Análisis de costo unitario.

7.2.1 Etapa estudio de factibilidad.

Se presenta las partidas desagregadas del frente Iberia – Iñapari referido a la estructura del pavimento estos son calculados en la unidad monetaria nacional (nuevos soles), la tasa de cambio considerada es de S/. 3.34 con respecto al dólar americano, con estos datos se puede calcular el costo de un kilómetro de pavimento construido para esta etapa.

PARTIDA	02.01	BASE ESTABILIZADA				
Rendimientos (M3/DIA)	MO 170	EQ 170	COSTOS UNITARIOS (M3)		151.61	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
OFICIAL	HH	2.0000	0.0941	10.63	1.00	
PEON	HH	8.0000	0.3765	9.57	3.60	
CAPATAZ A	HH	1.0000	0.0471	19.53	0.92	
					5.52	
MATERIALES						
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)	BOL		4.0000	22.00	88.00	
					88.00	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.52	0.17	
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12T	HM	1.00000	0.0471	95.13	4.48	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 TC	HM	1.00000	0.0471	83.24	3.92	
RODILLO PATA DE CABRA V. AUT 100-135 HP 11-13T	HM	1.00000	0.0471	90.30	4.25	
CARGADOR SILLANTA 100-115 HP 2.-2.25 YD3	HM	1.00000	0.0471	121.71	5.73	
TRACTOR DE ORUGA DE 140-160 HP	HM	1.00000	0.0471	173.25	8.15	
TRACTOR DE TIRO	HM	1.00000	0.0471	64.10	3.02	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.00000	0.0471	125.27	5.90	
CAMION GRUA 4X2 178-210 HP	HM	1.00000	0.0471	152.78	7.19	
					42.79	
SUBPARTIDAS						
AGUA PARA COMPACTACION	M3		0.3000	12.6	3.78	
EXTRACCION Y APILAMIENTO	M3		1.3000	8.86	11.52	
					15.30	
PARTIDA 03.01 IMPRIMACION ASFALTICA						
Rendimientos (M2/DIA)	MO 5130	EQ 5130	COSTOS UNITARIOS (M2)		1.20	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
OFICIAL	HH	1.0000	0.0016	10.63	0.02	
PEON	HH	6.0000	0.0094	9.57	0.09	
CAPATAZ A	HH	1.0000	0.0016	19.53	0.03	
					0.14	
MATERIALES						
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN		0.0450	9.49	0.43	
					0.43	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.14		
COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-900 PCM	HM	1.00000	0.0016	149.81	0.23	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG	HM	1.00000	0.0016	40.33	0.06	
TRACTOR DE TIRO	HM	1.00000	0.0016	64.10	0.10	
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1800 G	HM	1.00000	0.0016	146.56	0.23	
					0.63	

PARTIDA 03.02		PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE MAC				
Rendimientos (M3/DIA)	MO 218	EQ 218	COSTOS UNITARIOS (M3)			140.50
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
MANO DE OBRA ESPECIALIZADA	HH	2.0000	0.0734	13.30	0.98	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0367	10.63	0.39	
PEON	HH	10.0000	0.3670	9.57	3.51	
CAPATAZ B	HH	1.0000	0.0367	17.23	0.63	
					5.51	
MATERIALES						
PETROLEO	GLN		0.5000	12.71	6.36	
LUBRICANTES, FILTROS Y GRASAS	KG		0.0500	7.17	0.36	
					6.71	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.51	0.17	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 TC	HM	1.00000	0.0367	83.24	3.05	
RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-130 HP 9-11 T	HM	1.00000	0.0367	120.17	4.41	
CARGADOR SILLANTA 160-195 HP 3.5 YD3	HM	1.00000	0.0367	195.46	7.17	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7P.LONG	HM	1.00000	0.0367	40.33	1.48	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	HM	1.00000	0.0367	109.19	4.01	
TRACTOR DE TIRO	HM	1.00000	0.0367	64.10	2.35	
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	HM	1.00000	0.0367	48.64	1.78	
PLANTA DE ASFALTO DE 150 TON/HORA	HM	1.00000	0.0367	1351.70	49.60	
					74.03	
SUBPARTIDAS						
ARENA PARA MEZCLA ASFALTICA	M3		0.5000	41.73	20.87	
PIEDRA CHANCADA PARA MEZCLAS ASFALTICA	M3		0.8000	41.73	33.38	
					54.25	

PARTIDA 03.03		ASFALTO DILUIDO TIPO RC-250				
Rendimientos (GLN/DIA)	MO 1	EQ 1	COSTOS UNITARIOS (GLN)			5.62
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MATERIALES						
ASFALTO DILUIDO RC-250	GLN		1.0000	5.62	5.62	
					5.62	

PARTIDA 03.04		CEMENTO ASFALTICO PEN 40/50				
Rendimientos (GLN/DIA)	MO 1	EQ 1	COSTOS UNITARIOS (GLN)			6.72
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MATERIALES						
CEMENTO ASFALTICO PEN 40/50	GLN		1.0000	6.72	6.72	
					6.72	

PARTIDA 03.05		FILLER MINERAL (CEMENTO HIDRAULICO)				
Rendimientos (TON/DIA)	MO 1	EQ 1	COSTOS UNITARIOS (TON)			571.46
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MATERIALES						
FILLER MINERAL	TON		1.0000	571.46	571.46	
					571.46	

PARTIDA 03.06		ADITIVO PARA ASFALTO				
Rendimientos (KG/DIA)	MO 1	EQ 1	COSTOS UNITARIOS (KG)			18.68
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL	
MATERIALES						
ADITIVO PARA ASFALTO	KG		1.0000	18.68	18.68	
					18.68	

PARTIDA 06.01		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM.					
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 420	EQ 420	COSTOS UNITARIOS (M3K/DIA)			6.26	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS SI.	PARCIAL SI.		
MANO DE OBRA							
OFICIAL	HH	0.5000	0.0095	10.63	0.10	0.10	
EQUIPOS							
CAMION VOLQUETE 15 M3	HM	1.0000	0.0190	201.85	3.84		
CARGADOR S/LLANTAS 100-115 HP 2.-2.25YD3	HM	1.0000	0.0190	121.71	2.32	6.16	

PARTIDA 06.02		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUES DE 1 KM.					
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 1260	EQ 1260	COSTOS UNITARIOS (M3K/DIA)			1.31	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS SI.	PARCIAL SI.		
MANO DE OBRA							
OFICIAL	HH	0.5000	0.0032	10.63	0.03	0.03	
EQUIPOS							
CAMION VOLQUETE 15 M3	HM	1.0000	0.0063	201.85	1.28	1.28	

PARTIDA 06.05		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1 KM					
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 168	EQ 168	COSTOS UNITARIOS (M3K/DIA)			15.66	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS SI.	PARCIAL SI.		
MANO DE OBRA							
OFICIAL	HH	0.5000	0.0238	10.63	0.25	0.25	
EQUIPOS							
CAMION VOLQUETE 15 M3	HM	1.0000	0.0476	201.85	9.61		
CARGADOR S/LLANTAS 100-115 HP 2.-2.25YD3	HM	1.0000	0.0476	121.71	5.80	15.41	

PARTIDA 06.06		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA DESPUES DE 1 KM.					
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 1260	EQ 1260	COSTOS UNITARIOS (M3K/DIA)			1.31	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS SI.	PARCIAL SI.		
MANO DE OBRA							
OFICIAL	HH	0.5000	0.0032	10.63	0.03	0.03	
EQUIPOS							
CAMION VOLQUETE 15 M3	HM	1.0000	0.0063	201.85	1.28	1.28	

7.2.2 Etapa Constructiva-PID

Se muestra los análisis de costo unitario en la unidad monetaria extranjera (dólar americano), en la etapa constructiva de las partidas que se pueden mostrar como desagregadas son que intervienen en los trabajos de distintos tipos de mejoramientos, las partidas de pavimento es un monto global por lo que no se puede detallar a nivel de esta etapa.

PARTIDA	103	DERECHO DE CANTERA					
Rendimientos (M3)	MO	EQ	COSTOS UNITARIOS (M3)			0.82	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL		
MATERIALES	M3			US\$			
DERECHO DE CANTERA			1.0000	0.82		0.82	
						0.82	
PARTIDA	220A	APLICACION DE MEJORAMIENTO SUELO ARENA					
Rendimientos (M3)	MO 400	EQ 400	COSTOS UNITARIOS (M3)			4.50	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL		
MANO DE OBRA	HH			US\$	US\$		
OPERARIO	HH	5.0000	0.1000	3.55	0.36		
PEON	HH	7.0000	0.1400	2.87	0.40		
CAPATAZ B	HH	1.0000	0.0200	5.16	0.10		
						0.86	
EQUIPOS	%MO						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.86	0.03		
CAMION CISTERNA VW 26260 256 HP 15 M3	HM	0.7000	0.0140	44.23	0.62		
RODILLO AUTOPROPULSION LISO VIBRADOR DYNAPAC	HM	0.7000	0.0140	43.95	0.62		
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D6R 165 HP 3.78 M	HM	0.6750	0.0135	71.87	0.97		
TRACTOR NEUMATICO NEW HOLLAND 843DT 140 HP 160	HM	1.0000	0.0200	29.22	0.58		
MOTONIVELADORA CAT 140 H 170 HP	HM	0.6750	0.0135	51.06	0.69		
GRADE DE DISCOS MARCHESAN ATCRL 24*24"	HM	1.0000	0.0200	6.52	0.13		
PARTIDA	220B	EXPLOTACION DE CANTERA DE ARENA					
Rendimientos (M3)	MO 720	EQ 720	COSTOS UNITARIOS (M3)			0.99	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS	PARCIAL		
MANO DE OBRA	HH			US\$	US\$		
PEON	HH	2.0000	0.0222	2.87	0.06		
CAPATAZ A	HH	1.0000	0.0111	5.85	0.07		
						0.13	
EQUIPOS	%MO						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.12	0.00		
MATERIALES VARIOS INSUMOS	US\$		0.0100	1	0.01		
EXCAVADORA CAT 330BL TIERRA (2.1 M3)	HM	0.7550	0.0084	101.27	0.85		
						0.86	

PARTIDA 220C		EXPLOTACION DE CANTERA DE SUELO				
Rendimientos (M3)	MO 720	EQ 720	COSTOS UNITARIOS (M3)		1.08	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS US\$	PARCIAL US\$	
MANO DE OBRA						
PEON	HH	2.0000	0.0222	2.87	0.06	
CAPATAZ A	HH	1.0000	0.0111	5.85	0.07	
					0.13	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS	US\$		0.0100	1.00	0.01	
MATERIALES VARIOS INSUMOS	US\$		0.0100	1.00	0.01	
EXCAVADORA CAT 330BL TIERRA (2.1 M3)	HM	0.8250	0.0092	101.27	0.93	
					0.95	

PARTIDA 220D		APLICACION DE MEJORAMIENTO SUELO CAL				
Rendimientos (M3)	MO 360	EQ 360	COSTOS UNITARIOS (M3)		6.45	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS US\$	PARCIAL US\$	
MANO DE OBRA						
PEON	HH	20.0000	0.4444	2.68	1.19	
CAPATAZ B	HH	1.0000	0.0222	4.32	0.10	
					1.29	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.29	0.04	
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122HPP 2000	HM	0.4000	0.0089	32.7	0.29	
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	0.2500	0.0056	95.13	0.53	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135HP 9-26 TO	HM	0.2500	0.0056	83.24	0.46	
RODILLO PATA DE CABRA V AUT 100-135HP 11-13T	HM	1.0000	0.0222	41.99	0.93	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.0000	0.0222	37.51	0.83	
CAMION DE SUMINISTRO DE CAL	HM	0.4500	0.0100	40.13	0.40	
GRADE DE DISCO MARCHENSEN 24 PULG/24 PULG	HM	0.5000	0.0111	6.52	0.07	
RECICLADORA/ESTABILIZADORA DE SUELO TEREX RS42	HM	1.0000	0.0222	72.12	1.60	
					5.16	

PARTIDA 220E		SUMINISTRO DE CAL				
Rendimientos (TON/DIA)	MAT 1	COSTOS UNITARIOS (TON)		290.00		
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS US\$	PARCIAL US\$	
MATERIALES						
CAL PARA MEJORAMIENTO PUESTO EN OBRA	TON		1.0000	290	290.00	
					290.00	

PARTIDA 701		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM.				
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 356	EQ 356	COSTOS UNITARIOS (M3K/DI)		1.83	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS US\$	PARCIAL US\$	
MANO DE OBRA						
PEON	HH	1.0000	0.0225	2.87	0.06	
					0.06	
EQUIPOS						
CAMION VOLQUETE	HM	1.0000	0.0225	60.43	1.36	
CARGADOR S/LLAN HM	HM	0.5000	0.0112	36.44	0.41	
					1.77	

PARTIDA 702		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUES DE 1 KM.				
Rendimientos (M3K/DIA)	MO 960	EQ 960	COSTOS UNITARIOS (M3K/DI)		0.50	
DESCRIPCION DE RECURSOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIOS US\$	PARCIAL US\$	
EQUIPOS						
CAMION VOLQUETE	HM	1.0000	0.0083	60.43	0.50	
					0.50	

7.3 Presupuesto.

a) Análisis económico del mejoramiento.

En mención a la etapa constructiva-PID, de los análisis de costos unitarios referidos a las partidas que interviene en los mejoramientos se realiza un análisis económico comparativo de mejoramiento suelo arena consistiendo este trabajo en elevar el nivel de subrasante existente vs. la actividad de mejoramiento suelo local-cal tomaremos dimensiones estándar de 2.50 m de ancho para cada lado (hombros de plataforma existente) para el sector km 652+000 al km 653+000.

Tabla 7-2: Presupuesto mejoramiento suelo-arena (e=0.65 m)

ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	P. U. US \$	TOTAL US \$
100	OBRAS PROVISIONALES DEL TRAMO 3				5,822.49
103	Derecho de cantera	m3	7,100.60	0.82	5,822.49
200	MOVIMIENTOS DE TIERRAS				39,429.63
220A	Aplicación de mejoramiento de suelo-arena	m3	7,100.60	4.50	31,952.70
220B	Explotación de Cantera de arena	m3	2130.18	0.99	2,108.88
220C	Explotación de Cantera de suelo	m3	4,970.42	1.08	5,368.05
700	TRANSPORTE				24,000.04
701	Transporte de Material Granular hasta 1 Km	m3-Km	7,100.60	1.83	12,994.10
702	Transporte de Material Granular despues de 1 Km	m3-Km	22,011.87	0.50	11,005.94
	TOTAL COSTO DIRECTO				69,252.16

Tabla 7-3: Presupuesto mejoramiento suelo-cal(a=2.50 m; e=0.65 m)

ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	P. U. US \$	TOTAL US \$
100	OBRAS PROVISIONALES DEL TRAMO 3				447.88
103	Derecho de cantera	m3	546.20	0.82	447.88
200	MOVIMIENTOS DE TIERRAS				58,363.75
220C	Explotación de Cantera de suelo	m3	250.00	1.08	270.00
220D	Aplicación de mejoramiento suelo-cal	m3	3,250.00	12.22	39,715.00
220E	Suministro de cal	Ton	63.38	290.00	18,378.75
700	TRANSPORTE				845.00
701	Transporte de Material Granular hasta 1 Km	m3-Km	250.00	1.83	457.50
702	Transporte de Material Granular despues de 1 Km	m3-Km	775.00	0.50	387.50
	TOTAL COSTO DIRECTO				59,656.63

De los presupuestos mostrados, la realización del mejoramiento suelo cal resulta más conveniente económicamente ahorrando US\$ 9,595.53 con respecto del mejoramiento suelo arena debido a que este último necesita explotar, transportar material de cantera para la ejecución de los rellenos; sin embargo para el suelo cal se utiliza material propio con la adición de suministro de cal.

b) Análisis económico del pavimento.

Se realizará una comparación económica del pavimento para el sector elegido entre el km 653+000 al km 654+000, entre la etapa de factibilidad y etapa constructiva-PID.

1. Etapa Factibilidad

- Ancho de la vía a nivel de sub rasante: 9.98 m.
- Ancho de la vía a nivel de base: 9.23 m.
- Ancho de la vía a nivel de carpeta asfáltica: 8.40 m.
- Imprimación asfáltica tasa de riego: 0.28 gln/m².
- Componentes de la mezcla asfáltica en caliente:
 - a) Cemento asfáltico: 5.5%.
 - b) Filler: 2.0%.
 - c) Agregados gruesos y finos: 92.5%.
- Cantera Saboya km 651+900 LI (suelo)
- Cantera Cachuela km 489+000 LI acceso 2km. (agregados)

Base estabilizada:

$$0.25 \times (9.98+9.23)/2 \times 1000 = 2401.3 \text{ m}^3$$

Imprimación asfáltica:

$$\text{Asfalto diluido RC-250} = 0.28 \times 9.23 \times 1000 = 2584.4 \text{ gln.}$$

Mezcla asfáltica:

$$\text{Volumen de la mezcla asfáltica/kilómetro} = (8.40+(8.40+0.075 \times 3))/2 \times 0.075 \times 1000 \\ = 638.4 \text{ m}^3.$$

$$\text{Peso de mezcla asfáltica} = 638.4 \times 2.4 = 1532.2 \text{ ton.}$$

$$\text{PEN 40/50 (5.5\%)} = 5.5\% \times 1532.2 \times 1000/3.785 = 22,264.5 \text{ gln.}$$

$$\text{Filler cemento (2\%)} = 2.0\% \times 1532.2 = 30.6 \text{ ton.}$$

$$\text{Aditivo} = 886.6 \text{ kg.}$$

Tabla 7-4: Presupuesto del km 653 – km 654 (etapa factibilidad)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADOS	PU (U.S. \$)	SUB TOTAL	TOTAL
3.00	BASE Y SUB BASE					109 016.75
3.03	BASE ESTABILIZADA	m3	2 401.3	45.4	109 016.75	
4.00	PAVIMENTO ASFALTICO					89.476.15
4.01	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	9,230.0	0.36	3,322.80	
4.04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFATICO EN CALIENTE	m3	638.4	42.07	26 859.07	
4.05	ASFALTO DILUIDO TIPO RC-250	gln	2 584.4	1.68	4 341.79	
4.06	CEMENTO ASFALTICO TIPO PEN 40/50	gln	22 265.2	2.01	44 753.04	
4.07	FILLER MINERAL (CEMENTO HIDRAULICO)	ton	30.6	171.1	5 243.36	
4.08	ADITIVO PARA ASFALTO	kg	886.6	5.59	4,956.09	
7.00	TRANSPORTE					81 937.87
7.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM.	m3*km	4 135.5	1.87	7 733.31	
7.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUES DE 1 KM.	m3*km	179 137.1	0.39	69 863.45	
7.05	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFATICA HASTA 1 KM.	m3*km	766.3	4.69	3,593.95	
7.06	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFATICA DESPUES DE 1 KM.	m3*km	1 915.8	0.39	747.16	
	TOTAL COSTO DIRECTO					280 430.77

2. Etapa constructiva-PID

El pavimento en la etapa constructiva-PID, está considerado a sumaalzada siendo este un monto fijo e invariable que asciende a \$ 147'583,575.39 sin IGV, para los 403 km de la concesión de la vía. Deduciendo de los factores de incidencia del sector Iberia-Iñapari (56.2 km) mencionaremos el valor por kilómetro ejecutado de la respectiva capa del pavimento.

Sub base suelo cal x km. \$ 113,147.41

Base suelo cemento x km. \$ 135,284.94

TSB (Imprimación, TSB, Microrevestimiento) x km..... \$ 172,918.76

- Imprimación y TSB (\$139,220.51)

- Microrevestimiento, se aplicará después de 5 años (\$ 33,698.25)

El costo por kilómetro de pavimento en la etapa constructiva, en el sector Iberia - Iñapari asciende a \$ 387,652.86, siendo este monto mayor en \$ 107,222.09 respecto al costo del pavimento a la etapa de factibilidad comparándolo para el mismo sector del km 653+000 al km 654+000, de ello se deduce que los costos asumidos en la etapa constructiva como sumaalzada en el pavimento son elevados y más reales debido a que la elaboración del estudio de factibilidad se realiza en un corto tiempo asimismo la parte técnica y económica son referenciales.

c) Análisis económico del tipo de cemento.

Para la capa estabilizada de base suelo cemento se realizará un análisis económico comparando la cantidad de cemento que se utilizará en un kilómetro de acuerdo al tipo de cemento (tipo I y tipo IP) específicamente para la cantera NC-47, debido a que las tasas de diseño son diferentes.

Tabla 7-5: Costo del suelo cemento por tipo de cemento

Cemento	Cantera	Tasa de diseño	Espesor de base (m)	MDS (kg/m ³)	Tasa en pista (kg/m ²)	Cemento x km (Ton)
Tipo I (Rumi) ASTM C150	NC-47	4.0%	0.20	1941	15.5	148.8
Tipo IP (Rumi) ASTM C595	NC-47	3.6%	0.20	1941	14.0	134.4

Producto	Presentación	Costo	Costo x km
Cemento Rumi Tipo I	Granel en B/B	US\$ 209.13	US\$ 31,119
Cemento Rumi Tipo IP	Granel en B/B	US\$ 207.83	US\$ 27,932

Del cuadro se deduce que económicamente el tipo de cemento a utilizar sería el tipo IP, lo que resulta un ahorro de US\$ 3,187 por kilómetro ejecutado de base suelo cemento con respecto al tipo I, para definir adecuadamente que tipo de cemento se debe de utilizar se considerará el comportamiento estructural y la calidad de la superficie terminada que refleja la capa de base suelo cemento, el ahorro indicado no sería tan sustancial debido a que posteriormente se realizará el bacheo de las fisuras que implicaría un costo adicional que además de ello la estética de la vía está de por medio, por lo que técnicamente se recomienda la utilización del cemento tipo I del mismo modo que se siguió en obra.

CONCLUSIONES

- La cal y el cemento son agentes estabilizantes que ofrecen la mayor eficacia de sus bondades sólo con un grupo de materiales, por ende se debe de conocer bien las características físicas y químicas del suelo antes de realizar la mezcla con el agente estabilizante teniendo en claro el objetivo o las características del suelo que se necesita mejorar.
- Respecto al suelo cal; la principal característica es reducir la plasticidad del suelo y controlar la susceptibilidad al agua evitando la variabilidad volumétrica en los suelos finos, es recomendable utilizar cal en los suelos arcillosos de cumpla con las siguientes características físicas: $IP > 15\%$ y pasante la malla N° 200 mayor a 25%, la muestra de suelo natural debe estar pulverizado siendo controlado con el pasante la malla N° 4 mayor a 60%, contenido de materia orgánica menor de 3%, contenido de sulfato menor a 0.3%.
- La cal genera modificaciones en las características físicas-mecánicas del suelo natural, en obra se utilizó un suelo arenoso con matriz arcillosa produciendo que el LL aumentara en vez de disminuir; las demás características respondieron correctamente como el IP disminuyó, la MDS se incrementó, mientras que el índice de CBR(%) de la mezcla suelo cal asciende hasta alcanzar el "punto de fijación" en nuestra experiencia se obtuvo 4% de cal.
- El método de diseño de la sub base suelo cal utilizada en obra, fue por el CBR considerando el valor mínimo de 40% el cual corresponde a un contenido de cal de 3%; sin embargo por los métodos alternativos de diseño de mezcla de suelo cal, el método de Eades and Grim es el más conservador de todos arrojando una tasa de 2.7 y 5.0% para las canteras Saboya y NC-47 respectivamente.
- La normativa peruana EG-2000, respecto a suelos estabilizados con cemento pórtland referente a la calidad del suelo para ser utilizado en la mezcla señala parámetros de plasticidad muy holgados con un $LL < 40\%$ y

IP<18% con este rango clasifican una gran mayoría de suelos según la AASHTO, a ciencia cierta en obra se verificó la imposibilidad de trabajar con suelo de mala calidad A-6, A-7-5 y A-7-6, la calidad de un suelo para ser utilizado en la mezcla de suelo cemento debe de cumplir ciertos parámetros físicos más exhaustivos para la buena afinidad con el cemento y en conjunto con el tiempo ofrezcan un buen desempeño en la vía.

- Respecto al suelo cemento; la calidad del suelo natural debe de ser de característica arenosa con cierta matriz arcillosa de tal manera que logre una cohesión con la fracción arenosa debe de cumplir con los rangos siguientes: $TM < 3''$, pasante la malla N° 4 entre 40 y 80%, pasante la malla N° 200 entre 25 y 30%, $LL < 30\%$, $IP < 6\%$, contenido de materia orgánica menor a 2% y contenido de sulfato menor a 0.2%.
- En la mezcla de suelo cemento, las características físicas-mecánicas del suelo se modifica con la adición del cemento, se utilizó en obra un suelo arenoso con matriz arcillosa, disminuyendo gradualmente el LL, IP y OCH; caso contrario sucede con la MDS donde se nota un leve incremento de sus valores; la resistencia a la compresión simple y la resistencia a la tracción se incrementa a mayor tasa de cemento y con la evolución del tiempo.
- La resistencia de diseño del suelo cemento en obra fue de 18 kg/cm^2 a los 7 días, en la etapa de producción se controló la resistencia con el valor mínimo de 21 kg/cm^2 debido a la variabilidad del material de cantera; de esta manera el parámetro de control de resistencia en obra esta acorde con la recomendación de las instituciones especializadas que sugieren que para las capas de sub base y base valores de 20 a 25 kg/cm^2 .
- Conforme transcurre el tiempo, el suelo cemento alcanza altos valores de resistencia, depende mucho del tipo de suelo con lo que se ha realizado la mezcla, el suelo utilizado en obra contiene 95% de cuarzo (sílice) y que mezclado con el silicato tricálcico (componente del cemento) producen la reacción puzolánica que invita a elevar la resistencia a edades prolongadas; en obra se alcanzó en 142 días una resistencia de 42.6 kg/cm^2 .

- En general la capa de base de suelo cemento en todo lugar se fisura de manera superficial iniciándose con microfisuras en su mayoría en dirección transversal es innato de la mezcla suelo cemento debido a la retracción hidráulica; estas deben de recibir un tratamiento adecuado desde su aparición para evitar su proyección que atente al comportamiento estructural del pavimento y contrarrestar la posibilidad del ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento.
- En la capa de base suelo cemento de característica semi rígida, se ejecutaron reparaciones a nivel superficial sellando las fisuras y en defectos mayores se realizaron bacheos con mortero asfáltico en frío de consistencia flexible en sectores minoritario donde no fueron compactados eficientemente esta mezcla en frío, se originó los ahuellamientos de severidad leve.
- En Laboratorio se realizaron ensayos con la mezcla de suelo cemento tratando de mitigar las fisuras en campo, se propuso que el suelo adecuado debe ser de característica arenosa para evitar las contracciones (fisuras) en la mezcla suelo cemento, además se reduzco la energía de compactación de esta forma se disminuye la rigidez de la capa estabilizada.
- En el proceso constructivo de la base de suelo cemento con el objetivo de disminuir las fisuras se realizaron las siguientes acciones: Se varió la tasa de cemento tratando de reducir la resistencia evolutiva con el transcurrir el tiempo, se recomienda mantener la humedad del suelo por debajo de OCH, se aplicó el riego tipo niebla como mecanismo de curado manteniéndolo en constante humedad la superficie de la base suelo cemento, la acción donde se obtuvo los mejores resultados son en las prefisuraciones transversales principalmente en la simulación del método de Olivia.
- El terreno de fundación del pavimento en capas estabilizadas debe de tener una armonía modular con las capas sobreyacente al terreno de pavimento (sub base y base estabilizadas) evitando cimentar el pavimento sobre una subrasante blanda, debido a la presencia de material saturado se decidió por los mejoramientos suelo-cal cumplen una función importante en los hombros del pavimento, controlando la estabilidad volumétrica debido a la presencia

de alta humedad en sectores con presencia de nivel freático alto, a la vez ofrece un equilibrio en la armonía modular, garantizando una subrasante estable.

- Respecto al cálculo de proyección del EALs para años posteriores en pavimentos nuevos, es muy difícil de precisar debido a que no se tiene bien definido la tasa de crecimiento de cada vehículo y además el incremento de vehículos pesados (semi trailer y trailer) puede incrementarse cuando se ponga en marcha la vía terminada con una tasa diferente a la asumida, este valor en el diseño del pavimento debe tomarse con cautela.
- La mayoría del esfuerzo a la tracción originado por la carga de tráfico ocurre en la parte inferior de la base estabilizada con suelo cemento, mientras que la deformación unitaria a la compresión se da en la parte superior de la subrasante, por lo descrito se debe controlar los parámetros de resistencia a la tracción en la base suelo cemento y estabilidad volumétrica en la subrasante.
- El método de diseño AASHTO-93 es muy conservador en el diseño de espesores; pero aún prevalece como método patrón en los diseños de pavimento en los proyectos, el diseño mecánico esfuerzo deformación más que un diseño es una verificación empírica del estado estructural del pavimento, sin embargo el método de la PCA se ciñe a calcular espesor y no contempla la capacidad estructural de la capa estabilizada (suelo-cemento).
- La capa de TSB ofrece un mejor comportamiento en las construcciones de pavimentos estabilizados que ofrecen cierta rigidez y en pavimentos nuevos donde la subrasante está en proceso de consolidación en ambos pavimentos la imperfección más notoria son las fisuras, a nivel de TSB no se evidencia estas imperfecciones, que si se reflejarían más si la superficie de rodadura fuera carpeta asfáltica debido a que presenta mayor rigidez.
- La aplicación del TSB se realiza en carreteras con velocidad directriz menores, además la mayor parte de la geometría de la vía debe ser en

tangente, debido a que la alta velocidad y la fricción de los neumáticos en zonas de curva ocasionan el desprendimiento de los agregados del TSB.

- A nivel económico, con el mejoramiento suelo cal se ahorra US\$ 9,595.53 con respecto al mejoramiento suelo arena, debido a que se evita el mayor metrado ($m^3 \times km$) en el transporte del material de cantera (suelo-arena), tan sólo tiene influencia económica la aplicación de la actividad y el suministro de cal.
- Se evaluó económicamente la construcción del pavimento en la etapa de factibilidad y etapa constructiva del km 653+000 al km 654+000, resultando una diferencia de US\$ 107,222.09 a favor de la factibilidad, del mismo se deduce que la parte técnica y económica del estudio de factibilidad son referenciales, para la propuesta final de un proyecto.
- Para la cantera NC-47 se realizaron diseños de suelo cemento por resistencia ($R_d > 18 \text{ kg/cm}^2$) con los dos tipos cemento (Tipo I y Tipo IP) de manera que el tipo IP requiere 0.4% en peso menos que el cemento tipo I, lo que significa que en un kilómetro de base estabilizada con cemento tipo IP se ahorraría en una primera etapa US\$ 3,187.0, este tipo de cemento provoca una mayor fisuración, por razones de acabado de superficie terminada se optó el tipo I para obra.

RECOMENDACIONES

- Para el control de calidad del material utilizado en la conformación de terraplenes con suelos finos de altura considerable, a parte de los ensayos que se sugiere en la normativa peruana, se recomienda realizar los ensayos de contracción y de consolidación unidimensional para determinar el comportamiento del suelo fino en pista.
- El contenido de cal en el diseño de suelo cal, se debe de realizar por resistencia a la compresión simple o por el método del PH hasta alcanzar el valor de 12.4, y no por capacidad de soporte del CBR, debido a que es un agente aglomerante que al mezclarse con el suelo este eleva su resistencia mecánica con respecto al tiempo en menor rango de valores que el suelo cemento.
- El cemento tipo II, ofrece menor calor de hidratación por lo que con ello se controlaría mejor las fisuras por retracción hidráulica, esto debe de emplearse como alternativa en el diseño de mezcla de suelo cemento y evitar en lo posible utilizar el cemento tipo IP que alcanza mayor resistencia inicial debido a ello son más propenso al fisuramiento prematuro.
- En la normativa peruana EG-2000 referido a la partida de suelos estabilizados con cemento pórtland, no señala parámetros numéricos concerniente al ensayo de reactividad al álcalis, contenido de materia orgánica, límites de contracción, rangos tolerables de fisuramiento; estos deben ser considerados para determinar la afinidad de la mezcla del suelo cemento y la calidad visual de la superficie terminada.
- Para estas capas de suelos estabilizados se debe de emplear el ensayo de tracción directa o indirecta que refleje la capacidad estructural que puede soportar al esfuerzo cortante que genera las sollicitaciones del tráfico, en caso que no se pueda realizar este ensayo en laboratorio para fines prácticos se dedujo experimentalmente que la relación es de 1/6 respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días, este ensayo debe de ser parte de las especificaciones técnica del suelo cemento.

- La superficie de la capa de base suelo cemento es muy vulnerable a la abrasión de los neumáticos debido a ello no se puede considerar como superficie de rodadura, se recomienda después de recibir el curado correspondiente se debe de colocar la capa sobreyacente para evitar el desgaste del suelo cemento.
- En el proceso constructivo de la capa de suelo cemento es recomendable realizar las prefisuraciones transversales utilizando el material geosintético con una frecuencia longitudinal de 3 m, a una profundidad de 0.07 m; la aplicación de este mecanismo conllevará a mitigar la reflexión de las fisuras debido a la retracción hidráulica del suelo cemento.
- Las fisuras minúsculas que se presentan en la superficie de rodadura deben de tratarse o sellarse de manera adecuada lo más próximo posible evitando su proyección debido al tráfico, principalmente en zona tropical donde las precipitaciones pluviométricas son intensas el ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento puede atentar al desempeño del pavimento; de esta manera se disminuye el desarrollo del porcentaje de fisuras de severidad media y severidad alta.
- El diseño del pavimento del tramo Iberia - Iñapari (aprox. 60 km), presenta muchos sectores de diseño debido a la heterogeneidad de la calidad de la subrasante, se debió de uniformizar el CBR(%) de diseño de la subrasante evitando realizar la capa de refuerzo que tiene espesores variable como parte del pavimento y sólo construirse los terraplenes debido al diseño hidráulico o geométrico de la vía.
- En el diseño del pavimento con capas semi-rígida (suelo cal o suelo cemento), esta capa debe de estar ubicada por debajo de una capa flexible (material granular), de esta manera se evita que las fisuras de la capa estabilizada asciendan al nivel de superficie de rodadura siendo absorbidas por el material granular.

- En el diseño del pavimento, el parámetro de serviciabilidad (PSI) está relacionado con la rugosidad de la superficie terminada de la vía, mediante una relación exponencial

$$PSI=5/EXP(IRI/5.5)$$

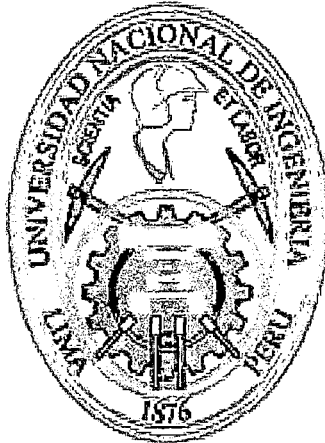
El valor de rugosidad máximo admisible, para esta obra específica, a nivel de tratamiento superficial terminado es de IRI= 3.50 m/km, lo que refleja un valor de serviciabilidad de PSI= 2.65 el mismo que no tiene congruencia con el valor de PSI inicial del diseño del pavimento de 4.20, se deduce que todo parámetro de rugosidad debe de guardar relación con la serviciabilidad inicial del pavimento.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS; "Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos 1993"; AASHTO-1993.
2. DEL CASTILLO Y RICO RODRÍGUEZ; "La ingeniería de suelos en las vías terrestres"; Editorial Limusa México-2005.
3. GARAGORRI HUAMAN E.; "Estabilización de suelos para carreteras en la selva"; Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería – 1994.
4. HUAMÁN GUERRERO; "Pavimentos Asfálticos-Manual Básico"; 2005.
5. JUAREZ BADILLO Y RICO RODRÍGUEZ; "Mecánica de suelos tomo 1"; Editorial Limusa México-2005.
6. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES "Manual de ensayos de materiales EM-2000" Dirección General de Caminos y Ferrocarriles -2005
7. MONTEJO FONSECA A.; "Ingeniería de pavimento para carreteras"; Universidad Católica de Colombia – 2002.
8. UGAZ PALOMINO R.; "Estabilización de suelos y a su aplicación en el mejoramiento de subrasante"; Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería – 2005.
9. VIVAR ROMERO G.; "Diseño y construcción de pavimentos"; Colección del Ingeniero Civil – 1991
10. CARLOS A. QUINTANILLA.; "El estado del arte del suelo cemento en estructuras de pavimentos"; III Seminario internacional del suelo cemento - 2008
11. Título: "Manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal."
<http://www.lime.org/SoilTreatmentConstructionManualSPANISH1106.pdf>
12. Título: "Criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal."
http://www.elabora.es/pdf/tratamientos_cal_cemento.pdf
13. Título: "Estabilización con cal y cemento."
<http://atenea.ucauca.edu.co/~sicolpav/PonenciasPDF/EstabilizacionFredy.pdf>
14. Título: "Manual centroamericano para diseño de pavimentos."
http://www.sieca.org.gt/Publico/Transporte/Manuales/Vulnerabilidad/Manual_normas/Manual_de_Pavimentos.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE SUELOS
ESTABILIZADOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - APLICACIÓN
EN LA CARRETERA INTEROCEÁNICA-SUR TRAMO III**

TOMO II

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RAUL FERNANDEZ CONDEÑA

Lima - Perú
2009

Digitalizado por:

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

ANEXOS

**ANEXO 01: METODOS DE MEZCLA DE
SUELOS**

- METODO ANALITICO
- METODO GRAFICO

Métodos de mezcla de suelos

1.0) Método Analítico

Si A,B,C,... son los porcentajes que pasan un cierto tamiz de un conjunto de suelos 1, 2, 3, ... y que se van a combinar para formar un suelo único y si a,b,c,... son los porcentajes en los que susodichos suelos 1,2,3,... entran en combinación, el porcentaje de la mezcla pasara por un cierto tamiz estará dado por la ecuación

$$p = aA + bB + cC + \dots \quad (1)$$

Los problemas de mezcla son de varios aspectos a veces habrá que obtener toda la curva granulométrica y, otras bastará con garantizar algún o algunos porcentajes apropiados, de algunos tamaños especificados, para el caso de 2 suelos la ecuación 1 se reduce a la siguiente

$$p = aA + bB \quad (2)$$

Evidentemente : $a + b = 100\% = 1$

de donde : $a = 1 - b$ (3)

Sustituyendo este valor en (2), se tiene

$$p = (1 - b)A + bB$$

$$\text{de donde : } b = \frac{p - A}{B - A} \quad (4)$$

$$\text{de manera similar : } a = \frac{p - B}{A - B} \quad (5)$$

Las ecuaciones (4) y (5) dan los porcentajes en que los suelos 1 y 2 deben de combinarse, para que las mezclas tengan el porcentaje p pasando el tamiz que se haya elegido como base del calculo. Obviamente p debe ser seleccionado por el diseñador con base de sus necesidades prácticas.

Daremos un ejemplo para comprender el método analítico. Sean los suelos 1 y 2, con sus respectivas granulometrías, que se muestran en la tabla 1.0, que al

realizar la mezcla de los suelos mencionados estos cumpla con las especificaciones.

Estos tanteos pueden orientarse y facilitarse mucho estimando desde el principio las fracciones en que los suelos 1 y 2 pueden intervenir con mayor facilidad; así en el cuadro se ve que el agregado 1 debe ser usado para proporcionar los tamaños gruesos de la mezcla y el agregado 2 con el aporte del tamaño fino.

Tabla 1.0: Granulometría de los suelo 1, 2 y rango de valores de la especificación

% que pasa									
Suelo	Tamices								
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200
1	100	90	59	16	3.5	1	0	0	0
2	100	100	100	96	82	51	36	21	9
Especificación	100	80-100	70-90	50-70	35-50	18-29	13-23	8-16	4-10

Para ilustrar el cálculo se tomará el caso de fijar el porcentaje de la mezcla del tamiz Nº 8. Se supone que dicho porcentaje de la mezcla sea el promedio de los límites señalados:

$$p = \frac{35 + 50}{2} = 42.5\%$$

Donde aplicando la ecuación 4 se tiene

$$b = \frac{p - A}{B - A} = \frac{42.5 - 3.5}{82 - 3.5} = 50\%$$

Al utilizar el 50% de cada suelo para formar la mezcla, se estará atendiendo el requerimiento de esta mezcla en lo referente al tamiz Nº8, pero sin poder garantizar lo mismo para todos los demás tamices, esto puede ser un primer tanteo ver tabla 2.0.

Tabla 2.0: Granulometría de la mezcla de suelos 1 y 2 resultante

Suelo	Tamices								
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200
0.5* suelo 1	50	45	29.5	8	1.8	0.5	0	0	0
0.5* suelo 2	50	50	50	48	41	25.5	18	10.5	4.5
Mezcla	100	95	79.5	56	42.8	26	18	10.5	4.5
Especificación	100	80-100	70-90	50-70	35-50	18-29	13-23	8-16	4-10

Se detalla gráficamente que la granulometría de la mezcla se encuentra dentro del rango de valores de las especificaciones (Fig 1.0).

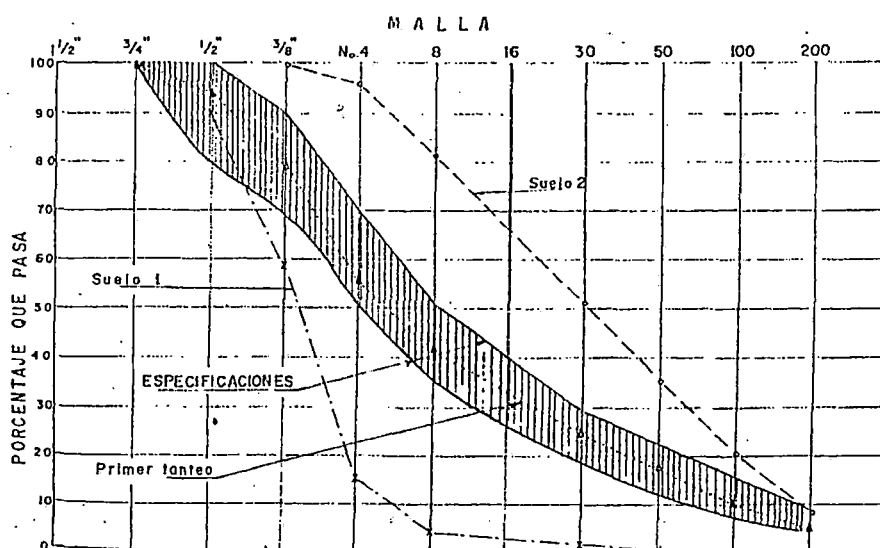


Fig. 1.0: Curva granulométrica de los suelos 1 y 2 y mezclas de ambos suelos

2.0) Método Gráfico

Este método es útil, cuando no es muy fácil visualizar cual de los suelos debe de contribuir mas a la formación de diferentes fracciones de la mezcla, esto sucede sobre todo cuando se cruzan las curvas granulométricas de los componentes.

a) Método del Cuadrado

Se dibuja a escala conveniente un cuadrado, en cuyos lados se grafican escalas de porcentajes granulométricos de los dos suelos del ejemplo anterior.

En la escala vertical de la derecha se dibujan puntos según la granulometría del suelo 1, señalando en cada porcentaje el tamiz correspondiente igual se hace

con el suelo 2 de la escala vertical de la izquierda; así como se indica en la Fig. 2.0.

Si se unen los puntos por líneas rectas, se tendrá recta para cada tamiz. Sobre esta recta se colocaran en cada una, los límites de la especificación a lo que se desea que se sujete la mezcla.

Un punto cualquiera de las líneas inclinadas, que presentan un cierto porcentaje de la mezcla, en el tamaño correspondiente a la línea permite leer en las escalas horizontales superior e inferior los respectivos porcentajes en que deberán en la mezcla los suelos 1 y 2 para producir un porcentaje como el señalado, en el tamaño correspondiente. Así se trazan dos líneas verticales por lo puntos mas próximos entre si de todos los que corresponden a los límites especificados en la mezcla, se habrá limitado una zona tal que si los porcentajes en que se mezclan los suelos 1 y 2 queden dentro de ella, se producirá una mezcla que resulta dentro de las especificaciones señaladas.

En este caso, la vertical indicada dentro de estos límites será la representativa de la proporción en que efectúa la mezcla dará por su intersección con cada una de las líneas el porcentaje del material que pasa por cada tamiz.

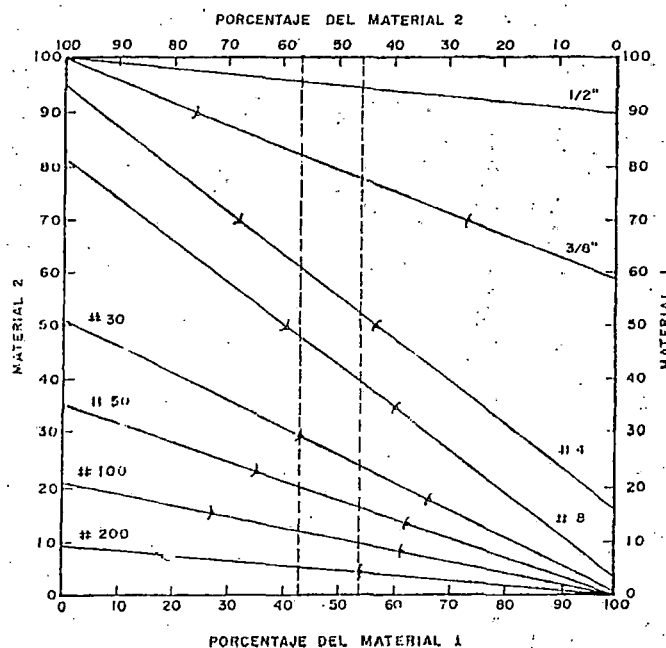


Fig. 2.0: Gráfico del Método del cuadrado

b) Método del Triángulo.

El empleo de un diagrama triangular permite estudiar con rapidez las distintas soluciones posibles y obtener la más conveniente. Se usa un triángulo equilátero a una escala conveniente y cada lado se divide en 100 partes iguales que se enumeran de 0 a 100 tomando como origen cada uno de los vértices y siguiendo un origen cíclico.

Cuando los suelos mezclados sean tres A, B y C. que es el caso más común, donde este método da los resultados más satisfactorios; el suelo resultante estará en el interior del triángulo ABC y los porcentajes de cada uno a emplear para obtener un suelo D: serán

$$100 \frac{D_a}{A_a}, 100 \frac{D_b}{B_b}, 100 \frac{D_c}{C_c}$$

Supongamos que α, β, γ son los porcentajes, y como D es centro de gravedad, se tiene:

$$\frac{D_b}{D_B} = \frac{\beta}{\alpha + \gamma}; \quad \frac{D_b}{D_b + D_B} = \frac{D_b}{B_b} = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma} \quad \text{y como } \alpha + \beta + \gamma = 100, \text{ entonces :}$$

$$\beta = 100 \frac{D_b}{B_b}, \text{ luego } \alpha = 100 \frac{D_a}{A_a} \text{ y } \gamma = 100 \frac{D_c}{C_c}$$

Estos conocimientos se pueden aplicar para mezclar tres tipos de suelos, de los cuales necesitamos conocer sus respectivos porcentajes de material grueso, arena y fino.

Si se quiere que la mezcla cumpla con ciertas especificaciones, están se grafican también. El área común limitada por estas rectas y cuyos vértices son los tres puntos representativos de los suelos disponibles contendrá todos los puntos que definen mezclas que cumpliendo las condiciones impuestas, pueden formarse con los suelos dados para resolver el problema totalmente, se debe determinar , de todos estos puntos, cual es el más conveniente económicamente.

Mencionaremos un ejemplo para ilustrar este método. Se requiere mezclar los suelos A, B y C para obtener un suelo cuya granulometría cumpla con las especificaciones que se muestra en la tabla, de las granulometrías de los suelos A, B y C se obtiene porcentaje de fracción gruesa, arena y fina tal como se indica en la tabla 3.0

Tabla 3.0: Fracción de los suelos A, B y C

Suelo	Tamaño		
	Grueso	Arena	Fino
	Retenido en el tamiz N°4	Pasa el tamiz N°4 y retenido en N°200	Pasante el tamiz N° 200
A	70.0	30.0	0.0
B	32.5	43.5	24.0
C	0.0	100.0	0.0
Especificación	55 - 31	-	4 - 10

Se dibuja un triángulo equilátero a una escala apropiada cuyos lados se dividen en una escala de 0 a 100. Cada uno de los tres lados es una escala para material grueso, arena y finos. De acuerdo a la figura se recomienda por comodidad respetar la inclinación de los números, ya que en ese sentido se harán las lecturas sobre las escalas.

Cada uno de los suelos queda representado en el triángulo por un punto único y recíprocamente, cada punto del diagrama representa un suelo posible. Utilizando dos de las coordenadas, se ubica la posición de los suelos en el diagrama triangular, sirviendo el tercero como comprobación.

Se traza la zona de las especificaciones dentro del diagrama, para ello basta fijar los dos rangos (grueso y fino, ya que no hay arena en las especificaciones) en forma paralela a las escalas respectivas.

Cualquier punto dentro del triángulo formado por los suelos A, B y C representa una mezcla granulométrica de los mismo; en consecuencia, es necesario que para cualquier mezcla de los tres suelos quede dentro especificaciones, se tenga

un cierto traslape entre dicho triángulo y la mencionada zona de especificaciones.

De esta forma, cualquier punto contenido dentro de la zona de traslape, representará una mezcla granulométrica aceptable, siendo la óptima la que se localice en el centro de gravedad de dicho traslape; en este caso el punto O. Las proporciones de los tres suelos pueden obtenerse como sigue, esto se aprecia en la Fig.3.0.

Unir C con O y prolongarla hasta O', sobre la línea de los suelos A y B. La relación de OO', entre CO' da la proporción en que el suelo C debe entrar en la mezcla de los tres suelos, para que este tenga las características granulométricas correspondiente al punto O'.

De una manera similar, la proporción entre BO' y BA daría la proporción en que el suelo A debe entrar en la mezcla; de hecho la anterior relación BO'/BA debe estar multiplicada por el complemento a uno de la proporción en que entra, por ejemplo, en un 40%, ya solo quedaría un 60% para repartir entre A y B. Finalmente, el complemento a uno de la suma de las proporciones en que hayan entrado los suelos A y C, dará por proporción en que deba entrar el suelo B. Nótese que esta última también podría calcularse multiplicando la relación de O'A/AB, por el complemento a uno de la proporción en que haya entrado C. Para el caso del ejemplo, las longitudes de los segmentos son:

$$OO' = 14$$

$$O'C = OC + OO' = 46 + 14 = 60$$

$$O'B = 21$$

$$O'A = 12$$

$$AB = 33$$

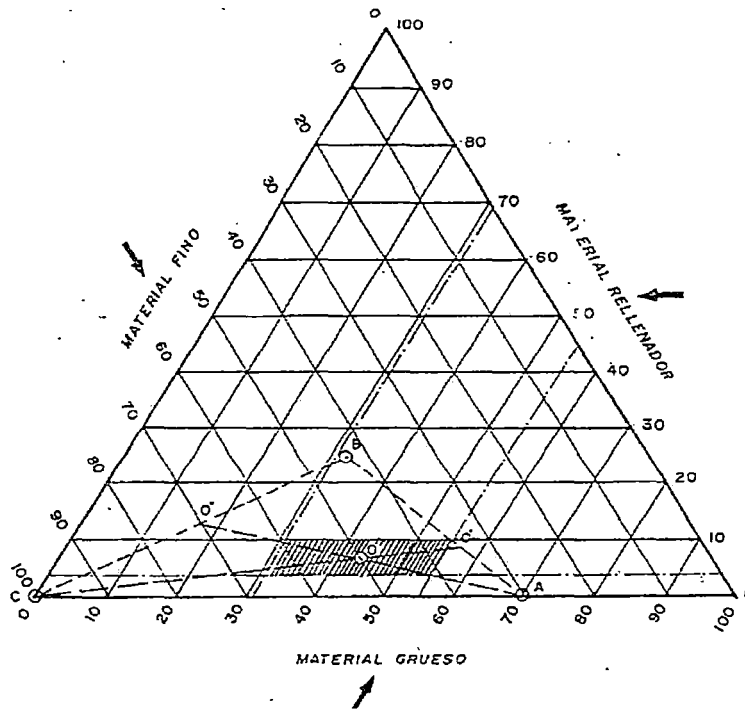


Fig. 3.0: Gráfico del Método del triángulo

Nota: La línea interceptora se procuró trazarla a lo largo de la diagonal mayor del área achurada. Entonces:

$$\% \text{ de } C = \frac{OO'}{O'C} = \frac{14}{60} = 0.234 = 23.4\%$$

$$\% \text{ de } (A+B) = 1.00 - 0.234 = 0.766$$

$$\% \text{ de } B = 0.766 \frac{O'A}{AB} = 0.766 \times \frac{12}{33} = 0.278 = 27.8\%$$

$$\% \text{ de } A = 0.766 \frac{O'B}{AB} = 0.766 \times \frac{21}{33} = 0.488 = 48.8\%$$

Los porcentajes de los agregados son:

$$X = 23.4\%$$

$$Y = 27.8\%$$

$$Z = 48.8\%$$

Se muestra a continuación la mezcla de los suelos A, B y C, con la mezcla total de los tres suelos, si no cumplierse con los rangos de valores de las especificaciones estas deben de volver a iterarse.

Tabla 4.0: Granulometría de los suelos A, B y C y mezcla de los tres suelos.

Suelo	Tamices (% que pasa)											
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
0.234A	23.4	23.4	21.4	16.6	13.6	7	2.3	0.5				
0.278B	27.8	27.8	27.8	24.8	22.2	18.8	15.9	13.2	11.1	9.3	7.9	6.7
0.488C	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	30.2	16.1	8.8	2.2		
Total	100	100	98	90.8	84.6	74.6	48.8	29.8	19.9	11.5	7.9	6.7
Especif	100	88/100	80/100	70/100	71/90	45/69	34/50	26/38	18/29	12/22	7/16	4/10

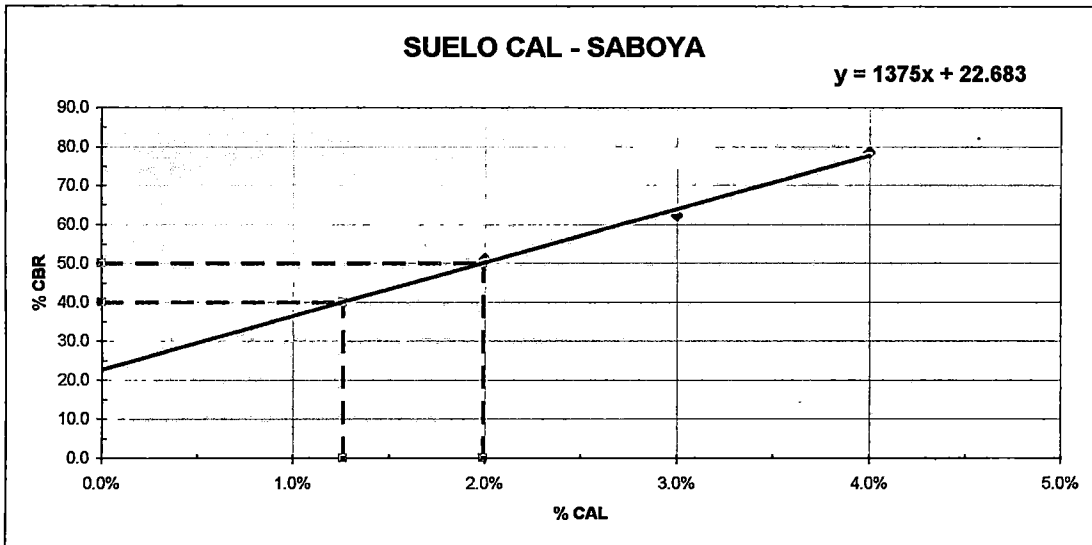
ANEXO 02: DISEÑO DE SUELO CAL

- CANTERA SABOYA
- CANTERA NC-47

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO II : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base suelo-cal
 CANTERA : Saboya

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CAL

% CAL	GRANULOMETRIA					LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
0 %	100.0	100.0	99.8	92.6	23.4	23	5	A-2-4(0)	SM				
2 %	100.0	100.0	99.7	92.5	24.4	23	4	A-2-4(0)	SM	1.960	12.5	48.0	51.0
3 %	100.0	100.0	99.8	91.2	25.4	23	3	A-2-4(0)	SM	1.964	13.6	60.8	62.3
4 %	100.0	100.0	99.8	92.1	26.4	24	2	A-2-4(0)	SM	1.956	14.6	76.0	78.5



* CBR A 0.2" AL 95% MDS

SE MUESTRA EL SIGUIENTE CUADRO

CBR	% CAL
40.0	1.26 %
50.0	1.99 %

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base suelo-cal

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO NATURAL (0% CAL)

N° de Certificado	Fecha	Cantera KM	Granulometría					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
			3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
SCL-11-06-001	16-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	95.2	22.4	22.0	5.0	A-2-4(0)	SM	-	-	-	-
SCL-11-06-002	16-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.7	90.6	23.5	23.0	5.0	A-2-4(0)	SM	-	-	-	-
SCL-11-06-003	16-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	92.1	24.3	23.0	5.0	A-2-4(0)	SM	-	-	-	-

n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
S	300.0	300.0	299.3	277.8	70.2	68.0	15	-	-						
ESPECIFICACION															
Xp	100.0	100.0	99.8	92.6	23.4	22.7	5.0	A-2-4(0)	SM						
MIN	100.0	100.0	99.7	90.6	22.4	22.0	5.0	-							
MAX	100.0	100.0	99.8	95.2	24.3	23.0	5.0	-							
DESV. ESTANDAR	0.00	0.00	0.03	2.35	0.96	0.58		-							
VARIANZA	0.00	0.00	0.00	5.55	0.92	0.33		-							
COEF. DE VARIACION	0.00	0.00	0.03	2.54	4.11	2.55		-							

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

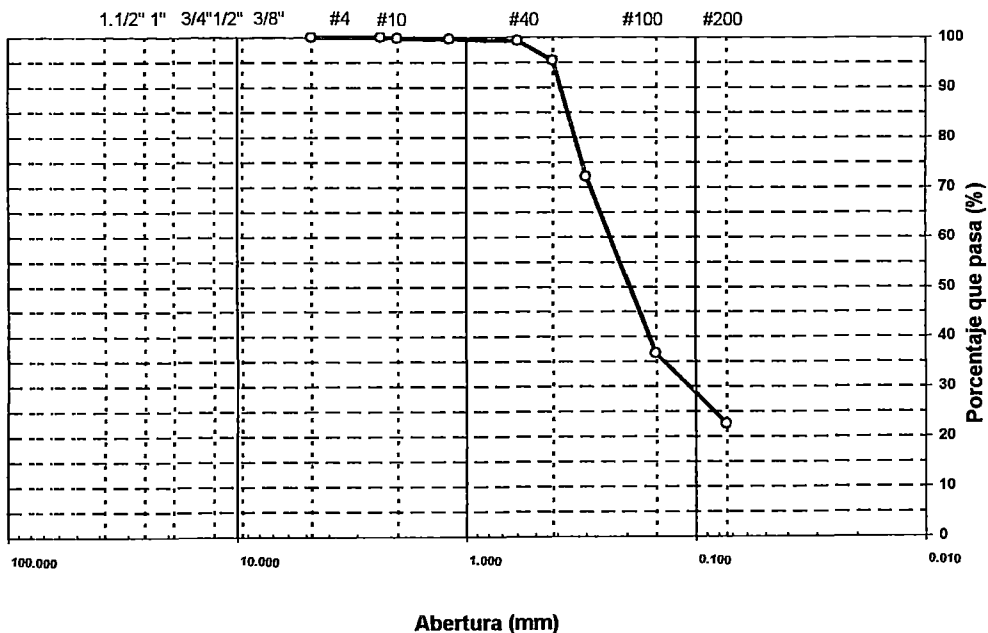
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 484.6 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 376.00 gr
2"	50.800					PESO FINO = 484.6 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 22 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 18 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					
# 4	4.760					
# 8	2.360				100.0	
# 10	2.000	1.0	0.2	0.2	99.8	
# 16	1.190	1.1	0.2	0.4	99.6	Ensayo Malla #200 = P.S. Seco
# 30	0.600	1.8	0.4	0.8	99.2	P.S. Lavado
# 40	0.420	19.4	4.0	4.8	95.2	% 200
# 50	0.300	112.4	23.2	28.0	72.0	
# 100	0.149	171.5	35.4	63.4	36.6	
# 200	0.074	68.8	14.2	77.6	22.4	
< # 200	FONDO	108.6	22.4	100.0		
FRACCION						
TOTAL		484.6				

Descripción suelo: Arena limo arcillosa

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Sub base

CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal)

UBICACIÓN : 651+900

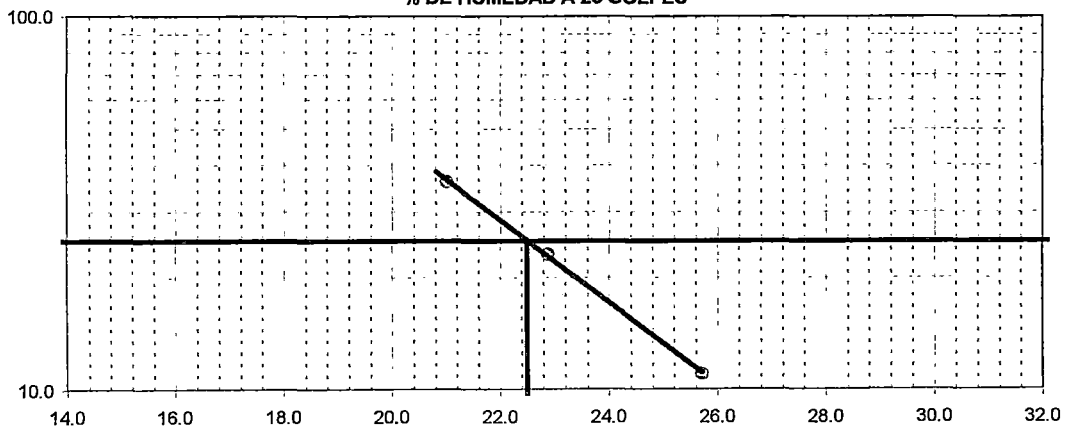
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	10	18	22
TARRO + SUELO HUMEDO	23.44	23.47	21.68
TARRO + SUELO SECO	20.85	20.91	19.62
AGUA	2.59	2.56	2.06
PESO DEL TARRO	10.78	9.73	9.82
PESO DEL SUELO SECO	10.07	11.18	9.80
% DE HUMEDAD	25.72	22.90	21.02
N° DE GOLPES	11	23	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	28	24
TARRO + SUELO HUMEDO	24.50	24.34
TARRO + SUELO SECO	23.20	22.99
AGUA	1.30	1.35
PESO DEL TARRO	15.89	15.44
PESO DEL SUELO SECO	7.31	7.55
% DE HUMEDAD	17.78	17.88

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	22.5
LIMITE PLASTICO	17.8
INDICE DE PLASTICIDAD	4.7

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

AASHTO T-1, T-27 y T-88

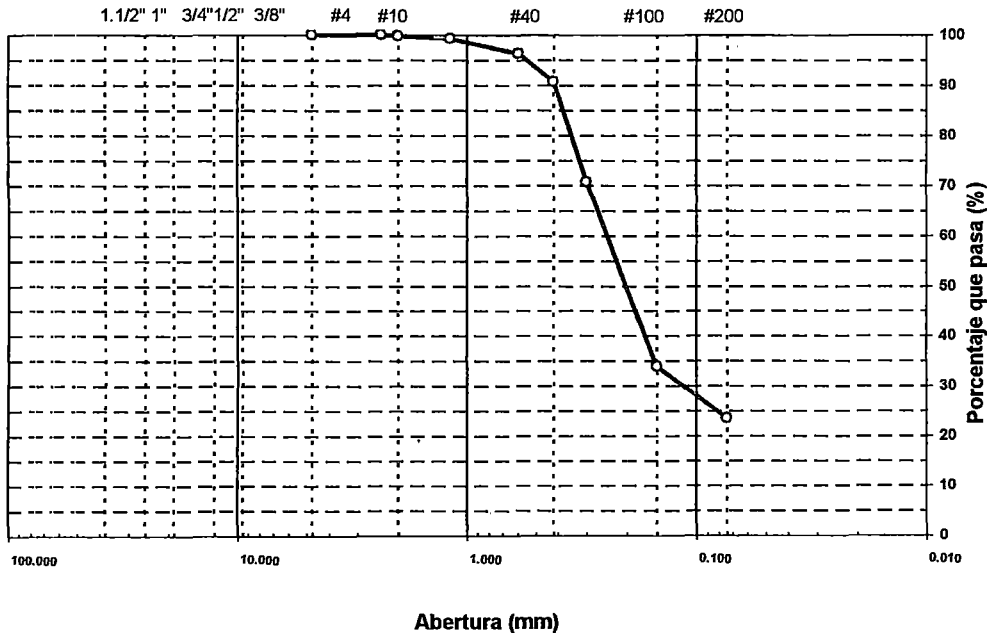
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 500.0 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 382.70 gr
2"	50.800					PESO FINO = 500.0 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 19 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					
# 4	4.760					
# 8	2.360				100.0	
# 10	2.000	1.3	0.3	0.3	99.7	
# 16	1.190	2.8	0.6	0.8	99.2	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	14.6	2.9	3.7	96.3	500.0 382.7 23.5
# 40	0.420	28.4	5.7	9.4	90.6	
# 50	0.300	99.8	20.0	29.4	70.6	
# 100	0.149	183.4	36.7	66.1	33.9	
# 200	0.074	52.4	10.5	76.5	23.5	
< # 200	FONDO	117.3	23.5	100.0		
FRACCION						
TOTAL		500.0				

Descripción suelo: Arena limo arcillosa

CURVA GRANULOMETRICA



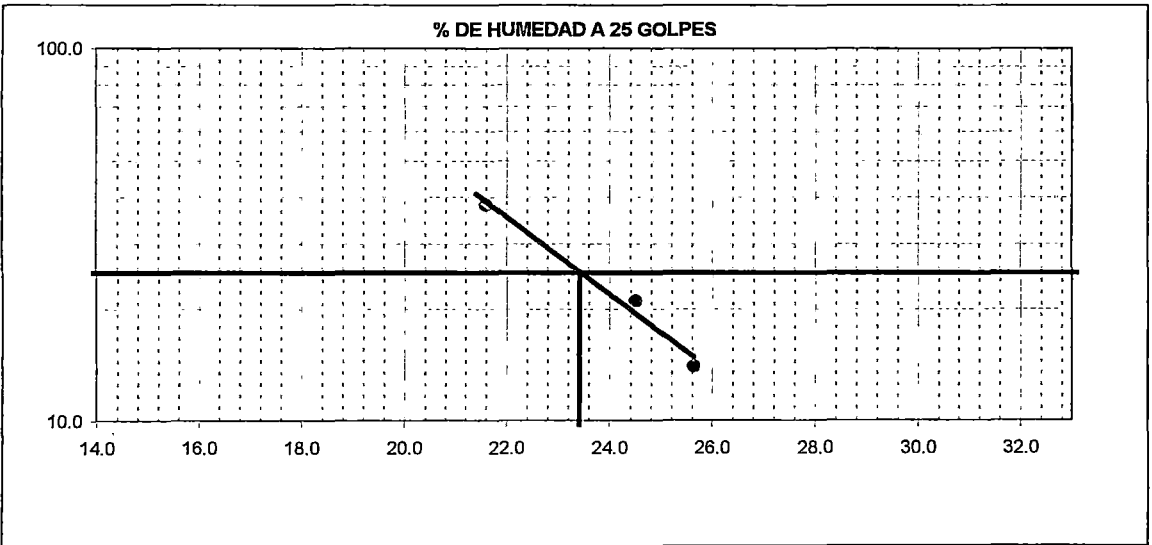
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Pública</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Em. : 16/11/2006 Páginas : 02-02 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T. Certificado N° : SCL-11-06-002

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal) **UBICACIÓN** : 651+900

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	10	18	22	
TARRO + SUELO HUMEDO	25.61	25.61	21.61	
TARRO + SUELO SECO	23.00	22.91	19.55	
AGUA	2.61	2.70	2.06	
PESO DEL TARRO	12.82	11.89	10.01	
PESO DEL SUELO SECO	10.18	11.02	9.54	
% DE HUMEDAD	25.64	24.50	21.59	
N° DE GOLPES	14	21	38	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	15	18		
TARRO + SUELO HUMEDO	19.61	19.44		
TARRO + SUELO SECO	18.00	18.02		
AGUA	1.61	1.42		
PESO DEL TARRO	9.87	10.05		
PESO DEL SUELO SECO	8.13	7.97		
% DE HUMEDAD	19.80	17.82		



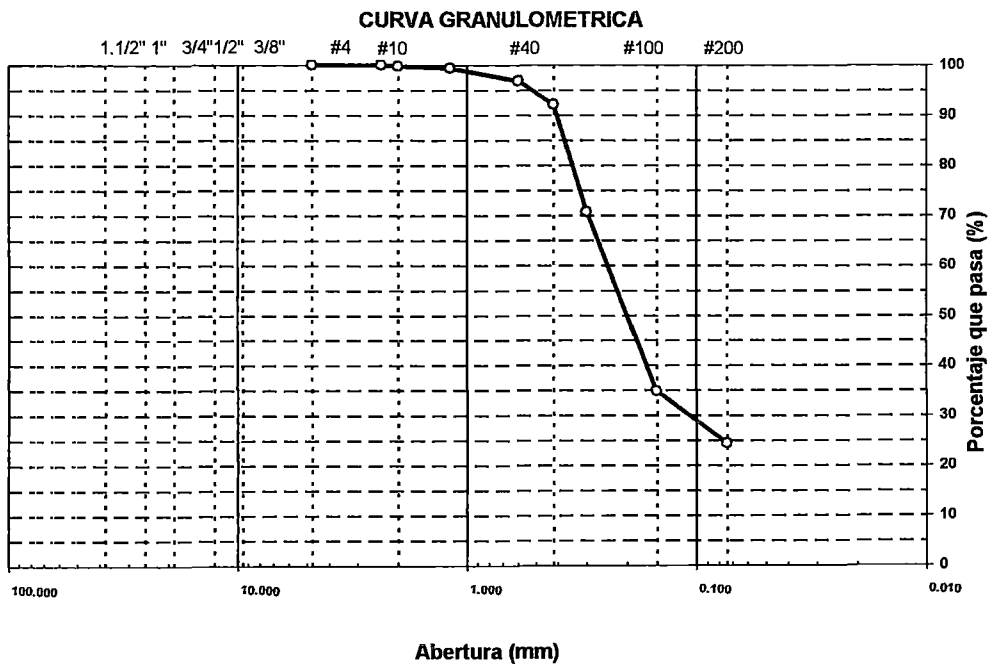
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.4
LIMITE PLASTICO	18.8
INDICE DE PLASTICIDAD	4.6

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal) UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200					PESO TOTAL = 478.0 gr			
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 361.70 gr			
2"	50.800					PESO FINO = 478.0 gr			
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %			
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 18 %			
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %			
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM			
1/4"	6.350								
# 4	4.760								
# 8	2.360				100.0				
# 10	2.000	1.1	0.2	0.2	99.8				
# 16	1.190	2.2	0.5	0.7	99.3	Ensayo Malla #200 =	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 30	0.600	12.0	2.5	3.2	96.8		478.0	361.7	24.3
# 40	0.420	22.7	4.8	8.0	92.1				
# 50	0.300	102.5	21.4	29.4	70.6				
# 100	0.149	171.4	35.9	65.3	34.8				
# 200	0.074	49.8	10.4	75.7	24.3				
< # 200	FONDO	116.3	24.3	100.0					
FRACCION									
TOTAL		478.0							

Descripción suelo: **Arena limo arcillosa**



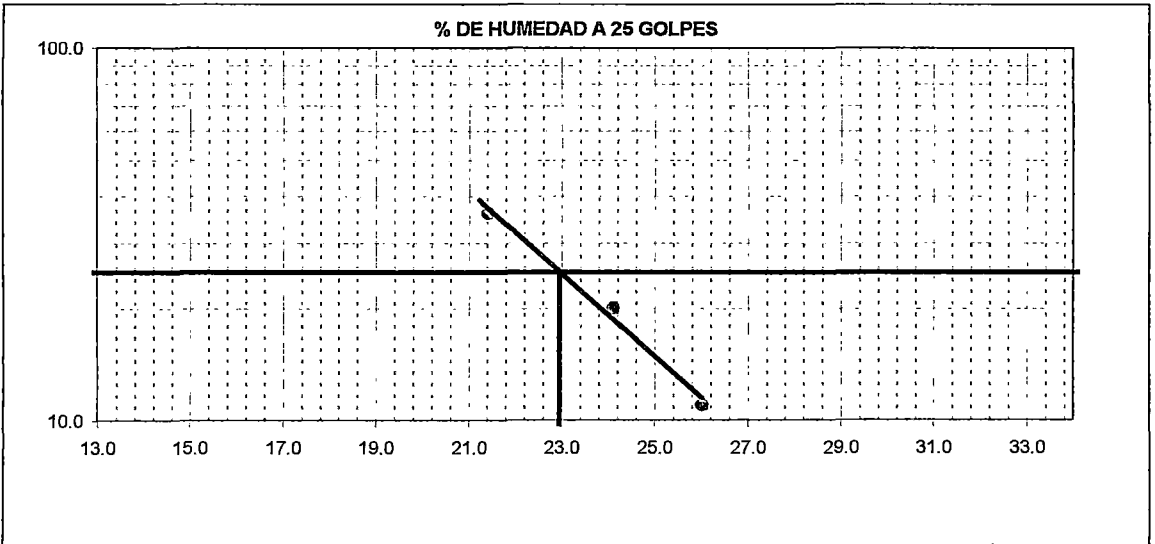
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTCA <small>Escuela de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		Fecha de Em. : 16/11/2006
OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>		Páginas : 02-02
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-003

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 0% cal) **UBICACIÓN** : 651+900

LIMITE LIQUIDO			
N° TARRO	20	22	24
TARRO + SUELO HUMEDO	24.86	26.38	25.26
TARRO + SUELO SECO	22.30	23.78	23.00
AGUA	2.56	2.60	2.26
PESO DEL TARRO	12.46	13.00	12.45
PESO DEL SUELO SECO	9.84	10.78	10.55
% DE HUMEDAD	26.02	24.12	21.42
N° DE GOLPES	11	20	36

LIMITE PLASTICO			
N° TARRO	12	15	
TARRO + SUELO HUMEDO	19.57	19.05	
TARRO + SUELO SECO	18.16	17.72	
AGUA	1.41	1.33	
PESO DEL TARRO	10.42	10.30	
PESO DEL SUELO SECO	7.74	7.42	
% DE HUMEDAD	18.22	17.92	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.0
LIMITE PLASTICO	18.1
INDICE DE PLASTICIDAD	4.9

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Sub base

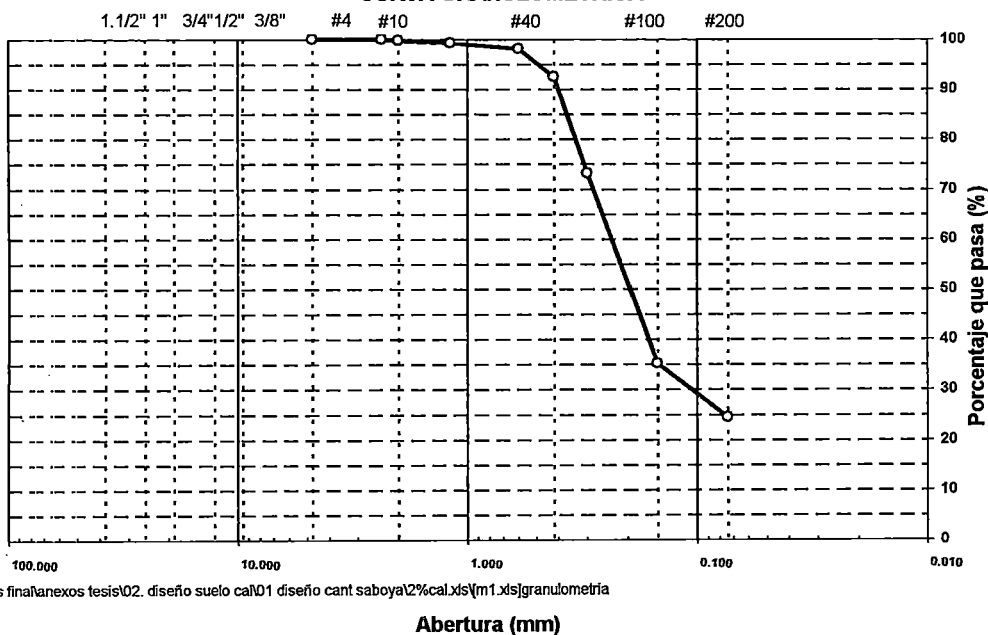
CANTERA : Saboya (Mezcla 2%)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 468.8 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 354.40 gr
2"	50.800					PESO FINO = 468.8 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 19 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 4 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.960 gr/cc
# 4	4.760					HUMEDAD OPT. = 12.5 %
# 8	2.360				100.0	CBR AL 95% 0.1" = 48.0 %
# 10	2.000	1.4	0.3	0.3	99.7	CBR AL 95% 0.2" = 51.0 %
# 16	1.190	1.9	0.4	0.7	99.3	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200 468.8 354.4 24.4
# 30	0.600	5.6	1.2	1.9	98.1	
# 40	0.420	26.3	5.6	7.5	92.5	
# 50	0.300	90.9	19.4	26.9	73.1	
# 100	0.149	177.7	37.9	64.8	35.2	
# 200	0.074	50.6	10.8	75.6	24.4	
< # 200	FONDO	114.4	24.4	100.0		
FRACCION						
TOTAL		468.8				

Descripción suelo: **Arena limo arcillosa**

CURVA GRANULOMETRICA



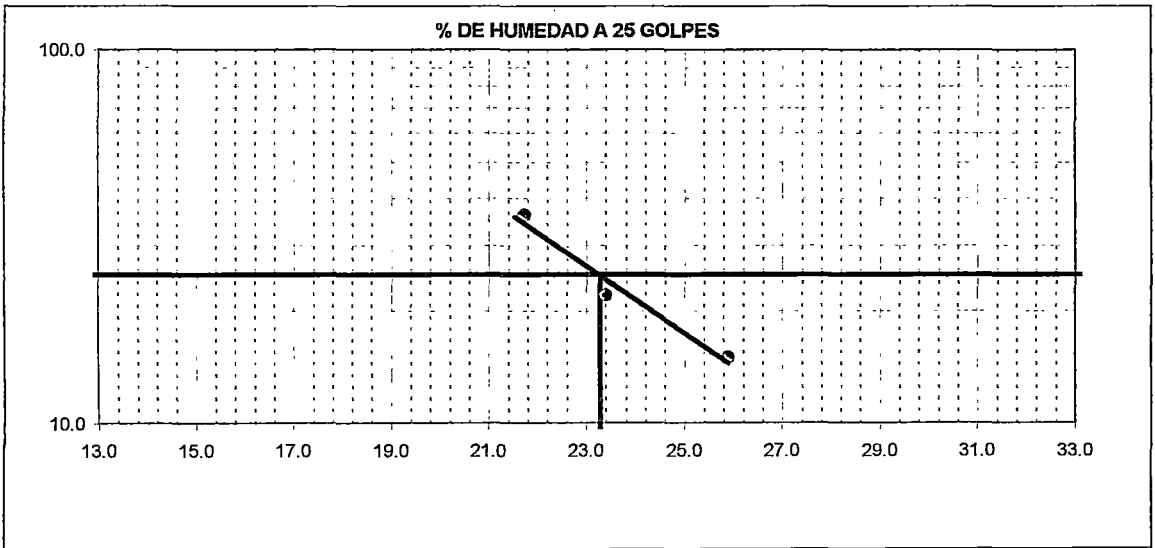
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		Fecha de Em. : 16/11/2006
		Páginas : 02-05
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-001

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 2%) **UBICACIÓN** : 651+900

LIMITE LIQUIDO			
N° TARRO	32	15	30
TARRO + SUELO HUMEDO	27.30	27.63	24.69
TARRO + SUELO SECO	24.86	25.57	22.94
AGUA	2.44	2.06	1.75
PESO DEL TARRO	15.44	16.77	14.89
PESO DEL SUELO SECO	9.42	8.80	8.05
% DE HUMEDAD	25.90	23.41	21.74
N° DE GOLPES	15	22	36

LIMITE PLASTICO			
N° TARRO	22	25	
TARRO + SUELO HUMEDO	19.04	18.88	
TARRO + SUELO SECO	17.55	17.47	
AGUA	1.49	1.41	
PESO DEL TARRO	9.82	10.01	
PESO DEL SUELO SECO	7.73	7.46	
% DE HUMEDAD	19.28	18.90	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.3
LIMITE PLASTICO	19.1
INDICE DE PLASTICIDAD	4.2

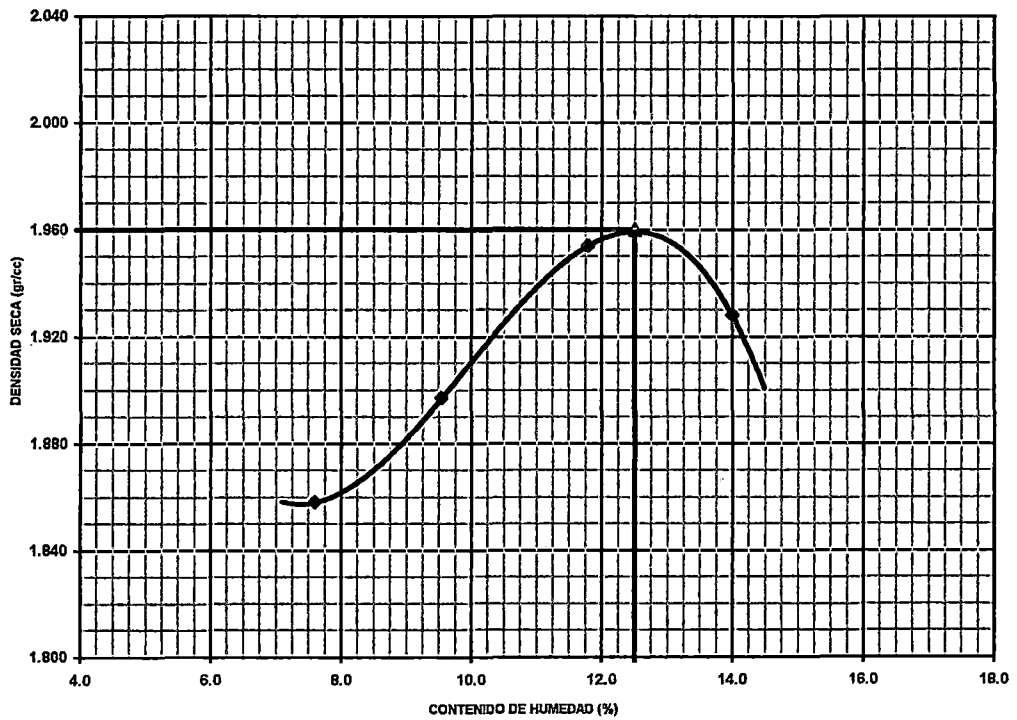
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emision : 16/11/2006
OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada en Transporte y Obras Públicas</small>		Páginas : 03-05
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	UBICACIÓN Km : 651+900
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Sub base	
CANTERA : Saboya (Mezcla 2%)	

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3265
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5130	5204	5303	5316	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1865	1939	2038	2051	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.999	2.078	2.184	2.198	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA		303.20	427.90	391.40	342.10	
PESO SUELOS SECO + TARA		281.80	390.60	350.10	300.10	
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA		21.40	37.30	41.30	42.00	
PESO DE SUELO SECO		281.80	390.60	350.10	300.10	
CONTENIDO DE AGUA		7.59	9.55	11.80	14.00	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.858	1.897	1.954	1.928	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.960 gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:				12.50

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR

AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 2%)

UBICACIÓN : 651+900

Molde N°	2		3		4	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12833	12859	11673	11726	12397	12480
Peso de molde (gr)	8115	8115	7119	7119	8148	8148
Peso del suelo húmedo (gr)	4718	4744	4554	4607	4249	4332
Volumen del molde (cm3)	2130	2130	2135	2135	2097	2097
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.215	2.227	2.133	2.158	2.026	2.066
Humedad (%)	12.80	13.12	12.80	13.42	12.79	14.06
Densidad seca (gr/cm3)	1.964	1.969	1.891	1.903	1.796	1.811
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	406.30	406.30	338.50	338.50	393.40	393.40
Tarro + Suelo seco (gr)	360.20	375.00	300.10	314.60	348.80	361.20
Peso del Agua (gr)	46.10	31.30	38.40	23.90	44.60	32.20
Peso del tarro (gr)	0.00	136.50	0.00	136.50	0.00	132.20
Peso del suelo seco (gr)	360.20	238.50	300.10	178.10	348.80	229.00
Humedad (%)	12.80	13.12	12.80	13.42	12.79	14.06
Promedio de Humedad (%)	12.80	13.12	12.80	13.42	12.79	14.06

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
17/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
18/11/2006	16:15	48	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.005	0.000	0.00
19/11/2006	16:15	72	0.004	0.000	0.00	0.006	0.000	0.00	0.008	0.000	0.00

PENETRACION

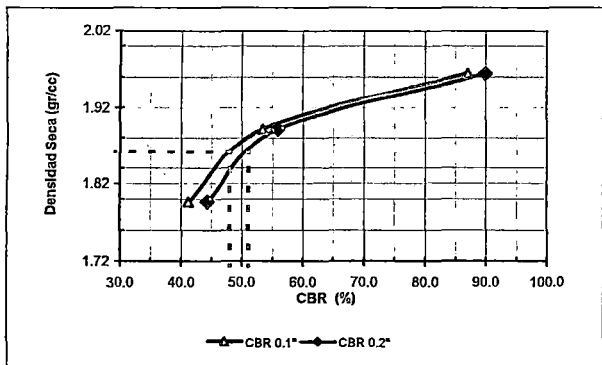
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				MOLDE N° 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		83	18.3			64	13.9			41	8.6		
0.050		149	33.5			102	22.7			74	16.2		
0.075		209	47.4			130	29.2			99	22.0		
0.100	70	267	60.8	61.26	87.1	165	37.2	37.57	53.4	137	30.8	29.02	41.3
0.150		361	82.5			210	47.8			167	37.7		
0.200	105.46	420	96.1	94.89	90.0	265	60.3	58.87	55.8	208	47.2	46.79	44.4
0.300		482	110.5			315	71.9			253	57.6		
0.400		546	125.2			368	84.1			288	65.7		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiaparí
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 2%)

UBICACIÓN : 651+900

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

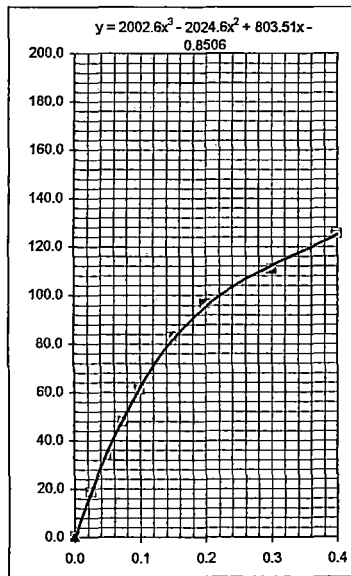


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	87.1	0.2":	90.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	48.0	0.2":	51.0

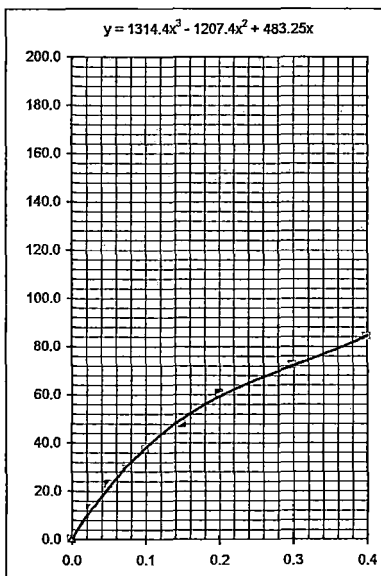
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.960	gr/cc
Optimo Humedad	12.50	%

OBSERVACIONES:

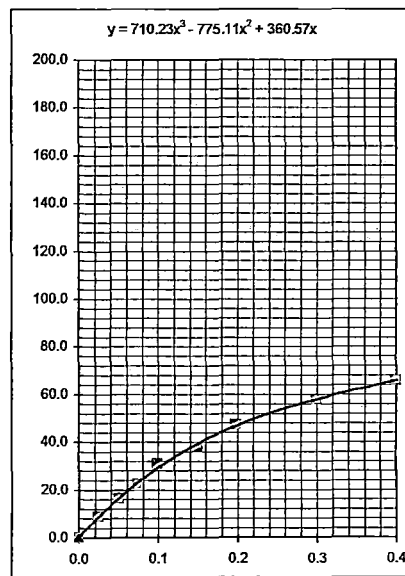
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pta. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base suelo-cal

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CAL (3% CAL)

N° de Certificado	Fecha	Cantera KM	Granulometría					LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
			3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
SCL-11-06-001	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	91.6	25.4	23	3	A-2-4(0)	SM	1.964	13.6	60.8	62.3
SCL-11-06-002	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.7	91.1	25.7	23	4	A-2-4(0)	SM				
SCL-11-06-003	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	90.9	25.1	23	3	A-2-4(0)	SM				

n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
S	300.0	300.0	299.3	273.6	76.2	69.0	10	-	-	1.964	13.6	60.8	62.3	
ESPECIFICACION														
Xp	100.0	100.0	99.8	91.2	25.4	23.0	3.3	A-2-4(0)	SM	1.964	13.6	60.8	62.3	
MIN	100.0	100.0	99.7	90.9	25.1	23.0	3.0	-	-	1.964	13.6	60.8	62.3	
MAX	100.0	100.0	99.8	91.6	25.7	23.0	4.0	-	-	1.964	13.6	60.8	62.3	
DES. ESTANDAR	0.00	0.00	0.06	0.39	0.30	0.00	0.58	-	-					
VARIANZA	0.00	0.00	0.00	0.15	0.09	0.00	0.33	-	-					
COEF. DE VARIACION	0.00	0.00	0.06	0.43	1.18	0.00	17.32	-	-					

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

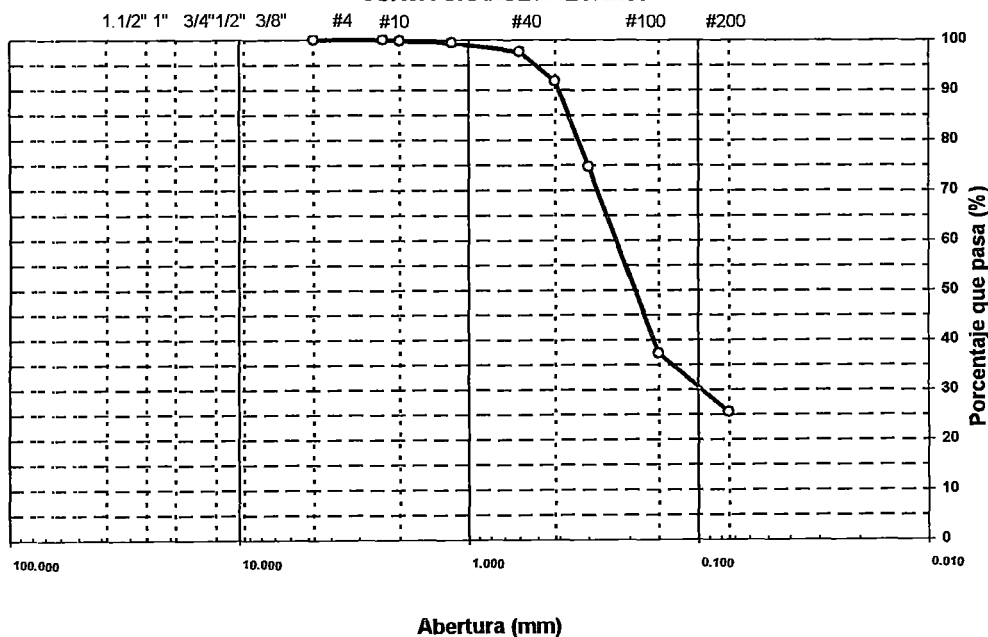
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 508.1 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 379.00 gr
2"	50.800					PESO FINO = 508.1 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 20 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 3 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.964 gr/cc
# 4	4.760					HUMEDAD OPT. = 13.6 %
# 8	2.360				100.0	CBR AL 95% 0.1" = 60.8 %
# 10	2.000	1.0	0.2	0.2	99.8	CBR AL 95% 0.2" = 62.3 %
# 16	1.190	2.0	0.4	0.6	99.4	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200 508.1 379.0 25.4
# 30	0.600	9.1	1.8	2.4	97.6	
# 40	0.420	30.5	6.0	8.4	91.6	
# 50	0.300	86.4	17.0	25.4	74.6	
# 100	0.149	190.0	37.4	62.8	37.2	
# 200	0.074	60.0	11.8	74.6	25.4	
< # 200	FONDO	129.1	25.4	100.0		
FRACCION						
TOTAL		508.1				

Descripción suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



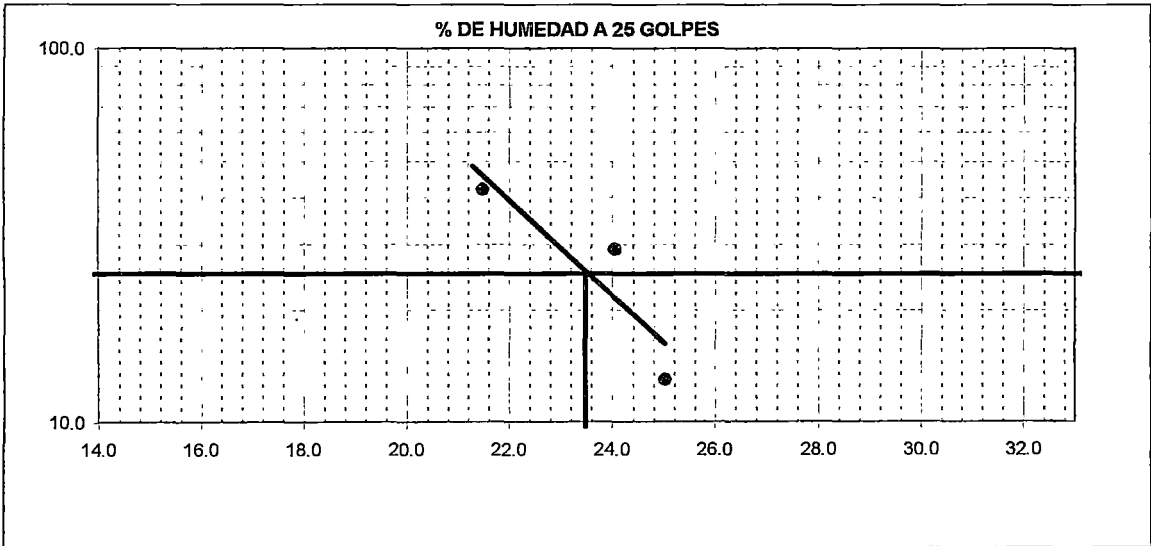
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Em. : 17/11/2006 Páginas : 02-05 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCL-11-06-001

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal) **UBICACIÓN** : 651+900

LIMITE LIQUIDO			
N° TARRO	32	15	30
TARRO + SUELO HUMEDO	24.16	23.18	21.77
TARRO + SUELO SECO	21.48	21.06	19.95
AGUA	2.68	2.12	1.82
PESO DEL TARRO	10.77	12.25	11.48
PESO DEL SUELO SECO	10.71	8.81	8.47
% DE HUMEDAD	25.02	24.06	21.49
N° DE GOLPES	13	29	42

LIMITE PLASTICO			
N° TARRO	9	14	
TARRO + SUELO HUMEDO	21.86	22.10	
TARRO + SUELO SECO	20.37	20.55	
AGUA	1.49	1.55	
PESO DEL TARRO	13.07	12.98	
PESO DEL SUELO SECO	7.30	7.57	
% DE HUMEDAD	20.41	20.48	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.5
LIMITE PLASTICO	20.4
INDICE DE PLASTICIDAD	3.0

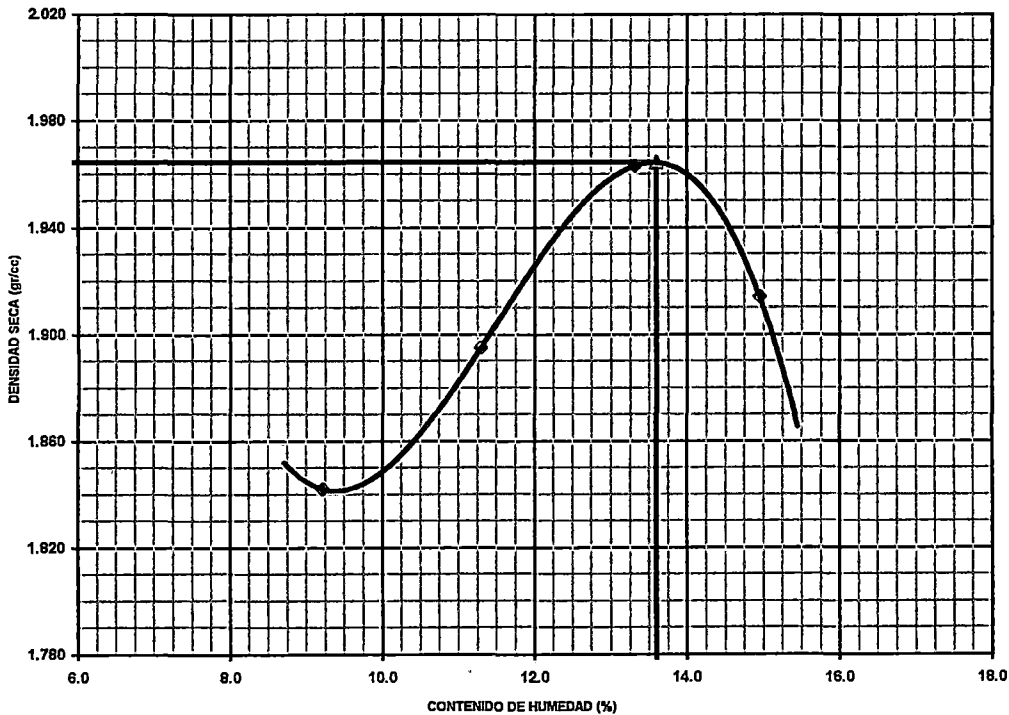
c:\tesis final\anexos tesis\02. diseño suelo cal\01 diseño cant saboyat3%cal.xls\[m3.xls]granulometria

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal) UBICACIÓN Km : 651+900

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3265			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5142	5233	5340	5318					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1877	1968	2075	2053					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.012	2.109	2.224	2.200					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	339.00	334.00	387.30	334.50					
PESO SUELOS SECO + TARA	310.40	300.10	341.80	291.00					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	28.60	33.90	45.50	43.50					
PESO DE SUELO SECO	310.40	300.10	341.80	291.00					
CONTENIDO DE AGUA	9.21	11.30	13.31	14.95					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.842	1.895	1.963	1.914					
DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.964 gr/cc					HUMEDAD OPTIMA: 13.60				

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal)

UBICACIÓN : 651+800

	5		6		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	5		6		7	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12709	12729	12235	12285	12044	12117
Peso de molde (gr)	7925	7925	7824	7824	7675	7675
Peso del suelo húmedo (gr)	4784	4804	4411	4461	4369	4442
Volumen del molde (cm3)	2155	2155	2062	2062	2146	2146
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.220	2.229	2.139	2.163	2.036	2.070
Humedad (%)	13.41	13.70	13.39	14.57	13.41	15.07
Densidad seca (gr/cm3)	1.957	1.960	1.886	1.888	1.795	1.799
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	346.80	346.80	363.30	363.30	385.70	385.70
Tarro + Suelo seco (gr)	305.80	305.00	320.40	317.10	340.10	335.20
Peso del Agua (gr)	41.00	41.80	42.90	46.20	45.60	50.50
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	305.80	305.00	320.40	317.10	340.10	335.20
Humedad (%)	13.41	13.70	13.39	14.57	13.41	15.07
Promedio de Humedad (%)	13.41	13.70	13.39	14.57	13.41	15.07

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
18/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
19/11/2006	16:15	48	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.005	0.000	0.00
20/11/2006	16:15	72	0.003	0.000	0.00	0.004	0.000	0.00	0.006	0.000	0.00

PENETRACION

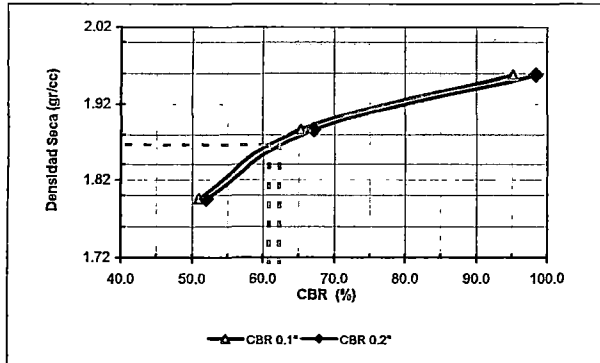
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 5				MOLDE N° 6				MOLDE N° 7			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		120	26.8			84	18.5			52	11.1		
0.050		184	41.6			118	26.4			86	19.0		
0.075		237	53.9			159	35.9			124	27.8		
0.100	70	271	61.7	67.00	95.3	201	45.6	45.95	65.4	167	37.7	35.88	51.0
0.150		365	83.4			254	57.8			210	47.6		
0.200	105.46	492	112.8	103.83	98.5	322	73.5	70.79	87.1	238	54.1	54.92	52.1
0.300		529	121.3			382	87.4			281	64.0		
0.400		620	142.3			466	111.4			308	70.3		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal)

UBICACIÓN : 651+900

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

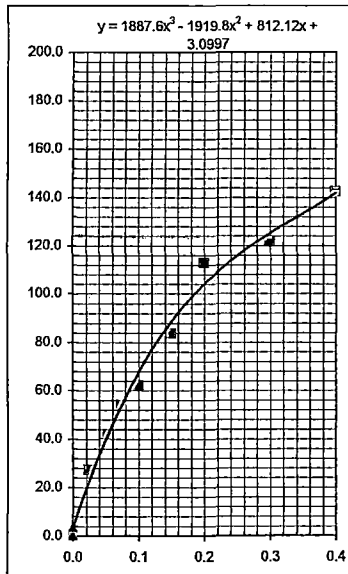


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	95.3	0.2":	98.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	60.8	0.2":	62.3

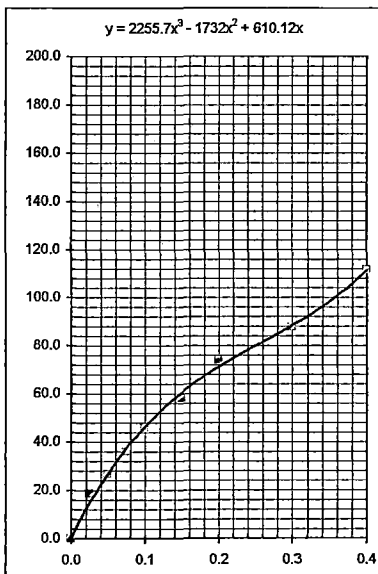
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.964	gr/cc
Optimo Humedad	13.60	%

OBSERVACIONES:

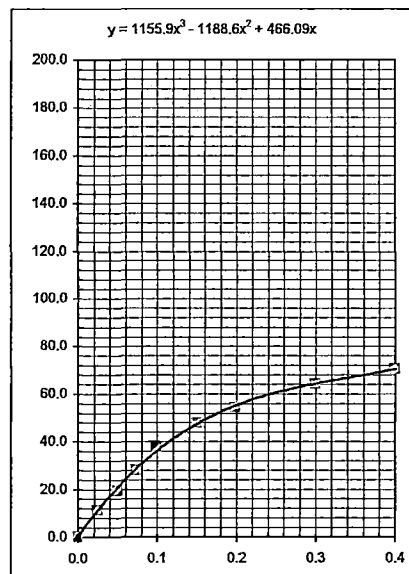
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



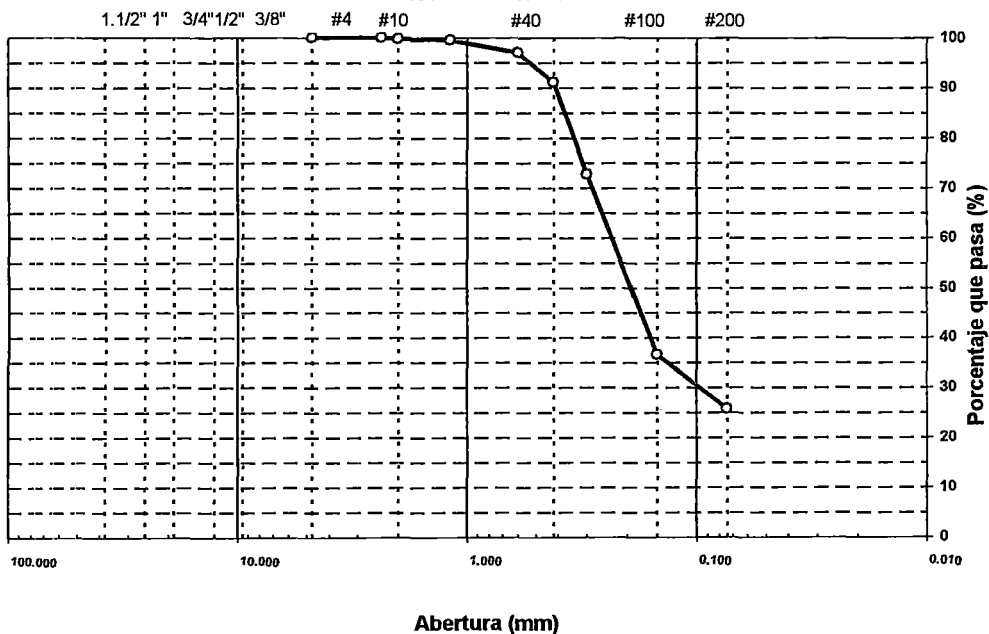
**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	φ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 487.6 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 362.30 gr
2"	50.800					PESO FINO = 487.6 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 20 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 4 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					
# 4	4.760					
# 8	2.360				100.0	
# 10	2.000	1.5	0.3	0.3	99.7	
# 16	1.190	1.0	0.2	0.5	99.5	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	12.2	2.5	3.0	97.0	487.6 362.3 25.7
# 40	0.420	28.8	5.9	8.9	91.1	
# 50	0.300	89.7	18.4	27.3	72.7	
# 100	0.149	176.0	36.1	63.4	36.6	
# 200	0.074	53.1	10.9	74.3	25.7	
< # 200	FONDO	125.3	25.7	100.0		
FRACCION						
TOTAL		487.6				
Descripción suelo:		Arena limosa				

CURVA GRANULOMETRICA



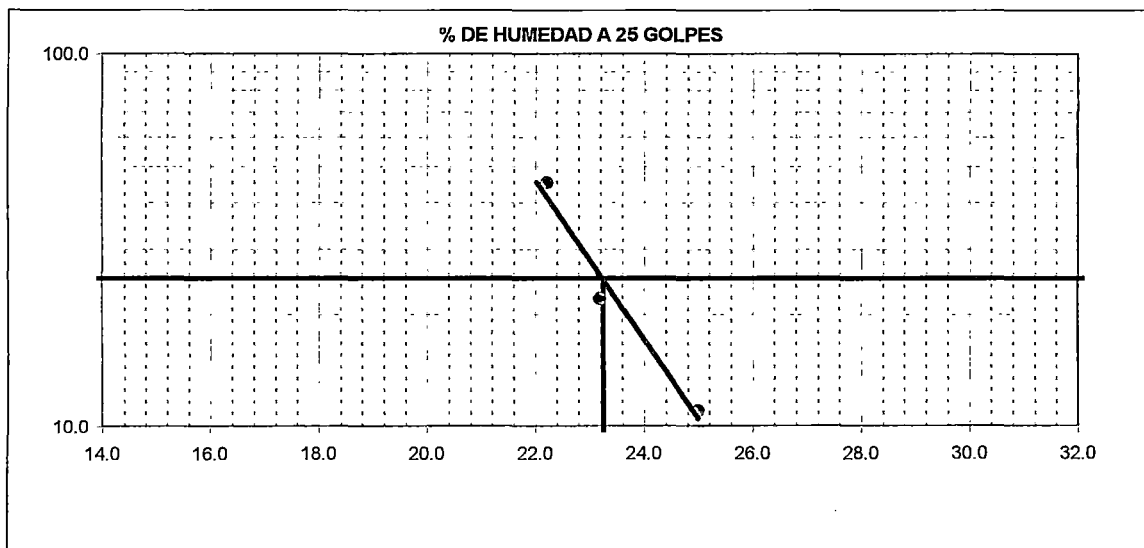
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTCA <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Em. : 17/11/2006 Páginas : 02-02 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T. Certificado N° : SCL-11-06-002

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal) **UBICACIÓN** : 651+900

LIMITE LIQUIDO			
N° TARRO	11	23	31
TARRO + SUELO HUMEDO	23.28	23.27	22.14
TARRO + SUELO SECO	20.78	20.72	19.90
AGUA	2.50	2.55	2.24
PESO DEL TARRO	10.78	9.73	9.82
PESO DEL SUELO SECO	10.00	10.99	10.08
% DE HUMEDAD	25.00	23.20	22.22
N° DE GOLPES	11	22	45

LIMITE PLASTICO			
N° TARRO	28	24	
TARRO + SUELO HUMEDO	26.55	25.75	
TARRO + SUELO SECO	24.76	24.10	
AGUA	1.79	1.65	
PESO DEL TARRO	15.89	15.44	
PESO DEL SUELO SECO	8.87	8.66	
% DE HUMEDAD	20.18	19.05	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.3
LIMITE PLASTICO	19.6
INDICE DE PLASTICIDAD	3.6

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Emision : 17/11/2006
			Paginas : 01-02
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. J.A.T
			Certificado N° : SCL-11-06-003

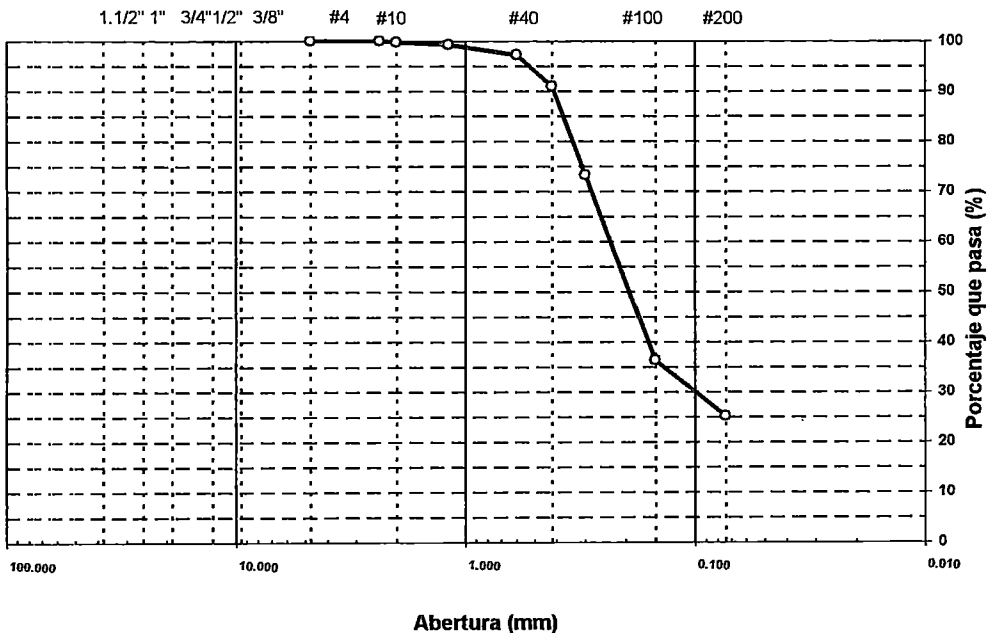
ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal) **UBICACIÓN Km** : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200					PESO TOTAL = 531.8 gr			
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 398.40 gr			
2"	50.800					PESO FINO = 531.8 gr			
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %			
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 20 %			
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 3 %			
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM			
1/4"	6.350								
# 4	4.760								
# 8	2.360				100.0				
# 10	2.000	1.1	0.2	0.2	99.8				
# 16	1.190	2.7	0.5	0.7	99.3	Ensayo Malla #200 =	P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200
# 30	0.600	11.2	2.1	2.8	97.2		531.8	398.4	25.1
# 40	0.420	33.5	6.3	9.1	90.9				
# 50	0.300	94.1	17.7	26.8	73.2				
# 100	0.149	196.2	36.9	63.7	36.3				
# 200	0.074	59.6	11.2	74.9	25.1				
< # 200	FONDO	133.4	25.1	100.0					
FRACCION									
TOTAL		531.8							

Descripción suelo: **Arena limosa**

CURVA GRANULOMETRICA





**LABORATORIO MECANICA
DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS**

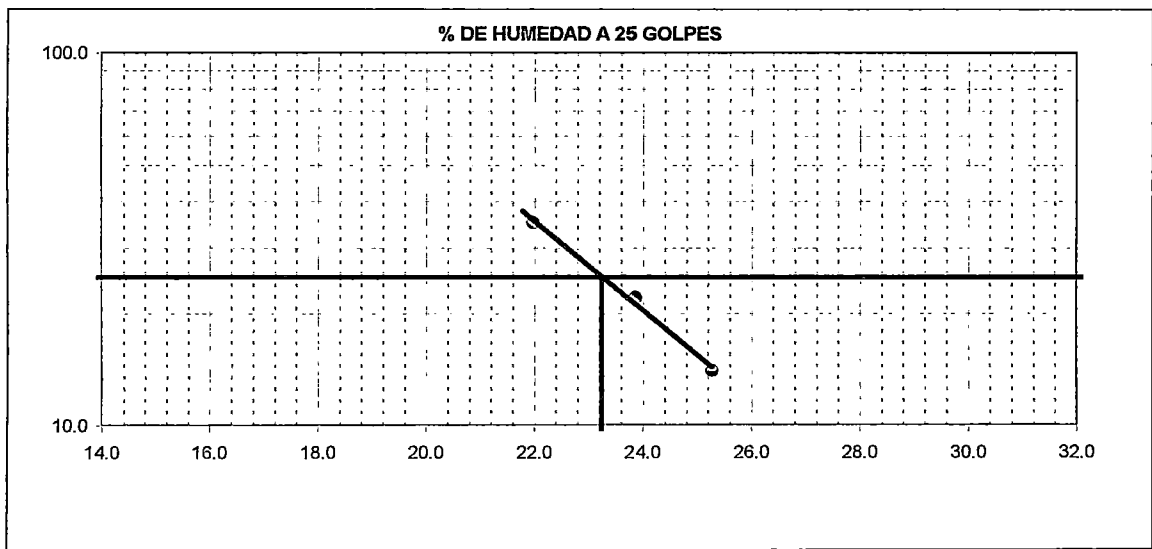
Informe N° : SYP-NOV-06
 Fecha de Emisi : 17/11/2006
 Páginas : 02-02
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCL-11-06-003

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 3% cal) UBICACIÓN : 651+900

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	25	5	6	
TARRO + SUELO HUMEDO	25.64	28.29	26.30	
TARRO + SUELO SECO	22.64	25.20	23.63	
AGUA	3.00	3.09	2.67	
PESO DEL TARRO	10.77	12.25	11.48	
PESO DEL SUELO SECO	11.87	12.95	12.15	
% DE HUMEDAD	25.27	23.86	21.98	
N° DE GOLPES	14	22	35	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	9	14		
TARRO + SUELO HUMEDO	24.81	25.00		
TARRO + SUELO SECO	22.89	22.99		
AGUA	1.92	2.01		
PESO DEL TARRO	13.07	12.98		
PESO DEL SUELO SECO	9.82	10.01		
% DE HUMEDAD	19.55	20.08		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.2
LIMITE PLASTICO	19.8
INDICE DE PLASTICIDAD	3.4

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil**TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari****MATERIAL : Sub base suelo-cal**

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CAL (4% CAL)

N° de Certificado	Fecha	Cantera KM	Granulometría					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
			3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
SCL-11-06-001	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	92.7	26.5	24	2	A-2-4(0)	SM	1.956	14.6	76.0	78.5
SCL-11-06-002	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.7	91.8	26.2	24	2	A-2-4(0)	SM				
SCL-11-06-003	17-11-06	Saboya	100.0	100.0	99.8	91.8	26.3	25	2	A-2-4(0)	SM				

n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
S	300.0	300.0	299.3	276.3	79.1	73.0	6.0	-	-	1.956	14.6	76.0	78.5	
ESPECIFICACION														
Xp	100.0	100.0	99.8	92.1	26.4	24.3	2.0	A-2-4(0)	SM	1.956	14.6	76.0	78.5	
MIN	100.0	100.0	99.7	91.8	26.2	24.0	2.0	-	-	1.956	14.6	76.0	78.5	
MAX	100.0	100.0	99.8	92.7	26.5	25.0	2.0	-	-	1.956	14.6	76.0	78.5	
DESV. ESTANDAR	0.00	0.00	0.06	0.51	0.14	0.58	0.00	-	-					
VARIANZA	0.00	0.00	0.00	0.26	0.02	0.33	0.00	-	-					
COEF. DE VARIACION	0.00	0.00	0.06	0.56	0.52	2.37	0.00	-	-					

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

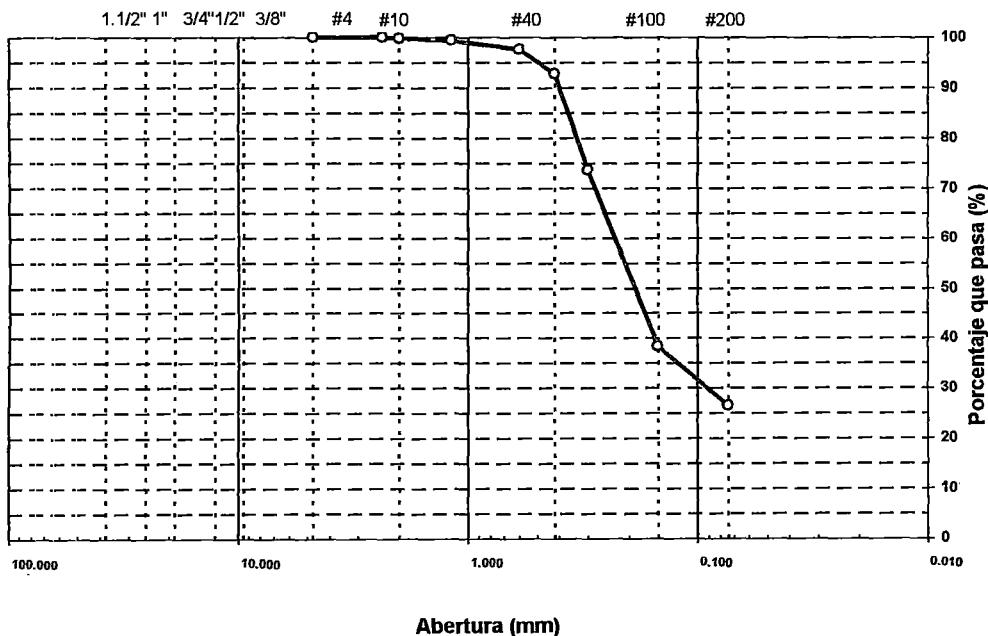
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARG.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 546.1 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 401.40 gr
2"	50.800					PESO FINO = 546.1 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 24 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 22 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 2 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.956 gr/cc
# 4	4.760					HUMEDAD OPT. = 14.6 %
# 8	2.360				100.0	CBR AL 95% 0.1" = 76.0 %
# 10	2.000	1.1	0.2	0.2	99.8	CBR AL 95% 0.2" = 78.5 %
# 16	1.190	2.2	0.4	0.6	99.4	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	9.8	1.8	2.4	97.6	
# 40	0.420	26.8	4.9	7.3	92.7	
# 50	0.300	104.3	19.1	26.4	73.6	
# 100	0.149	193.3	35.4	61.8	38.2	
# 200	0.074	63.9	11.7	73.5	26.5	
< # 200	FONDO	144.7	26.5	100.0		
FRACCION						
TOTAL		546.1				

Descripción suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Sub base

CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN : 651+900

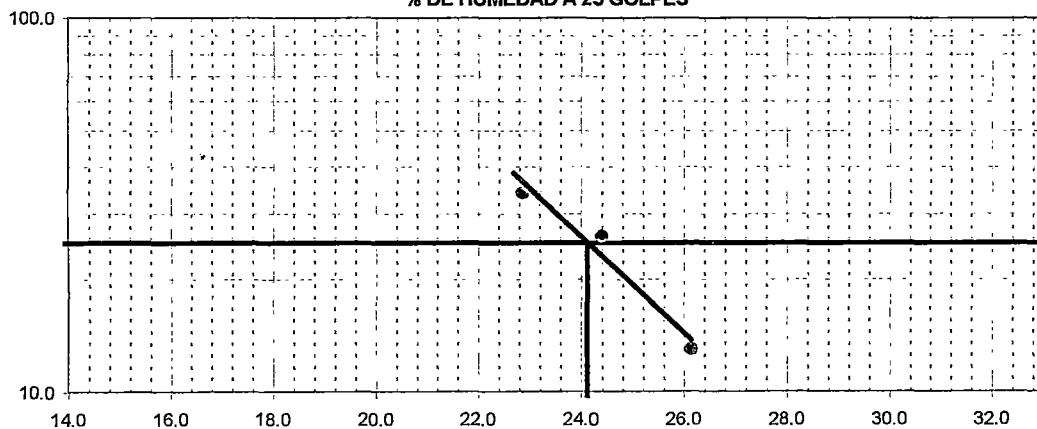
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	36	8	5
TARRO + SUELO HUMEDO	22.51	22.76	22.25
TARRO + SUELO SECO	20.22	20.42	20.20
AGUA	2.29	2.34	2.05
PESO DEL TARRO	11.46	10.83	11.24
PESO DEL SUELO SECO	8.76	9.59	8.96
% DE HUMEDAD	26.14	24.40	22.88
N° DE GOLPES	13	26	34

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	27	29
TARRO + SUELO HUMEDO	23.86	23.45
TARRO + SUELO SECO	21.98	21.60
AGUA	1.88	1.85
PESO DEL TARRO	13.68	13.04
PESO DEL SUELO SECO	8.30	8.56
% DE HUMEDAD	22.65	21.61

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	24.1
LIMITE PLASTICO	22.1
INDICE DE PLASTICIDAD	2.0



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

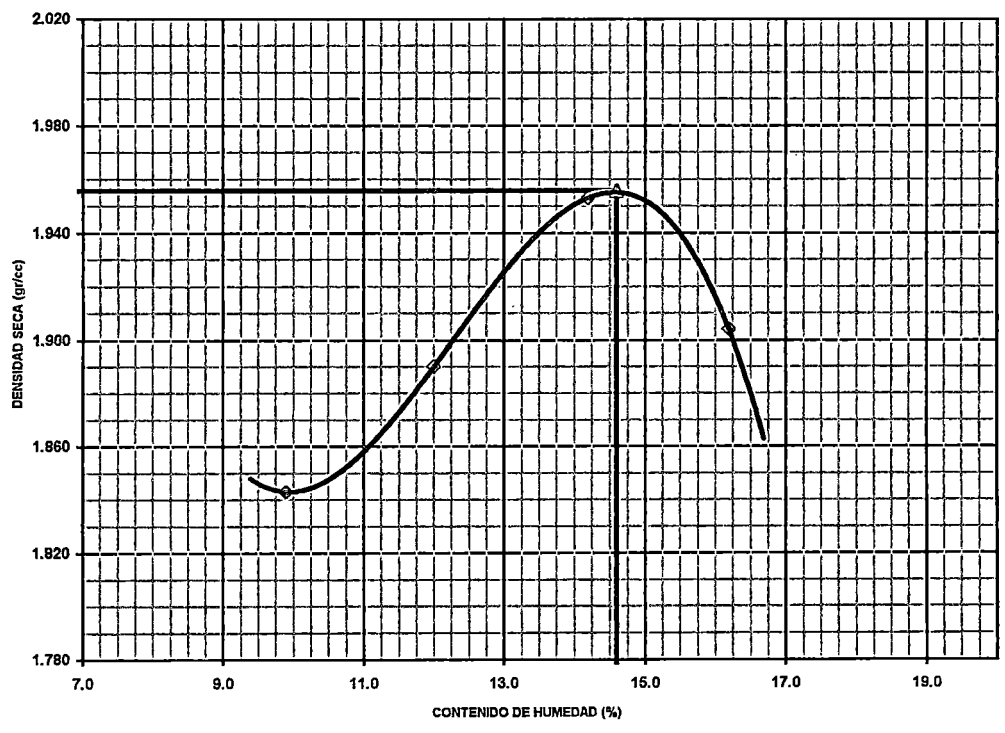
Informe N° : SYP-NOV-06
 F. de Emision : 17/11/2006
 Páginas : 03-05
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCL-11-06-001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal) UBICACIÓN Km : 651+900

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3265			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5155	5240	5346	5329					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1890	1975	2081	2064					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.026	2.117	2.230	2.212					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	375.60	404.10	370.10	349.50					
PESO SUELOS SECO + TARA	341.80	360.80	324.10	300.80					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	33.80	43.30	46.00	48.70					
PESO DE SUELO SECO	341.80	360.80	324.10	300.80					
CONTENIDO DE AGUA	9.89	12.00	14.19	16.19					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.843	1.890	1.953	1.904					
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.956	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	14.60					

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal) UBICACIÓN : 651+900

Molde N°	8		10		11	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12641	12656	12474	12512	11909	11860
Peso de molde (gr)	7948	7948	7905	7905	7611	7611
Peso del suelo húmedo (gr)	4693	4708	4569	4607	4298	4349
Volumen del molde (cm3)	2110	2110	2144	2144	2117	2117
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.224	2.231	2.131	2.149	2.030	2.054
Humedad (%)	14.31	14.82	14.30	15.12	14.32	15.49
Densidad seca (gr/cm3)	1.946	1.943	1.864	1.867	1.776	1.779
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	332.40	332.40	320.60	320.60	305.00	305.00
Tarro + Suelo seco (gr)	290.80	289.50	280.50	278.50	266.80	264.10
Peso del Agua (gr)	41.60	42.90	40.10	42.10	38.20	40.90
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	290.80	289.50	280.50	278.50	266.80	264.10
Humedad (%)	14.31	14.82	14.30	15.12	14.32	15.49
Promedio de Humedad (%)	14.31	14.82	14.30	15.12	14.32	15.49

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
18/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00
19/11/2006	16:15	48	0.001	0.000	0.00	0.001	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
20/11/2006	16:15	72	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.004	0.000	0.00

PENETRACION

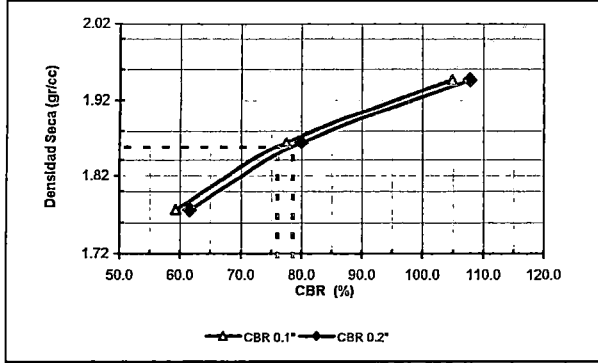
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 8				MOLDE N° 10				MOLDE N° 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		136	30.5			101	22.5			82	18.1		
0.050		188	42.6			139	31.2			115	25.7		
0.075		261	59.4			187	42.3			144	32.4		
0.100	70	326	74.4	73.77	104.9	237	53.9	54.52	77.5	179	40.5	41.74	59.4
0.150		405	92.7			306	69.8			228	51.8		
0.200	105.46	505	115.8	113.72	107.8	376	86.0	84.34	80.0	294	67.0	64.93	61.6
0.300		601	137.9			444	101.7			346	79.1		
0.400		692	158.9			516	118.3			402	92.0		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interamericano Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN : 651+900

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

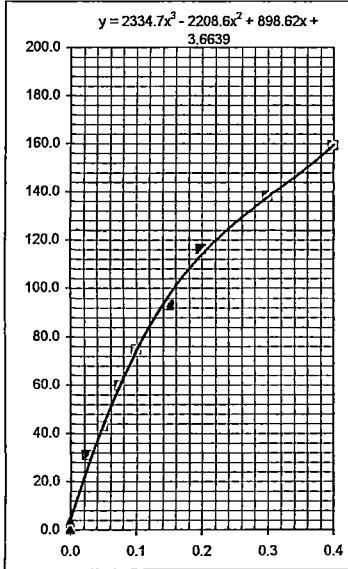


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 104.9	0.2": 107.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 76.0	0.2": 78.5

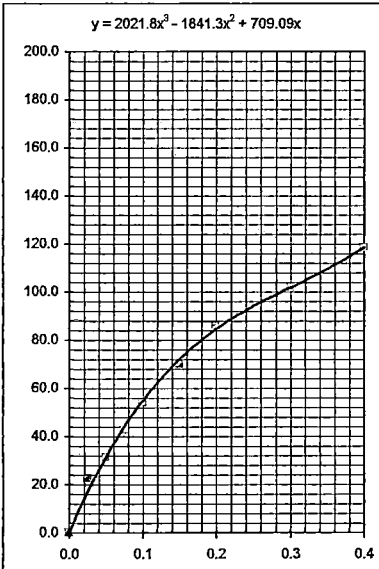
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.956	gr/cc
Optimo Humedad	14.60	%

OBSERVACIONES:

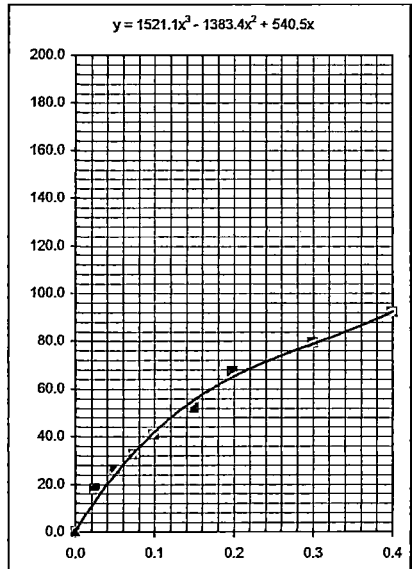
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES

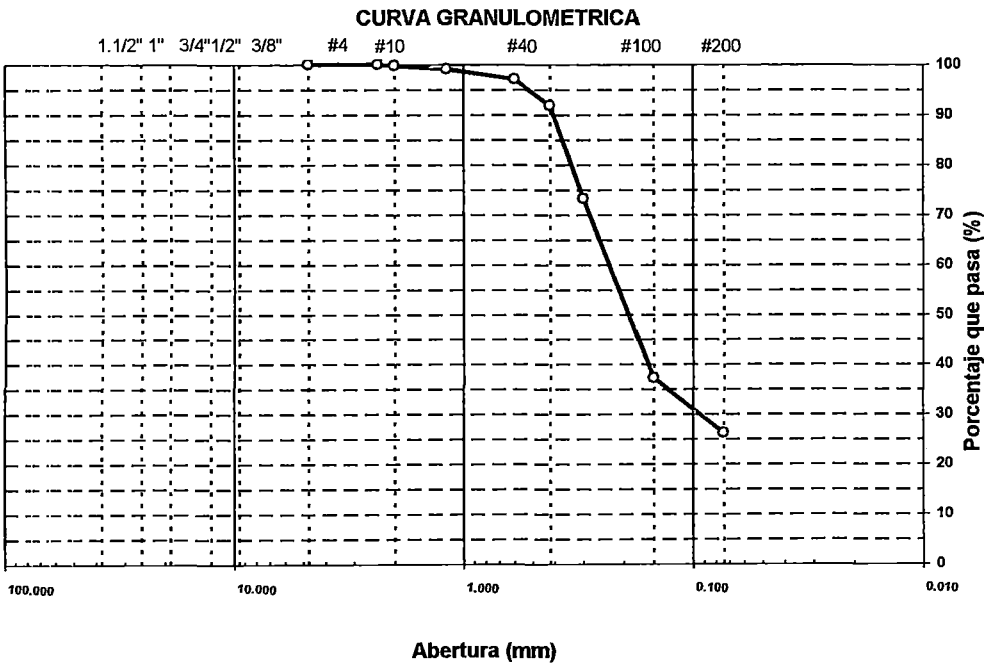


CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportación y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Emisión : 17/11/2006
			Páginas : 01-02
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. J.A.T
			Certificado N° : SCL-11-06-002

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-38

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal) **UBICACIÓN Km** : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200					PESO TOTAL = 494.8 gr			
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 365.10 gr			
2"	50.800					PESO FINO = 494.8 gr			
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 24 %			
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 22 %			
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 2 %			
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM			
1/4"	6.350								
# 4	4.760								
# 8	2.360				100.0				
# 10	2.000	1.5	0.3	0.3	99.7				
# 16	1.190	3.0	0.6	0.9	99.1	Ensayo Malla #200 =	P.S.Seco =	P.S.Lavado =	% 200 =
# 30	0.600	10.4	2.1	3.0	97.0		494.8	365.1	26.2
# 40	0.420	25.7	5.2	8.2	91.8				
# 50	0.300	92.0	18.6	26.8	73.2				
# 100	0.149	178.1	36.0	62.8	37.2				
# 200	0.074	54.4	11.0	73.8	26.2				
< # 200	FONDO	129.7	26.2	100.0					
FRACCION									
TOTAL		494.8							
Descripción suelo:		Arena limosa							



LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

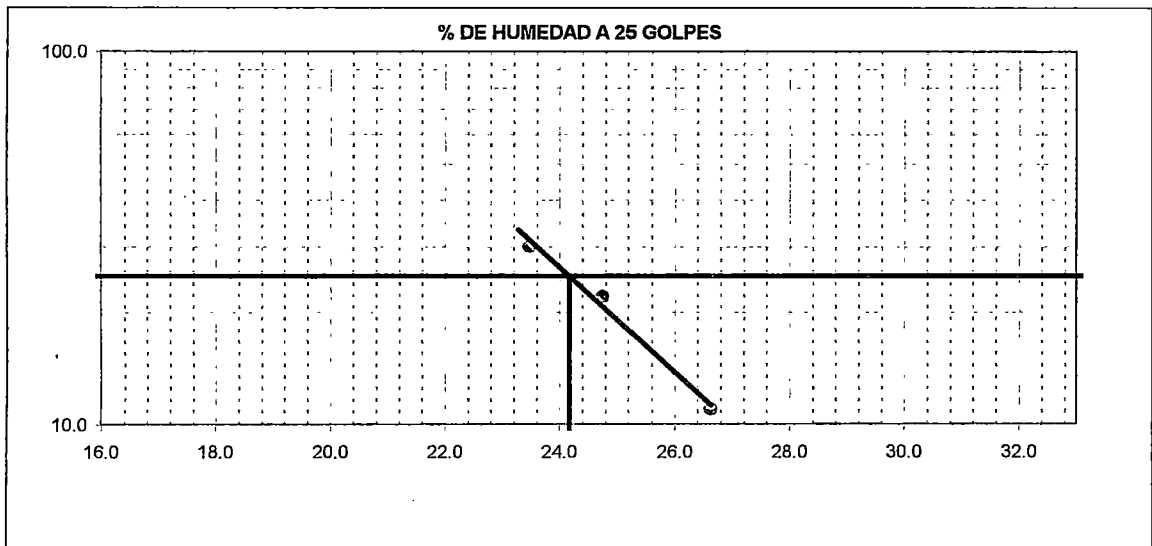
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal) UBICACIÓN : 651+900

LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	25	5	6	
TARRO + SUELO HUMEDO	22.23	24.95	23.26	
TARRO + SUELO SECO	19.82	22.43	21.02	
AGUA	2.41	2.52	2.24	
PESO DEL TARRO	10.77	12.25	11.48	
PESO DEL SUELO SECO	9.05	10.18	9.54	
% DE HUMEDAD	26.63	24.75	23.48	
N° DE GOLPES	11	22	30	

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	27	14		
TARRO + SUELO HUMEDO	22.24	22.38		
TARRO + SUELO SECO	20.52	20.70		
AGUA	1.72	1.68		
PESO DEL TARRO	13.07	12.98		
PESO DEL SUELO SECO	7.45	7.72		
% DE HUMEDAD	23.09	21.76		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	24.2
LIMITE PLASTICO	22.4
INDICE DE PLASTICIDAD	1.7

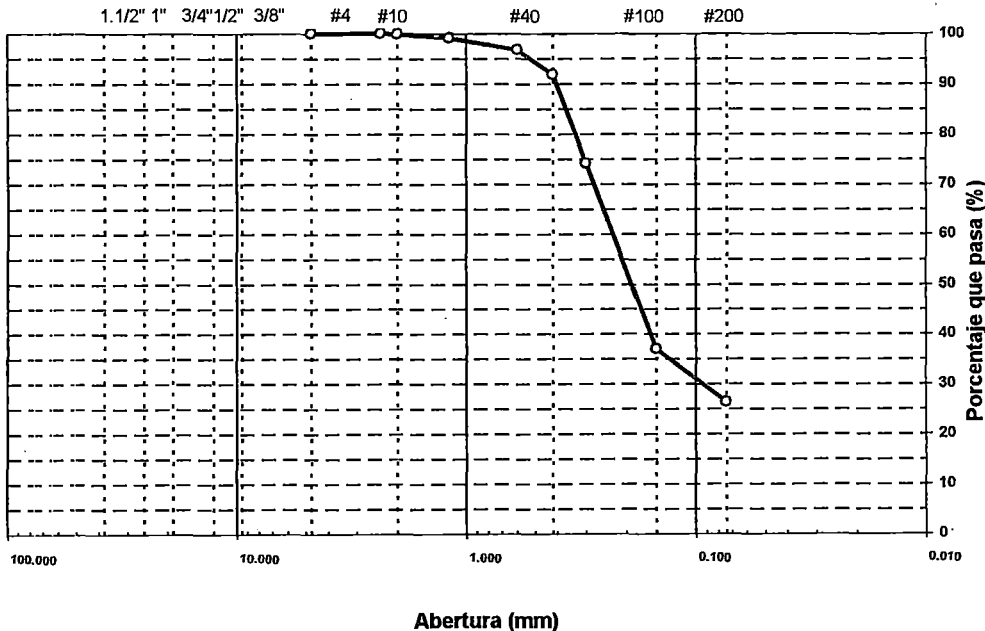
**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200					PESO TOTAL = 520.5 gr			
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 383.50 gr			
2"	50.800					PESO FINO = 520.5 gr			
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 25 %			
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 23 %			
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 2 %			
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM			
1/4"	6.350								
# 4	4.760				100.0				
# 8	2.360								
# 10	2.000	1.0	0.2	0.2	99.8				
# 16	1.190	3.6	0.7	0.9	99.1	Ensayo Malla #200 =	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 30	0.600	12.5	2.4	3.3	96.7		520.5	383.5	26.3
# 40	0.420	25.5	4.9	8.2	91.8				
# 50	0.300	92.1	17.7	25.9	74.1				
# 100	0.149	193.1	37.1	63.0	37.0				
# 200	0.074	55.7	10.7	73.7	26.3				
< # 200	FONDO	137.0	26.3	100.0					
FRACCION									
TOTAL		520.5							
Descripción suelo:		Arena limosa							

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Sub base

CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN : 651+900

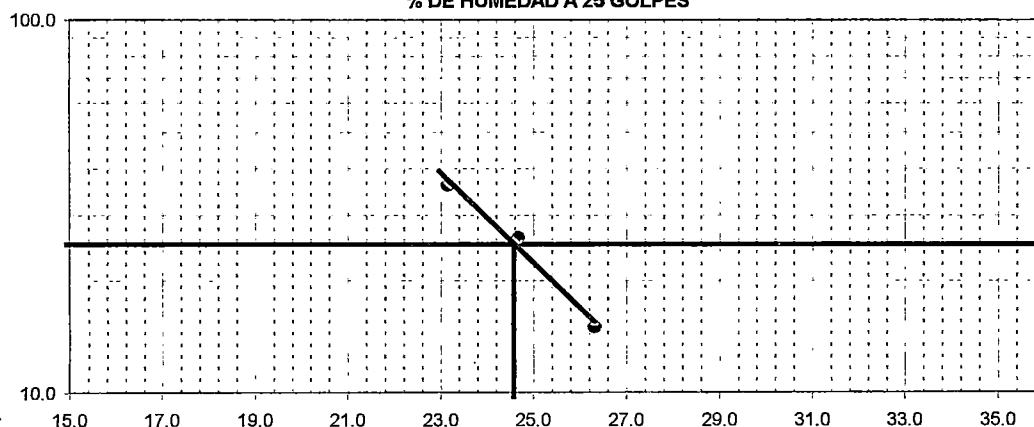
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	10	18	22
TARRO + SUELO HUMEDO	24.36	24.53	23.70
TARRO + SUELO SECO	21.53	21.60	21.09
AGUA	2.83	2.93	2.61
PESO DEL TARRO	10.78	9.73	9.82
PESO DEL SUELO SECO	10.75	11.87	11.27
% DE HUMEDAD	26.33	24.68	23.16
N° DE GOLPES	15	26	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	28	24
TARRO + SUELO HUMEDO	27.97	27.79
TARRO + SUELO SECO	25.73	25.49
AGUA	2.24	2.30
PESO DEL TARRO	15.89	15.44
PESO DEL SUELO SECO	9.84	10.05
% DE HUMEDAD	22.76	22.89

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



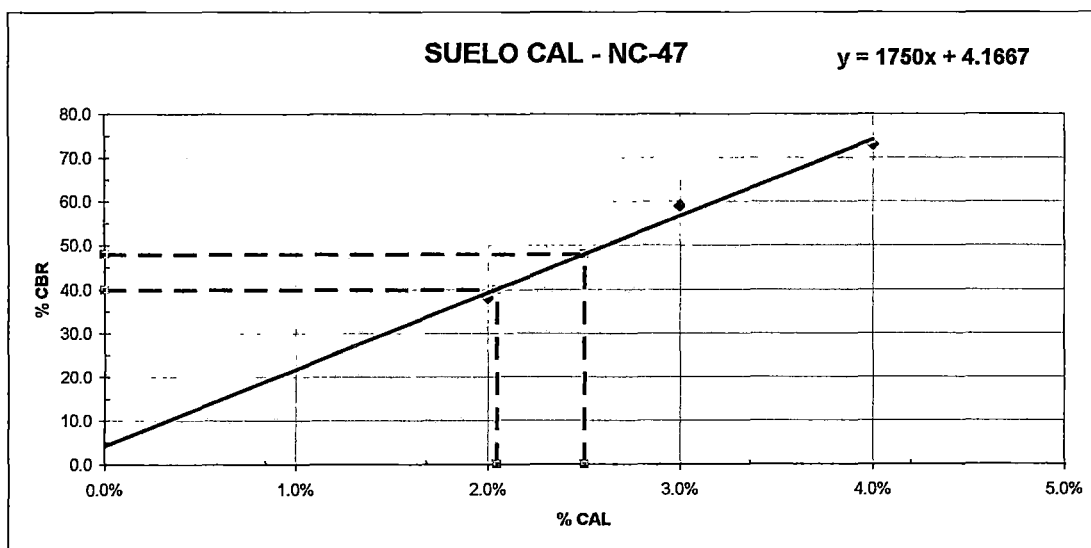
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	24.6
LIMITE PLASTICO	22.8
INDICE DE PLASTICIDAD	1.8

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Ple. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base suelo-cal
 CANTERA : NC-47

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CAL

% CAL	GRANULOMETRIA					LL	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
0 %	100.0	100.0	99.7	99.0	38.6	22	5	A-2-4(0)	SM	1.936	12.8		
2 %	100.0	100.0	99.5	98.8	40.5	22	4	A-2-4(0)	SM	1.943	13.4	36.0	38.0
3 %	100.0	100.0	99.5	97.6	41.5	23	3	A-4(1)	SM	1.944	14.2	57.0	59.0
4 %	100.0	100.0	99.1	96.7	42.7	23	2	A-4(2)	SM	1.931	15.5	66.0	73.0



* CBR A 0.2" AL 95% MDS

PARA IP = 5% SE MUESTRA EL SIGUIENTE CUADRO

CBR	% CAL
40.0	2.05 %
48.0	2.50 %

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base suelo-cal

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO NATURAL (0% CAL)

N° de Certificado	Fecha	Cantera KM	Granulometría					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	CBR 95%	
			3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			0.1"	0.2"
SCL-11-06-001	21-11-06	NC-47	100.0	100.0	99.6	99.0	38.6	21.7	4.9	A-2-4(0)	SM	1.936	12.8	-	-
SCL-11-06-002	21-11-06	NC-47	100.0	100.0	99.8	99.1	38.4	21.6	4.5	A-2-4(0)	SM			-	-
SCL-11-06-003	21-11-06	NC-47	100.0	100.0	99.7	98.8	38.8	21.5	4.8	A-2-4(0)	SM			-	-

n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1		
S	300.0	300.0	299.1	296.9	115.8	64.8	14.2				1.936	12.8		
ESPECIFICACION														
Xp	100.0	100.0	99.7	99.0	38.6	22	5	A-2-4(0)	SM	1.936	12.8			
MIN	100.0	100.0	99.6	98.8	38.4	21.5	4.5			1.936	12.8			
MAX	100.0	100.0	99.8	99.1	38.8	21.7	4.9			1.936	12.8			
DESV. ESTANDAR	0.00	0.00	0.10	0.16	0.19	0.10	0.21							
VARIANZA	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.04							
COEF. DE VARIACION	0.00	0.00	0.10	0.16	0.48	0.46	4.40							

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

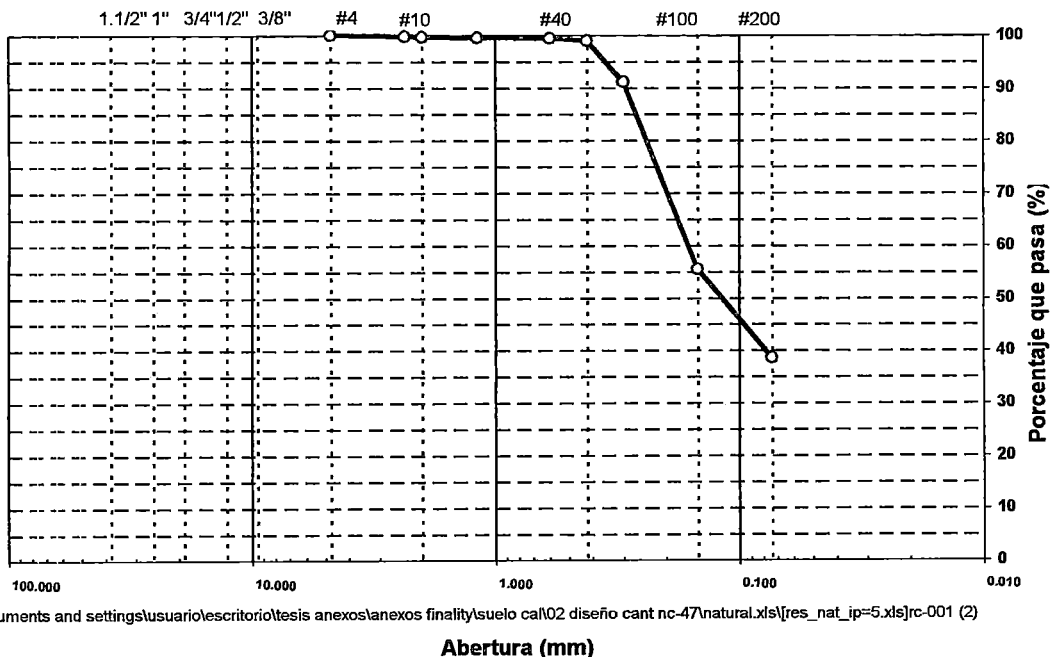
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal)

UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 506.2 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 310.90 gr
2"	50.800					PESO FINO = 506.2 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 22 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 17 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 (1)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.936 gr/cc
# 4	4.760	1.3			100.0	HUMEDAD OPT. = 12.8 %
# 8	2.360	1.3	0.3	0.3	99.7	
# 10	2.000	0.7	0.1	0.4	99.6	
# 16	1.190	0.6	0.1	0.5	99.5	Ensayo Malla #200 =
# 30	0.600	0.6	0.1	0.6	99.4	P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 40	0.420	2.0	0.4	1.0	99.0	506.2 310.9 38.6
# 50	0.300	40.0	7.9	8.9	91.1	
# 100	0.149	180.2	35.6	44.5	55.5	
# 200	0.074	85.5	16.9	61.4	38.6	
< # 200	FONDO	195.3	38.6	100.0		
FRACCION						
TOTAL		506.2				

Descripción suelo: **Arena limo arcillosa**

CURVA GRANULOMETRICA



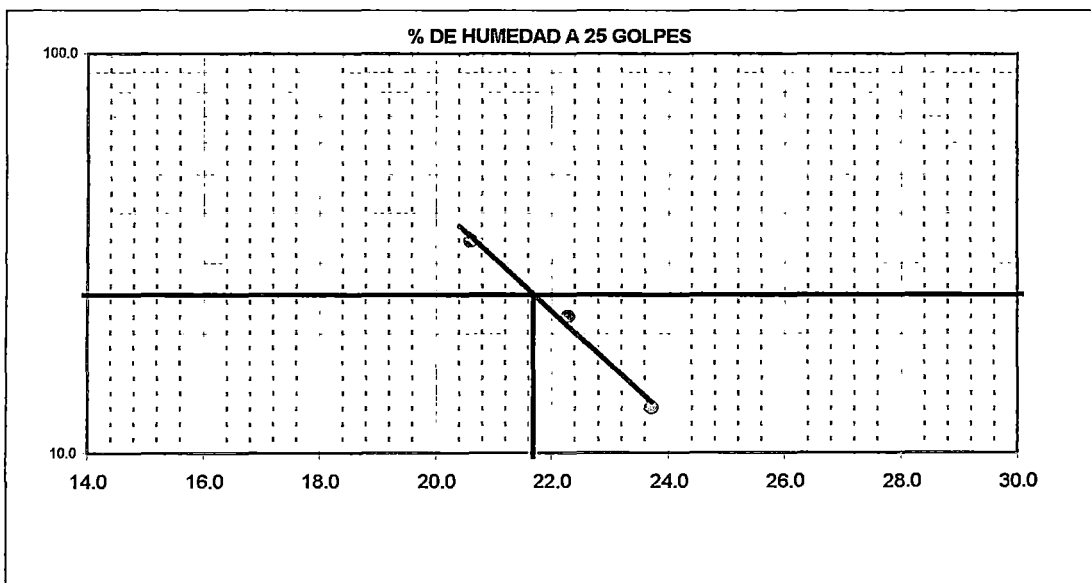
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTCA <small>Instituto de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de las Obras Públicas</small>	LABORATORIO MECANICA	Informe N° : SYP-NOV-06
		DE SUELOS CONCRETOS Y	Fecha de Em. : 21/11/2006
		PAVIMENTOS	Páginas : 02-03
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-001	

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal) **UBICACIÓN** : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	8	1	35	
TARRO + SUELO HUMEDO	26.48	25.83	25.29	
TARRO + SUELO SECO	23.48	23.16	23.09	
AGUA	3.00	2.67	2.20	
PESO DEL TARRO	10.83	11.18	12.42	
PESO DEL SUELO SECO	12.65	11.98	10.67	
% DE HUMEDAD	23.72	22.29	20.62	
N° DE GOLPES	13	22	34	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	27	9		
TARRO + SUELO HUMEDO	22.28	21.91		
TARRO + SUELO SECO	21.06	20.62		
AGUA	1.22	1.29		
PESO DEL TARRO	13.68	13.07		
PESO DEL SUELO SECO	7.38	7.55		
% DE HUMEDAD	16.53	17.09		



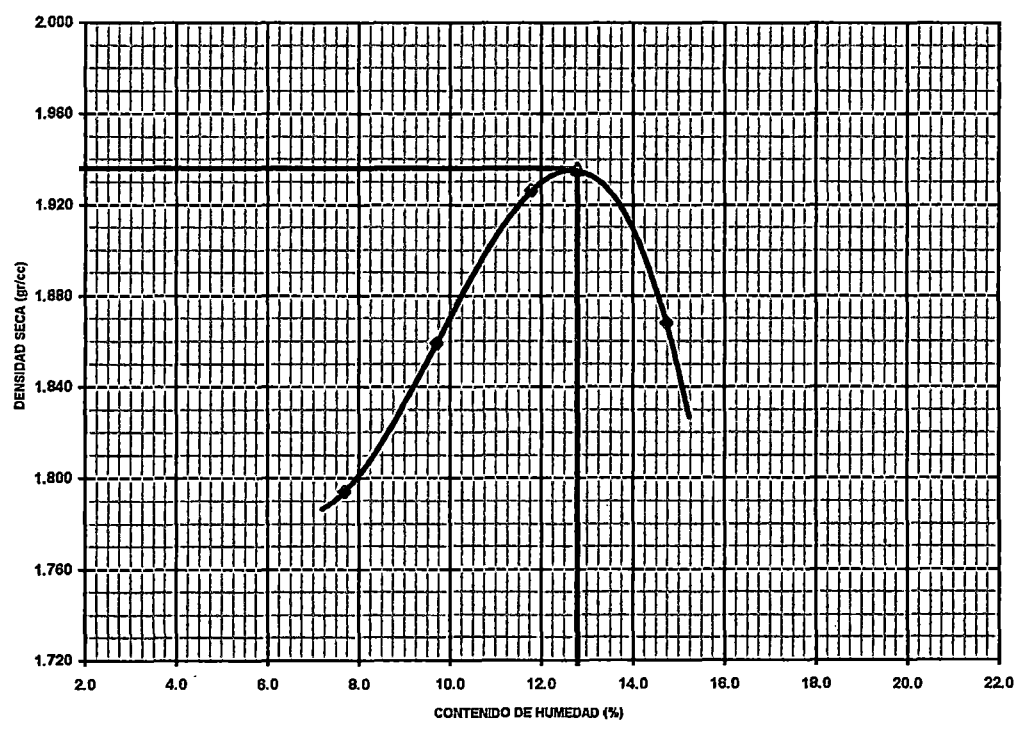
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	21.7
LIMITE PLASTICO	16.8
INDICE DE PLASTICIDAD	4.9

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2009</small> 	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06 F. de Emision : 21/11/2006 Páginas : 03-03 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SB-11-06-001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO AASHTO - T-180-D		

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Sub base	
CANTERA	: NC-47 (Mezcla 0% cal)	UBICACIÓN Km : 699+100

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	933	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3265	
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE		5068	5168	5274	5265		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1803	1903	2009	2000		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.932	2.040	2.153	2.144		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA		474.70	447.70	471.30	477.50		
PESO SUELOS SECO + TARA		440.80	408.10	421.60	416.20		
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA		33.90	39.60	49.70	61.30		
PESO DE SUELO SECO		440.80	408.10	421.60	416.20		
CONTENIDO DE AGUA		7.69	9.70	11.79	14.73		
PESO VOLUMETRICO SECO		1.794	1.859	1.926	1.868		
DENSIDAD MAXIMA SECA:		1.936 g/cc		HUMEDAD OPTIMA:		12.80	

GRAFICO DEL PROCTOR



**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

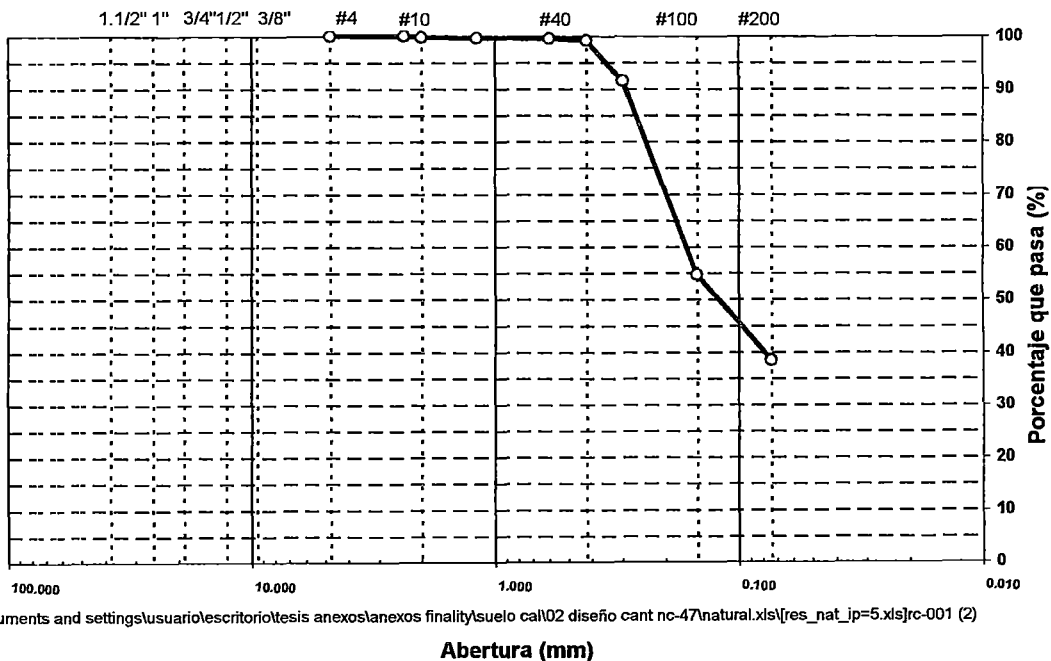
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal)

UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 484.9 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 298.70 gr
2"	50.800					PESO FINO = 484.9 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 22 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 17 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 (1)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					
# 4	4.760					
# 8	2.360				100.0	
# 10	2.000	1.0	0.2	0.2	99.8	
# 16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7	Ensayo Malla #200 =
# 30	0.600	0.6	0.1	0.4	99.6	P.S.Seco = 484.9
# 40	0.420	2.3	0.5	0.9	99.1	P.S.Lavado = 298.7
# 50	0.300	36.9	7.6	8.5	91.5	% 200 = 38.4
# 100	0.149	178.4	36.8	45.3	54.7	
# 200	0.074	79.0	16.3	61.6	38.4	
<# 200	FONDO	186.2	38.4	100.0		
FRACCION						
TOTAL		484.9				

Descripción suelo: **Arena limo arcillosa**

CURVA GRANULOMETRICA



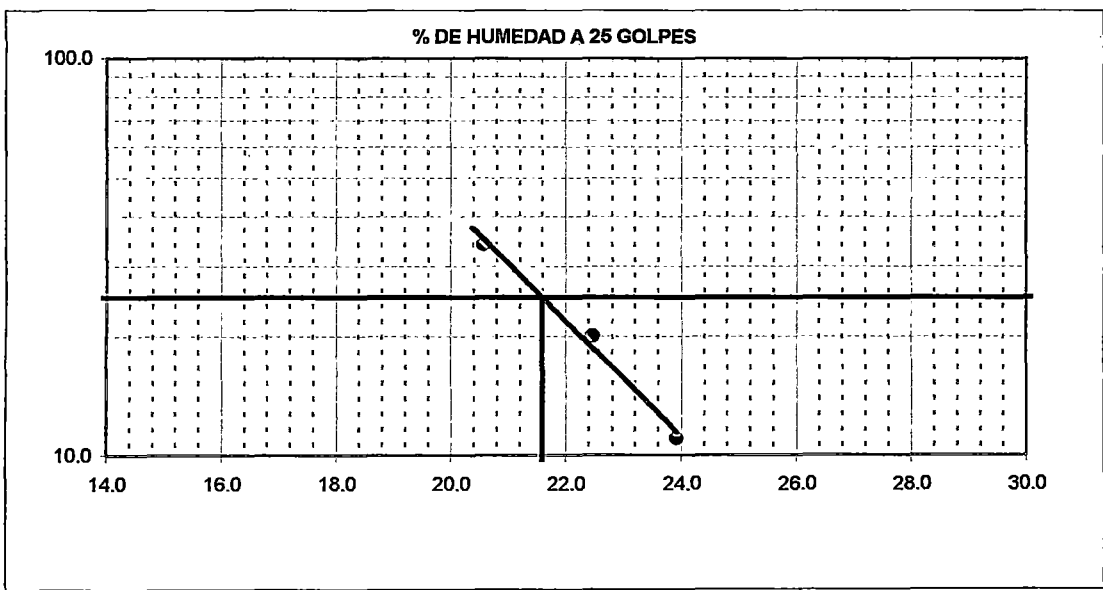
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Estadística de Transportes y Construcción</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		Fecha de Em. : 21/11/2006
		Páginas : 02-02
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-002

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal) **UBICACIÓN** : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	34	9	35	
TARRO + SUELO HUMEDO	26.00	27.84	26.60	
TARRO + SUELO SECO	23.33	25.13	24.18	
AGUA	2.67	2.71	2.42	
PESO DEL TARRO	12.17	13.07	12.42	
PESO DEL SUELO SECO	11.16	12.06	11.76	
% DE HUMEDAD	23.92	22.47	20.58	
N° DE GOLPES	11	20	34	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	1	8		
TARRO + SUELO HUMEDO	20.73	20.71		
TARRO + SUELO SECO	19.35	19.26		
AGUA	1.38	1.45		
PESO DEL TARRO	11.18	10.83		
PESO DEL SUELO SECO	8.17	8.43		
% DE HUMEDAD	16.89	17.20		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	21.6
LIMITE PLASTICO	17.0
INDICE DE PLASTICIDAD	4.5

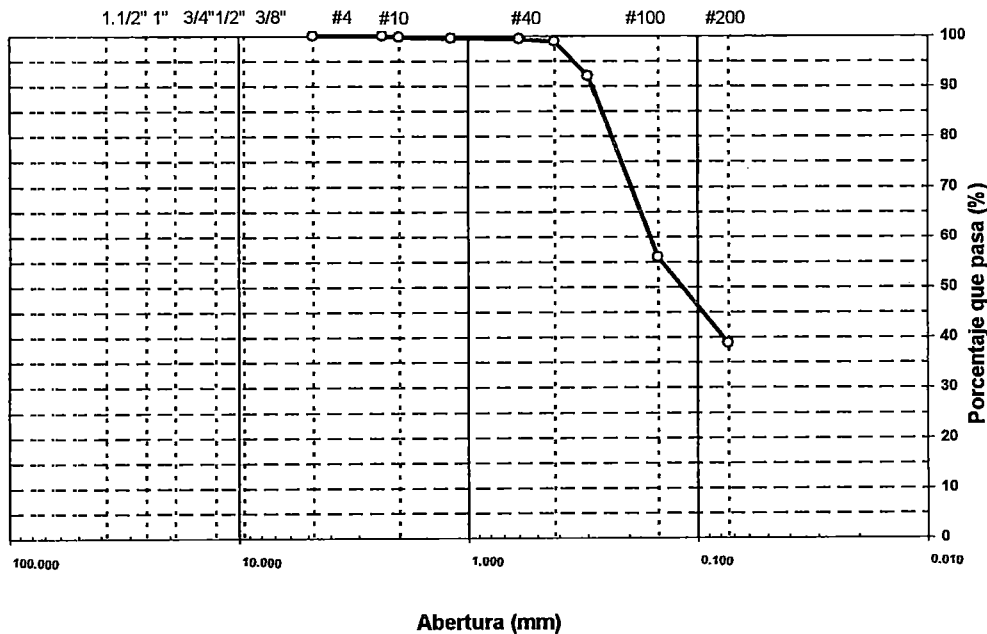
**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal) UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 456.0 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 279.10 gr
2"	50.800					PESO FINO = 456.0 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 22 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 17 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 5 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 [1]
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SC - SM
1/4"	6.350					
# 4	4.760					
# 8	2.360				100.0	
# 10	2.000	1.4	0.3	0.3	99.7	
# 16	1.190	0.9	0.2	0.5	99.5	
# 30	0.600	0.5	0.1	0.6	99.4	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 40	0.420	2.7	0.6	1.2	98.8	456.0 279.1 38.8
# 50	0.300	31.0	6.8	8.0	92.0	
# 100	0.149	164.6	36.1	44.1	55.9	
# 200	0.074	78.0	17.1	61.2	38.8	
< # 200	FONDO	176.9	38.8	100.0		
FRACCION						
TOTAL		456.0				

Descripción suelo: **Arena limo arcillosa**

CURVA GRANULOMETRICA



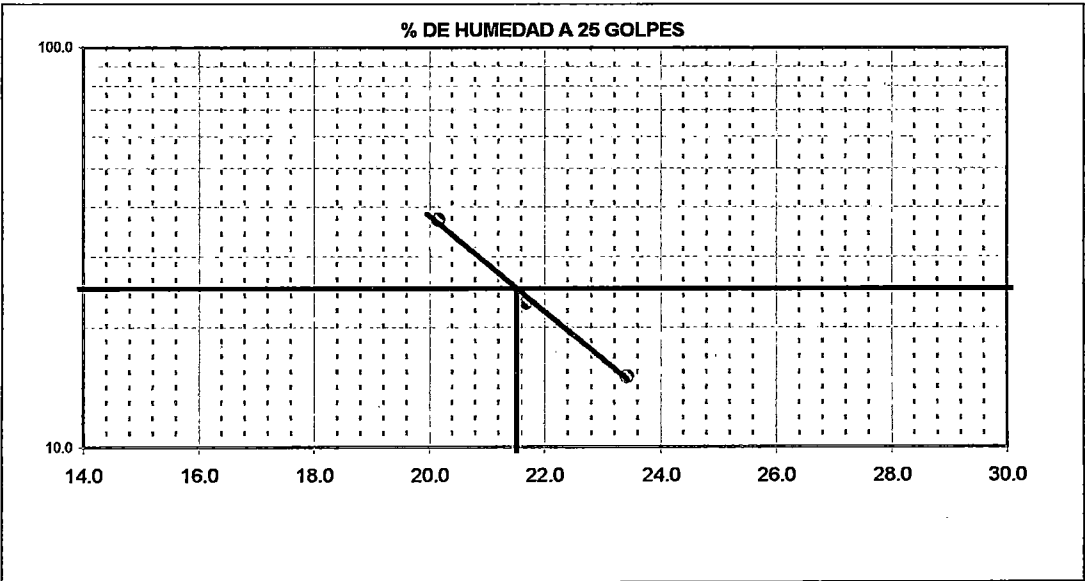
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Instituto de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		Fecha de Em. : 21/11/2006 Páginas : 02-02 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCL-11-06-003

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : NC-47 (Mezcla 0% cal) **UBICACIÓN** : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	20	22	24	
TARRO + SUELO HUMEDO	25.54	26.04	25.28	
TARRO + SUELO SECO	23.00	23.49	23.05	
AGUA	2.54	2.55	2.23	
PESO DEL TARRO	12.16	11.73	11.99	
PESO DEL SUELO SECO	10.84	11.76	11.06	
% DE HUMEDAD	23.43	21.68	20.16	
N° DE GOLPES	15	23	37	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	5	34		
TARRO + SUELO HUMEDO	23.33	22.97		
TARRO + SUELO SECO	21.72	21.44		
AGUA	1.61	1.53		
PESO DEL TARRO	12.26	12.17		
PESO DEL SUELO SECO	9.46	9.27		
% DE HUMEDAD	17.02	16.50		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	21.5
LIMITE PLASTICO	16.8
INDICE DE PLASTICIDAD	4.8

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Sub base

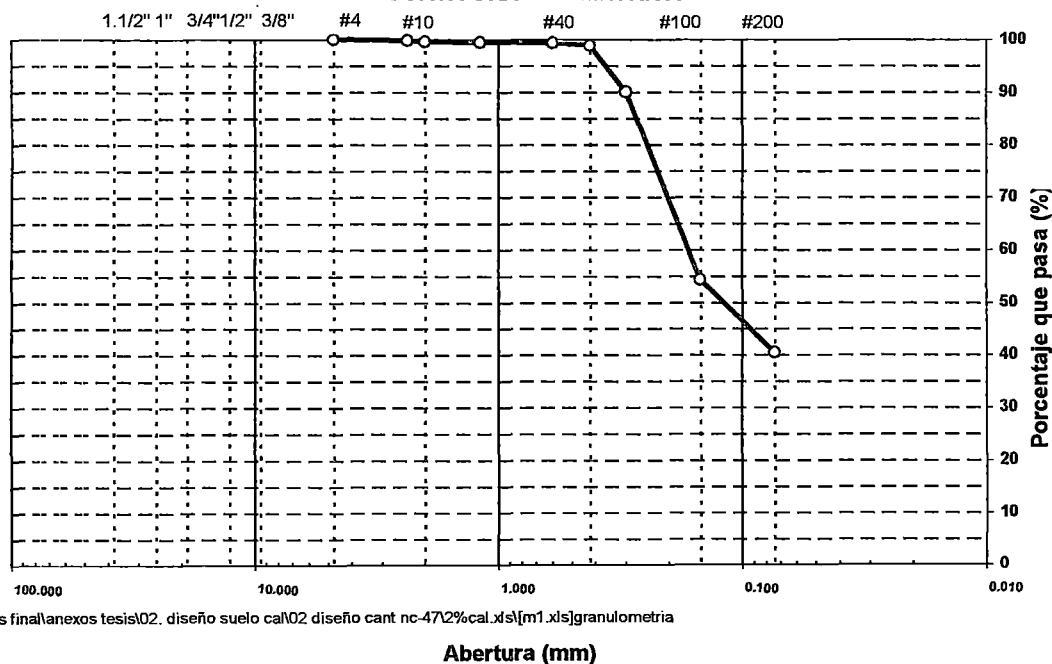
CANTERA : NC-47 (Mezcla 2%)



UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 571.9 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 340.60 gr
2"	50.800					PESO FINO = 571.9 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 22 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 18 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 4 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 (1)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.943 gr/cc
# 4	4.760				100.0	HUMEDAD OPT. = 13.4 %
# 8	2.360	1.7	0.3	0.3	99.7	CBR AL 95% 0.1" = 36.0 %
# 10	2.000	1.1	0.2	0.5	99.5	CBR AL 95% 0.2" = 38.0 %
# 16	1.190	0.6	0.1	0.6	99.4	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	1.1	0.2	0.8	99.2	571.9 340.6 40.4
# 40	0.420	2.2	0.4	1.2	98.8	
# 50	0.300	50.3	8.8	10.0	90.0	
# 100	0.149	204.7	35.8	45.8	54.3	
# 200	0.074	78.9	13.8	59.6	40.5	
< # 200	FONDO	231.3	40.4	100.0		
FRACCION						
TOTAL		571.9				

Descripción suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



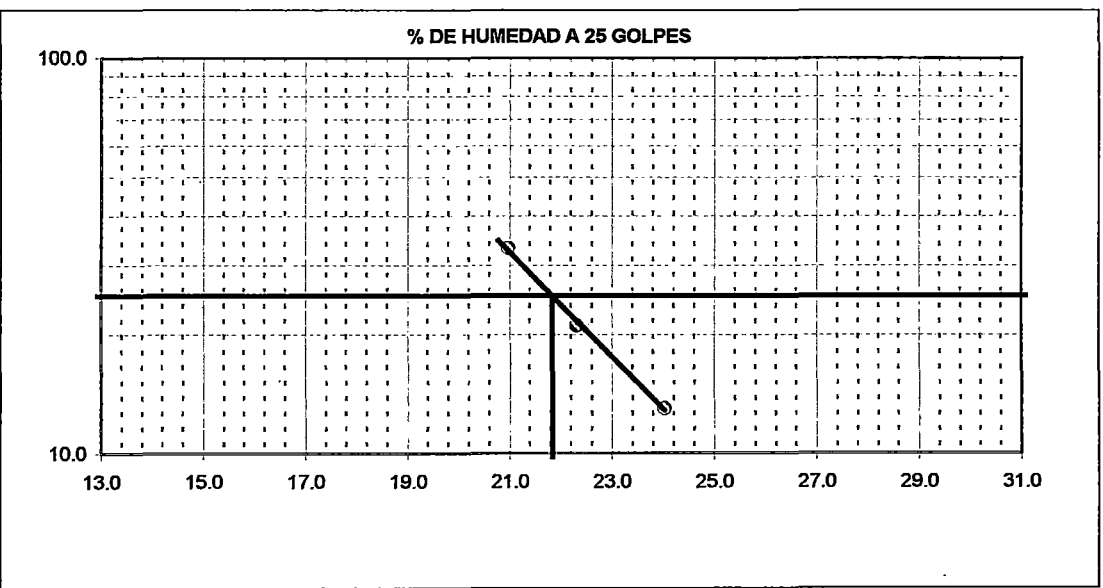
CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		Fecha de Em. : 16/11/2006
		Páginas : 02-05
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-001

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : NC-47 (Mezcla 2%) **UBICACIÓN** : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	34	9	35	
TARRO + SUELO HUMEDO	28.02	26.00	26.03	
TARRO + SUELO SECO	24.95	23.64	23.67	
AGUA	3.07	2.36	2.36	
PESO DEL TARRO	12.17	13.07	12.42	
PESO DEL SUELO SECO	12.78	10.57	11.25	
% DE HUMEDAD	24.02	22.33	20.98	
N° DE GOLPES	13	21	33	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	8	1		
TARRO + SUELO HUMEDO	23.32	23.24		
TARRO + SUELO SECO	21.39	21.43		
AGUA	1.93	1.81		
PESO DEL TARRO	10.83	11.18		
PESO DEL SUELO SECO	10.56	10.25		
% DE HUMEDAD	18.28	17.66		



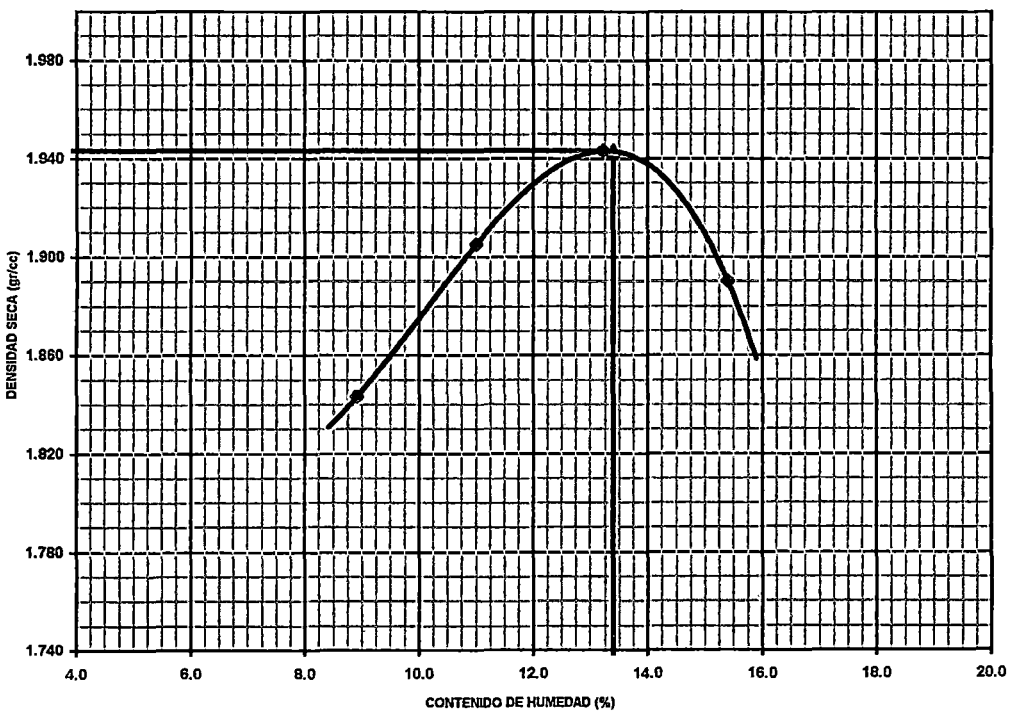
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	21.8
LIMITE PLASTICO	18.0
INDICE DE PLASTICIDAD	3.9

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> 	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06 F. de Emision : 16/11/2006 Páginas : 03-05 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCL-11-06-001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO AASHTO - T-180-D		

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub base CANTERA : NC-47 (Mezcla 2%)	UBICACIÓN Km : 699+100
---	-------------------------------

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3265			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5138	5238	5317	5300					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1873	1973	2052	2035					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.008	2.115	2.199	2.181					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	305.60	322.80	305.80	346.20					
PESO SUELOS SECO + TARA	280.60	290.80	270.10	300.00					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	25.00	32.00	35.70	46.20					
PESO DE SUELO SECO	280.60	290.80	270.10	300.00					
CONTENIDO DE AGUA	8.91	11.00	13.22	15.40					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.843	1.905	1.943	1.890					
DENSIDAD MAXIMA SECA:		1.943 gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		13.40			

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\02. diseño suelo cal\02 diseño cant nc-47\2%cal.xls\m1.xls\granulometria

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 2%)

UBICACIÓN : 699+100

Cond. de la muestra	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12345	12371	12600	12660	12336	12442
Peso de molde (gr)	7735	7735	8115	8115	8148	8148
Peso del suelo húmedo (gr)	4610	4636	4485	4545	4188	4294
Volumen del molde (cm ³)	2101	2101	2130	2130	2097	2097
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.194	2.207	2.106	2.134	1.997	2.048
Humedad (%)	13.29	13.99	13.30	14.48	13.30	15.83
Densidad seca (gr/cm ³)	1.937	1.936	1.859	1.864	1.763	1.768
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	385.30	385.30	408.80	408.80	347.60	347.60
Tarro + Suelo seco (gr)	340.10	338.00	360.80	357.10	306.80	300.10
Peso del Agua (gr)	45.20	47.30	48.00	51.70	40.80	47.50
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	340.10	338.00	360.80	357.10	306.80	300.10
Humedad (%)	13.29	13.99	13.30	14.48	13.30	15.83
Promedio de Humedad (%)	13.29	13.99	13.30	14.48	13.30	15.83

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
17/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
18/11/2006	16:15	48	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.005	0.000	0.00
19/11/2006	16:15	72	0.002	0.000	0.00	0.004	0.000	0.00	0.006	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		58	12.5			35	7.2			18	3.3		
0.050		96	21.3			66	14.4			45	9.5		
0.075		133	29.8			88	19.5			74	16.2		
0.100	70	164	37.0	37.37	53.2	124	27.8	26.21	37.3	100	22.2	20.24	28.8
0.150		210	47.6			154	34.7			121	27.1		
0.200	105.46	266	60.6	58.04	55.0	186	42.1	41.32	39.2	154	34.7	34.05	32.3
0.300		310	70.7			221	50.2			184	41.6		
0.400		388	88.8			268	61.0			204	46.3		

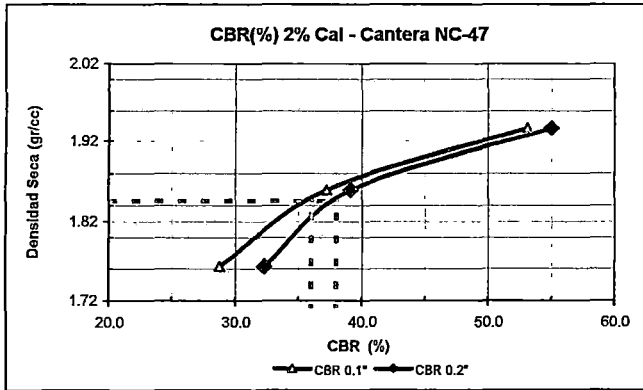
ENSAYO DE CBR

AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifitapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 2%)

UBICACIÓN : 699+100

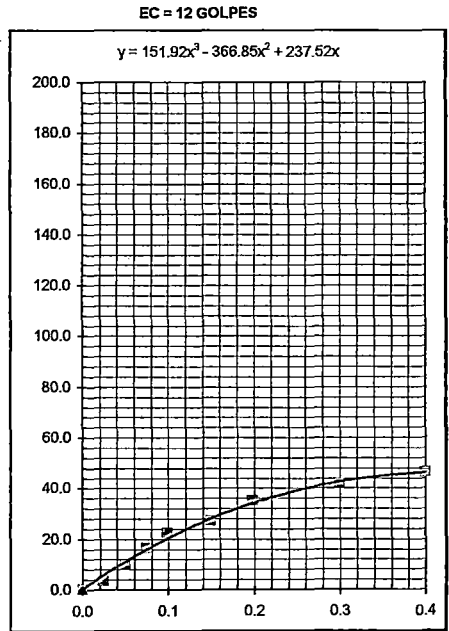
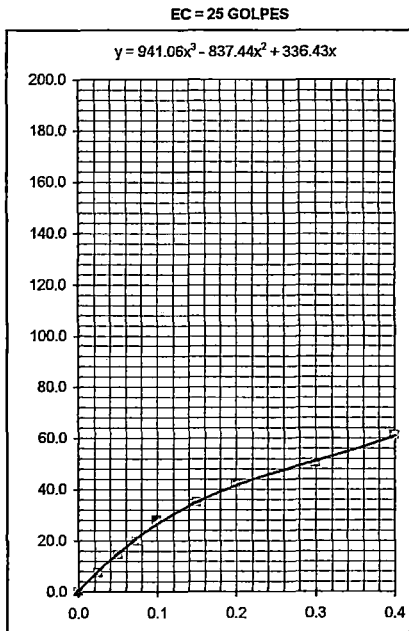
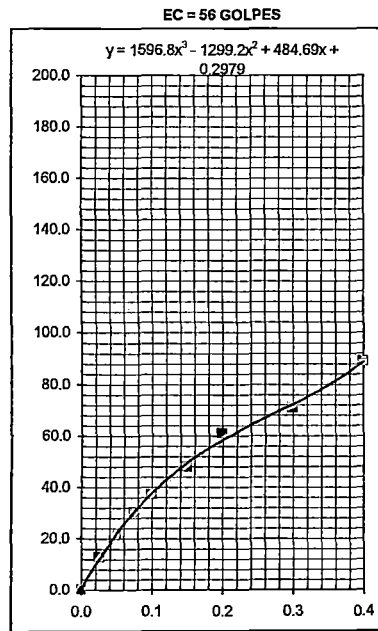
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	53.2	0.2":	55.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	36.0	0.2":	36.0

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.943	gr/cc
Optimo Humedad	13.40	%

OBSERVACIONES:

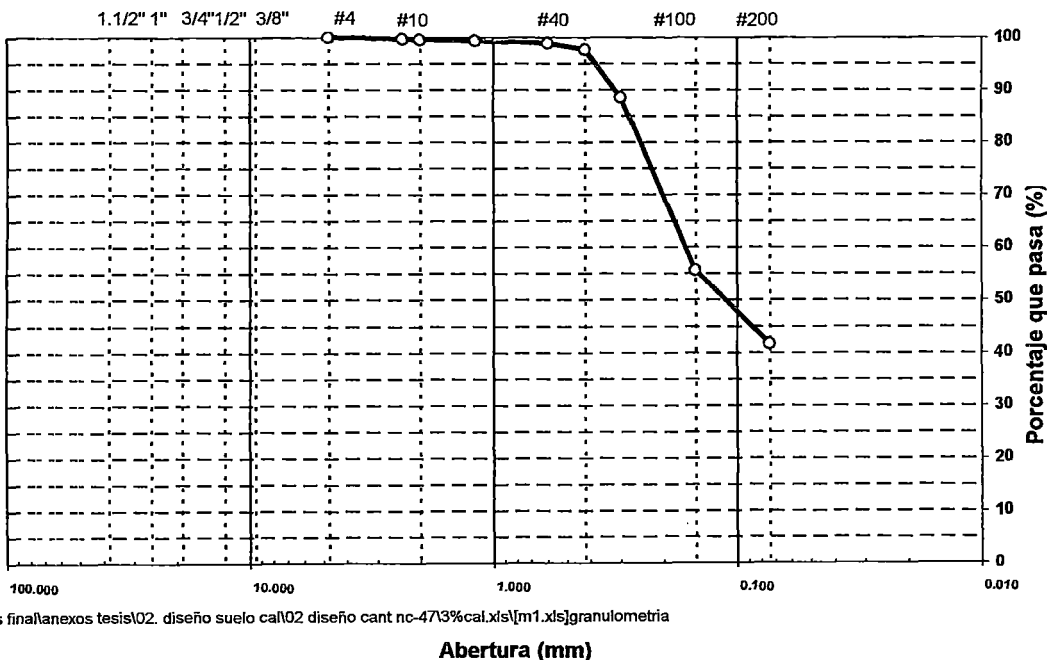


**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 3% cal) UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 506.4 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 296.20 gr
2"	50.800					PESO FINO = 506.4 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 20 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 3 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 (1)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.944 gr/cc
# 4	4.760				100.0	HUMEDAD OPT. = 14.2 %
# 8	2.360	2.0	0.4	0.4	99.6	CBR AL 95% 0.1" = 57.0 %
# 10	2.000	0.5	0.1	0.5	99.5	CBR AL 95% 0.2" = 59.0 %
# 16	1.190	1.0	0.2	0.7	99.3	Ensayo Malla #200 =
# 30	0.600	2.5	0.5	1.2	98.8	P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 40	0.420	6.1	1.2	2.4	97.6	506.4 296.2 41.5
# 50	0.300	46.6	9.2	11.6	88.4	
# 100	0.149	166.6	32.9	44.5	55.5	
# 200	0.074	70.9	14.0	58.5	41.5	
< # 200	FONDO	210.2	41.5	100.0		
FRACCION						
TOTAL		506.4				
Descripción suelo:		Arena limosa				

CURVA GRANULOMETRICA



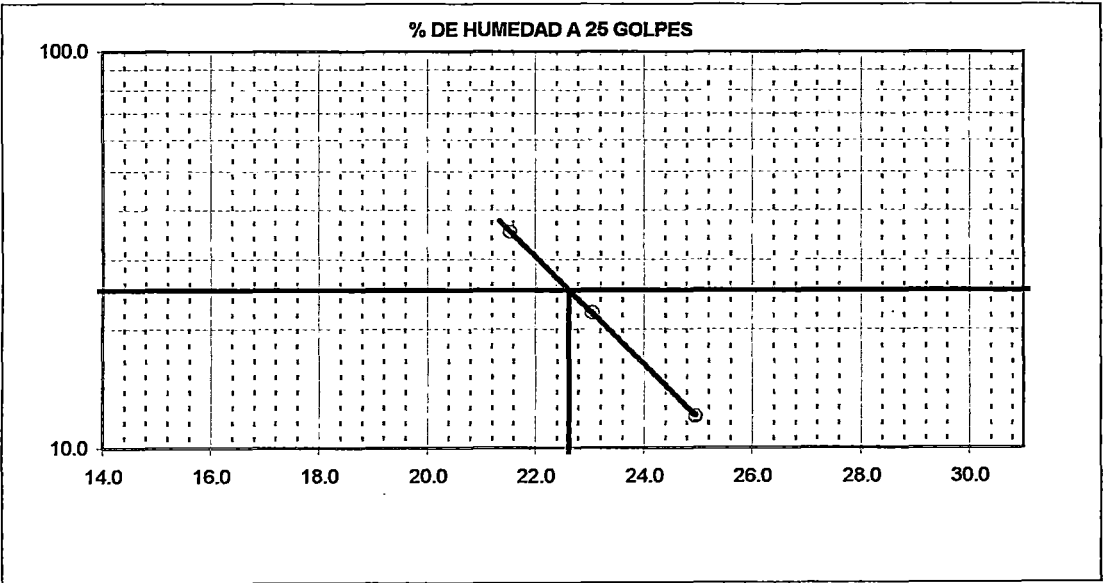
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Estados de Transporte y Obras Públicas</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Pública</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
			Fecha de Em. : 21/11/2006
			Páginas : 02-05
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. J.A.T
			Certificado N° : SCL-11-06-001

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub base
CANTERA : NC-47 (Mezcla 3% cal) **UBICACIÓN** : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	20	23	1	
TARRO + SUELO HUMEDO	27.81	27.65	26.92	
TARRO + SUELO SECO	24.65	24.53	24.13	
AGUA	3.16	3.12	2.79	
PESO DEL TARRO	11.99	11.00	11.18	
PESO DEL SUELO SECO	12.66	13.53	12.95	
% DE HUMEDAD	24.96	23.06	21.54	
N° DE GOLPES	12	22	35	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	6	29		
TARRO + SUELO HUMEDO	21.81	22.33		
TARRO + SUELO SECO	20.02	20.58		
AGUA	1.79	1.75		
PESO DEL TARRO	10.91	11.73		
PESO DEL SUELO SECO	9.11	8.85		
% DE HUMEDAD	19.65	19.77		



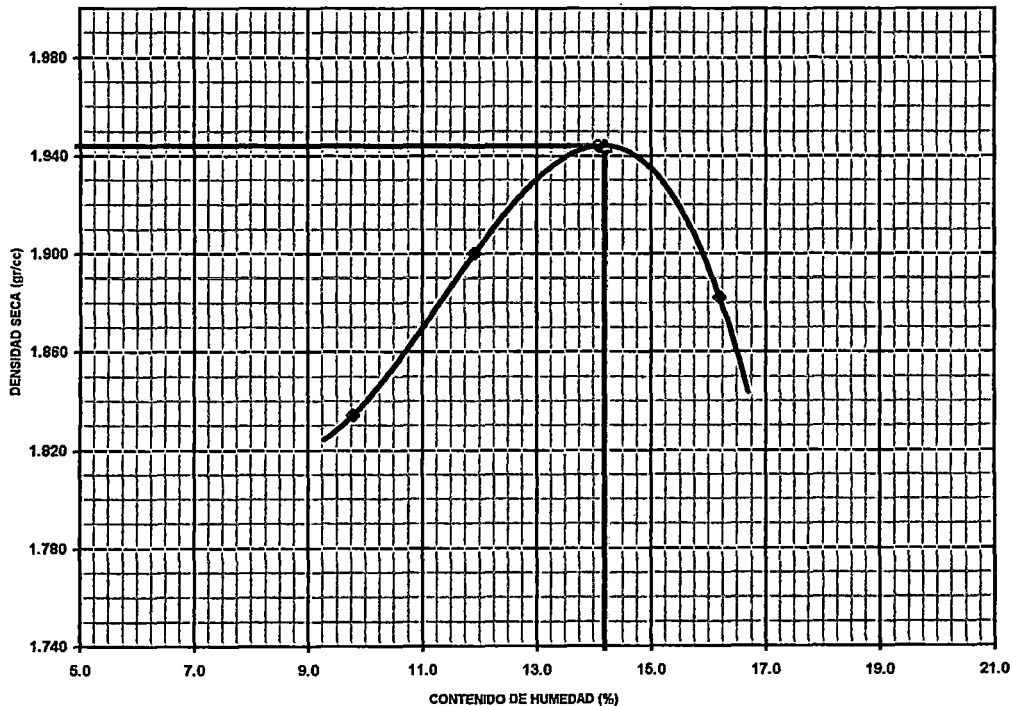
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	22.6
LIMITE PLASTICO	19.7
INDICE DE PLASTICIDAD	2.9

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 3% cal) UBICACIÓN Km : 699+100

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3265			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5144	5249	5334	5305					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1879	1984	2069	2040					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.014	2.126	2.218	2.186					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	307.50	293.00	372.50	299.80					
PESO SUELOS SECO + TARA	280.10	261.80	326.50	258.00					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	27.40	31.20	46.00	41.80					
PESO DE SUELO SECO	280.10	261.80	326.50	258.00					
CONTENIDO DE AGUA	9.78	11.92	14.09	16.20					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.834	1.900	1.944	1.882					
DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.944 gr/cc					HUMEDAD OPTIMA: 14.20				

GRAFICO DEL PROCTOR



 CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : 21/11/2006
		Páginas : 04-05
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCL-11-06-001

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil	UBICACIÓN : 699+100
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñaparí	
MATERIAL : Sub base	
CANTERA : NC-47 (Mezcla 3% cal)	

Cond. de la muestra	5		6		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	5		6		7	
N° Capa	5		6		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11820	11840	12485	12536	11956	12054
Peso de molde (gr)	7119	7119	7925	7925	7824	7824
Peso del suelo húmedo (gr)	4701	4721	4560	4611	4132	4230
Volumen del molde (cm3)	2135	2135	2155	2155	2062	2062
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.202	2.211	2.116	2.140	2.004	2.051
Humedad (%)	14.20	14.92	14.19	15.43	14.21	16.73
Densidad seca (gr/cm3)	1.928	1.924	1.853	1.854	1.755	1.757
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	416.60	416.60	427.20	427.20	450.10	450.10
Tarro + Suelo seco (gr)	364.80	362.50	374.10	370.10	394.10	385.60
Peso del Agua (gr)	51.80	54.10	53.10	57.10	56.00	64.50
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	364.80	362.50	374.10	370.10	394.10	385.60
Humedad (%)	14.20	14.92	14.19	15.43	14.21	16.73
Promedio de Humedad (%)	14.20	14.92	14.19	15.43	14.21	16.73

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
22/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
23/11/2006	16:15	48	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.005	0.000	0.00
24/11/2006	16:15	72	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.006	0.000	0.00

PENETRACION

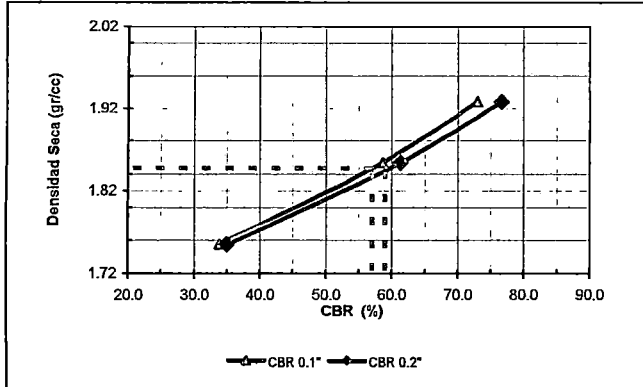
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 5				MOLDE N° 6				MOLDE N° 7			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		54	11.6			51	10.9			46	9.7		
0.050		118	26.4			110	24.5			64	13.9		
0.075		174	39.3			147	33.1			86	19.0		
0.100	70	234	53.2	51.37	73.1	187	42.3	41.28	58.7	105	23.4	23.85	33.9
0.150		300	68.4			233	53.0			130	29.2		
0.200	105.46	364	83.2	80.79	76.6	286	65.2	64.70	61.3	172	38.9	36.92	35.0
0.300		410	93.8			345	78.8			194	43.9		
0.400		472	108.1			399	91.3			224	50.9		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 3% cal)

UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

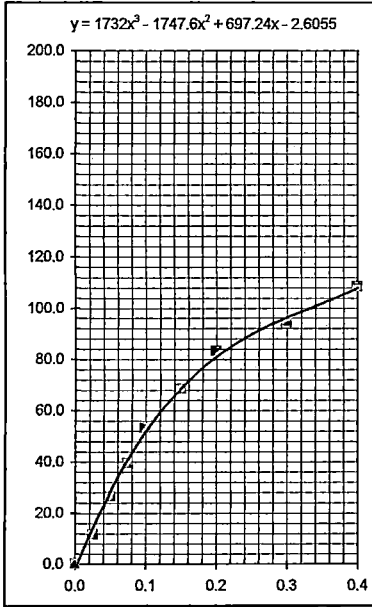


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	73.1	0.2":	76.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	57.0	0.2":	59.0

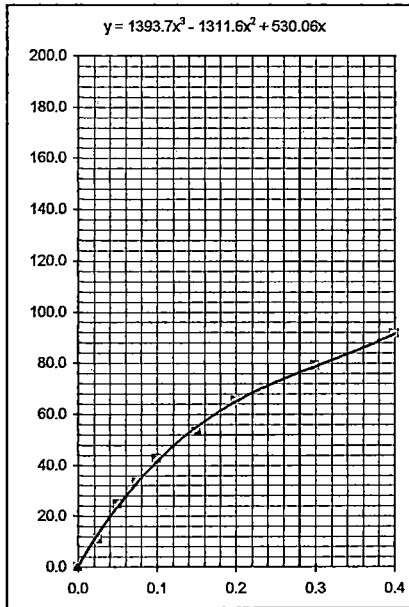
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.944	gr/cc
Optimo Humedad	14.20	%

OBSERVACIONES:

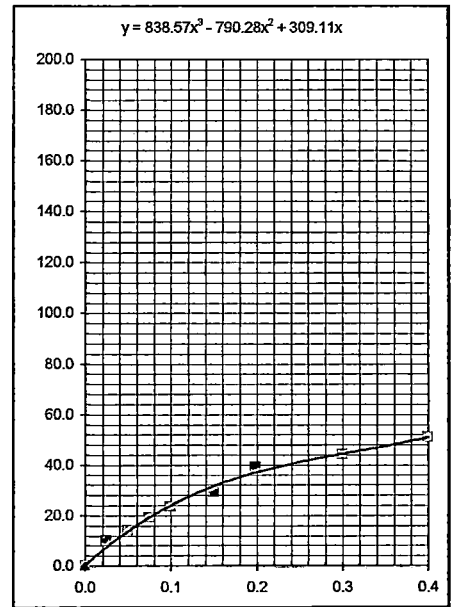
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

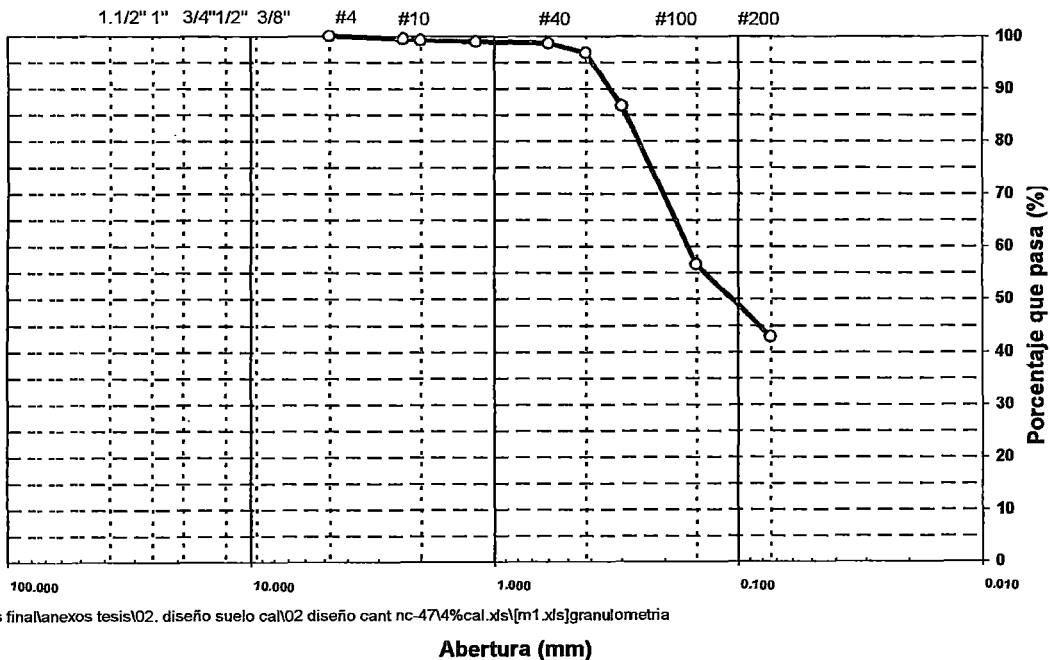
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 490.1 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 280.80 gr
2"	50.800					PESO FINO = 490.1 gr
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO = 23 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO = 21 %
3/4"	19.100					INDICE PLASTICO = 2 %
1/2"	12.700					CLASF. AASHTO = A-4 (2)
3/8"	9.520					CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350					MAX. DENS. SECA = 1.931 gr/cc
# 4	4.760				100.0	HUMEDAD OPT. = 15.5 %
# 8	2.360	2.9	0.6	0.6	99.4	CBR AL 95% 0.1" = 66.0 %
# 10	2.000	1.5	0.3	0.9	99.1	CBR AL 95% 0.2" = 73.0 %
# 16	1.190	1.0	0.2	1.1	98.9	Ensayo Malla #200 = P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	2.0	0.4	1.5	98.5	490.1 280.8 42.7
# 40	0.420	8.8	1.8	3.3	96.7	
# 50	0.300	49.5	10.1	13.4	86.6	
# 100	0.149	147.5	30.1	43.5	56.5	
# 200	0.074	67.6	13.8	57.3	42.7	
< # 200	FONDO	209.3	42.7	100.0		
FRACCION						
TOTAL		490.1				

Descripción suelo: **Arena limosa**

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 4% cal)

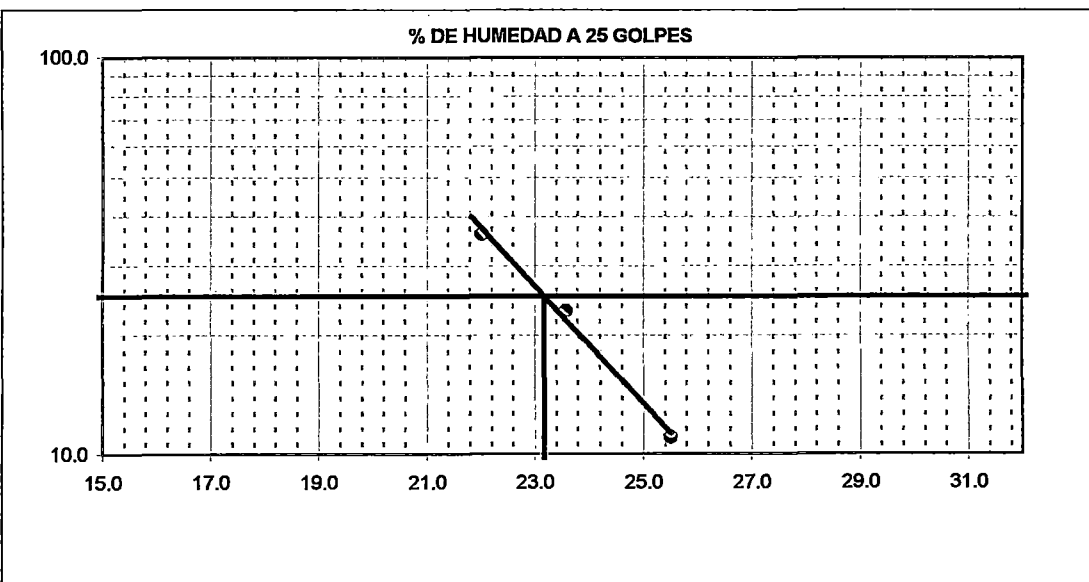
UBICACIÓN : 699+100

LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	31	29	20
TARRO + SUELO HUMEDO	25.25	25.04	25.01
TARRO + SUELO SECO	22.59	22.50	22.66
AGUA	2.66	2.54	2.35
PESO DEL TARRO	12.16	11.73	11.99
PESO DEL SUELO SECO	10.43	10.77	10.67
% DE HUMEDAD	25.50	23.58	22.02
N° DE GOLPES	11	23	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	5	34
TARRO + SUELO HUMEDO	22.77	22.73
TARRO + SUELO SECO	20.92	20.90
AGUA	1.85	1.83
PESO DEL TARRO	12.26	12.17
PESO DEL SUELO SECO	8.66	8.73
% DE HUMEDAD	21.36	20.96



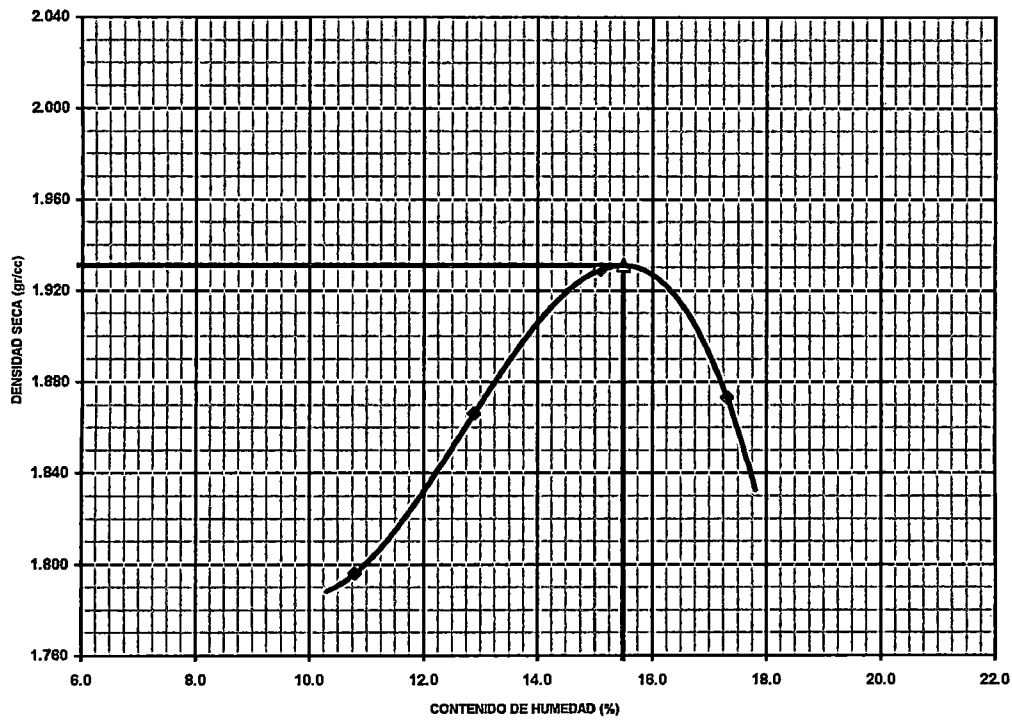
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.2
LIMITE PLASTICO	21.2
INDICE DE PLASTICIDAD	2.0

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> 	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06 F. de Emision : 21/11/2006 Páginas : 03-05 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCL-11-06-001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO AASHTO - T-180-D		

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Sub base	
CANTERA	: NC-47 (Mezcla 4% cal)	UBICACIÓN Km : 699+100

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	933				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3265			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5122	5230	5336	5315					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1857	1965	2071	2050					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.990	2.106	2.220	2.197					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	339.50	332.80	345.40	357.80					
PESO SUELOS SECO + TARA	306.40	294.80	300.10	305.00					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	33.10	38.00	45.30	52.80					
PESO DE SUELO SECO	306.40	294.80	300.10	305.00					
CONTENIDO DE AGUA	10.80	12.89	15.09	17.31					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.796	1.866	1.929	1.873					
DENSIDAD MAXIMA SECA:		1.931 gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		15.50			

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN : 699+100

Molde N°	7		8		9	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12422	12444	12440	12488	12088	12173
Peso de molde (gr)	7675	7675	7948	7948	7820	7820
Peso del suelo húmedo (gr)	4747	4769	4492	4540	4268	4353
Volumen del molde (cm3)	2146	2146	2110	2110	2118	2118
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.212	2.222	2.129	2.152	2.015	2.055
Humedad (%)	15.20	15.73	15.21	16.38	15.21	17.74
Densidad seca (gr/cm3)	1.920	1.920	1.848	1.849	1.749	1.745
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	450.20	450.20	435.50	435.50	462.00	462.00
Tarro + Suelo seco (gr)	390.80	389.00	378.00	374.20	401.00	392.40
Peso del Agua (gr)	59.40	61.20	57.50	61.30	61.00	69.60
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	390.80	389.00	378.00	374.20	401.00	392.40
Humedad (%)	15.20	15.73	15.21	16.38	15.21	17.74
Promedio de Humedad (%)	15.20	15.73	15.21	16.38	15.21	17.74

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/11/2006	16:15	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
22/11/2006	16:15	24	0.001	0.000	0.00	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00
23/11/2006	16:15	48	0.001	0.000	0.00	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00
24/11/2006	16:15	72	0.002	0.000	0.00	0.003	0.000	0.00	0.004	0.000	0.00

PENETRACION

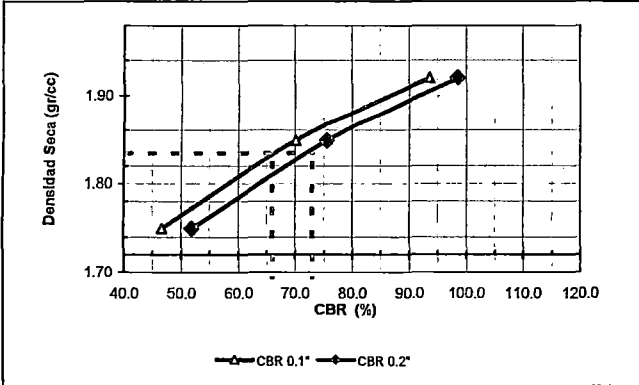
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		71	15.5			50	10.7			30	6.0		
0.050		145	32.6			114	25.5			74	16.2		
0.075		226	51.3			181	40.9			119	26.6		
0.100	70	306	69.8	65.94	93.8	228	51.8	49.34	70.2	155	34.9	32.84	46.7
0.150		378	86.4			274	62.4			194	43.9		
0.200	105.46	466	106.8	104.02	98.6	366	83.7	79.76	75.6	245	55.7	54.78	51.9
0.300		530	121.5			410	93.8			289	65.9		
0.400		602	138.2			444	101.7			307	70.0		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO-T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Itaparí
 MATERIAL : Sub base
 CANTERA : NC-47 (Mezcla 4% cal)

UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

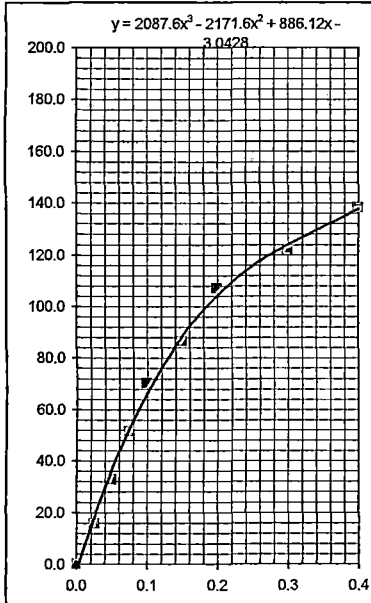


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 93.8	0.2": 98.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 66.0	0.2": 73.0

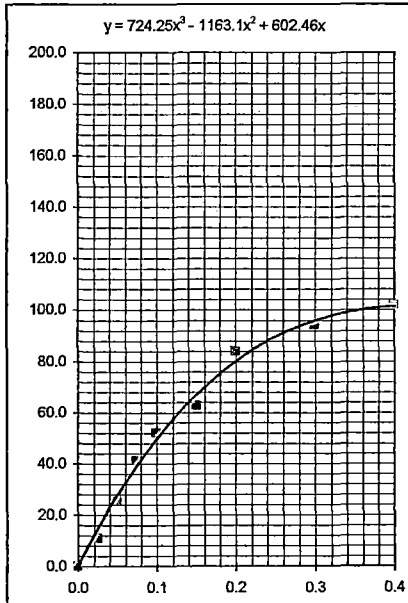
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.931	gr/cc
Optimo Humedad	15.50	%

OBSERVACIONES:

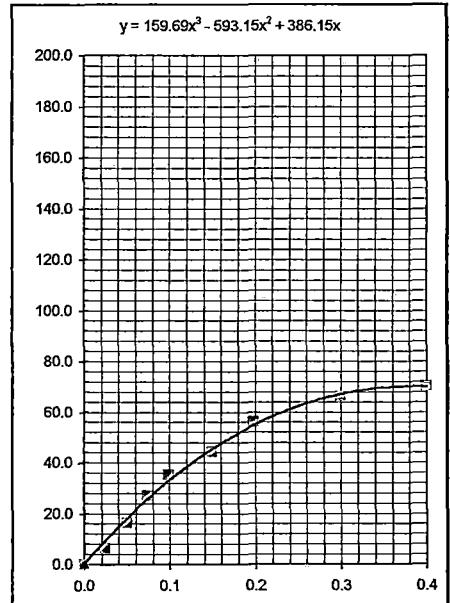
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



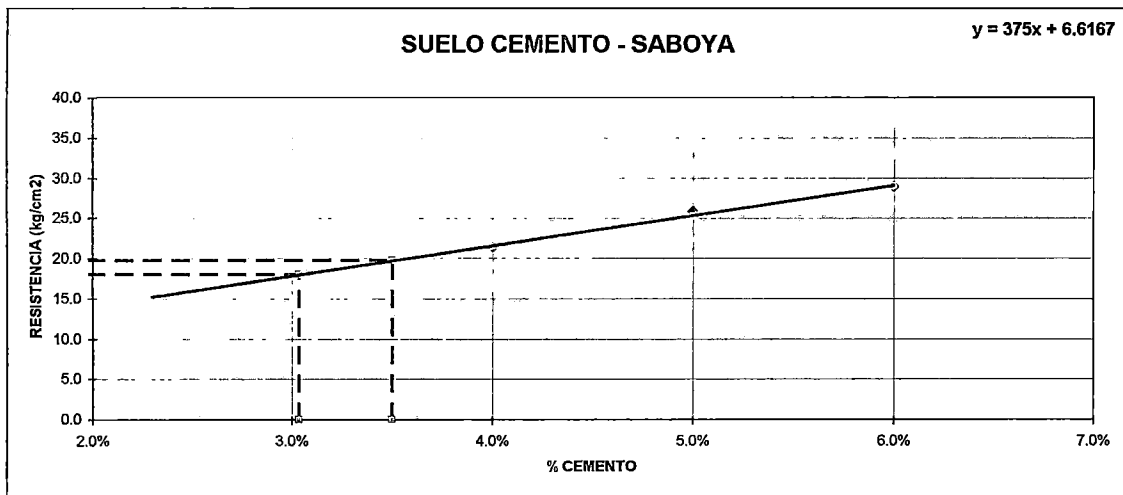
ANEXO 03: DISEÑO DE SUELO CEMENTO

- CANTERA SABOYA
- CANTERA NC-47
- CANTERA NC-50

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pto. Inambari - Ifapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CEMENTO

% CEMENTO	MEZCLA	GRANULOMETRIA					L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ²
		3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			AASHTO	SUCS			
0.0 %	Suelo	100.0	100.0	98.7	83.8	18.0	26	5	A-2-4 (0)	SC-SM	1.933	11.2	
4.0 %	Suelo	100.0	100.0	98.8	83.9	19.4	24	3	A-2-4 (0)	SM	1.944	12.5	21.4
5.0 %	Suelo	100.0	100.0	98.8	84.0	20.6	23	2	A-2-4 (0)	SM	1.951	13.2	25.8
6.0 %	Suelo	100.0	100.0	98.9	84.1	21.8	21	NP	A-2-4 (0)	SM	1.959	14.1	28.9



* Se tomo un CV=10% respecto al avance actual de obra

RESIST	% CEMENTO
18.00	3.04
19.74	3.50

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

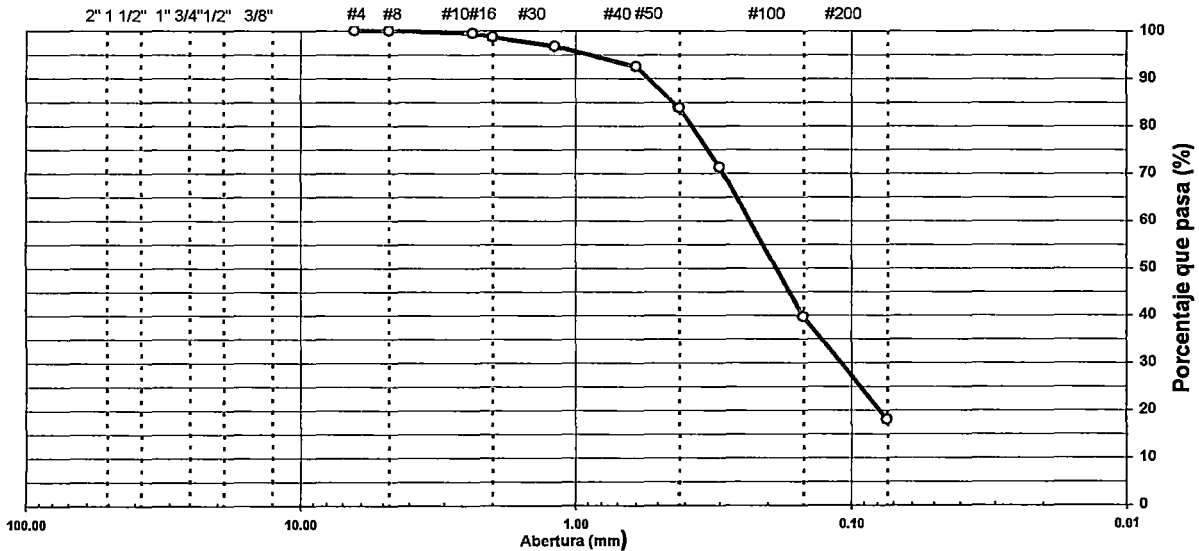
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	480.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	393.7	gr			
2"	50.800						PESO FINO	=	480.0	gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	26.3	%			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	21.4	%			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	=	4.9	%			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS	=	SC - SM				
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.933	gr/cc			
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT.	=	11.2	%			
# 8	2.360	2.3	0.5	0.5	99.5								
# 10	2.000	4.1	0.9	1.3	98.7								
# 16	1.190	9.0	1.9	3.2	96.8		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	480.0	P.S.Lavado	393.7	% 200	18.0
# 30	0.600	21.2	4.4	7.6	92.4								
# 40	0.420	41.0	8.5	16.2	83.8								
# 50	0.300	60.3	12.6	28.7	71.3								
# 100	0.149	152.0	31.7	60.4	39.6								
# 200	0.074	103.8	21.6	82.0	18.0		% HUMEDAD	P.S.H.		P.S.S		% Humd.	
< # 200	FONDO	86.3	18.0	100.0			NATURAL						
FRACCION		480.0					Coef. Uniformidad						
TOTAL		480.0					Coef. Curvatura						

Descripción del suelo:

CURVA GRANULOMETRICA

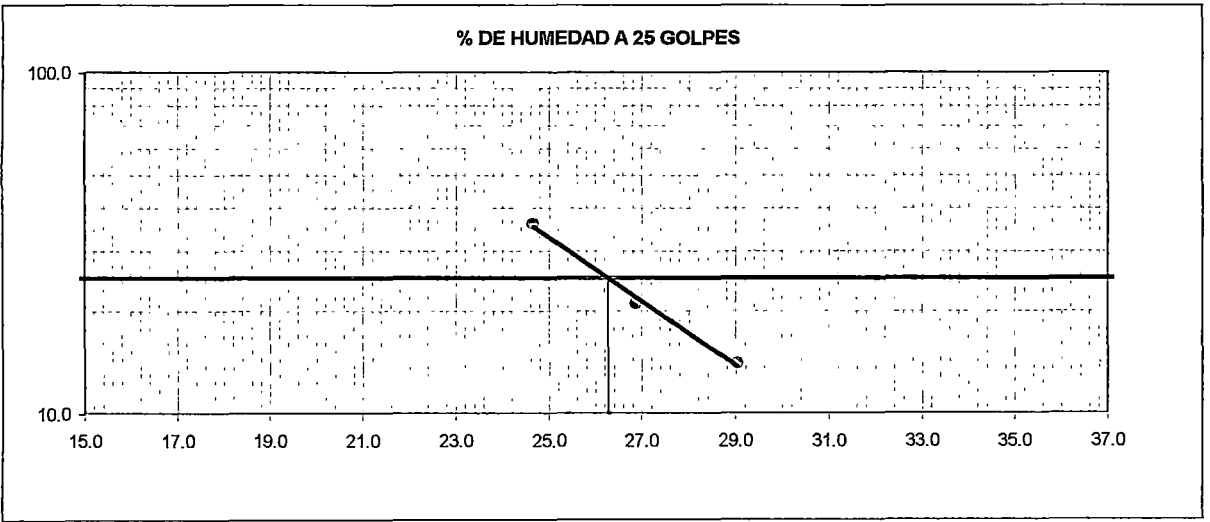


LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural) CANTERA : Saboya	LADO Izq. UBICACIÓN : 651+900
--	--

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	12	20	31	
TARRO + SUELO HUMEDO	29.49	31.08	32.95	
TARRO + SUELO SECO	25.68	27.45	29.36	
AGUA	3.81	3.63	3.59	
PESO DEL TARRO	12.56	13.95	14.80	
PESO DEL SUELO SECO	13.12	13.50	14.56	
% DE HUMEDAD	29.04	26.89	24.66	
N° DE GOLPES	14	21	36	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	3	6		
TARRO + SUELO HUMEDO	25.37	24.10		
TARRO + SUELO SECO	22.65	21.68		
AGUA	2.72	2.42		
PESO DEL TARRO	9.68	10.57		
PESO DEL SUELO SECO	12.97	11.11		
% DE HUMEDAD	20.97	21.78		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	26.3
LIMITE PLASTICO	21.4
INDICE DE PLASTICIDAD	4.9

OBSERVACIONES

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

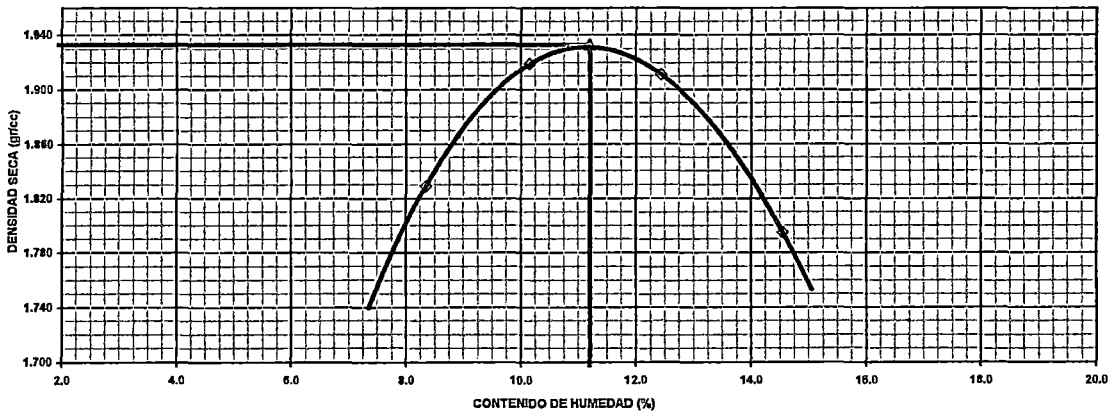
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3159	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE	5030	5154	5187	5100		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1871	1995	2028	1941		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.982	2.113	2.148	2.056		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	330.00	330.00	330.00	330.00		
PESO SUELOS SECO + TARA	304.60	299.60	293.50	288.10		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	25.40	30.40	36.50	41.90		
PESO DE SUELO SECO	304.60	299.60	293.50	288.10		
CONTENIDO DE AGUA	8.34	10.15	12.44	14.54		
PESO VOLUMETRICO SECO		1.829	1.919	1.911	1.795	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.933	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		11.20	

GRAFICO DEL PROCTOR



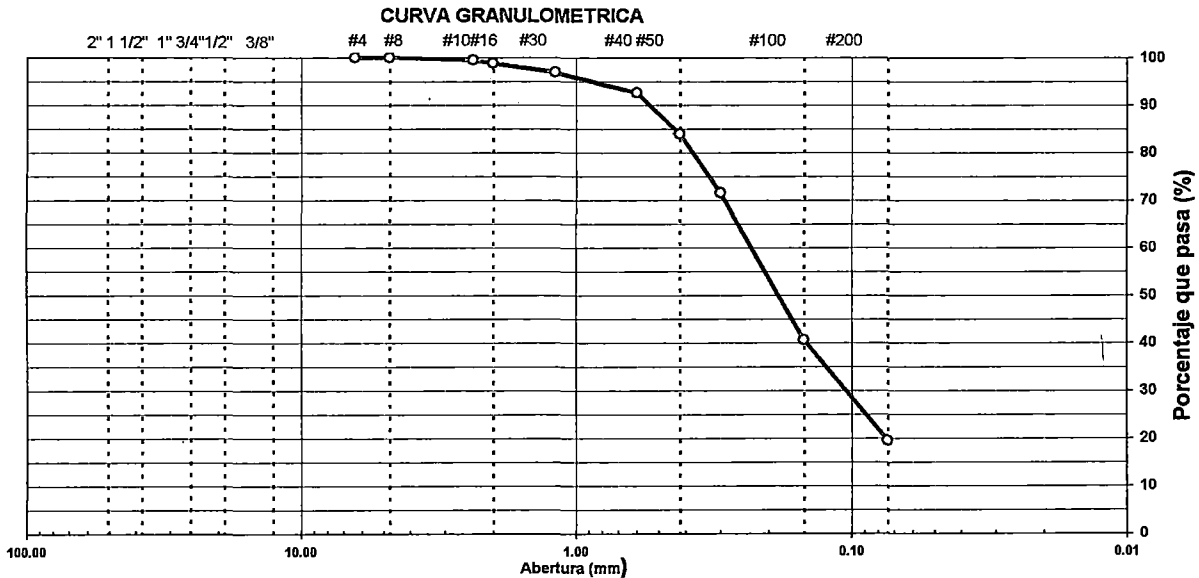
ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 502.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 404.50 gr
2"	50.800						PESO FINO = 502.0 gr
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 24.3 %
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = 20.8 %
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = 3.4 %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.944 gr/cc
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. = 12.5 %
# 8	2.360	2.4	0.5	0.5	99.5		RESIST. 7 DIAS = 21.4 Kg/cm2
# 10	2.000	3.8	0.8	1.2	98.8		
# 16	1.190	9.5	1.9	3.1	96.9		Ensayo Malla #200
# 30	0.600	21.6	4.3	7.4	92.6		P.S.Seco. 502.0
# 40	0.420	43.6	8.7	16.1	83.9		P.S.Lavado 404.5
# 50	0.300	62.3	12.4	28.5	71.5		% 200 19.4
# 100	0.149	155.1	30.9	59.4	40.6		
# 200	0.074	106.2	21.2	80.6	19.4		% HUMEDAD P.S.H.
< # 200	FONDO	97.5	19.4	100.0			P.S.S
FRACCION		502.0					% Humd.
TOTAL		502.0					NATURAL
							Coef. Uniformidad -
							Coef. Curvatura -

Descripción del suelo: Arena limosa



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 651+900

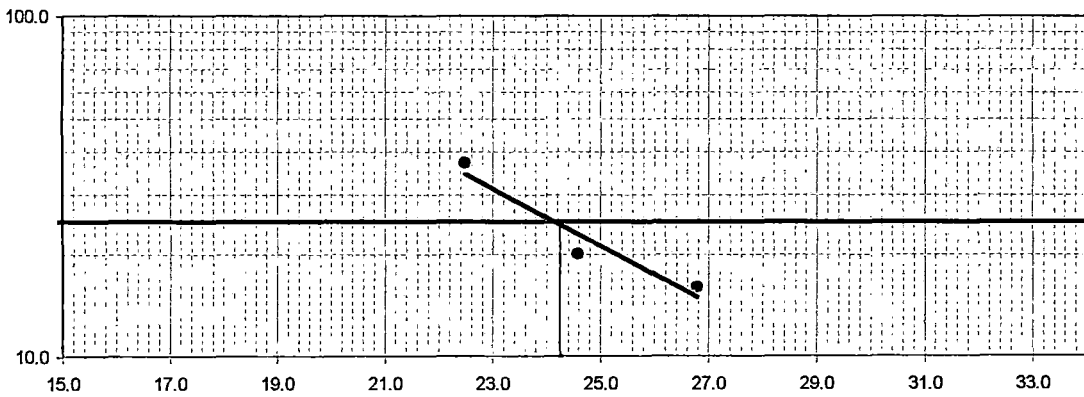
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	22	33	12
TARRO + SUELO HUMEDO	33.82	34.60	31.30
TARRO + SUELO SECO	29.68	30.80	27.86
AGUA	4.14	3.80	3.44
PESO DEL TARRO	14.23	15.34	12.56
PESO DEL SUELO SECO	15.45	15.46	15.30
% DE HUMEDAD	26.80	24.58	22.48
N° DE GOLPES	16	20	37

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	10	8
TARRO + SUELO HUMEDO	24.66	26.13
TARRO + SUELO SECO	22.38	23.65
AGUA	2.28	2.48
PESO DEL TARRO	11.78	11.35
PESO DEL SUELO SECO	10.60	12.30
% DE HUMEDAD	21.51	20.16

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	24.3
LIMITE PLASTICO	20.8
INDICE DE PLASTICIDAD	3.4

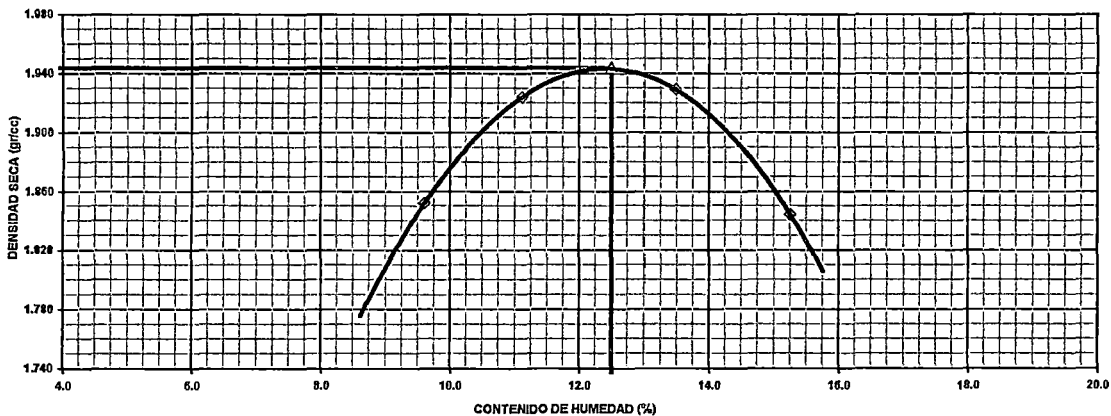
OBSERVACIONES

CESEL INGENIEROS




Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**
Informe N° : SYP-NOV-06
F. de Emision : Nov-06
Páginas : 03-04
Realizado por : Tec. H.A.M.
Revisado por : Ing. M.C.B.
Certificado N° : SCT-11-06/001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
CANTERA : Saboya
LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 651+900
METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3159			
NUMERO DE ENSAYOS	1		2		3		4		
PESO SUELO + MOLDE	5075		5177		5226		5165		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1916		2018		2067		2006		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.030		2.138		2.190		2.125		
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1		2		3		4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	340.00		340.00		340.00		340.00		
PESO SUELOS SECO + TARA	310.20		306.00		299.60		295.00		
PESO DE LA TARA	0.00		0.00		0.00		0.00		
PESO DE AGUA	29.80		34.00		40.40		45.00		
PESO DE SUELO SECO	310.20		306.00		299.60		295.00		
CONTENIDO DE AGUA	9.61		11.11		13.48		15.25		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.852		1.924		1.929		1.844		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.944		gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		12.50		

GRAFICO DEL PROCTOR

c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\01 diseño cant saboya\cemento_4%.ms\granulometria

 CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06
 <small>Organismo Supervisor de la Infraestructura</small>		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-11-06/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : Saboya	UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	17/11/2006	17/11/2006	17/11/2006			
FECHA DE ROTURA	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	349	392	380			
CARGA (Kg)	1604	1797	1743			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	20.02	22.43	21.76			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	21.40					

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

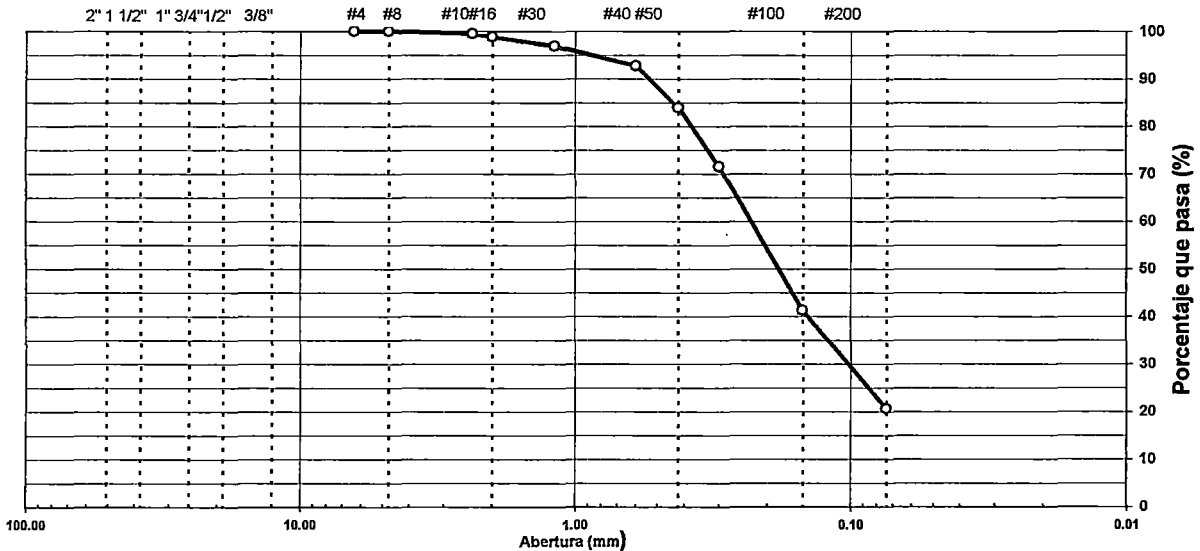
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 523.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 415.30 gr			
2"	50.800						PESO FINO = 523.0 gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 23.3 %			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = 21.3 %			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = 2.0 %			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM			
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.951 gr/cc			
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. = 13.2 %			
# 8	2.360	2.5	0.5	0.5	99.5		RESIST. 7 DIAS = 25.8 Kg/cm2			
# 10	2.000	3.9	0.8	1.2	98.8					
# 16	1.190	10.0	1.9	3.1	96.9		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 30	0.600	21.9	4.2	7.3	92.7			523.0	415.3	20.6
# 40	0.420	45.5	8.7	16.0	84.0					
# 50	0.300	65.0	12.4	28.5	71.5					
# 100	0.149	158.6	30.3	58.8	41.2					
# 200	0.074	107.9	20.6	79.4	20.6		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200	FONDO	107.7	20.6	100.0			NATURAL			
FRACCION		523.0					Coef. Uniformidad -			
TOTAL		523.0					Coef. Curvatura -			

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)

CANTERA : Saboya

LADO Izq.

UBICACIÓN : 651+900

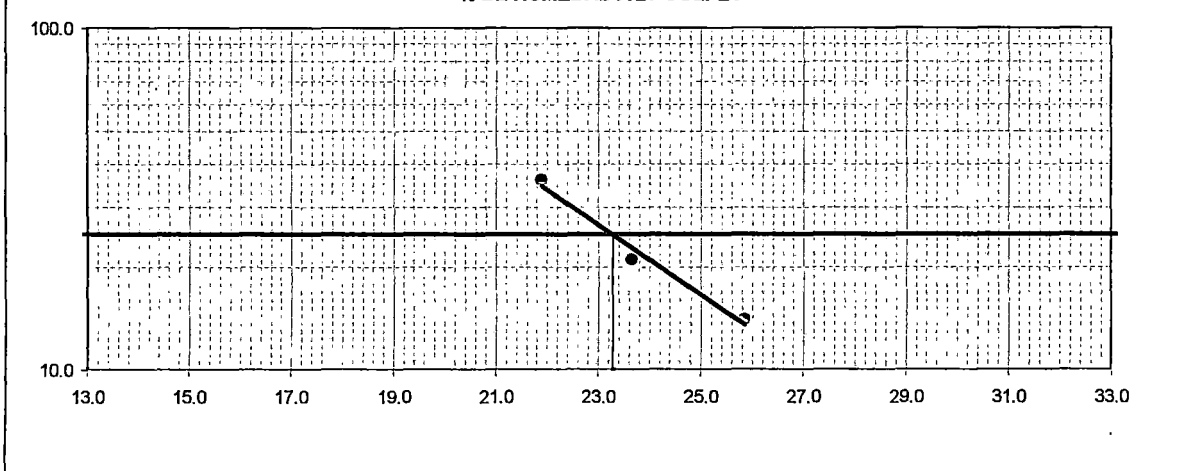
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	12	20	31
TARRO + SUELO HUMEDO	30.18	31.14	32.84
TARRO + SUELO SECO	26.56	27.85	29.60
AGUA	3.62	3.29	3.24
PESO DEL TARRO	12.56	13.95	14.80
PESO DEL SUELO SECO	14.00	13.90	14.80
% DE HUMEDAD	25.86	23.67	21.89
N° DE GOLPES	14	21	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	10	8
TARRO + SUELO HUMEDO	24.87	26.15
TARRO + SUELO SECO	22.58	23.54
AGUA	2.29	2.61
PESO DEL TARRO	11.78	11.35
PESO DEL SUELO SECO	10.80	12.19
% DE HUMEDAD	21.20	21.41

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	23.3
LIMITE PLASTICO	21.3
INDICE DE PLASTICIDAD	2.0

OBSERVACIONES

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A"

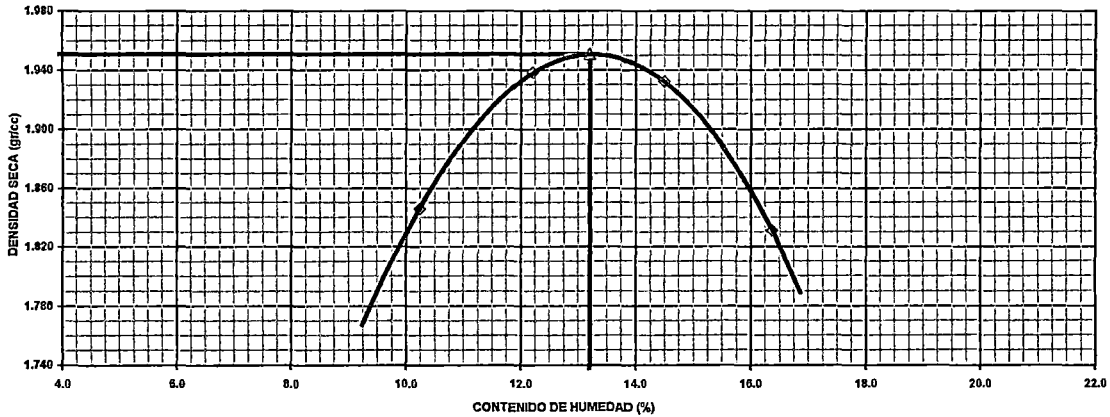
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3159										
NUMERO DE ENSAYOS	1				2				3				4			
PESO SUELO + MOLDE	5080				5212				5247				5170			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1921				2053				2088				2011			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.035				2.175				2.212				2.130			



CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1				2				3				4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	320.00				320.00				320.00				320.00			
PESO SUELOS SECO + TARA	290.30				285.20				279.50				275.00			
PESO DE LA TARA	0.00				0.00				0.00				0.00			
PESO DE AGUA	29.70				34.80				40.50				45.00			
PESO DE SUELO SECO	290.30				285.20				279.50				275.00			
CONTENIDO DE AGUA	10.23				12.20				14.49				16.36			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.846				1.938				1.932				1.831			

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.951 gr/cc HUMEDAD OPTIMA: 13.20

GRAFICO DEL PROCTOR



CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06
		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-11-06/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : Saboya	UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3		
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0	5.0		
FECHA DE MOLDEO	17/11/2006	17/11/2006	17/11/2006		
FECHA DE ROTURA	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006		
EDAD (DIAS)	7	7	7		
LECTURA DIAL	438	465	452		
CARGA (Kg)	2003	2124	2066		
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12		
RESISTENCIA (Kg/cm2)	25.00	26.51	25.79		
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	25.77				

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

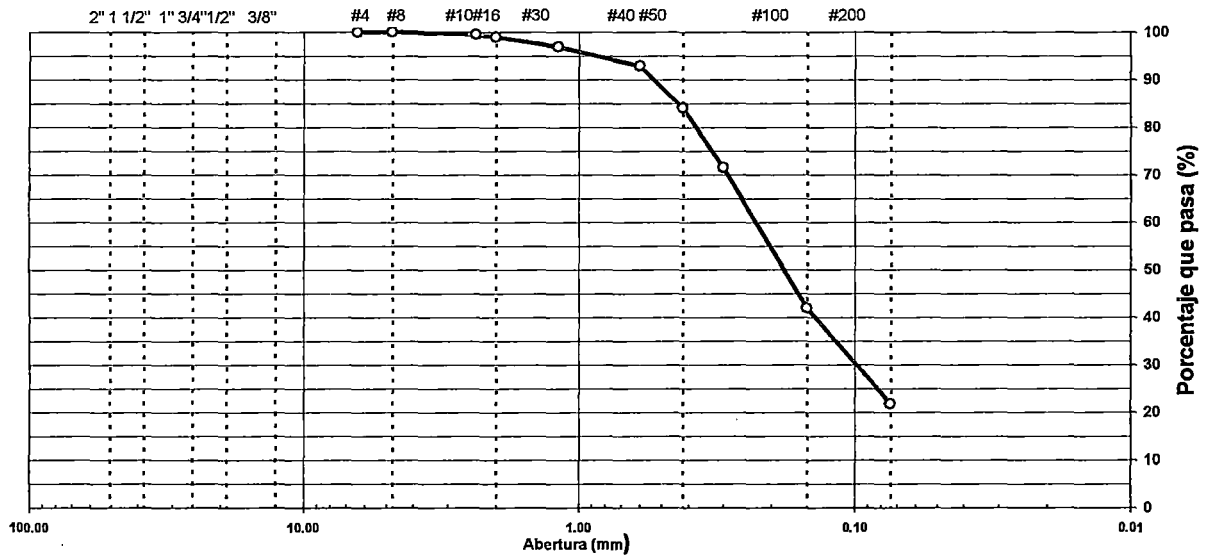
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
 CANTERA : Saboya

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 651+900

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 542.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 424.00 gr
2"	50.800						PESO FINO = 542.0 gr
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 21.0 %
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = NP %
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = NP %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.959 gr/cc
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. = 14.1 %
# 8	2.360	2.6	0.5	0.5	99.5		RESIST. 7 DIAS = 28.9 Kg/cm2
# 10	2.000	3.5	0.7	1.1	98.9		
# 16	1.190	10.5	1.9	3.1	96.9		Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 30	0.600	22.3	4.1	7.2	92.8		542.0 424.0 21.8
# 40	0.420	47.3	8.7	15.9	84.1		
# 50	0.300	68.5	12.6	28.6	71.5		
# 100	0.149	160.3	29.6	58.1	41.9		
# 200	0.074	109.0	20.1	78.2	21.8		% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humd.
< # 200	FONDO	118.0	21.8	100.0			NATURAL
FRACCION		542.0					Coef. Uniformidad -
TOTAL		542.0					Coef. Curvatura -

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento) LADO Izq.
 CANTERA : Saboya UBICACIÓN : 651+900

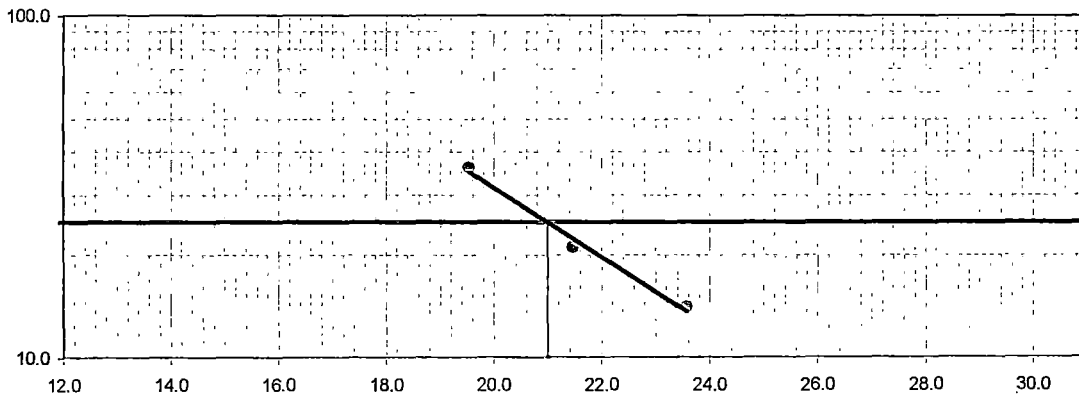
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	15	20	8
TARRO + SUELO HUMEDO	29.79	31.77	28.50
TARRO + SUELO SECO	26.56	28.65	25.68
AGUA	3.23	3.12	2.82
PESO DEL TARRO	12.86	14.12	11.25
PESO DEL SUELO SECO	13.70	14.53	14.43
% DE HUMEDAD	23.58	21.47	19.54
N° DE GOLPES	14	21	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	21.0
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES

CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-NOV-06
 F. de Emision : Nov-06
 Páginas : 03-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-11-06/001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
CANTERA : Saboya

LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 651+900

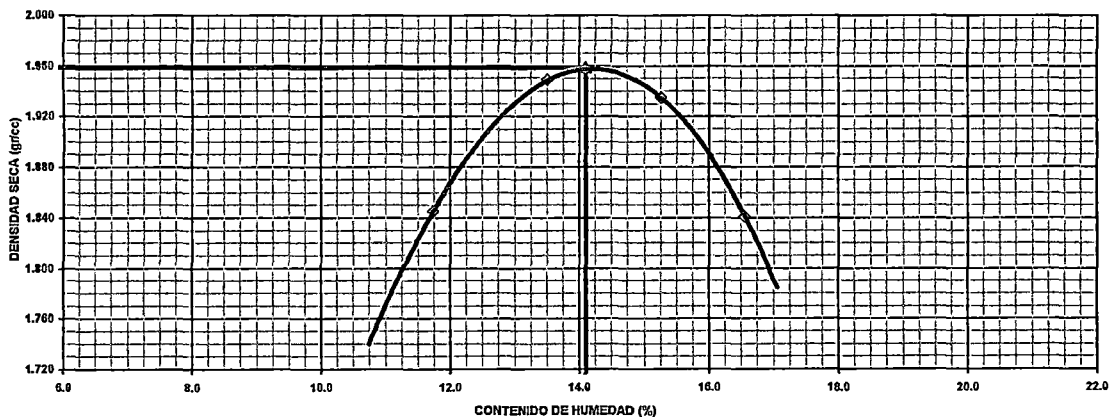
METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3159			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
PESO SUELO + MOLDE	5105	5247	5264	5185					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1946	2088	2105	2026					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.061	2.212	2.230	2.146					



CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	300.00	300.00	300.00	300.00	
PESO SUELOS SECO + TARA	268.50	264.30	260.30	257.40	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	31.50	35.70	39.70	42.60	
PESO DE SUELO SECO	268.50	264.30	260.30	257.40	
CONTENIDO DE AGUA	11.73	13.51	15.25	16.55	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.845	1.949	1.935	1.841	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.959 gr/cc **HUMEDAD OPTIMA**: 14.10

GRAFICO DEL PROCTOR

c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\01 diseño cant saboya\cemento_6%.xls\granulometria

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06 Páginas : 04-04 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. M.C.B. Certificado N° : SCT-11-06/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iriapari MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento) CANTERA : Saboya	LADO Izq. UBICACIÓN : 651+900
--	--

DATOS DE LA MUESTRA

	1	2	3			
CUERPO DE PROBETA N°						
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	17/11/2006	17/11/2006	17/11/2006			
FECHA DE ROTURA	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	516	510	497			
CARGA (Kg)	2352	2325	2267			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	29.36	29.02	28.30			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	28.89					

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : Saboya
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 3.5% cemento) **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
BRIQUETA : N° 323
PESO SECO : 1865 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
21-Nov	1er ciclo	09:00	1883	1852	10:00	15:00	3.1
23-Nov	2do ciclo	09:00	1814	1803	10:00	15:00	5.7
25-Nov	3er ciclo	09:00	1798	1782	10:00	15:00	6.8
27-Nov	4to ciclo	09:00	1781	1773	10:00	15:00	7.3
29-Nov	5to ciclo	09:00	1767	1749	10:00	15:00	8.5
01-Dic	6to ciclo	09:00	1731	1702	10:00	15:00	11.0
03-Dic	7mo ciclo	09:00	1684	1671	10:00	15:00	12.6
05-Dic	8vo ciclo	09:00	1667	1658	10:00	15:00	13.3
07-Dic	9no ciclo	09:00	1655	1647	10:00	15:00	13.8
09-Dic	10mo ciclo	09:00	1643	1629	10:00	15:00	14.8
11-Dic	11mo ciclo	09:00	1626	1617	10:00	15:00	15.4
13-Dic	12mo ciclo	09:00	1614	1602	10:00	15:00	16.2

% DURABILIDAD 16.2 %

OBSERVACIONES :

no cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : Saboya
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 4% cemento) **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
BRIQUETA : N° 323
PESO SECO : 1830 gr. **% AGUA RETENIDA:** 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
21-Nov	1er ciclo	09:00	1896	1868	10:00	15:00	0.4
23-Nov	2do ciclo	09:00	1836	1819	10:00	15:00	3.0
25-Nov	3er ciclo	09:00	1810	1788	10:00	15:00	4.7
27-Nov	4to ciclo	09:00	1788	1776	10:00	15:00	5.3
29-Nov	5to ciclo	09:00	1771	1759	10:00	15:00	6.2
01-Dic	6to ciclo	09:00	1733	1709	10:00	15:00	8.9
03-Dic	7mo ciclo	09:00	1690	1678	10:00	15:00	10.5
05-Dic	8vo ciclo	09:00	1678	1673	10:00	15:00	10.8
07-Dic	9no ciclo	09:00	1673	1665	10:00	15:00	11.2
09-Dic	10mo ciclo	09:00	1664	1650	10:00	15:00	12.0
11-Dic	11mo ciclo	09:00	1648	1642	10:00	15:00	12.5
13-Dic	12mo ciclo	09:00	1641	1638	10:00	15:00	12.7

% DURABILIDAD 12.7 %

OBSERVACIONES :

Cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : Saboya
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 5% cemento) **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
BRIQUETA : N° 317
PESO SECO : 1830 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
21-Nov	1er ciclo	09:00	1896	1869	10:00	15:00	0.3
23-Nov	2do ciclo	09:00	1846	1834	10:00	15:00	2.2
25-Nov	3er ciclo	09:00	1826	1819	10:00	15:00	3.0
27-Nov	4to ciclo	09:00	1817	1805	10:00	15:00	3.8
29-Nov	5to ciclo	09:00	1800	1783	10:00	15:00	4.9
01-Dic	6to ciclo	09:00	1769	1754	10:00	15:00	6.4
03-Dic	7mo ciclo	09:00	1735	1726	10:00	15:00	8.0
05-Dic	8vo ciclo	09:00	1726	1723	10:00	15:00	8.1
07-Dic	9no ciclo	09:00	1723	1717	10:00	15:00	8.4
09-Dic	10mo ciclo	09:00	1716	1706	10:00	15:00	9.0
11-Dic	11mo ciclo	09:00	1705	1694	10:00	15:00	9.7
13-Dic	12mo ciclo	09:00	1694	1682	10:00	15:00	10.3

% DURABILIDAD 10.3 %

OBSERVACIONES :

Cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : Saboya
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 6% cemento) **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
BRIQUETA : N° 362
PESO SECO : 1808 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
21-Nov	1er ciclo	09:00	1896	1849	10:00	15:00	0.2
23-Nov	2do ciclo	09:00	1846	1838	10:00	15:00	0.8
25-Nov	3er ciclo	09:00	1831	1824	10:00	15:00	1.6
27-Nov	4to ciclo	09:00	1819	1812	10:00	15:00	2.2
29-Nov	5to ciclo	09:00	1812	1807	10:00	15:00	2.5
01-Dic	6to ciclo	09:00	1786	1776	10:00	15:00	4.2
03-Dic	7mo ciclo	09:00	1752	1745	10:00	15:00	5.9
05-Dic	8vo ciclo	09:00	1745	1740	10:00	15:00	6.1
07-Dic	9no ciclo	09:00	1740	1735	10:00	15:00	6.4
09-Dic	10mo ciclo	09:00	1735	1720	10:00	15:00	7.2
11-Dic	11mo ciclo	09:00	1720	1712	10:00	15:00	7.6
13-Dic	12mo ciclo	09:00	1712	1704	10:00	15:00	8.1

% DURABILIDAD 8.1 %

OBSERVACIONES :

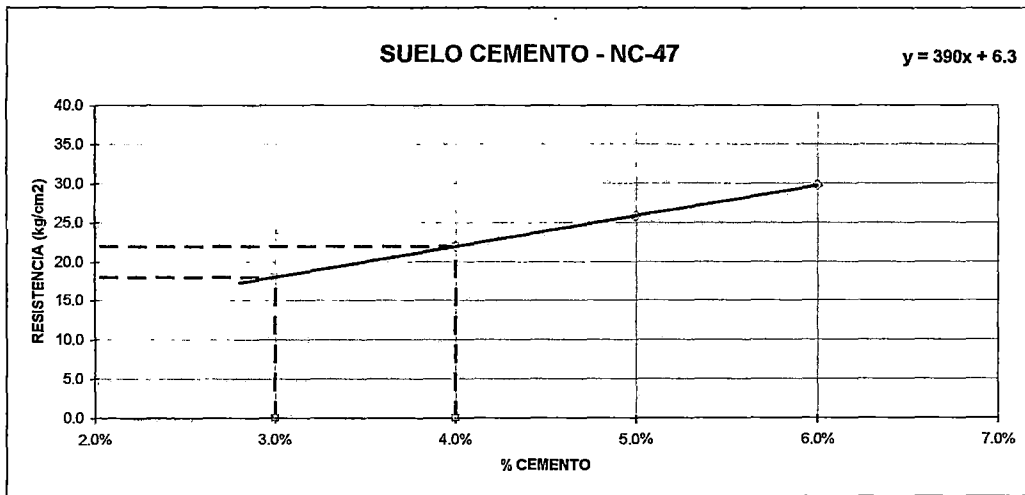
Cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC OSITRAN	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		Fecha de Emision : Ene-07
		Paginas : 01-01
		Realizado por : H.A.M.
		Revisado por : M.C.B.
Certificado N° : R SCT-01-07/001		

PROYECTO :	Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III :	Pto. Inambari - Iñapari
MATERIAL :	Base suelo-cemento
CANTERA :	NC-47

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CEMENTO

% CEMENTO	MEZCLA	GRANULOMETRÍA				L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ²
		N°4	N° 10	N° 40	N° 200			AASHTO	SUCS			
0.0 %	Suelo	100.0	99.5	96.1	27.3	27	6	A-2-4 (0)	SC-SM	1.941	11.5	
4.0 %	Suelo	100.0	99.5	96.6	30.9	26	4	A-2-4 (0)	SC-SM	1.950	12.7	21.9
5.0 %	Suelo	100.0	99.6	96.7	32.1	24	2	A-2-4 (0)	SM	1.983	13.4	25.8
6.0 %	Suelo	100.0	99.6	96.7	33.2	23	NP	A-2-4 (0)	SM	1.972	14.1	29.7



* Se tomo un CV=20% respecto al avance actual de obra

RESIST	% CEMENTO
18.00	3.00
21.90	4.00

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-98

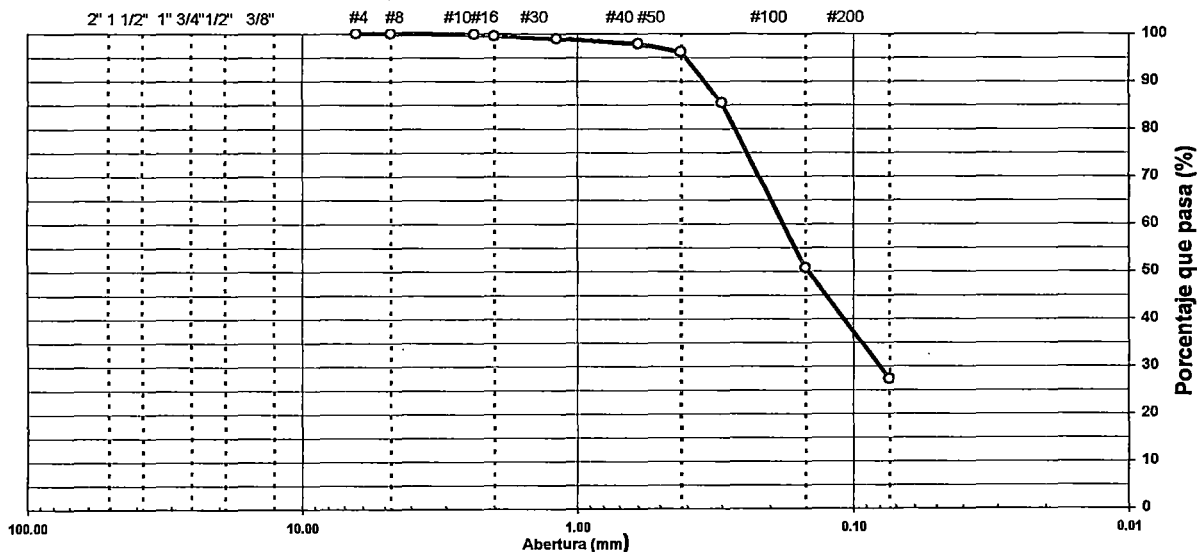
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
 CANTERA : NC-47

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	520.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	378.3	gr			
2"	50.800						PESO FINO	=	520.0	gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	27.1	%			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	21.6	%			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	=	5.5	%			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS	=	SC - SM				
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.941	gr/cc			
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT.	=	11.5	%			
# 8	2.360	1.0	0.2	0.2	99.8								
# 10	2.000	1.8	0.4	0.5	99.5								
# 16	1.190	2.6	0.5	1.0	99.0		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 30	0.600	5.5	1.1	2.1	97.9			520.0	378.3	27.3			
# 40	0.420	9.2	1.8	3.9	96.1								
# 50	0.300	56.0	10.8	14.6	85.4								
# 100	0.149	180.2	34.7	49.3	50.7								
# 200	0.074	122.0	23.5	72.8	27.3		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.			
< # 200	FONDO	141.7	27.3	100.0			NATURAL						
FRACCION		520.0					Coef. Uniformidad						
TOTAL		520.0					Coef. Curvatura						

Descripción del suelo:

CURVA GRANULOMETRICA



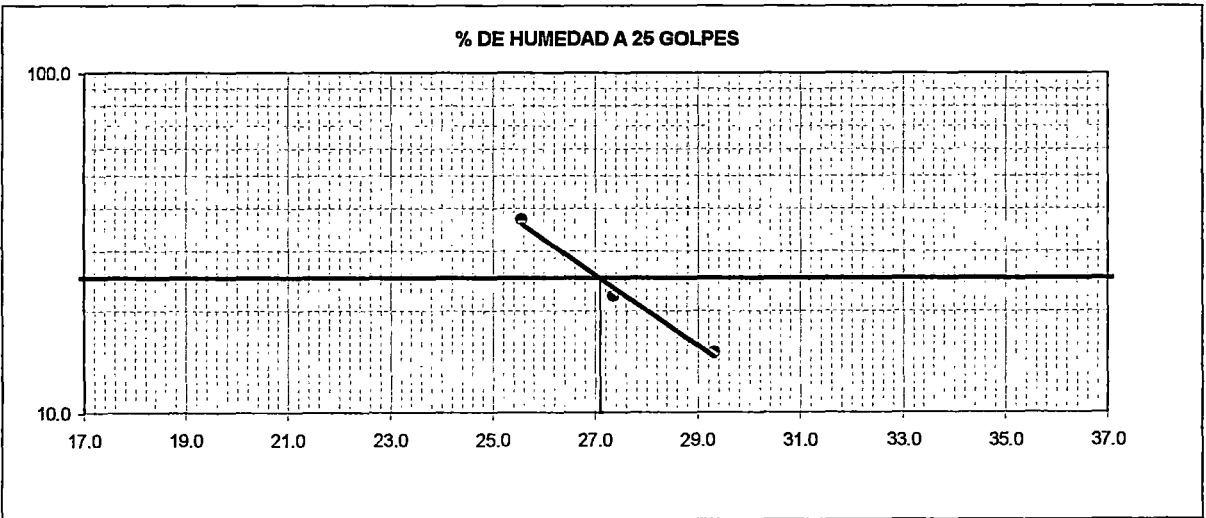
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
			Fecha de Emisión : Ene-07
		Páginas : 02-03	Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.	Certificado N° : SCT-01-07/001

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil	LADO IZQ.
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari	UBICACIÓN : 699+100
MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)	
CANTERA : NC-47	

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	14	25	19	
TARRO + SUELO HUMEDO	29.43	31.08	29.98	
TARRO + SUELO SECO	25.68	27.55	26.58	
AGUA	3.75	3.53	3.40	
PESO DEL TARRO	12.89	14.65	13.28	
PESO DEL SUELO SECO	12.79	12.90	13.30	
% DE HUMEDAD	29.32	27.36	25.56	
N° DE GOLPES	15	22	37	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	2	7		
TARRO + SUELO HUMEDO	25.27	23.95		
TARRO + SUELO SECO	22.47	21.54		
AGUA	2.80	2.41		
PESO DEL TARRO	9.58	10.36		
PESO DEL SUELO SECO	12.89	11.18		
% DE HUMEDAD	21.72	21.56		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	27.1
LIMITE PLASTICO	21.6
INDICE DE PLASTICIDAD	5.5

OBSERVACIONES

c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\02 diseño cant nc-47\natural_01.xls\granulometria

CESEL INGENIEROS

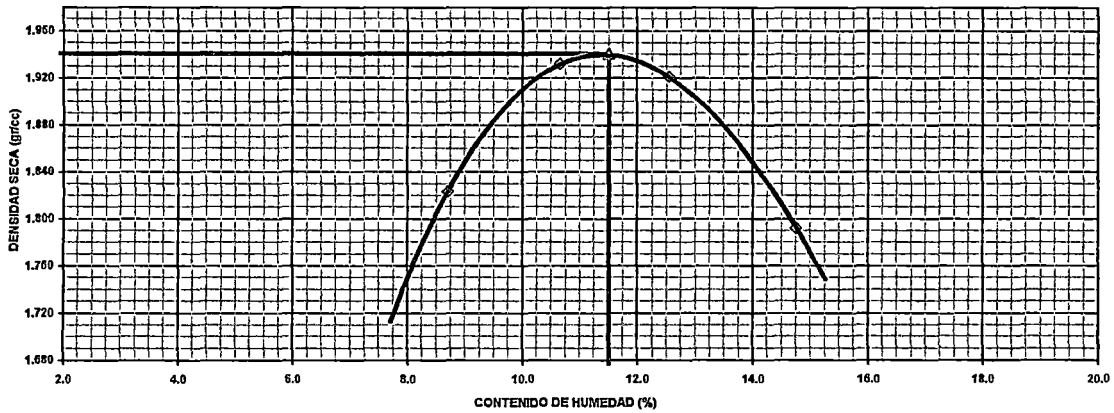
Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**
Informe N° : SYP-ENE-07
F. de Emision : Ene-07
Páginas : 03-03
Realizado por : Tec. H.A.M.
Revisado por : Ing. M.C.B.
Certificado N° : SCT-01-07/001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
CANTERA : NC-47
LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 699+100
METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3159
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5030	5177	5200	5100	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1871	2018	2041	1941	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.982	2.138	2.162	2.056	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	350.00	350.00	350.00	350.00	
PESO SUELOS SECO + TARA	322.00	316.30	311.00	305.00	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	28.00	33.70	39.00	45.00	
PESO DE SUELO SECO	322.00	316.30	311.00	305.00	
CONTENIDO DE AGUA	8.70	10.65	12.54	14.75	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.823	1.932	1.921	1.792

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.941 gr/cc **HUMEDAD OPTIMA: 11.50**
GRAFICO DEL PROCTOR

c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\02 diseño cant nc-47\natural_01.xls\granulometria

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

AASHTO T-1, T-27 y T-88

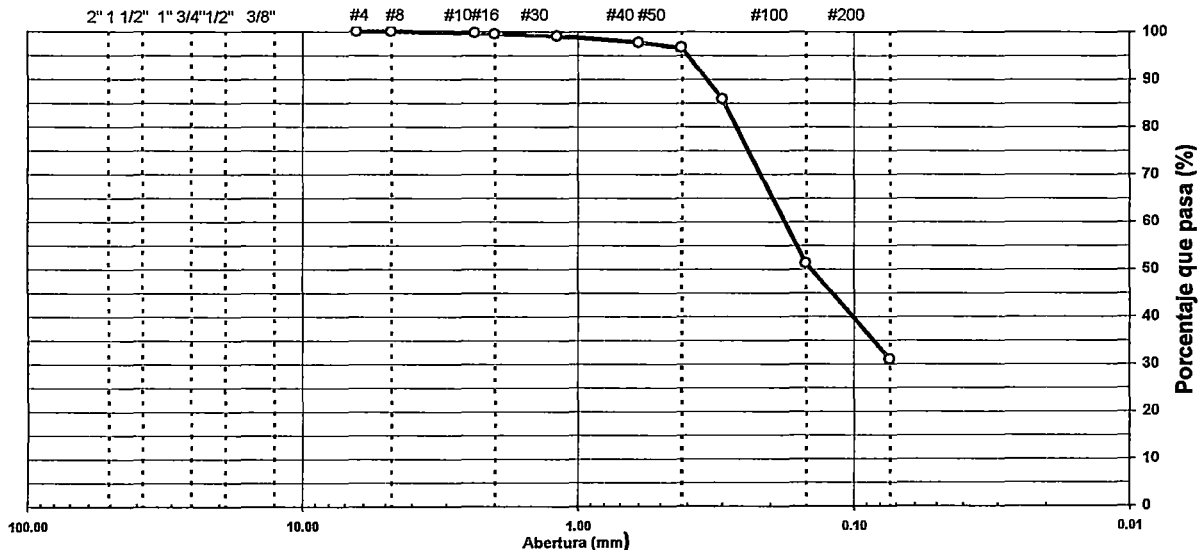
PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : NC-47

LADO lzq.
 UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL =	535.0	gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO =	369.50	gr				
2"	50.800						PESO FINO =	535.0	gr				
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO =	25.6	%				
1"	25.400						LIMITE PLASTICO =	21.2	%				
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO =	4.4	%				
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO =	A-2-4	(0)				
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS =	SC - SM					
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA =	1.950	gr/cc				
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. =	12.7	%				
# 8	2.360	1.1	0.2	0.2	99.8		RESIST. 7 DIAS =	21.9	Kg/cm2				
# 10	2.000	1.7	0.3	0.5	99.5								
# 16	1.190	2.4	0.5	1.0	99.0		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 30	0.600	7.0	1.3	2.3	97.7			535.0	369.5	30.9			
# 40	0.420	5.8	1.1	3.4	96.6								
# 50	0.300	58.0	10.8	14.2	85.8								
# 100	0.149	185.0	34.6	48.8	51.2								
# 200	0.074	108.5	20.3	69.1	30.9		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.			
< # 200	FONDO	165.5	30.9	100.0			NATURAL						
FRACCION		535.0					Coef. Uniformidad	-					
TOTAL		535.0					Coef. Curvatura	-					

Descripción del suelo: Arena limo arcillosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : NC-47

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 699+100

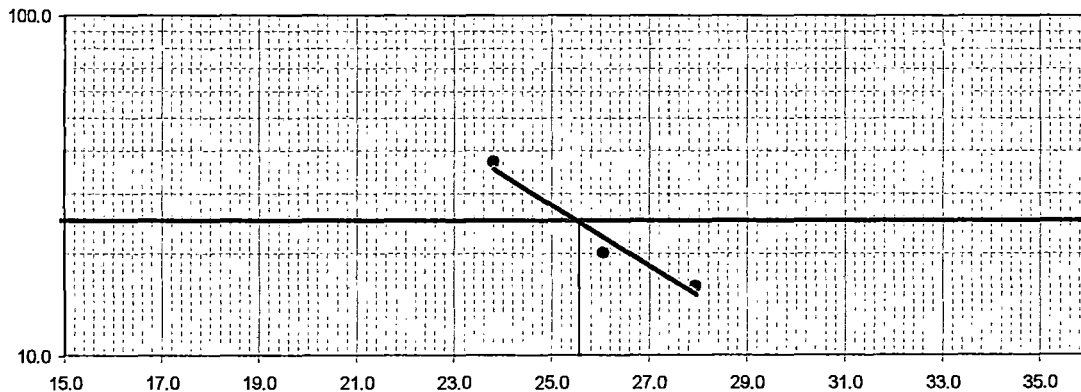
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	21	32	11
TARRO + SUELO HUMEDO	34.03	34.17	31.56
TARRO + SUELO SECO	29.68	30.25	27.65
AGUA	4.35	3.92	3.91
PESO DEL TARRO	14.12	15.21	11.23
PESO DEL SUELO SECO	15.56	15.04	16.42
% DE HUMEDAD	27.96	26.06	23.81
N° DE GOLPES	16	20	37

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	10	8
TARRO + SUELO HUMEDO	24.58	26.05
TARRO + SUELO SECO	22.35	23.47
AGUA	2.23	2.58
PESO DEL TARRO	11.78	11.35
PESO DEL SUELO SECO	10.57	12.12
% DE HUMEDAD	21.10	21.29

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	25.6
LIMITE PLASTICO	21.2
INDICE DE PLASTICIDAD	4.4

OBSERVACIONES

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

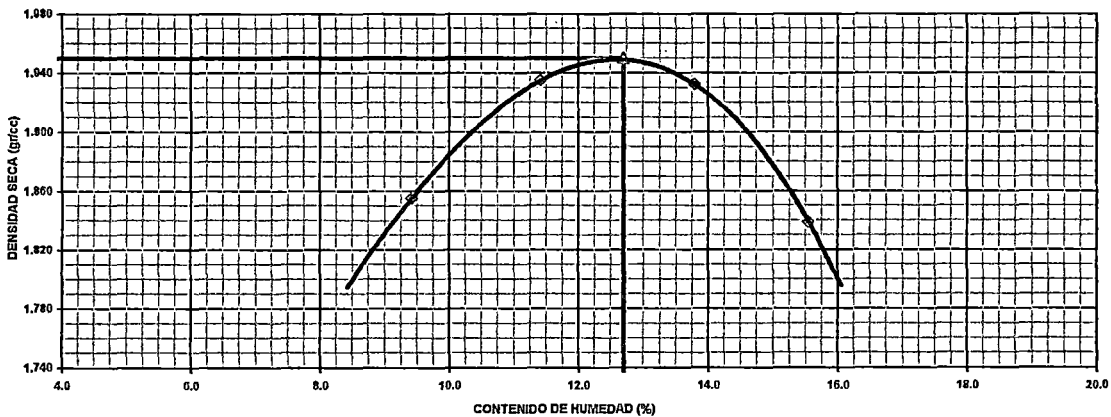
PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : NC-47




LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 699+100

METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3159
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5075	5194	5234	5165	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1916	2035	2075	2006	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.030	2.156	2.198	2.125	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA		330.00	330.00	330.00	330.00	
PESO SUELOS SECO + TARA		301.60	296.20	290.00	285.60	
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA		28.40	33.80	40.00	44.40	
PESO DE SUELO SECO		301.60	296.20	290.00	285.60	
CONTENIDO DE AGUA		9.42	11.41	13.79	15.55	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.855	1.935	1.932	1.839	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.950	gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		12.70

GRAFICO DEL PROCTOR



 Certificado ISO 9001:2000	 	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
			F. de Emisión : Ene-07
			Páginas : 04-04
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. M.C.B.
			Certificado N° : SCT-01-07/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Base suelo-cemento (4% cemento)	LADO Izq.
CANTERA	: NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

	1	2	3		
CUERPO DE PROBETA N°					
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0		
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006		
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006		
EDAD (DÍAS)	7	7	7		
LECTURA DIAL	377	385	385		
CARGA (Kg)	1730	1766	1766		
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12		
RESISTENCIA (Kg/cm2)	21.59	22.04	22.04		
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	21.89				

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

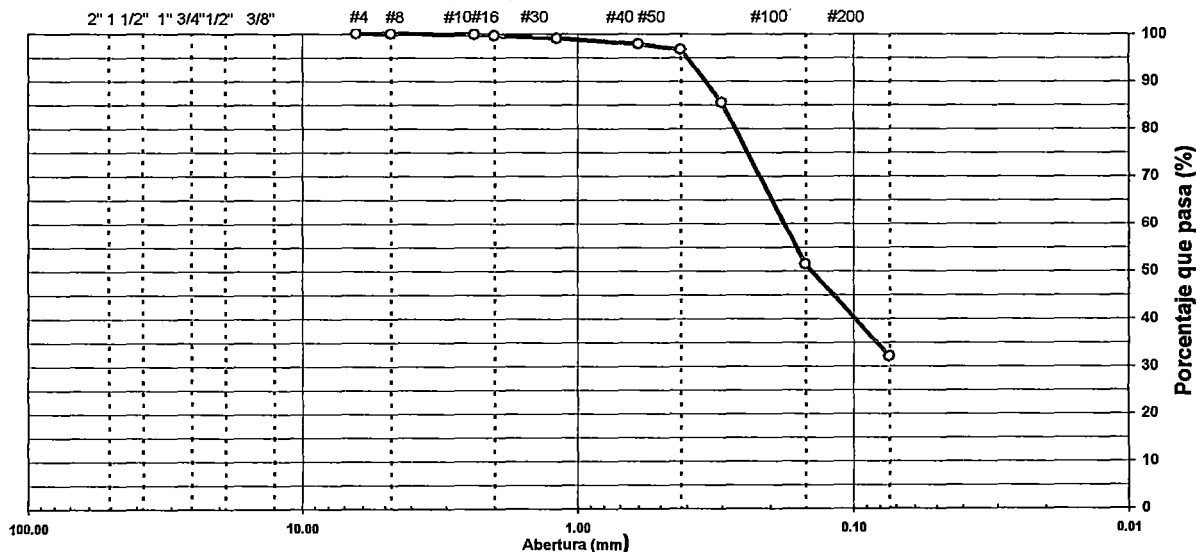
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Ifapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
 CANTERA : NC-47

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 552.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 375.00 gr			
2"	50.800						PESO FINO = 552.0 gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 24.4 %			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = 21.9 %			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = 2.4 %			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM			
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.963 g/cc			
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. = 13.4 %			
# 8	2.360	1.0	0.2	0.2	99.8		RESIST. 7 DIAS = 25.8 Kg/cm2			
# 10	2.000	1.4	0.3	0.4	99.6					
# 16	1.190	2.5	0.5	0.9	99.1					
# 30	0.600	7.0	1.3	2.2	97.9					
# 40	0.420	6.5	1.2	3.3	96.7					
# 50	0.300	62.0	11.2	14.6	85.4					
# 100	0.149	188.3	34.1	48.7	51.3					
# 200	0.074	106.3	19.3	67.9	32.1					
< # 200	FONDO	177.0	32.1	100.0						
FRACCION		552.0								
TOTAL		552.0								
							Ensayo Malla #200			
							P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200	
							552.0	375.0	32.1	
							% HUMEDAD			
							NATURAL	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
							Coef. Uniformidad	-		
							Coef. Curvatura	-		

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA





**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

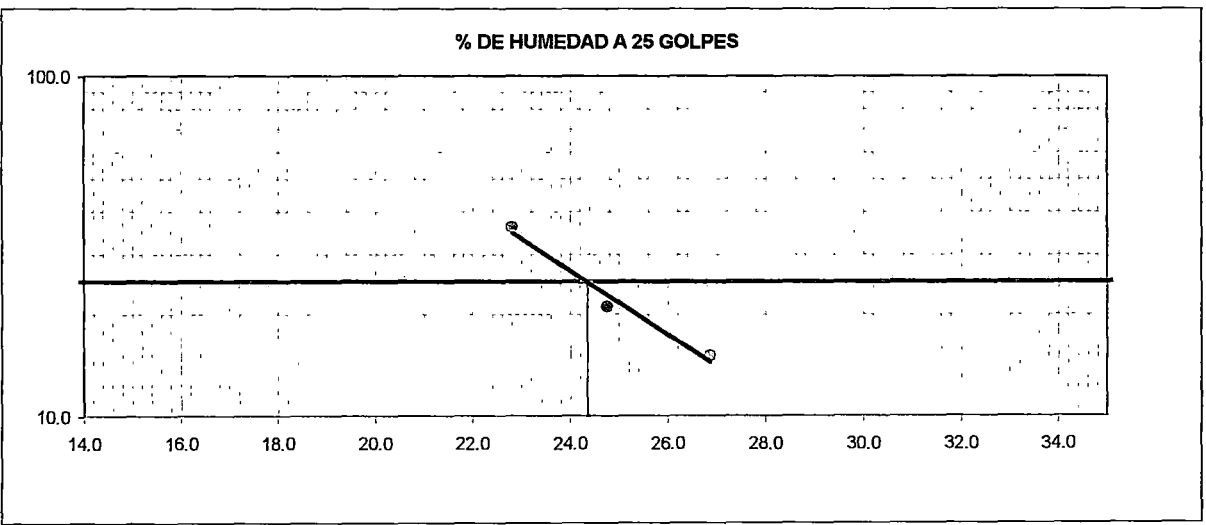
Informe N° : SYP-ENE-07
 Fecha de Emisión : Ene-07
 Páginas : 02-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-01-07/001

**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento) LADO Izq.
 CANTERA : NC-47 UBICACIÓN : 699+100

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	17	21	8	
TARRO + SUELO HUMEDO	31.21	31.83	30.66	
TARRO + SUELO SECO	27.45	28.36	26.98	
AGUA	3.76	3.47	3.68	
PESO DEL TARRO	13.45	14.35	10.85	
PESO DEL SUELO SECO	14.00	14.01	16.13	
% DE HUMEDAD	26.86	24.77	22.81	
N° DE GOLPES	15	21	36	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	5	6		
TARRO + SUELO HUMEDO	26.25	24.46		
TARRO + SUELO SECO	23.54	22.10		
AGUA	2.71	2.36		
PESO DEL TARRO	11.15	11.38		
PESO DEL SUELO SECO	12.39	10.72		
% DE HUMEDAD	21.87	22.01		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24.4
LIMITE PLASTICO	21.9
INDICE DE PLASTICIDAD	2.4

OBSERVACIONES

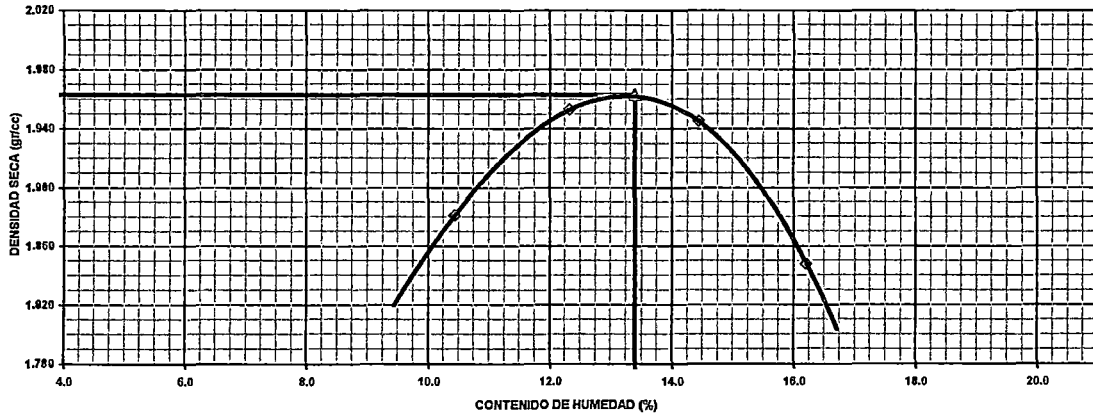
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		F. de Emision : Ene-07
		Páginas : 03-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-01-07/001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D**




PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento) **LADO** Izq.
CANTERA : NC-47 **UBICACIÓN Km** : 699+100

METODO : "A"					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :			3159
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE		5120	5230	5260	5186
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1961	2071	2101	2027
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.077	2.194	2.226	2.147
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA		360.00	360.00	360.00	360.00
PESO SUELOS SECO + TARA		326.00	320.50	314.60	309.80
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA		34.00	39.50	45.40	50.20
PESO DE SUELO SECO		326.00	320.50	314.60	309.80
CONTENIDO DE AGUA		10.43	12.32	14.43	16.20
PESO VOLUMETRICO SECO		1.881	1.953	1.945	1.848
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.963	gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:	13.40

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\02 diseño cant nc-47\cemento_5%.xls\granulometria

 CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		F. de Emisión : Ene-07
		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-01-07/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	452	447	459			
CARGA (Kg)	2066	2044	2097			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	25.79	25.51	26.18			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	25.82					

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

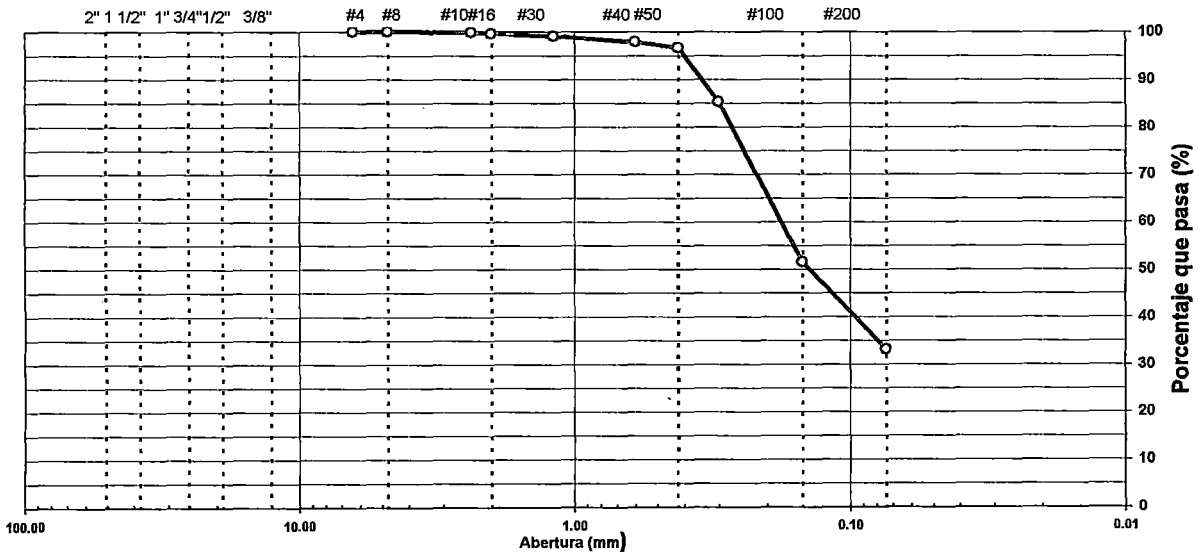
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
 CANTERA : NC-47

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 570.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 381.00 gr
2"	50.800						PESO FINO = 570.0 gr
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 23.3 %
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = NP %
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = NP %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.972 gr/cc
# 4	4.760				100.0		HUMEDAD OPT. = 14.1 %
# 8	2.360	1.1	0.2	0.2	99.8		RESIST. 7 DIAS = 29.7 Kg/cm2
# 10	2.000	1.5	0.3	0.5	99.6		
# 16	1.190	2.7	0.5	0.9	99.1		Ensayo Malla #200
# 30	0.600	7.2	1.3	2.2	97.8		P.S.Seco. 570.0
# 40	0.420	6.5	1.1	3.3	96.7		P.S.Lavado 381.0
# 50	0.300	65.2	11.4	14.8	85.2		% 200 33.2
# 100	0.149	192.3	33.7	48.5	51.5		
# 200	0.074	104.5	18.3	66.8	33.2		% HUMEDAD
< # 200	FONDO	189.0	33.2	100.0			NATURAL
FRACCION		570.0					Coef. Uniformidad
TOTAL		570.0					Coef. Curvatura

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
 CANTERA : NC-47

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 699+100

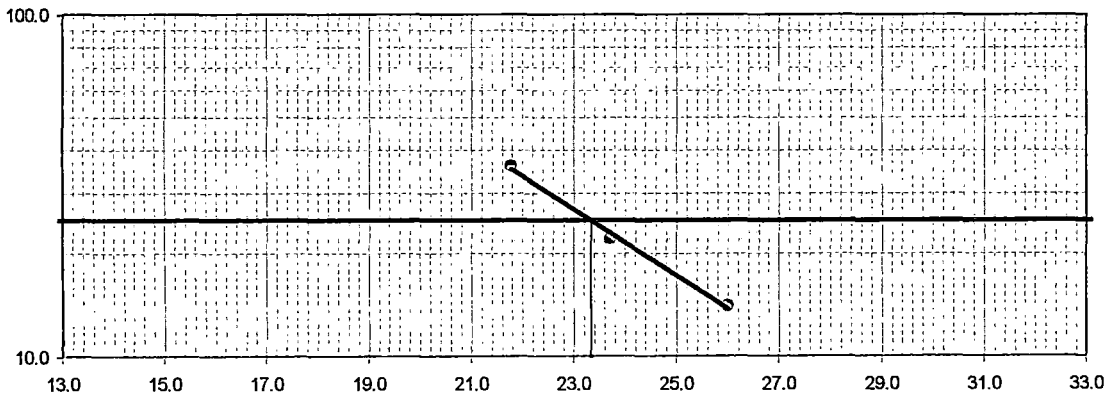
LIMITE LIQUIDO

	14	25	19
N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO	30.09	30.77	29.27
TARRO + SUELO SECO	26.54	27.68	26.41
AGUA	3.55	3.09	2.86
PESO DEL TARRO	12.89	14.65	13.28
PESO DEL SUELO SECO	13.65	13.03	13.13
% DE HUMEDAD	26.01	23.71	21.78
N° DE GOLPES	14	22	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	23.3
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES

CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emision : Ene-07
 Páginas : 03-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-01-07/001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil

TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari

MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)

CANTERA : NC-47

LADO Izq.

UBICACIÓN Km : 699+100

METODO : "A"

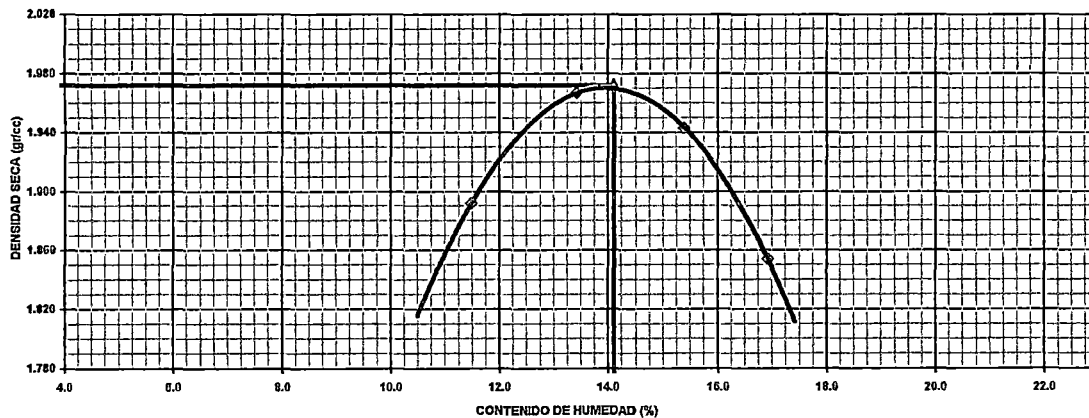
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3159	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE	5150	5265	5275	5205		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1991	2106	2116	2046		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.109	2.231	2.242	2.167		

CONTENIDO DE HUMEDAD




RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	300.00	300.00	300.00	300.00	
PESO SUELOS SECO + TARA	269.10	264.50	260.00	256.60	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	30.90	35.50	40.00	43.40	
PESO DE SUELO SECO	269.10	264.50	260.00	256.60	
CONTENIDO DE AGUA	11.48	13.42	15.38	16.91	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.892	1.967	1.943	1.854	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.972 gr/cc HUMEDAD OPTIMA: 14.10

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\02 diseño cant nc-47\cemento_6%.xls\granulometria

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	 <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N° : SYP-ENE-07 F. de Emisión : Ene-07 Páginas : 04-04 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. M.C.B. Certificado N° : SCT-01-07/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Inapari MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento) CANTERA : NC-47	LADO Izq. UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	526	518	521			
CARGA (Kg)	2397	2361	2374			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	29.91	29.47	29.63			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	29.67					

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur Tramo: 3
 ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 CANTERA : NC-47
 MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 4% cemento) CLASIF. SUELOS : A-2-4(0)
 BRIQUETA : N° 328
 PESO SECO : 1805 gr. % AGUA RETENIDA : 2.5
 ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
11-Dic	1er ciclo	09:00	1845	1825	10:00	15:00	1.4
13-Dic	2do ciclo	09:00	1826	1816	10:00	15:00	1.9
15-Dic	3er ciclo	09:00	1813	1802	10:00	15:00	2.6
17-Dic	4to ciclo	09:00	1800	1778	10:00	15:00	3.9
19-Dic	5to ciclo	09:00	1775	1765	10:00	15:00	4.6
21-Dic	6to ciclo	09:00	1760	1754	10:00	15:00	5.2
23-Dic	7mo ciclo	09:00	1752	1713	10:00	15:00	7.4
25-Dic	8vo ciclo	09:00	1708	1699	10:00	15:00	8.2
27-Dic	9no ciclo	09:00	1697	1687	10:00	15:00	8.8
29-Dic	10mo ciclo	09:00	1683	1668	10:00	15:00	9.9
31-Dic	11mo ciclo	09:00	1667	1642	10:00	15:00	11.3
02-Ene	12mo ciclo	09:00	1634	1595	10:00	15:00	13.8

% DURABILIDAD 13.8 %

OBSERVACIONES :

Cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA ESPECIFICACION N : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 5% cemento) **CANTERA** : NC-47
BRIQUETA : N° 312 **CLASIF. SUELOS** : A-2-4(0)
PESO SECO : 1809 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
11-Dic	1er ciclo	09:00	1931	1841	10:00	15:00	0.7
13-Dic	2do ciclo	09:00	1890	1829	10:00	15:00	1.4
15-Dic	3er ciclo	09:00	1863	1814	10:00	15:00	2.2
17-Dic	4to ciclo	09:00	1843	1795	10:00	15:00	3.2
19-Dic	5to ciclo	09:00	1821	1780	10:00	15:00	4.0
21-Dic	6to ciclo	09:00	1793	1765	10:00	15:00	4.8
23-Dic	7mo ciclo	09:00	1785	1741	10:00	15:00	6.1
25-Dic	8vo ciclo	09:00	1752	1716	10:00	15:00	7.5
27-Dic	9no ciclo	09:00	1732	1695	10:00	15:00	8.6
29-Dic	10mo ciclo	09:00	1708	1660	10:00	15:00	10.5
31-Dic	11mo ciclo	09:00	1685	1648	10:00	15:00	11.1
02-Ene	12mo ciclo	09:00	1643	1620	10:00	15:00	12.6

% DURABILIDAD 12.6 %

OBSERVACIONES :

Cumple las especificaciones técnicas del proyecto

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : NC-47
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 6% cemento) **CLASIF. SUELOS** : A-2-4(0)
BRIQUETA : N° 360
PESO SECO : 1807 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
ESPECIF : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
11-Dic	1er ciclo	09:00	1945	1837	10:00	15:00	0.8
13-Dic	2do ciclo	09:00	1940	1823	10:00	15:00	1.6
15-Dic	3er ciclo	09:00	1935	1796	10:00	15:00	3.0
17-Dic	4to ciclo	09:00	1920	1780	10:00	15:00	3.9
19-Dic	5to ciclo	09:00	1917	1767	10:00	15:00	4.6
21-Dic	6to ciclo	09:00	1896	1753	10:00	15:00	5.4
23-Dic	7mo ciclo	09:00	1890	1738	10:00	15:00	6.2
25-Dic	8vo ciclo	09:00	1846	1724	10:00	15:00	6.9
27-Dic	9no ciclo	09:00	1880	1702	10:00	15:00	8.1
29-Dic	10mo ciclo	09:00	1867	1689	10:00	15:00	8.8
31-Dic	11mo ciclo	09:00	1830	1665	10:00	15:00	10.1
02-Ene	12mo ciclo	09:00	1712	1644	10:00	15:00	11.3

% DURABILIDAD 11.3 %

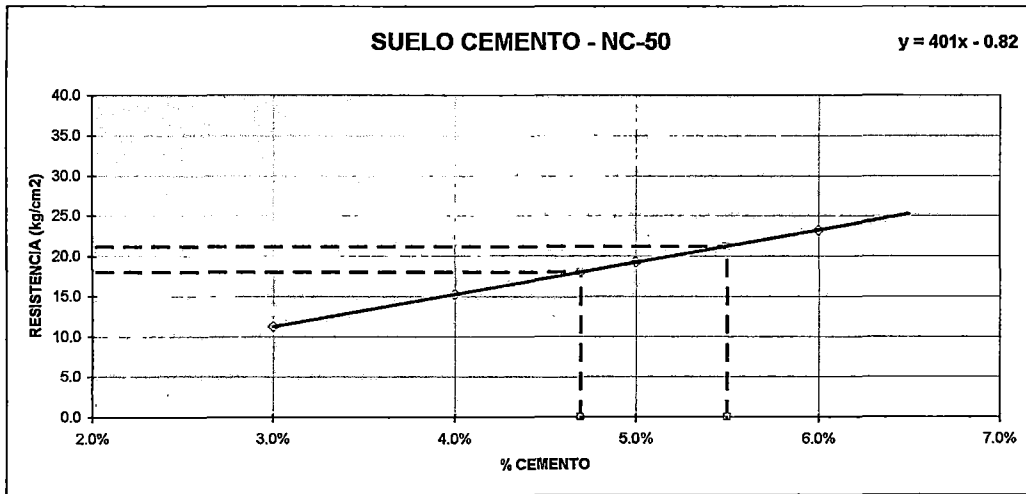
OBSERVACIONES :

Cumple las especificaciones tecnicas del proyecto

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Itaparí
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : NC-50

RESUMEN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD
SUELO CEMENTO

% CEMENTO	MEZCLA	GRANULOMETRIA				L.L.	IP	CLASIFICACION		MAX. DENS.	HUM. OPT.	Resistencia kg/cm ²
		N°4	N° 10	N° 40	N° 200			AASHTO	SUCS			
0.0 %	Suelo	100.0	99.3	90.6	24.8	32	7	A-2-4 (0)	SM	1.913	9.5	
3.0 %	Suelo	100.0	99.3	90.9	28.2	29	5	A-2-4 (0)	SM	1.920	10.4	11.2
4.0 %	Suelo	100.0	99.3	91.0	29.3	28	4	A-2-4 (0)	SM	1.931	11.2	15.2
5.0 %	Suelo	100.0	99.3	91.0	30.4	27	3	A-2-4 (0)	SM	1.943	12.4	19.3
6.0 %	Suelo	100.0	99.4	91.1	31.8	26	2	A-2-4 (0)	SM	1.951	12.9	23.2



* Se tomo un CV=20% respecto al avance actual de obra

RESIST	% CEMENTO
18.00	4.69
21.24	5.50

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-98**

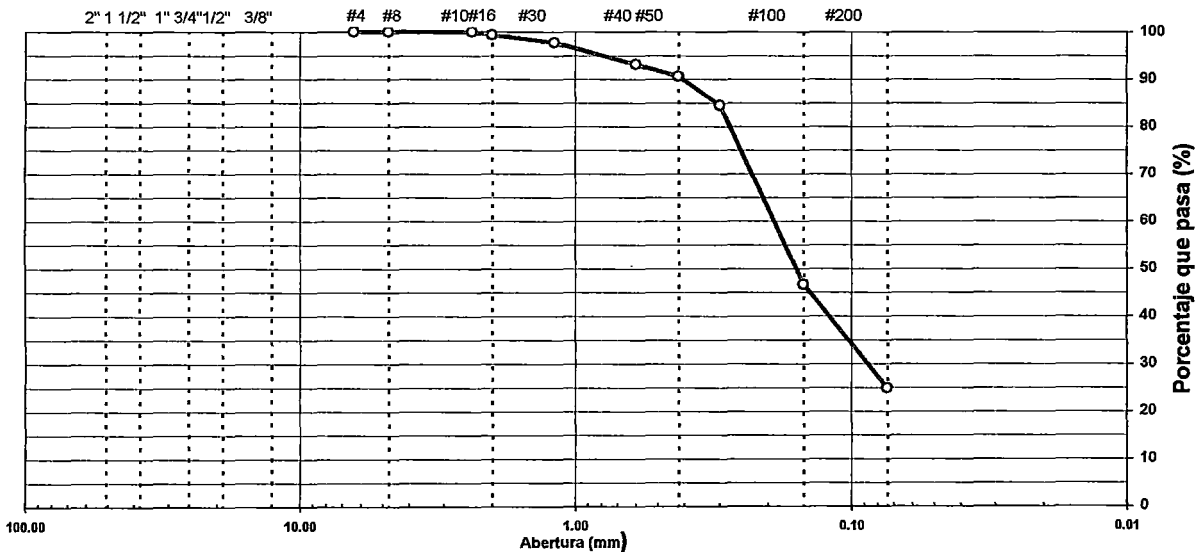
PROYECTO : Corredor Vial Interamericano Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 707+200

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	520.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	391.0	gr			
2"	50.800						PESO FINO	=	520.0	gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	32.2	%			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	25.5	%			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	=	6.6	%			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS	=	SM				
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.913	gr/cc			
# 4	4.760						HUMEDAD OPT.	=	9.5	%			
# 8	2.360				100.0								
# 10	2.000	3.8	0.7	0.7	99.3								
# 16	1.190	8.5	1.6	2.4	97.6		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 30	0.600	23.5	4.5	6.9	93.1			520.0	391.0	24.8			
# 40	0.420	13.2	2.5	9.4	90.6								
# 50	0.300	32.0	6.2	15.6	84.4								
# 100	0.149	196.5	37.8	53.4	46.6								
# 200	0.074	113.5	21.8	75.2	24.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.			
< # 200	FONDO	129.0	24.8	100.0			NATURAL						
FRACCION		520.0					Coef. Uniformidad						
TOTAL		520.0					Coef. Curvatura						

Descripción del suelo:

CURVA GRANULOMETRICA





**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-NOV-06
 Fecha de Emisión : Nov-06
 Páginas : 02-03
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-11-06/001

**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
UBICACIÓN : 707+200

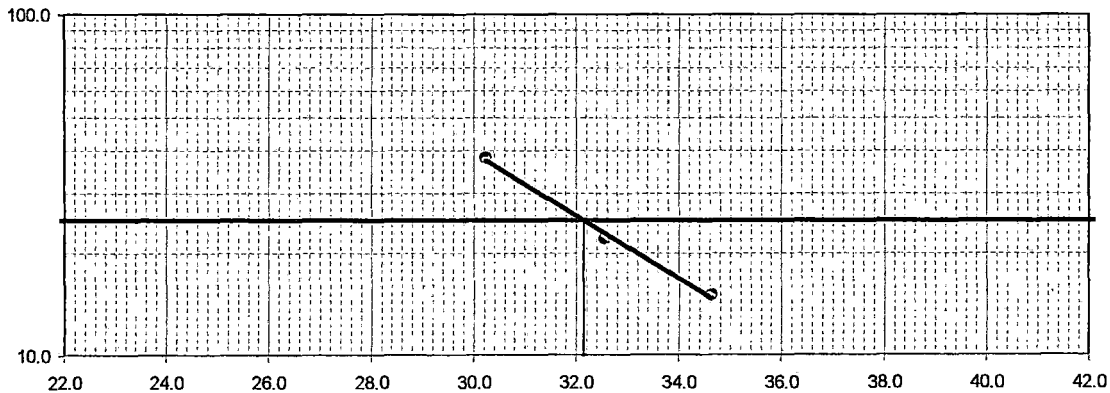
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	16	22	35
TARRO + SUELO HUMEDO	30.11	33.60	34.23
TARRO + SUELO SECO	25.68	28.65	29.69
AGUA	4.43	4.95	4.54
PESO DEL TARRO	12.89	13.45	14.68
PESO DEL SUELO SECO	12.79	15.20	15.01
% DE HUMEDAD	34.64	32.57	30.25
N° DE GOLPES	15	22	38

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	3	8
TARRO + SUELO HUMEDO	26.58	25.63
TARRO + SUELO SECO	23.15	22.70
AGUA	3.43	2.93
PESO DEL TARRO	10.10	10.89
PESO DEL SUELO SECO	13.05	11.81
% DE HUMEDAD	26.28	24.81

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	32.2
LIMITE PLASTICO	25.5
INDICE DE PLASTICIDAD	6.6

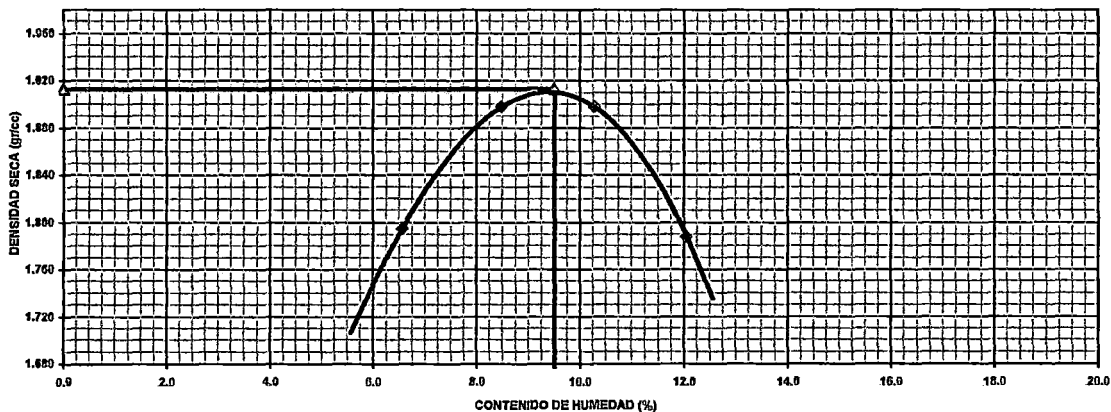
OBSERVACIONES

CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**
Informe N° : SYP-NOV-06
F. de Emision : Nov-06
Páginas : 03-03
Realizado por : Tec. H.A.M.
Revisado por : Ing. M.C.B.
Certificado N° : SCT-11-06/001
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (Natural)
CANTERA : NC-50
LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 707+200
METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	PESO DEL MOLDE (gr.) :			
944	1	2	3	4
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	4965	5103	5135	5050
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1806	1944	1976	1891
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.913	2.059	2.093	2.003
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	320.00	320.00	320.00	320.00
PESO SUELOS SECO + TARA	300.30	295.00	290.20	285.60
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	19.70	25.00	29.80	34.40
PESO DE SUELO SECO	300.30	295.00	290.20	285.60
CONTENIDO DE AGUA	6.56	8.47	10.27	12.04
PESO VOLUMETRICO SECO	1.795	1.898	1.898	1.788
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.913	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	9.50

GRAFICO DEL PROCTOR

c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\03 diseño cant nc-50\natural_01.xls\granulometria

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

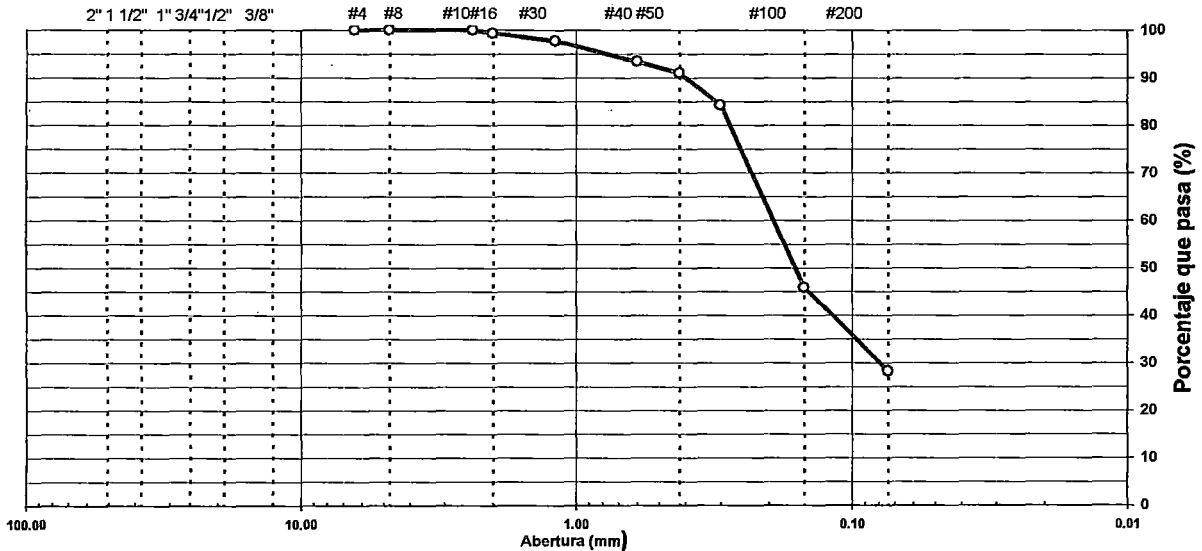
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Ifapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (3% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 707+200

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL =	545.0	gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO =	391.40	gr				
2"	50.800						PESO FINO =	545.0	gr				
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO =	29.2	%				
1"	25.400						LIMITE PLASTICO =	24.2	%				
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO =	5.0	%				
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO =	A-2-4	(0)				
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS =	SM					
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA =	1.920	gr/cc				
# 4	4.760						HUMEDAD OPT. =	10.4	%				
# 8	2.360				100.0		RESIST. 7 DIAS =	11.2	Kg/cm2				
# 10	2.000	4.0	0.7	0.7	99.3								
# 16	1.190	8.6	1.6	2.3	97.7		Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200			
# 30	0.600	23.5	4.3	6.6	93.4			545.0	391.4	28.2			
# 40	0.420	13.5	2.5	9.1	90.9								
# 50	0.300	36.8	6.8	15.9	84.2								
# 100	0.149	209.0	38.4	54.2	45.8								
# 200	0.074	96.0	17.6	71.8	28.2		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.			
< # 200	FONDO	153.6	28.2	100.0			NATURAL						
FRACCION		545.0					Coef. Uniformidad	-					
TOTAL		545.0					Coef. Curvatura	-					

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (3% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 707+200

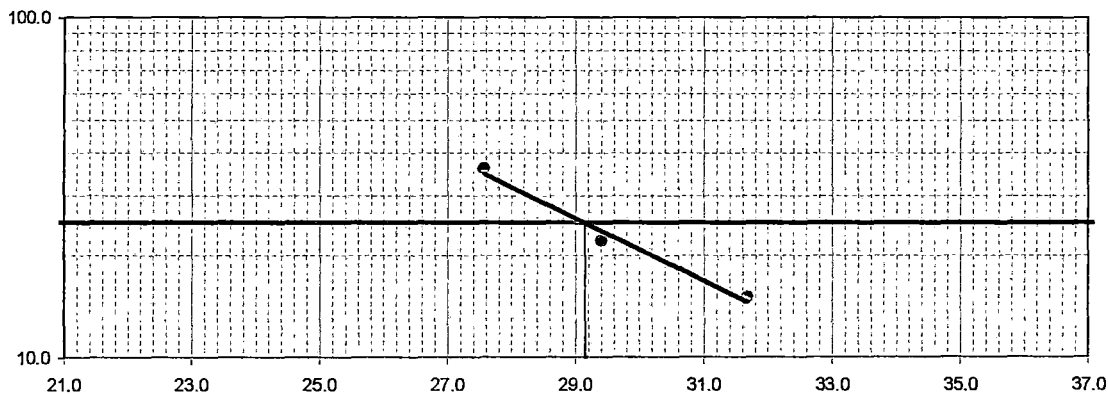
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	25	15	7
TARRO + SUELO HUMEDO	34.57	31.73	30.46
TARRO + SUELO SECO	29.65	27.45	26.33
AGUA	4.92	4.28	4.13
PESO DEL TARRO	14.12	12.90	11.35
PESO DEL SUELO SECO	15.53	14.55	14.98
% DE HUMEDAD	31.68	29.42	27.57
N° DE GOLPES	15	22	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	7	2
TARRO + SUELO HUMEDO	26.60	25.42
TARRO + SUELO SECO	23.68	22.61
AGUA	2.92	2.81
PESO DEL TARRO	11.15	11.38
PESO DEL SUELO SECO	12.53	11.23
% DE HUMEDAD	23.30	25.02

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	29.2
LIMITE PLASTICO	24.2
INDICE DE PLASTICIDAD	5.0

OBSERVACIONES



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : SYP-NOV-06
 F. de Emision : Nov-06
 Páginas : 03-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-11-06/001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

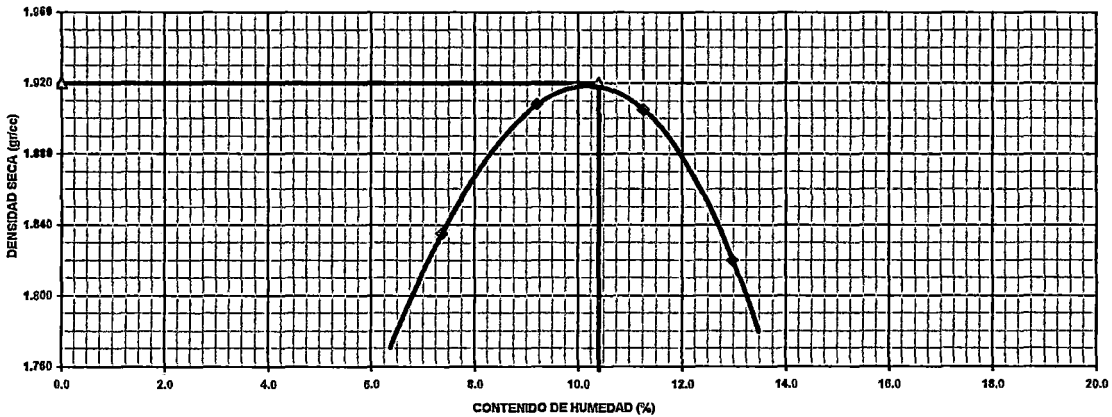
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (3% cemento)
CANTERA : NC-50
LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 707+200

METODO : "A"




VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3159
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5019	5126	5160	5100	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1860	1967	2001	1941	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.970	2.084	2.120	2.056	

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	350.00	350.00	350.00	350.00	
PESO SUELOS SECO + TARA	326.00	320.50	314.60	309.80	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	24.00	29.50	35.40	40.20	
PESO DE SUELO SECO	326.00	320.50	314.60	309.80	
CONTENIDO DE AGUA	7.36	9.20	11.25	12.98	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.835	1.908	1.905	1.820	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.920	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	10.40	

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\03 diseño cant nc-50\cemento_3%.xls\granulometria

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>  <small>Organismo Supervisor de la Infraestructura</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06
		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-11-06/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (3% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : NC-50	UBICACIÓN : 707+200

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3		
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	3.0	3.0	3.0		
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006		
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006		
EDAD (DIAS)	7	7	7		
LECTURA DIAL	188	201	190		
CARGA (Kg)	876	935	885		
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12		
RESISTENCIA (Kg/cm2)	10.94	11.67	11.05		
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	11.22				

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

AASHTO T-1, T-27 y T-88

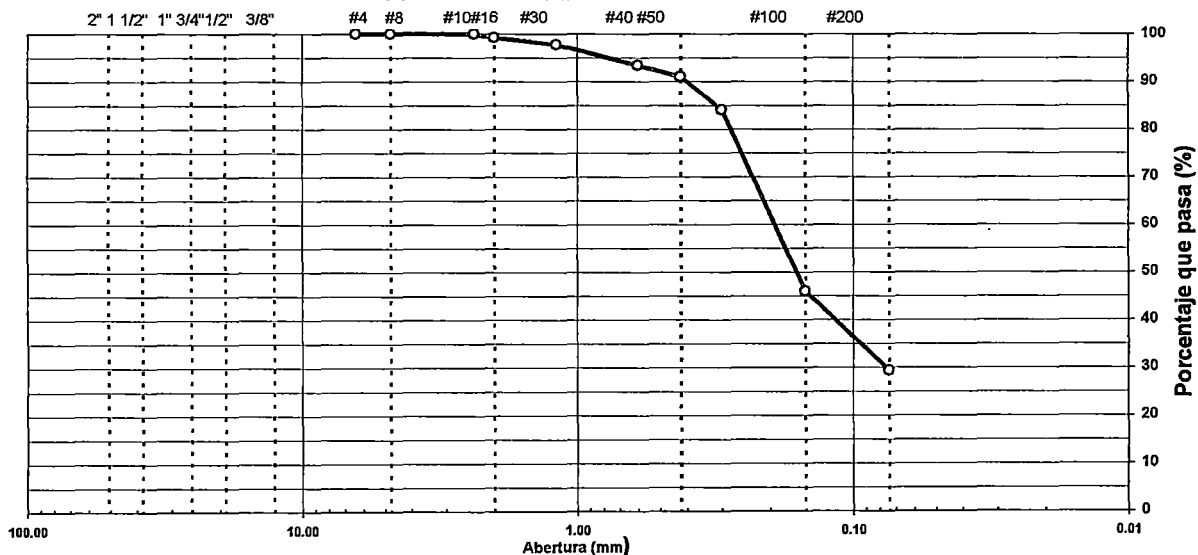
PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Itapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 707+200

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 559.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 395.10 gr
2"	50.800						PESO FINO = 559.0 gr
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 28.4 %
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = 24.2 %
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = 4.3 %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.931 gr/cc
# 4	4.760						HUMEDAD OPT. = 11.2 %
# 8	2.360				100.0		RESIST. 7 DIAS = 15.2 Kg/cm2
# 10	2.000	4.2	0.8	0.8	99.3		
# 16	1.190	8.7	1.6	2.3	97.7		
# 30	0.600	23.8	4.3	6.6	93.4		Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
# 40	0.420	13.5	2.4	9.0	91.0		559.0 395.1 29.3
# 50	0.300	38.5	6.9	15.9	84.1		
# 100	0.149	213.6	38.2	54.1	45.9		
# 200	0.074	92.8	16.6	70.7	29.3		% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humd.
< # 200	FONDO	163.9	29.3	100.0			NATURAL
FRACCION		559.0					Coef. Uniformidad -
TOTAL		559.0					Coef. Curvatura -

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 707+200

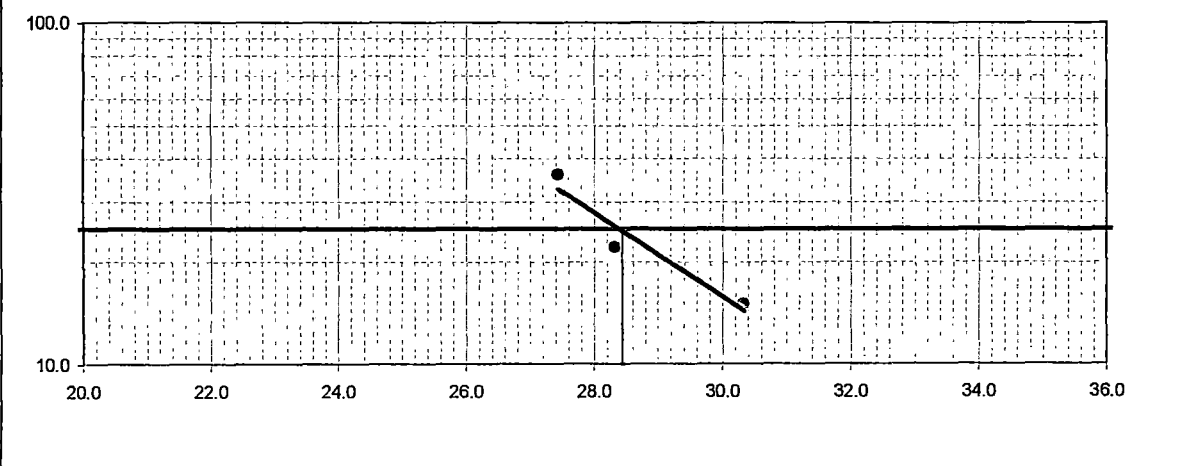
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	5	9	12
TARRO + SUELO HUMEDO	31.54	32.04	31.79
TARRO + SUELO SECO	26.58	27.45	27.65
AGUA	4.96	4.59	4.14
PESO DEL TARRO	10.23	11.25	12.56
PESO DEL SUELO SECO	16.35	16.20	15.09
% DE HUMEDAD	30.34	28.33	27.44
N° DE GOLPES	15	22	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	21	25
TARRO + SUELO HUMEDO	30.66	29.23
TARRO + SUELO SECO	27.48	26.58
AGUA	3.18	2.65
PESO DEL TARRO	14.25	15.68
PESO DEL SUELO SECO	13.23	10.90
% DE HUMEDAD	24.04	24.31

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	28.4
LIMITE PLASTICO	24.2
INDICE DE PLASTICIDAD	4.3

OBSERVACIONES



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

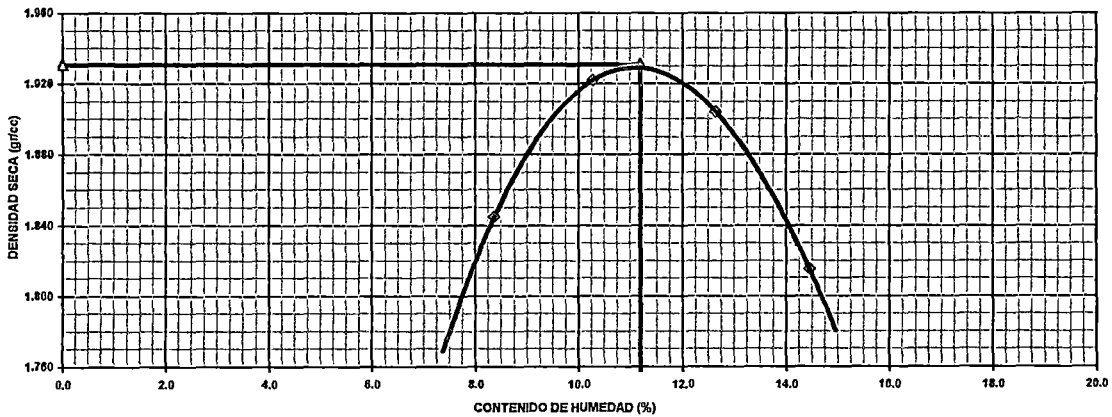
Informe N° : SYP-NOV-06
 F. de Emision : Nov-06
 Páginas : 03-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. M.C.B.
 Certificado N° : SCT-11-06/001

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**




PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (4% cemento) LADO Izq.
 CANTERA : NC-50 UBICACIÓN Km : 707+200

METODO : "A"						
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :			3159	
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5046	5160	5183	5120	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1887	2001	2024	1961	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.999	2.120	2.144	2.077	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA		320.00	320.00	320.00	320.00	
PESO SUELOS SECO + TARA		295.30	290.20	284.10	279.60	
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA		24.70	29.80	35.90	40.40	
PESO DE SUELO SECO		295.30	290.20	284.10	279.60	
CONTENIDO DE AGUA		8.36	10.27	12.64	14.45	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.845	1.922	1.904	1.815	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.931	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:			11.20

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\03 diseño cant nc-50\cemento_4%.xls\granulometria

 Certificado ISO 9001:2000	 Ministerio de Transportes y Comunicaciones	 Oficina Superior de Transportes	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
				F. de Emisión : Nov-06
			Páginas : 04-04	
			Realizado por : Tec. H.A.M.	
			Revisado por : Ing. M.C.B.	
			Certificado N° : SCT-11-06/001	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Base suelo-cemento (4% cemento)	LADO Izq.
CANTERA	: NC-50	UBICACIÓN : 707+200

DATOS DE LA MUESTRA

	1	2	3			
CUERPO DE PROBETA N°						
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	270	263	258			
CARGA (Kg)	1248	1216	1193			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	15.57	15.18	14.89			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	15.21					

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-98

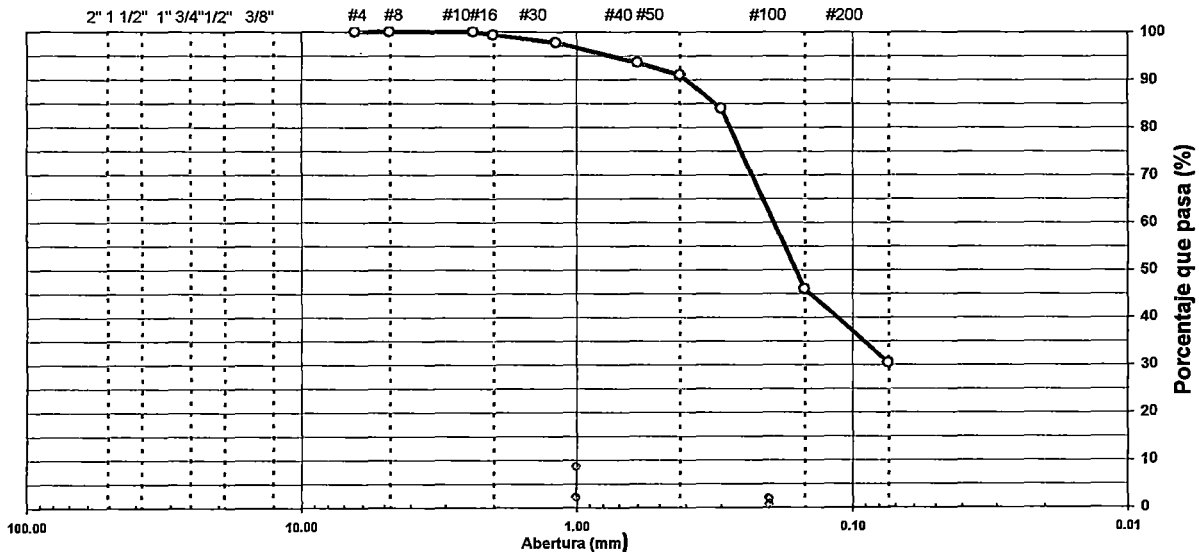
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 707+200

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% O' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 571.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 397.10 gr			
2"	50.800						PESO FINO = 571.0 gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO = 27.2 %			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO = 24.1 %			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO = 3.1 %			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-2-4 [0]			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS = SM			
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.943 gr/cc			
# 4	4.760						HUMEDAD OPT. = 12.4 %			
# 8	2.360				100.0		RESIST. 7 DIAS = 19.3 Kg/cm2			
# 10	2.000	4.1	0.7	0.7	99.3					
# 16	1.190	8.9	1.6	2.3	97.7		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 30	0.600	23.8	4.2	6.5	93.6			571.0	397.1	30.5
# 40	0.420	14.6	2.6	9.0	91.0					
# 50	0.300	40.2	7.0	16.1	84.0					
# 100	0.149	216.9	38.0	54.0	46.0					
# 200	0.074	88.6	15.5	69.6	30.4		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200	FONDO	173.9	30.5	100.0			NATURAL			
FRACCION		571.0					Coef. Uniformidad	-		
TOTAL		571.0					Coef. Curvatura	-		

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 707+200

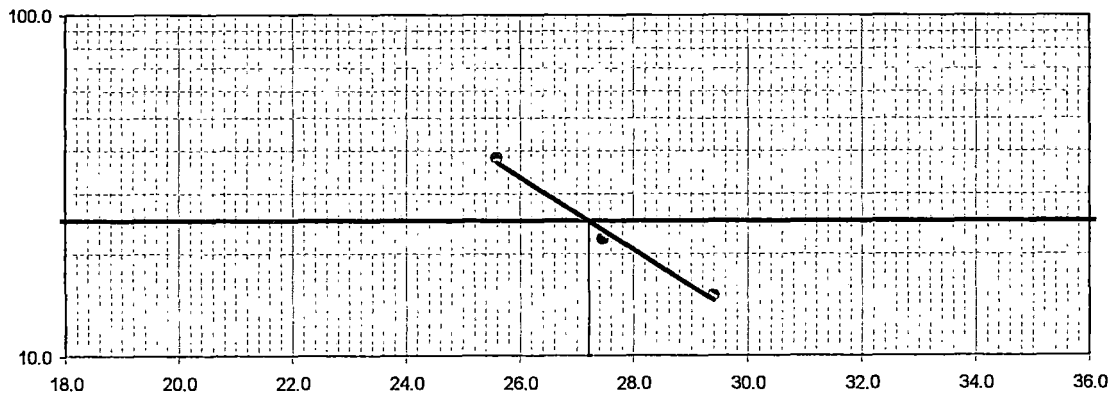
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	15	23	33
TARRO + SUELO HUMEDO	29.42	32.52	33.08
TARRO + SUELO SECO	25.63	28.40	29.35
AGUA	3.79	4.12	3.73
PESO DEL TARRO	12.74	13.40	14.78
PESO DEL SUELO SECO	12.89	15.00	14.57
% DE HUMEDAD	29.40	27.47	25.60
N° DE GOLPES	15	22	38

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	5	6
TARRO + SUELO HUMEDO	31.35	30.22
TARRO + SUELO SECO	27.48	26.58
AGUA	3.87	3.64
PESO DEL TARRO	11.25	11.68
PESO DEL SUELO SECO	16.23	14.90
% DE HUMEDAD	23.84	24.43

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	27.2
LIMITE PLASTICO	24.1
INDICE DE PLASTICIDAD	3.1

OBSERVACIONES

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emision : Nov-06
OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>		Páginas : 03-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-11-06/001

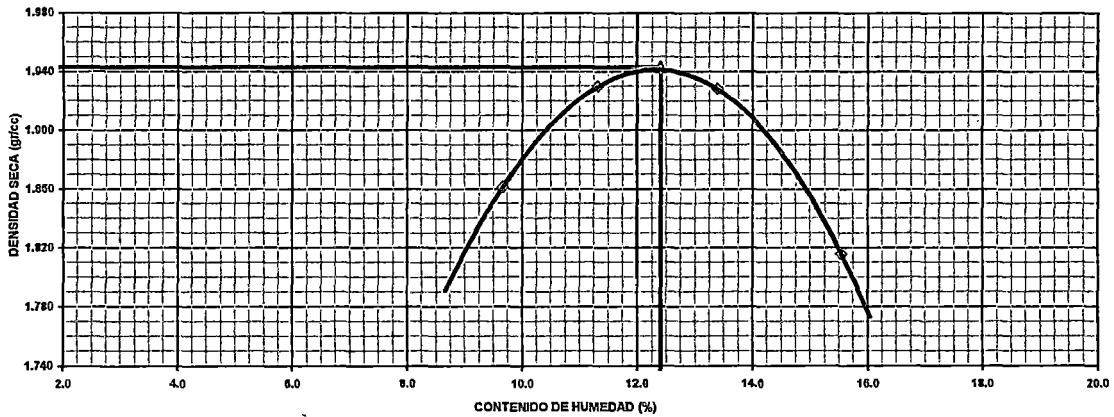
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)
CANTERA : NC-50




LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 707+200

METODO : "A"				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944			
	PESO DEL MOLDE (gr.) :			
	3159			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	5085	5187	5223	5140
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1926	2028	2064	1981
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.040	2.148	2.186	2.099
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	360.00	360.00	360.00	360.00
PESO SUELOS SECO + TARA	328.30	323.40	317.50	311.60
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	31.70	36.60	42.50	48.40
PESO DE SUELO SECO	328.30	323.40	317.50	311.60
CONTENIDO DE AGUA	9.66	11.32	13.39	15.53
PESO VOLUMETRICO SECO	1.861	1.930	1.928	1.816
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.943	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	12.40

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\03. diseño suelo cemento\03 diseño cart nc-50\cemento_5%\.xls\granulometria

 Certificado ISO 9001:2000  Ministerio de Transportes y Comunicaciones  Organismo Supervisor de la Infraestructura Ministerio de Transportes y Comunicaciones	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06
		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
		Certificado N° : SCT-11-06/001

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (5% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : NC-50	UBICACIÓN : 707+200

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3		
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0	5.0		
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006		
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006		
EDAD (DIAS)	7	7	7		
LECTURA DIAL	337	344	330		
CARGA (Kg)	1550	1581	1518		
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12		
RESISTENCIA (Kg/cm2)	19.34	19.74	18.95		
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	19.34				

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

AASHTO T-1, T-27 y T-88

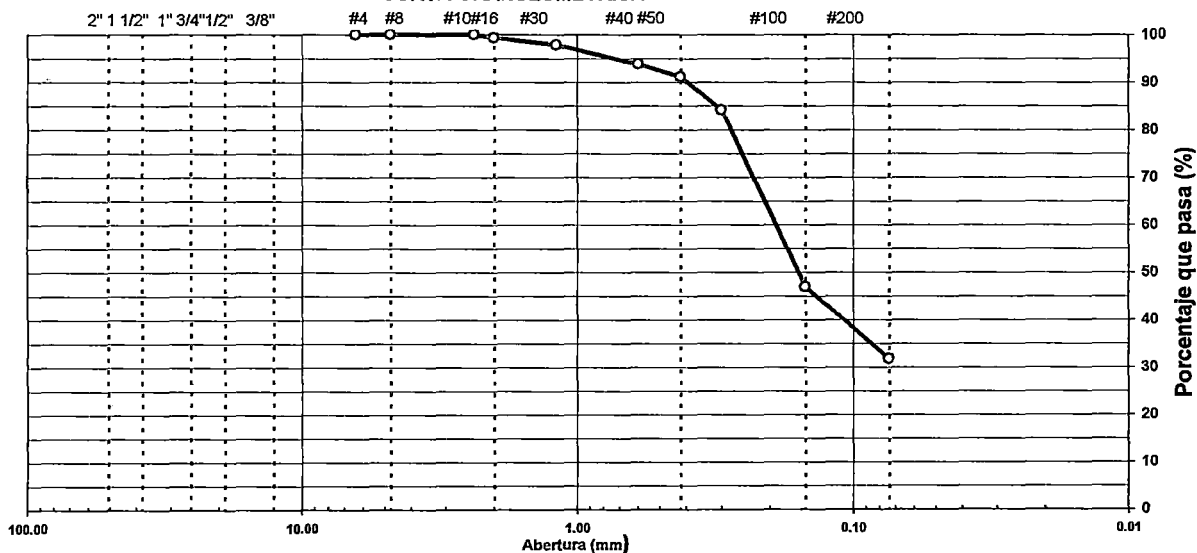
PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Itapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN Km : 707+200

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	592.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	403.70	gr			
2"	50.800						PESO FINO	=	592.0	gr			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	26.1	%			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	24.3	%			
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	=	1.8	%			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCCS	=	SM				
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.951	gr/cc			
# 4	4.760						HUMEDAD OPT.	=	12.9	%			
# 8	2.360				100.0		RESIST. 7 DIAS	=	23.2	Kg/cm2			
# 10	2.000	3.8	0.6	0.6	99.4								
# 16	1.190	9.2	1.6	2.2	97.8		Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 30	0.600	23.9	4.0	6.2	93.8			592.0	403.7	31.8			
# 40	0.420	15.6	2.6	8.9	91.1								
# 50	0.300	42.1	7.1	16.0	84.0								
# 100	0.149	219.5	37.1	53.1	46.9								
# 200	0.074	89.6	15.1	68.2	31.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.			
<# 200	FONDO	188.3	31.8	100.0			NATURAL						
FRACCION		592.0					Coef. Uniformidad	-					
TOTAL		592.0					Coef. Curvatura	-					

Descripción del suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
 CANTERA : NC-50

LADO Izq.
 UBICACIÓN : 707+200

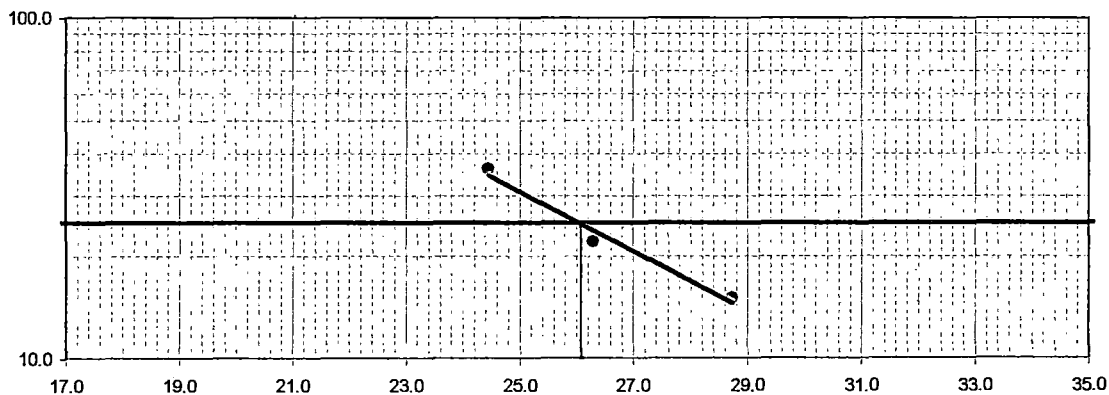
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	25	16	9
TARRO + SUELO HUMEDO	34.28	31.26	30.19
TARRO + SUELO SECO	29.78	27.45	26.53
AGUA	4.50	3.81	3.66
PESO DEL TARRO	14.12	12.96	11.56
PESO DEL SUELO SECO	15.66	14.49	14.97
% DE HUMEDAD	28.74	26.29	24.45
N° DE GOLPES	15	22	36

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	15	19
TARRO + SUELO HUMEDO	30.00	31.26
TARRO + SUELO SECO	26.58	27.87
AGUA	3.42	3.39
PESO DEL TARRO	12.95	13.42
PESO DEL SUELO SECO	13.63	14.45
% DE HUMEDAD	25.09	23.46

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	26.1
LIMITE PLASTICO	24.3
INDICE DE PLASTICIDAD	1.8

OBSERVACIONES

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)
CANTERA : NC-50

LADO Izq.
UBICACIÓN Km : 707+200

METODO : "A"

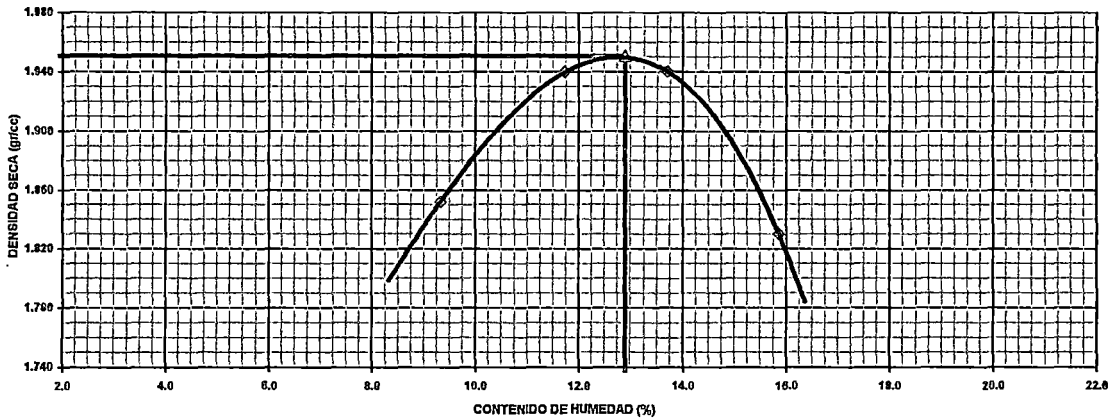
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	944	PESO DEL MOLDE (gr.) :				3159
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		5070	5205	5241	5160	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1911	2046	2082	2001	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.024	2.167	2.206	2.120	




CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA		380.00	380.00	380.00	380.00	
PESO SUELOS SECO + TARA		347.60	340.10	334.20	328.00	
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA		32.40	39.90	45.80	52.00	
PESO DE SUELO SECO		347.60	340.10	334.20	328.00	
CONTENIDO DE AGUA		9.32	11.73	13.70	15.85	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.852	1.940	1.940	1.830	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.951 gr/cc HUMEDAD OPTIMA: 12.90

GRAFICO DEL PROCTOR



 Certificado ISO 9001:2000  Ministerio de Transportes y Comunicaciones  Organismo Supervisor de la Infraestructura Ministerio de Transportes y Comunicaciones	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-NOV-06
		F. de Emisión : Nov-06
		Páginas : 04-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. M.C.B.
Certificado N° : SCT-11-06/001		

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento (6% cemento)	LADO Izq.
CANTERA : NC-50	UBICACIÓN : 707+200

DATOS DE LA MUESTRA

	1	2	3			
CUERPO DE PROBETA N°						
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	24/11/2006	24/11/2006	24/11/2006			
FECHA DE ROTURA	01/12/2006	01/12/2006	01/12/2006			
EDAD (DIAS)	7	7	7			
LECTURA DIAL	404	395	420			
CARGA (Kg)	1851	1811	1923			
AREA CM 2	80.12	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	23.10	22.60	24.00			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	23.23					

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA ESPECIFICACION : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
N : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : NC-50
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 3.0% cemento)
BRIQUETA : N° 263 **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
PESO SECO : 1906 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
HUMEDAD : 10.4 **ESPECIF** : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
16-Nov	1er ciclo	09:00	1792	1762	10:00	15:00	4.1
18-Nov	2do ciclo	09:00	1760	1748	10:00	15:00	4.8
20-Nov	3er ciclo	09:00	1747	1735	10:00	15:00	5.5
22-Nov	4to ciclo	09:00	1732	1710	10:00	15:00	6.9
24-Nov	5to ciclo	09:00	1708	1692	10:00	15:00	7.9
26-Nov	6to ciclo	09:00	1689	1665	10:00	15:00	9.4
28-Nov	7mo ciclo	09:00	1662	1635	10:00	15:00	11.0
30-Nov	8vo ciclo	09:00	1633	1612	10:00	15:00	12.2
02-Dic	9no ciclo	09:00	1610	1584	10:00	15:00	13.8
04-Dic	10mo ciclo	09:00	1582	1567	10:00	15:00	14.7
06-Dic	11mo ciclo	09:00	1565	1542	10:00	15:00	16.0
08-Dic	12mo ciclo	09:00	1538	1515	10:00	15:00	17.5

% DURABILIDAD 17.5 %

OBSERVACIONES :

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA ESPECIFICACION : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
N : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : NC-50
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 4.0% cemento)
BRIQUETA : N° 271 **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
PESO SECO : 1945 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
HUMEDAD : 11.2 **ESPECIF** : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
16-Nov	1er ciclo	09:00	1810	1785	10:00	15:00	3.8
18-Nov	2do ciclo	09:00	1782	1768	10:00	15:00	4.7
20-Nov	3er ciclo	09:00	1766	1752	10:00	15:00	5.6
22-Nov	4to ciclo	09:00	1750	1732	10:00	15:00	6.6
24-Nov	5to ciclo	09:00	1730	1712	10:00	15:00	7.7
26-Nov	6to ciclo	09:00	1710	1695	10:00	15:00	8.6
28-Nov	7mo ciclo	09:00	1690	1667	10:00	15:00	10.1
30-Nov	8vo ciclo	09:00	1665	1647	10:00	15:00	11.2
02-Dic	9no ciclo	09:00	1644	1632	10:00	15:00	12.0
04-Dic	10mo ciclo	09:00	1629	1608	10:00	15:00	13.3
06-Dic	11mo ciclo	09:00	1607	1588	10:00	15:00	14.4
08-Dic	12mo ciclo	09:00	1585	1570	10:00	15:00	15.4

% DURABILIDAD 15.4 %

OBSERVACIONES :

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA ESPECIFICACION : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
N : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : NC-50
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 5.0% cemento)
BRIQUETA : N° 305 **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
PESO SECO : 1943 gr. **% AGUA RETENID/** : 2.5
HUMEDAD : 12.4 **ESPECIF** : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
16-Nov	1er ciclo	09:00	1808	1769	10:00	15:00	4.5
18-Nov	2do ciclo	09:00	1768	1755	10:00	15:00	5.3
20-Nov	3er ciclo	09:00	1753	1740	10:00	15:00	6.1
22-Nov	4to ciclo	09:00	1739	1726	10:00	15:00	6.9
24-Nov	5to ciclo	09:00	1724	1715	10:00	15:00	7.5
26-Nov	6to ciclo	09:00	1713	1703	10:00	15:00	8.1
28-Nov	7mo ciclo	09:00	1701	1690	10:00	15:00	8.8
30-Nov	8vo ciclo	09:00	1687	1678	10:00	15:00	9.5
02-Dic	9no ciclo	09:00	1676	1662	10:00	15:00	10.3
04-Dic	10mo ciclo	09:00	1660	1645	10:00	15:00	11.2
06-Dic	11mo ciclo	09:00	1643	1629	10:00	15:00	12.1
08-Dic	12mo ciclo	09:00	1627	1608	10:00	15:00	13.2

% DURABILIDAD 13.2 %

OBSERVACIONES :

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE LA MEZCLA SUELO - CEMENTO COMPACTADA

OBRA : Supervision de los estudios de las Obras Corredor Vial Interoceanico del Sur **Tramo: 3**
ESPECIFICACION : MTC E 1104-2000 **CANTERA** : NC-50
MATERIAL : Suelo - Cemento (Mezcla 6.0% cemento)
BRIQUETA : N° 285 **CLASIF. SUELOS** : A-2-4
PESO SECO : 1981 gr. **% AGUA RETENIDA** : 2.5
HUMEDAD : 12.9 **ESPECIF** : 14% max

FECHA DE CICLO	N° CICLO	HORA DE CEPILLADO	ANTES DE CEPILLAR	DESPUES DE CEPILLAR	HORARIO DE BRIQUETA EN HORNO (5 HORAS)		% DURABILIDAD
					INGRESO AGUA	INGRESO HORNO	
16-Nov	1er ciclo	09:00	1783	1770	10:00	15:00	3.2
18-Nov	2do ciclo	09:00	1768	1755	10:00	15:00	4.0
20-Nov	3er ciclo	09:00	1752	1742	10:00	15:00	4.7
22-Nov	4to ciclo	09:00	1740	1726	10:00	15:00	5.6
24-Nov	5to ciclo	09:00	1723	1715	10:00	15:00	6.2
26-Nov	6to ciclo	09:00	1712	1700	10:00	15:00	7.0
28-Nov	7mo ciclo	09:00	1698	1691	10:00	15:00	7.5
30-Nov	8vo ciclo	09:00	1689	1678	10:00	15:00	8.2
02-Dic	9no ciclo	09:00	1675	1670	10:00	15:00	8.6
04-Dic	10mo ciclo	09:00	1667	1655	10:00	15:00	9.4
06-Dic	11mo ciclo	09:00	1653	1650	10:00	15:00	9.7
08-Dic	12mo ciclo	09:00	1649	1638	10:00	15:00	10.4

% DURABILIDAD 10.4 %

OBSERVACIONES :

**ANEXO 04: ESTABILIZACION DE LA
CANTERA SABOYA**

- SUELO CAL
- SUELO CEMENTO TIPO I
- SUELO CEMENTO TIPO IP

**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 AASHTO T-1, T-27 y T-88**

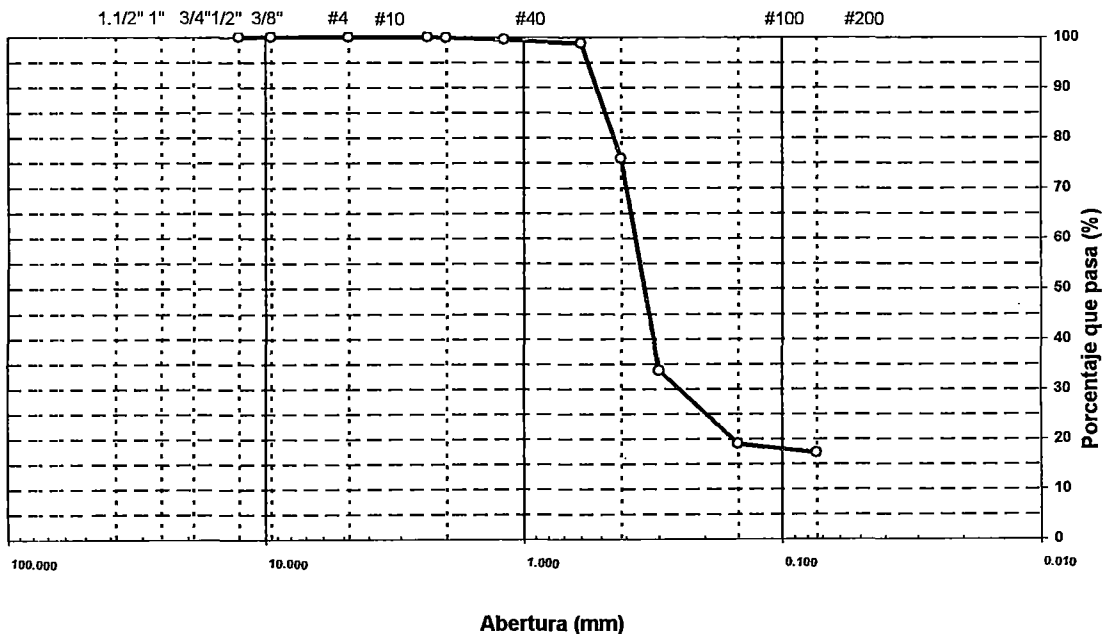
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base natural
CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
UBICACIÓN Km : 651+916

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL	483.0	gr		
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	400.20	gr		
2"	50.800						PESO FINO	483.0	gr		
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	22.8	%		
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	20.0	%		
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	2.8	%		
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	A-2-4 (0)			
3/8"	9.520						CLASF. SUCS	SM			
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	1.928	gr/cc		
# 4	4.760						HUMEDAD OPT.	11.6	%		
# 8	2.360				100.0		CBR AL 95% 0.1"	21.0	%		
# 10	2.000	0.8	0.2	0.2	99.8		CBR AL 95% 0.2"	24.0	%		
# 16	1.190	1.5	0.3	0.5	99.5		Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200	
# 30	0.600	4.1	0.9	1.3	98.7			483.0	400.2	17.1	
# 40	0.420	110.2	22.8	24.2	75.9						
# 50	0.300	204.6	42.4	66.5	33.5						
# 100	0.149	70.1	14.5	81.0	19.0						
# 200	0.074	8.9	1.8	82.9	17.1		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd. Nat.	
< # 200	FONDO	82.8	17.1	100.0							
FRACCION		483.0									
TOTAL		483.0									

Descripción suelo: **Arena limosa**

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base natural
CANTERA : SABOYA

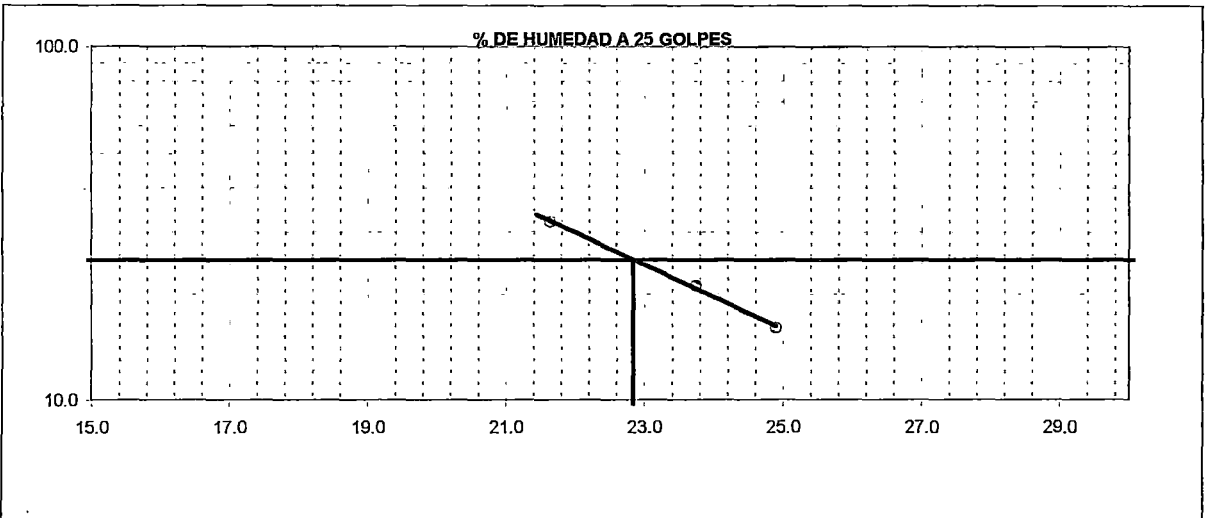
LADO : IZQ
UBICACIÓN : 651+916

LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	7	15	18
TARRO + SUELO HUMEDO	30.21	32.50	34.72
TARRO + SUELO SECO	26.89	29.00	31.05
AGUA	3.32	3.50	3.67
PESO DEL TARRO	13.56	14.26	14.09
PESO DEL SUELO SECO	13.33	14.74	16.96
% DE HUMEDAD	24.91	23.74	21.64
N° DE GOLPES	16	21	32

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	5	12
TARRO + SUELO HUMEDO	22.15	31.00
TARRO + SUELO SECO	20.90	29.15
AGUA	1.25	1.85
PESO DEL TARRO	14.50	20.11
PESO DEL SUELO SECO	6.40	9.04
% DE HUMEDAD	19.53	20.46



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	22.8
LIMITE PLASTICO	20.0
INDICE DE PLASTICIDAD	2.8

OBSERVACIONES

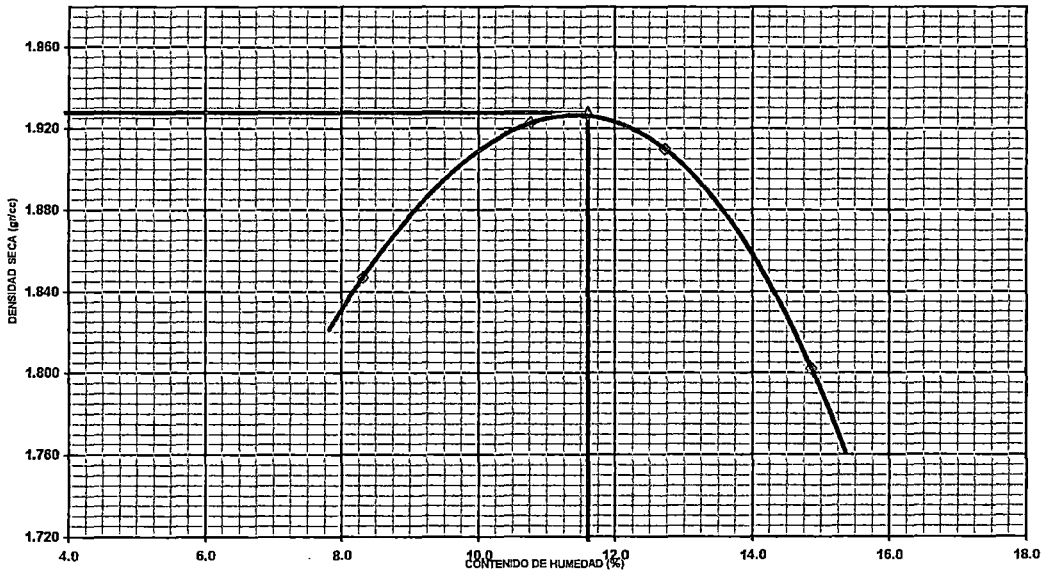
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base natural
CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
UBICACIÓN Km : 651+916

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	936		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3688	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE	5560	5682	5703	5625		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1872	1994	2015	1937		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.000	2.130	2.153	2.069		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	3	4	5	6		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	107.17	101.02	128.38	140.01		
PESO SUELOS SECO + TARA	98.95	91.20	113.90	121.90		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	8.22	9.82	14.48	18.11		
PESO DE SUELO SECO	98.95	91.20	113.90	121.90		
CONTENIDO DE AGUA	8.31	10.77	12.71	14.86		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.847	1.923	1.910	1.802		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.928	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		11.60	

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base natural
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

Molde Nº	19		18		11	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12472	12536	12282	12407	11758	11972
Peso de molde (gr)	7913	7913	7916	7916	7601	7601
Peso del suelo húmedo (gr)	4559	4623	4366	4491	4157	4371
Volumen del molde (cm3)	2121	2121	2105	2105	2121	2121
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.149	2.180	2.074	2.133	1.960	2.061
Humedad (%)	11.46	12.85	11.52	14.65	11.39	16.43
Densidad seca (gr/cm3)	1.928	1.932	1.860	1.860	1.760	1.770
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Tarro + Suelo seco (gr)	161.50	159.50	161.40	157.00	161.60	154.60
Peso del Agua (gr)	18.50	20.50	18.60	23.00	18.40	25.40
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	161.50	159.50	161.40	157.00	161.60	154.60
Humedad (%)	11.46	12.85	11.52	14.65	11.39	16.43
Promedio de Humedad (%)	11.46	12.85	11.52	14.65	11.39	16.43

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.005	0.000	0.00	0.010	0.000	0.01	0.014	0.000	0.01
12/10/2008	12:00	48	0.008	0.000	0.00	0.011	0.000	0.01	0.016	0.000	0.01
13/10/2008	12:00	72	0.009	0.000	0.01	0.012	0.000	0.01	0.018	0.000	0.01
14/10/2008	12:00	96	0.009	0.000	0.01	0.012	0.000	0.01	0.019	0.000	0.01

PENETRACION

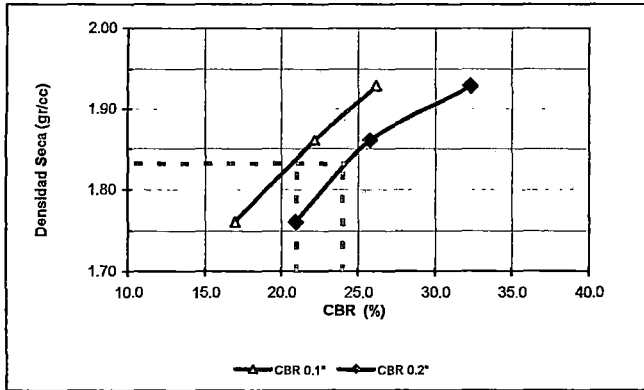
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 19				MOLDE Nº 18				MOLDE Nº 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		20	3.6			15	2.4			15	2.4		
0.050		36	7.4			40	8.3			35	7.1		
0.075		55	11.8			62	13.4			40	8.3		
0.100	70	90	20.0	18.42	26.2	70	15.3	15.61	22.2	50	10.6	11.95	17.0
0.150		121	27.2			95	21.1			85	18.8		
0.200	105.46	158	35.9	34.08	32.3	125	28.2	27.22	25.8	100	22.3	22.08	20.9
0.300		189	43.1			155	35.2			127	28.6		
0.400		222	50.8			184	42.0			145	32.8		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari
 MATERIAL : Sub-base natural
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 26.2	0.2": 32.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 21.0	0.2": 24.0

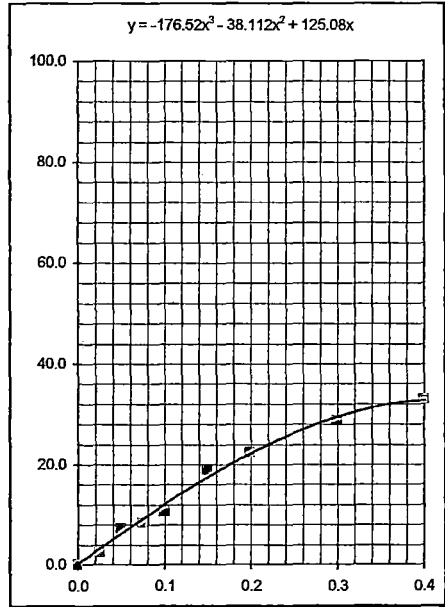
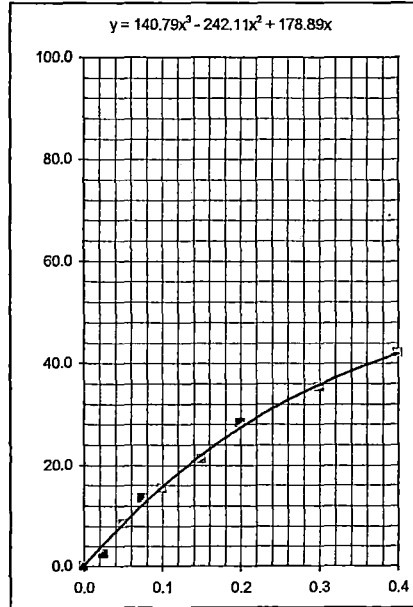
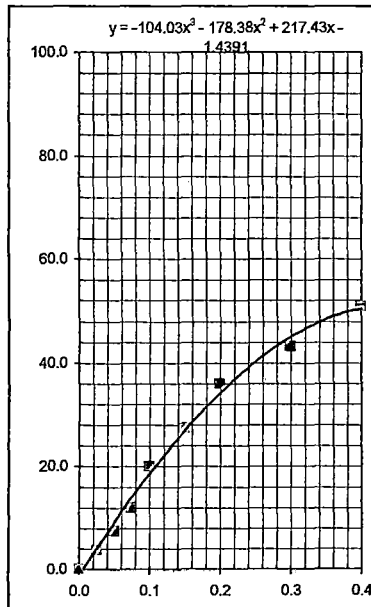
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.928	gr/cc
Óptimo Humedad	11.60	%

OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +2.0% CAL
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

Cond. de la muestra	12		8		2	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	12		8		2	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12290	12360	12215	12349	12198	12380
Peso de molde (gr)	7798	7798	7948	7948	8109	8109
Peso del suelo húmedo (gr)	4492	4562	4267	4401	4089	4271
Volumen del molde (cm ³)	2101	2101	2109	2109	2107	2107
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.138	2.171	2.023	2.087	1.941	2.027
Humedad (%)	11.84	13.48	11.89	14.70	11.87	16.28
Densidad seca (gr/cm ³)	1.912	1.913	1.808	1.820	1.735	1.743
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Tarro + Suelo seco (gr)	143.06	141.00	143.00	139.50	143.02	137.60
Peso del Agua (gr)	16.94	19.00	17.00	20.50	16.98	22.40
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	143.06	141.00	143.00	139.50	143.02	137.60
Humedad (%)	11.84	13.48	11.89	14.70	11.87	16.28
Promedio de Humedad (%)	11.84	13.48	11.89	14.70	11.87	16.28

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
12/10/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
13/10/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
14/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

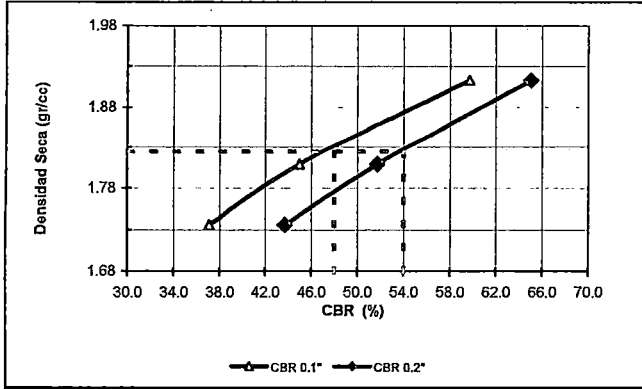
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 12				MOLDE N° 8				MOLDE N° 2			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		45	9.5			12	1.7			15	2.4		
0.050		105	23.5			58	12.5			58	12.5		
0.075		155	35.2			105	23.5			91	20.2		
0.100	70	184	42.0	42.02	59.8	160	36.3	31.62	45.0	124	27.9	26.11	37.1
0.150		241	55.3			200	45.7			162	36.8		
0.200	105.46	300	69.1	68.58	65.0	245	56.2	54.58	51.8	208	47.6	46.07	43.7
0.300		364	84.0			294	67.7			252	57.9		
0.400		400	92.5			362	83.6			292	67.2		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +2.0% CAL
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

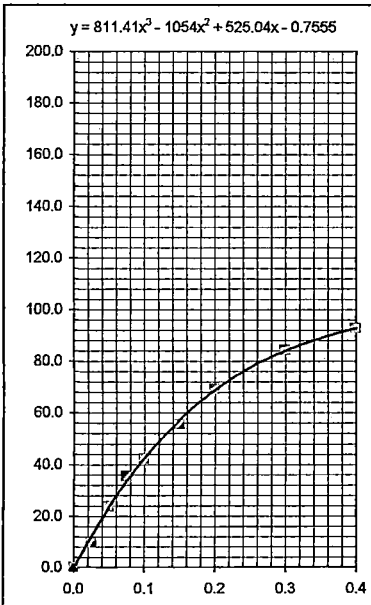


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 59.8	0.2": 65.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 48.0	0.2": 54.0

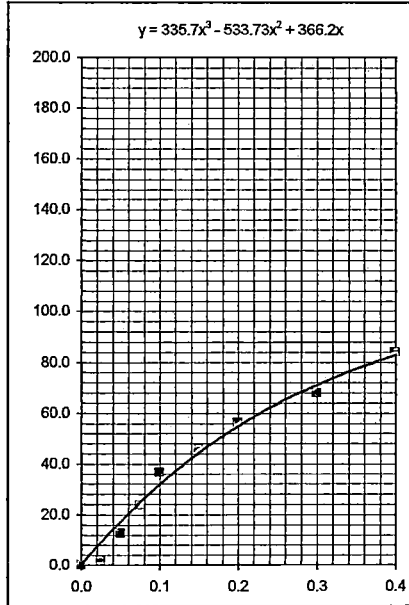
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.920	gr/cc
Optimo Humedad	12.00	%

OBSERVACIONES:

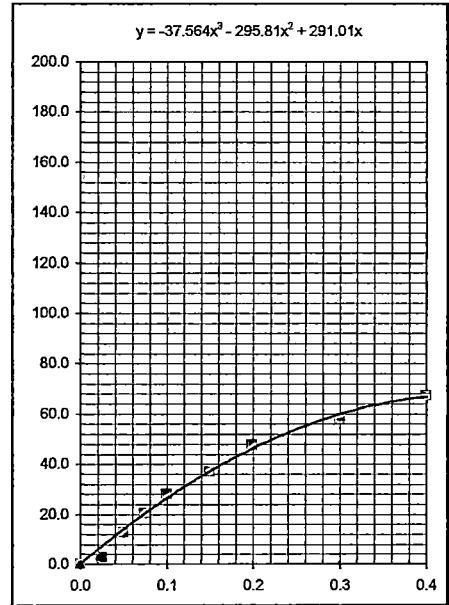
EC = 56 GOLPES




EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +2.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	2.0	2.0			
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008			
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008			
EDAD (DIAS)	28	28			
LECTURA DIAL	185	174			
CARGA (Kg)	820	773			
AREA CM ²	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	10.11	9.54			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	9.82				

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base +2.0% CAL
CANTERA : SABOYA **UBICACIÓN** : 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

--	--	--	--	--	--	--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2				
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	2.0	2.0				
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008				
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008				
EDAD (DIAS)	28	28				
FLUJO MM.	1.00	0.75				
LECTURA DIAL	130	140				
CARGA (Kg)	119	128				
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155				
ALTURA (cm)	6.8	6.8				
RESISTENCIA (Kg/cm2)	1.10	1.18				
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	1.14					

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari
 MATERIAL : Sub-base +3% cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

Cond. de la muestra	16		6		4	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	16		6		4	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12396	12475	12153	12300	11210	11407
Peso de molde (gr)	7882	7882	7813	7813	7100	7100
Peso del suelo húmedo (gr)	4514	4593	4340	4487	4110	4307
Volumen del molde (cm3)	2106	2106	2120	2120	2144	2144
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.143	2.181	2.047	2.117	1.917	2.009
Humedad (%)	12.00	13.82	12.18	15.70	12.09	17.65
Densidad seca (gr/cm3)	1.913	1.916	1.825	1.830	1.710	1.708
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Tarro + Suelo seco (gr)	125.00	123.00	124.80	121.00	124.90	119.00
Peso del Agua (gr)	15.00	17.00	15.20	19.00	15.10	21.00
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	125.00	123.00	124.80	121.00	124.90	119.00
Humedad (%)	12.00	13.82	12.18	15.70	12.09	17.65
Promedio de Humedad (%)	12.00	13.82	12.18	15.70	12.09	17.65

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/10/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
14/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

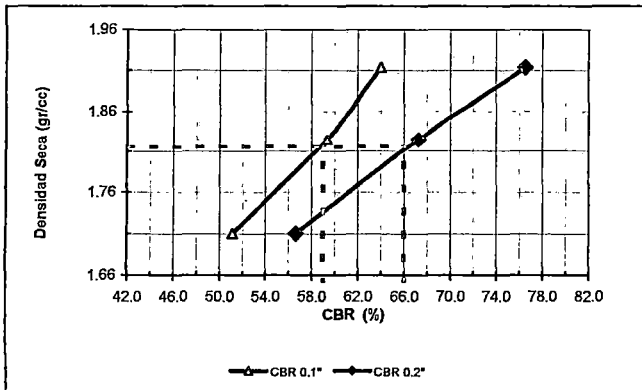
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 16				MOLDE N° 6				MOLDE N° 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		50	10.6			40	8.3			35	7.1		
0.050		102	22.8			92	20.4			75	16.5		
0.075		155	35.2			148	33.5			122	27.5		
0.100	70	210	48.0	45.06	64.1	188	42.9	41.73	59.4	169	38.4	35.98	51.2
0.150		271	62.3			255	58.6			225	51.5		
0.200	105.46	345	79.6	80.71	76.5	310	71.4	70.96	67.3	258	59.3	59.75	56.7
0.300		465	107.7			390	90.1			319	73.5		
0.400		528	122.4			462	107.0			372	85.9		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +3% cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 64.1	0.2": 76.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 59.0	0.2": 66.0

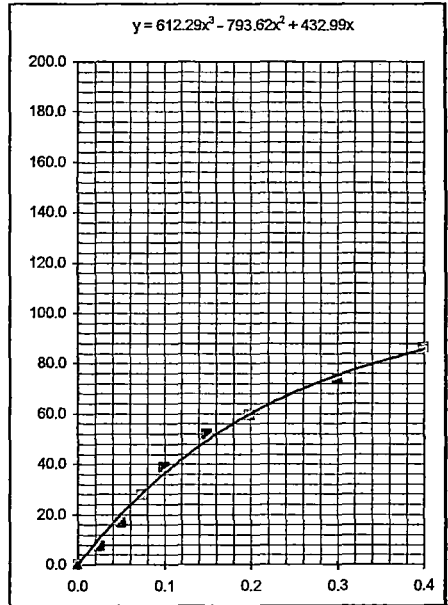
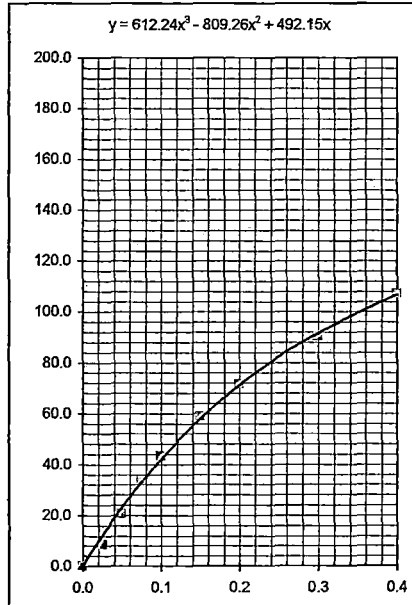
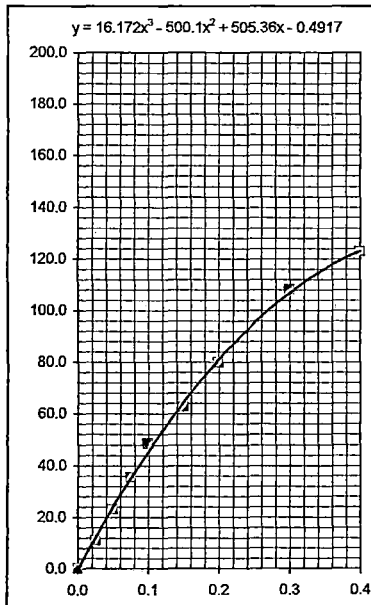
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.912	gr/cc
Óptimo Humedad	12.20	%




OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Sub-base +3.0% CAL	
CANTERA	: SABOYA	UBICACIÓN : 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2				
FORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	3.0	3.0				
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008				
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008				
EDAD (DIAS)	28	28				
LECTURA DIAL	310	315				
CARGA (Kg)	1352	1373				
AREA CM 2	81.1	81.1				
RESISTENCIA (Kg/cm2)	16.67	16.93				
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	16.80					

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
 OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>		

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Inambari
MATERIAL	: Sub-base +3.0% CAL
CANTERA	: SABOYA
	UBICACIÓN : 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

--	--	--	--	--	--	--

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2				
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	3.0	3.0				
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008				
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008				
EDAD (DIAS)	28	28				
FLUJO MM.	1.00	0.75				
LECTURA DIAL	340	350				
CARGA (Kg)	313	322				
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155				
ALTURA (cm)	6.8	6.8				
RESISTENCIA (Kg/cm2)	2.89	2.97				
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	2.93					

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 4% de cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

	17		5		1	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12320	12370	12285	12400	11860	12012
Peso de molde (gr)	7800	7800	7914	7914	7736	7736
Peso del suelo húmedo (gr)	4520	4570	4371	4486	4124	4276
Volumen del molde (cm3)	2112	2112	2144	2144	2114	2114
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.140	2.164	2.039	2.092	1.951	2.023
Humedad (%)	12.34	13.29	12.56	15.38	12.65	16.64
Densidad seca (gr/cm3)	1.905	1.910	1.811	1.813	1.732	1.734
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Tarro + Suelo seco (gr)	133.52	132.40	133.26	130.00	133.15	128.60
Peso del Agua (gr)	16.48	17.60	16.74	20.00	16.85	21.40
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	133.52	132.40	133.26	130.00	133.15	128.60
Humedad (%)	12.34	13.29	12.56	15.38	12.65	16.64
Promedio de Humedad (%)	12.34	13.29	12.56	15.38	12.65	16.64

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/10/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
14/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

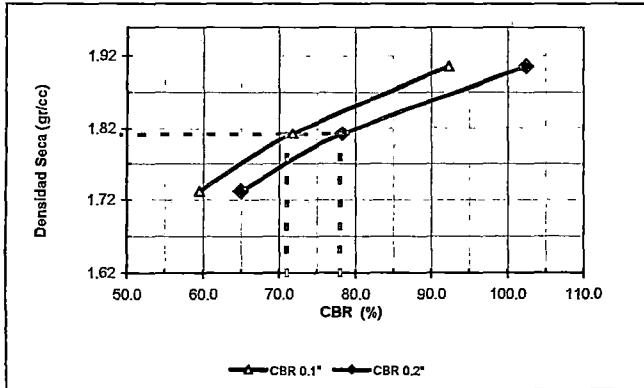
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 17				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 1			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		65	14.1			60	13.0			45	9.5		
0.050		135	30.5			125	28.2			105	23.5		
0.075		221	50.6			170	38.7			155	35.2		
0.100	70	294	67.7	64.94	92.4	222	50.8	50.52	71.9	184	42.0	41.94	59.7
0.150		380	87.8			285	65.6			241	55.3		
0.200	105.46	482	111.6	108.07	102.5	384	88.7	82.60	78.3	300	69.1	68.58	65.0
0.300		568	131.7			429	99.2			364	84.0		
0.400		652	153.7			510	118.2			400	92.5		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iiapari
 MATERIAL : Sub-base +4% de cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

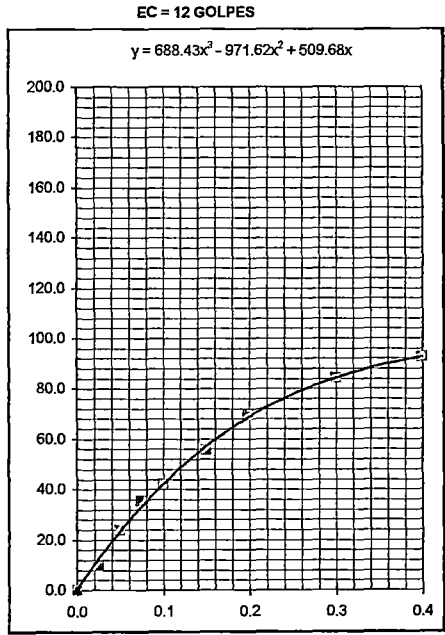
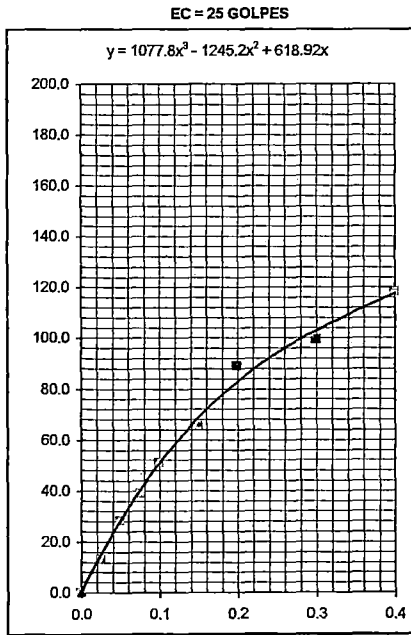
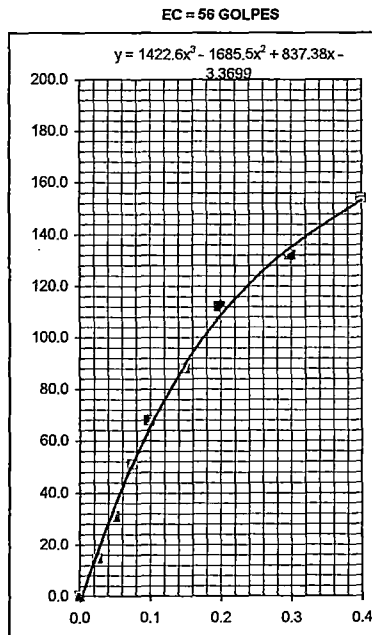
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 92.4	0.2": 102.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 71.0	0.2": 78.0

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.906	gr/cc
Optimo Humedad	12.40	%

OBSERVACIONES:



 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	<p align="center">LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +4.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

--	--	--	--	--	--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008			
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008			
EDAD (DIAS)	28	28			
LECTURA DIAL	376	350			
CARGA (Kg)	1633	1522			
AREA CM 2	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	20.13	18.77			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	19.45				

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +4.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

--	--	--	--	--	--	--

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2				
PORCEAJE DE CAL EN PESO (%)	4.0	4.0				
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008				
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008				
EDAD (DIAS)	28	28				
FLUJO MM.	1.00	0.75				
LECTURA DIAL	390	410				
CARGA (Kg)	359	378				
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155				
ALTURA (cm)	6.8	6.8				
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	3.31	3.48				
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	3.40					

ENSAYO DE CBR

AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 5% de cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

		15		63		30	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa Nº		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12300	12350	10710	10790	10200	10375
Peso de molde (gr)		7778	7778	6435	6435	6168	6168
Peso del suelo húmedo (gr)		4522	4572	4275	4355	4032	4207
Volumen del molde (cm ³)		2109	2109	2069	2069	2084	2084
Densidad húmeda (gr/cm ³)		2.144	2.168	2.066	2.105	1.935	2.019
Humedad (%)		12.50	13.45	12.45	14.41	12.41	16.78
Densidad seca (gr/cm ³)		1.906	1.911	1.837	1.840	1.721	1.729
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)		135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00
Tarro + Suelo seco (gr)		120.00	119.00	120.05	118.00	120.10	115.60
Peso del Agua (gr)		15.00	16.00	14.95	17.00	14.90	19.40
Peso del tarro (gr)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)		120.00	119.00	120.05	118.00	120.10	115.60
Humedad (%)		12.50	13.45	12.45	14.41	12.41	16.78
Promedio de Humedad (%)		12.50	13.45	12.45	14.41	12.41	16.78

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/10/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
14/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

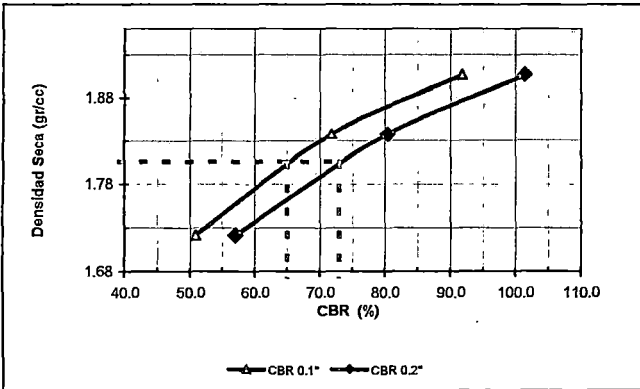
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 15				MOLDE Nº 63				MOLDE Nº 30			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		71	15.5			50	10.6			36	7.4		
0.050		129	29.1			114	25.6			76	16.7		
0.075		218	49.9			174	39.6			125	28.2		
0.100	70	294	67.7	64.58	91.8	232	53.2	50.52	71.9	166	37.7	35.80	50.9
0.150		384	88.7			300	69.1			215	49.2		
0.200	105.46	471	109.1	106.98	101.4	372	85.9	84.88	80.5	269	61.8	60.15	57.0
0.300		562	130.3			458	106.0			324	74.7		
0.400		652	151.4			528	122.4			388	89.7		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 5% de cal
 CANTERA : SABOYA

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 91.8	0.2": 101.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 65.0	0.2": 73.0

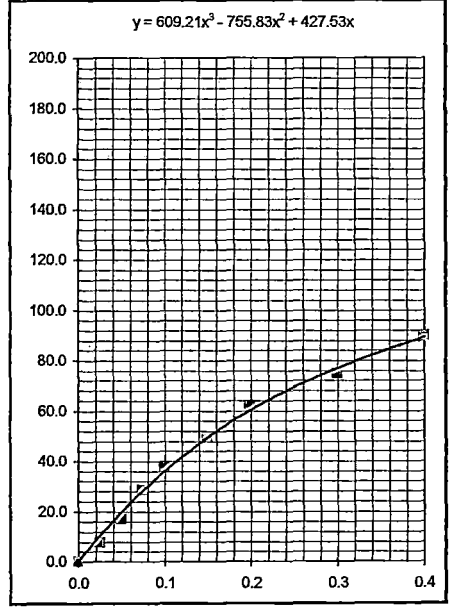
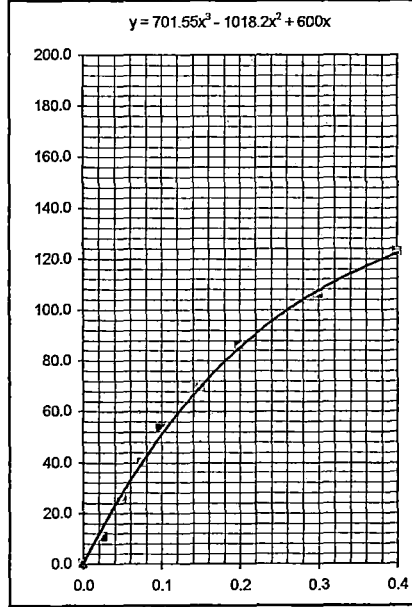
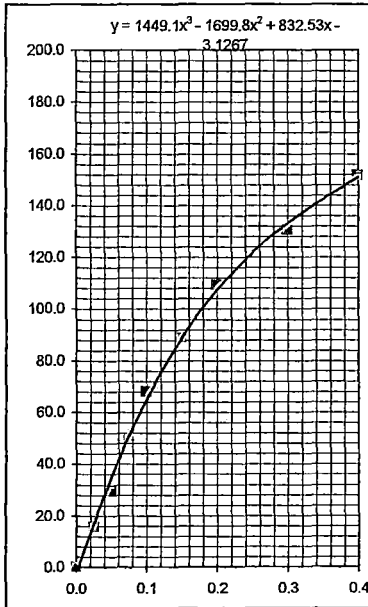
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.900	gr/cc
Óptimo Humedad	12.70	%



OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +5.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008			
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008			
EDAD (DIAS)	28	28			
LECTURA DIAL	385	370			
CARGA (Kg)	1671	1607			
AREA CM 2	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	20.61	19.82			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	20.21				

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  <p>MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p>  <p>OSITRAN Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de los Andes</p>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +5.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008			
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008			
EDAD (DIAS)	28	28			
FLUJO MM.	1.00	0.75			
LECTURA DIAL	420	415			
CARGA (Kg)	387	382			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	3.57	3.52			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	3.55				

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 6% cal
 CANTERA : saboya

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

Molde Nº	133		25		24	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10800	10834	10538	10630	11334	11480
Peso de molde (gr)	6319	6319	6317	6317	7192	7192
Peso del suelo húmedo (gr)	4481	4515	4221	4313	4142	4288
Volumen del molde (cm3)	2090	2090	2069	2069	2133	2133
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.144	2.160	2.040	2.085	1.942	2.010
Humedad (%)	12.90	13.77	12.92	15.01	12.96	16.82
Densidad seca (gr/cm3)	1.899	1.899	1.807	1.813	1.719	1.721
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Tarro + Suelo seco (gr)	177.15	175.80	177.12	173.90	177.05	171.20
Peso del Agua (gr)	22.85	24.20	22.88	26.10	22.95	28.80
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	177.15	175.80	177.12	173.90	177.05	171.20
Humedad (%)	12.90	13.77	12.92	15.01	12.96	16.82
Promedio de Humedad (%)	12.90	13.77	12.92	15.01	12.96	16.82

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
11/10/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/10/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
14/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

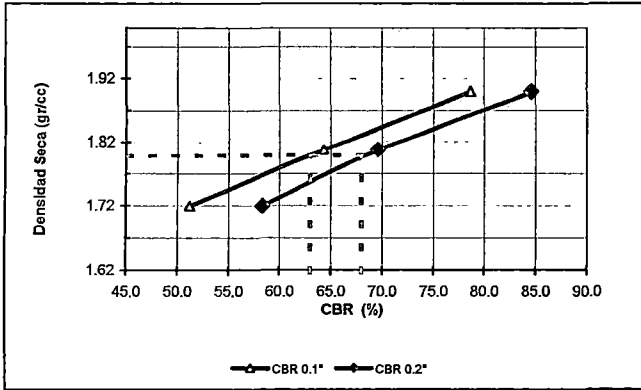
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 133				MOLDE Nº 25				MOLDE Nº 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		58	12.5			50	10.6			30	6.0		
0.050		132	29.8			105	23.5			74	16.2		
0.075		202	46.2			159	36.1			122	27.5		
0.100	70	239	54.8	55.36	78.7	208	47.6	45.25	64.4	170	38.7	36.05	51.3
0.150		321	74.0			261	60.0			220	50.4		
0.200	105.46	389	89.9	89.23	84.6	324	74.7	73.46	69.7	278	63.9	61.55	58.4
0.300		472	109.3			392	90.6			329	75.9		
0.400		546	126.6			462	107.0			392	90.6		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 6% cal
 CANTERA : saboya

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 651+916

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

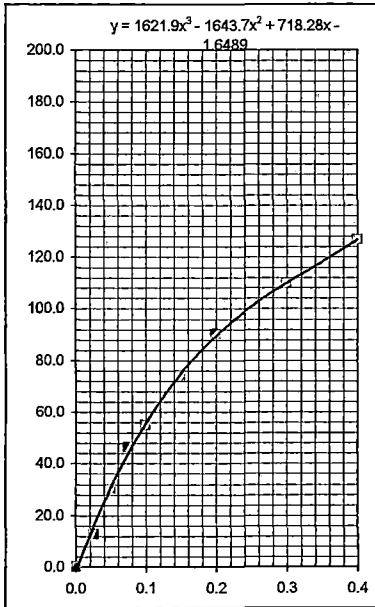


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 78.7	0.2": 84.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 63.0	0.2": 68.0

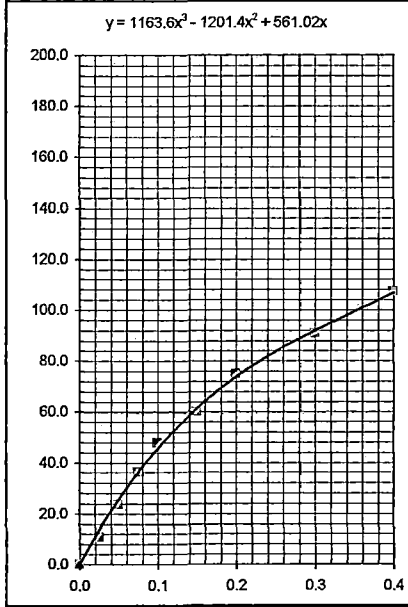
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.892	gr/cc
Óptimo Humedad	13.00	%

OBSERVACIONES:

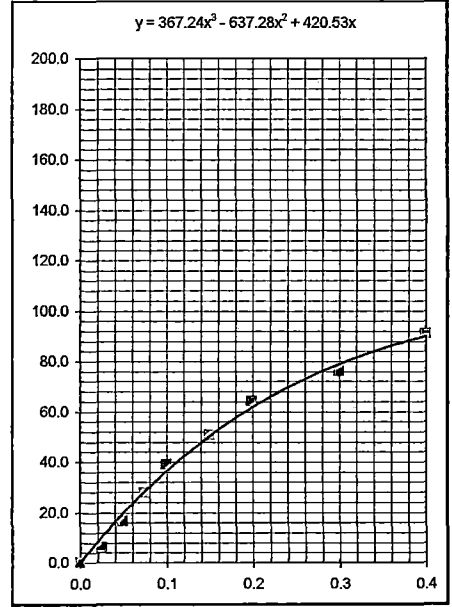
EC = 56 GOLPES




EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES






CESEL INGENIEROS <small>Certificada ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	 OSITRAN <small>Organismo Supervisor de la Infraestructura</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +6.0% CAL CANTERA : SABOYA	UBICACIÓN : 651+916
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008			
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008			
EDAD (DIAS)	28	28			
LECTURA DIAL	453	433			
CARGA (Kg)	1960	1875			
AREA CM ²	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	24.17	23.12			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	23.65				

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Sub-base +6.0% CAL
CANTERA	: SABOYA
UBICACIÓN : 651+916	

DATOS DE LA MUESTRA

--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2				
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	6.0	6.0				
FECHA DE MOLDEO	10/10/2008	10/10/2008				
FECHA DE ROTURA	07/11/2008	07/11/2008				
EDAD (DIAS)	28	28				
FLUJO MM.	1.00	0.75				
LECTURA DIAL	480	435				
CARGA (Kg)	442	401				
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155				
ALTURA (cm)	6.8	6.8				
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	4.08	3.69				
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	3.89					

 <p>Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo cemento 2%
CANTERA : Saboya **UBICACIÓN 651+916**

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	60	61	150	143
CARGA (Kg)	251	256	654	622
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	3.09	3.15	8.06	7.68
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	3.12		7.87	

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 2% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCEAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.50	1.25	1.00	0.75
LECTURA DIAL	5	6	10	9
CARGA (Kg)	2	10	28	23
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	0.02	0.09	0.25	0.21
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	0.05		0.23	

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 4% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008
FECHA DE ROTURA	29/10/2008	29/10/2008	19/11/2008	19/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	330	340	360	375
CARGA (Kg)	1473	1503	1593	1660
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	18.16	18.54	19.64	20.47
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	18.35			20.05

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO



PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 4% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.00	1.00	1.00	1
LECTURA DIAL	70	80	120	115
CARGA (Kg)	296	341	520	497
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	2.73	3.14	4.79	4.58
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	2.94		4.69	

c:\tesis final\anexos tesis\04. estabilizacion de la cantera saboya\saboya cemento tipo I\12% cemento.xls\resist.cemento

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 6% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008
FECHA DE ROTURA	29/10/2008	29/10/2008	19/11/2008	19/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	508	452	700	715
CARGA (Kg)	2278	2004	3112	3179
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	28.09	24.71	38.37	39.20
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	26.40		38.79	

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo cemento 6%
CANTERA : Saboya UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.00	1.00	1.00	1
LECTURA DIAL	138	130	180	162
CARGA (Kg)	604	564	788	707
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	5.57	5.20	7.26	6.52
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	5.39		6.89	

CESEL INGENIEROS
Certificados ISO 9001:2000



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO




PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo cemento 8%
CANTERA : Saboya

UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008
FECHA DE ROTURA	29/10/2008	29/10/2008	19/11/2008	19/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	613	600	4283	4510
CARGA (Kg)	2754	2665	4283	4510
AREA CM ²	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	33.95	32.86	52.81	55.61
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	33.41		54.21	

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>  <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada en Transporte de Mas Pasajeros</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 8%
CANTERA	: Saboya
	UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	0.25	0.50	0.75	0.5
LECTURA DIAL	195	198	290	280
CARGA (Kg)	862	868	1280	1235
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	7.95	8.01	11.80	11.39
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	7.98		11.59	

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2009</p>  	<p>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	
---	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
--	-------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008
FECHA DE ROTURA	29/10/2008	29/10/2008	19/11/2008	19/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	3272	3550	5130	5005
CARGA (Kg)	3272	3550	5130	5005
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	40.35	43.77	63.26	61.71
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	42.06		62.48	

 Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
--	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	0.50	0.50	0.50	0.5
LECTURA DIAL	225	215	300	340
CARGA (Kg)	998	944	1324	1503
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	9.20	8.71	12.21	13.86
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	8.95		13.03	

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2009</p>  	<p align="center">LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 12%
CANTERA	: Saboya
UBICACIÓN 651+916	

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008	22/10/2008
FECHA DE ROTURA	29/10/2008	29/10/2008	19/11/2008	19/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
LECTURA DIAL	4365	4287	6980	6508
CARGA (Kg)	4365	4287	6980	6508
AREA CM ²	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	53.82	52.86	86.07	80.25
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	53.34		83.16	

c:\tesis final\enxos tesis\04. estabilizacion de la cantera saboyasaboya cemento tipo i\12% cemento.xls\resist.cemento

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
--	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	0.50	0.25	0.50	0.25
LECTURA DIAL	228	230	360	350
CARGA (Kg)	1011	1012	1593	1548
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	9.32	9.33	14.68	14.27
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	9.32		14.48	

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 2%
CANTERA	: Saboya
	UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008
FECHA DE ROTURA	19/02/2008	19/02/2008	11/03/2008	11/03/2008	11/03/2008
EDAD (DIAS)	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	88	97	108	109	92
CARGA (Kg)	407	446	493	497	424
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	5.02	5.50	6.07	6.13	5.23
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	5.26		5.81		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 2% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008
FECHA DE ROTURA	19/02/2008	19/02/2008	19/02/2008	11/03/2008	11/03/2008	11/03/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.25	1.00	1.00	1.00	1	1
LECTURA DIAL	14	19	16	20	17	16
CARGA (Kg)	93	114	101	118	105	101
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	0.85	1.05	0.93	1.09	0.97	0.93
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	0.95			1.00		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Inapari
MATERIAL : Base suelo cemento 4%
CANTERA : Saboya **UBICACIÓN 651+916**

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	348	360	350	410	415	427
CARGA (Kg)	1514	1565	1522	1778	1799	1850
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	18.66	19.29	18.77	21.92	22.18	22.81
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	18.91			22.30		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 4%
CANTERA	: Saboya
UBICACIÓN 651+916	

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
LECTURA DIAL	116	99	98	120	125	118
CARGA (Kg)	527	454	450	544	565	535
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	4.85	4.19	4.15	5.01	5.21	4.93
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	4.40			5.05		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p> <p>MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p> <p>OSITRAN Organismo Supervisor de Inversión Privada</p>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO




PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 6% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI	TIPO	IP			
LADO						
PROFUNDIDAD						

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	655	638	649	3380	2860	2830
CARGA (Kg)	2820	2748	2794	3380	2860	2830
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	34.77	33.88	34.46	41.68	35.27	34.90
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	34.37			37.28		

c:\documents and settings\usuario\escritorio\anexos tesis\04. estabilizacion de la cantera saboya\saboya cemento tipo ip\2% cemento.xls\resist.cemento

 <p>Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo cemento 6%
CANTERA : Saboya **UBICACIÓN 651+916**

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008	23/10/2008
FECHA DE ROTURA	30/10/2008	30/10/2008	30/10/2008	20/11/2008	20/11/2008	20/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75	0.75
LECTURA DIAL	142	170	177	210	237	242
CARGA (Kg)	637	756	786	927	1041	1063
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	5.87	6.97	7.25	8.54	9.60	9.80
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	6.70			9.31		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo cemento 8%
 CANTERA : Saboya UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP
 LADO
 PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	3569	3213	3147	4270	3870	4330
CARGA (Kg)	3569	3213	3147	4270	3870	4330
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	44.01	39.62	38.80	52.65	47.72	53.39
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	40.81			51.25		

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 8% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	0.75	0.75	0.75	0.75	0.5	0.75
LECTURA DIAL	211	242	225	317	316	280
CARGA (Kg)	931	1063	990	1382	1378	1224
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	8.58	9.80		12.74	12.70	11.29
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	9.19			12.24		

 <p>Certificado ISO 9001:2009</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 10%
CANTERA	: Saboya
	UBICACIÓN 651+916

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	3832	3990	3908	4470	5290	5090
CARGA (Kg)	3832	3990	3908	4470	5290	5090
AREA CM ²	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	47.25	49.20	48.19	55.12	65.23	62.76
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	48.21			61.04		

 Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--


DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
---	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	0.50	0.75	0.50	0.50	0.75	0.75
LECTURA DIAL	275	278	227	340	350	323
CARGA (Kg)	1203	1216	999	1480	1522	1407
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	11.09	11.21	9.21	13.64	14.03	12.97
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	10.50			13.55		

 Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
--	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008	12/12/2008
FECHA DE ROTURA	19/12/2008	19/12/2008	19/12/2008	09/01/2009	09/01/2009	09/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	5219	4499	4988	6000	5550	6280
CARGA (Kg)	5219	4499	4988	6000	5550	6280
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	64.35	55.47	61.50	73.98	68.43	77.44
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	60.44			73.28		

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : Saboya	UBICACIÓN 651+916
--	--------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008	12/02/2008
FECHA DE ROTURA	19/02/2008	19/02/2008	19/02/2008	11/03/2008	11/03/2008	11/03/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	0.75	0.50	0.50	0.75	0.75	0.5
LECTURA DIAL	258	286	275	396	398	324
CARGA (Kg)	1131	1250	1203	1718	1726	1412
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	10.42	11.52	11.09	15.84	15.92	13.01
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	11.01			14.92		

**ANEXO 05: ESTABILIZACION DE LA
CANTERA NC-47**

- SUELO CAL
- SUELO CEMENTO TIPO I

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

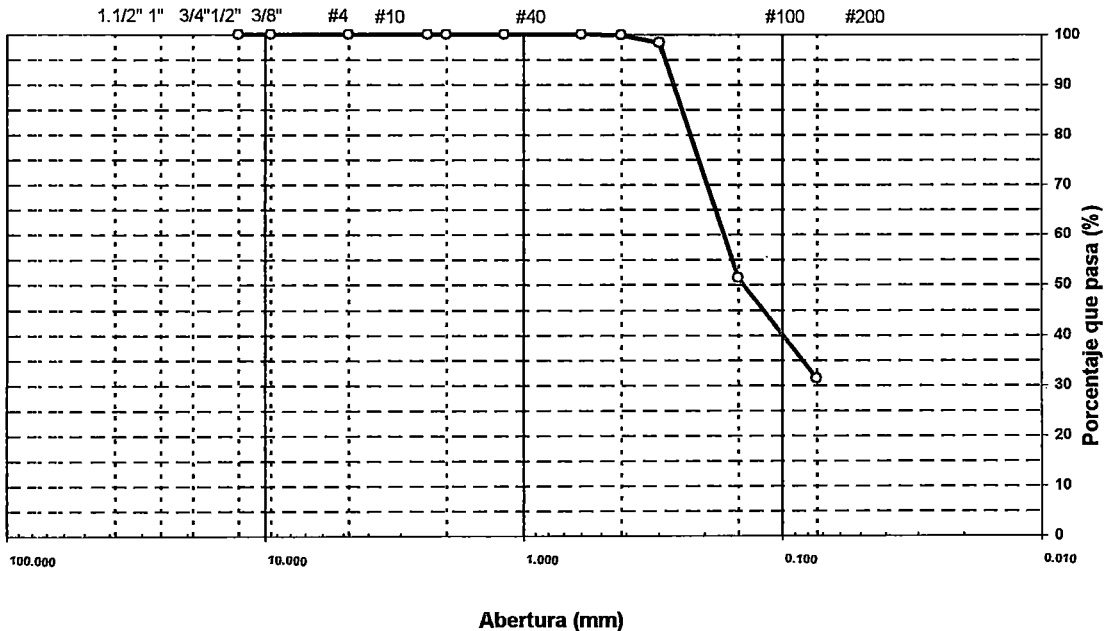
PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base natural
 CANTERA : NC-47 NATURAL

LADO : IZQ
 UBICACIÓN Km : 699+100

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	486.0	gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	334.10	gr				
2"	50.800						PESO FINO	486.0	gr				
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	24.8	%				
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	20.5	%				
3/4"	19.100						INDICE PLASTICO	4.3	%				
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	A-2-4 [0]					
3/8"	9.520						CLASF. SUCS	SC - SM					
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	1.958	gr/cc				
# 4	4.760						HUMEDAD OPT.	12.2	%				
# 8	2.360						CBR AL 95% 0.1"	15.0	%				
# 10	2.000						CBR AL 95% 0.2"	20.0	%				
# 16	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200			
# 30	0.600				100.0			486.0	334.1	31.3			
# 40	0.420	0.5	0.1	0.1	99.9								
# 50	0.300	7.5	1.5	1.6	98.4								
# 100	0.149	228.6	47.0	48.7	51.3								
# 200	0.074	97.5	20.1	68.7	31.3		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd. Nat.			
< # 200	FONDO	151.9	31.3	100.0									
FRACCION		486.0											
TOTAL		486.0											

Descripción suelo: Arena limo arcillosa

CURVA GRANULOMETRICA



**LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
 AASHTO-T-99, T-90, ASTM D 4318**

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base natural
CANTERA : NC-47 NATURAL

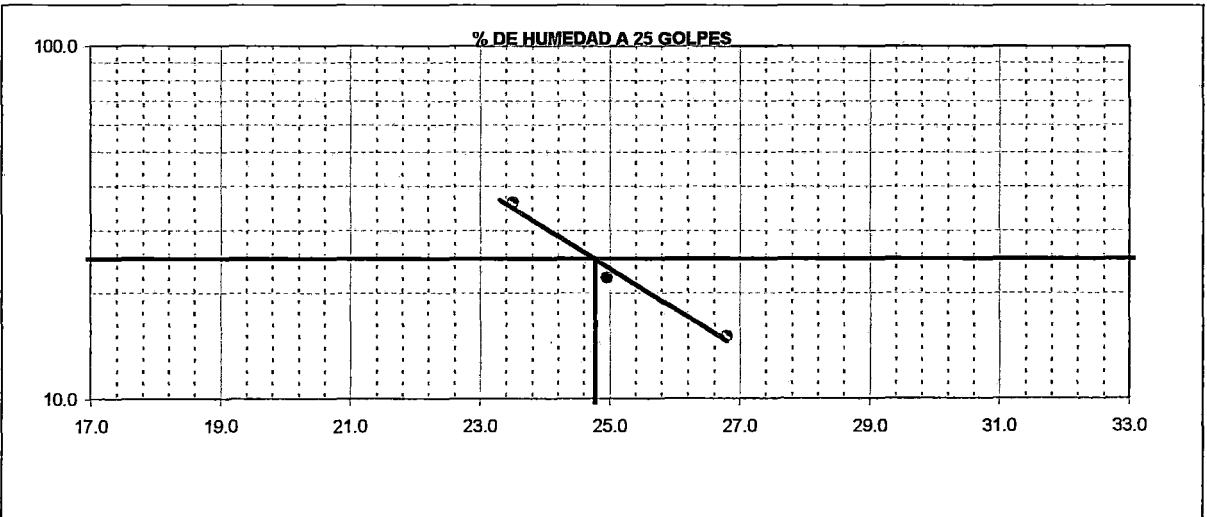
LADO : IZQ
UBICACIÓN : 699+100

LIMITE LIQUIDO

	15	17	51
N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO	29.83	32.45	33.85
TARRO + SUELO SECO	26.67	29.10	30.49
AGUA	3.16	3.35	3.36
PESO DEL TARRO	14.88	15.68	16.20
PESO DEL SUELO SECO	11.79	13.42	14.29
% DE HUMEDAD	26.80	24.96	23.51
N° DE GOLPES	15	22	36

LIMITE PLASTICO

	10	16
N° TARRO		
TARRO + SUELO HUMEDO	22.23	25.82
TARRO + SUELO SECO	20.90	24.86
AGUA	1.33	0.96
PESO DEL TARRO	14.50	20.11
PESO DEL SUELO SECO	6.40	4.75
% DE HUMEDAD	20.78	20.21



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24.8
LIMITE PLASTICO	20.5
INDICE DE PLASTICIDAD	4.3

OBSERVACIONES

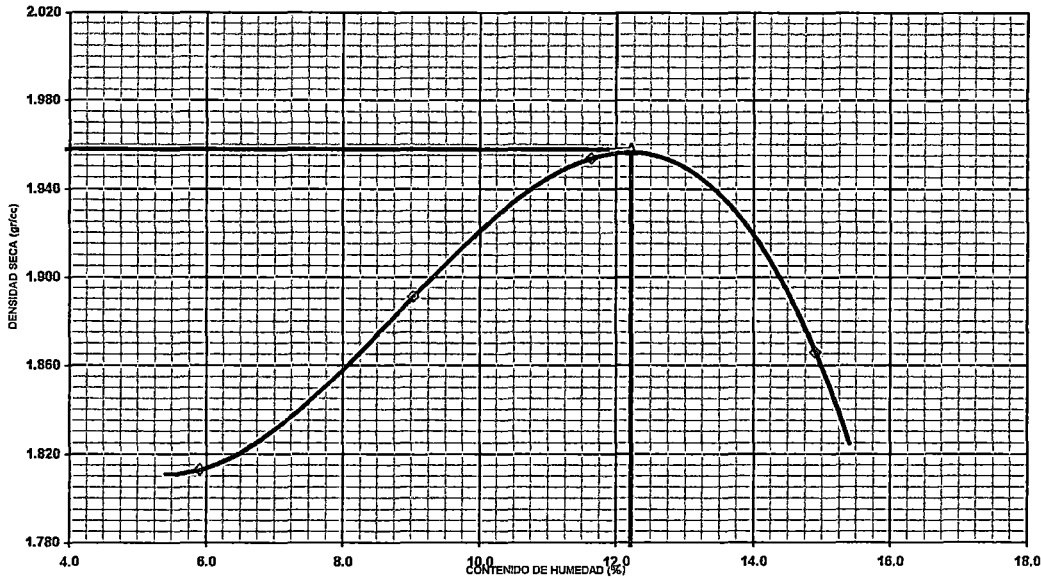
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base natural
CANTERA : NC-47 NATURAL

LADO : IZQ
UBICACIÓN Km : 699+100

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	936		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3688	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE	5485	5618	5730	5695		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1797	1930	2042	2007		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.920	2.062	2.182	2.144		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	3	4	5	6		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	148.37	131.88	126.20	110.36		
PESO SUELOS SECO + TARA	140.10	120.96	113.05	96.05		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	8.27	10.92	13.15	14.31		
PESO DE SUELO SECO	140.10	120.96	113.05	96.05		
CONTENIDO DE AGUA	5.90	9.03	11.63	14.90		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.813	1.891	1.954	1.866		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.958	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		12.20	

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifápari
 MATERIAL : Sub-base natural
 CANTERA : NC-47 NATURAL

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 659+100

	13		8		7	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12537	12562	12347	12435	11939	12099
Peso de molde (gr)	7857	7857	7948	7948	7662	7662
Peso del suelo húmedo (gr)	4680	4705	4399	4487	4277	4437
Volumen del molde (cm ³)	2110	2110	2109	2109	2142	2142
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.218	2.230	2.086	2.128	1.997	2.071
Humedad (%)	12.11	12.80	12.04	13.51	12.17	15.27
Densidad seca (gr/cm ³)	1.978	1.977	1.862	1.875	1.780	1.797
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Tarro + Suelo seco (gr)	178.40	177.30	178.50	176.20	178.30	173.50
Peso del Agua (gr)	21.60	22.70	21.50	23.80	21.70	26.50
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	178.40	177.30	178.50	176.20	178.30	173.50
Humedad (%)	12.11	12.80	12.04	13.51	12.17	15.27
Promedio de Humedad (%)	12.11	12.80	12.04	13.51	12.17	15.27

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24/09/2008	12:00	24	0.005	0.000	0.00	0.010	0.000	0.01	0.014	0.000	0.01
25/09/2008	12:00	48	0.008	0.000	0.00	0.011	0.000	0.01	0.016	0.000	0.01
26/09/2008	12:00	72	0.009	0.000	0.01	0.012	0.000	0.01	0.018	0.000	0.01
27/09/2008	12:00	96	0.009	0.000	0.01	0.012	0.000	0.01	0.019	0.000	0.01

PENETRACION

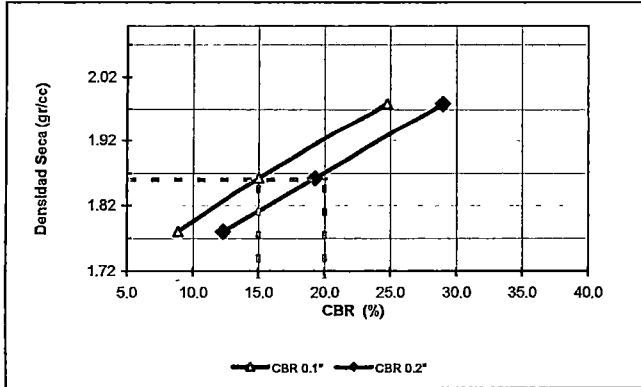
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 7			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		17	2.9			11	1.5			6	0.3		
0.050		38	7.8			26	5.0			15	2.4		
0.075		60	13.0			37	7.6			24	4.5		
0.100	70	81	17.9	17.45	24.8	52	11.1	10.58	15.0	32	6.4	6.26	8.9
0.150		110	24.7			72	15.8			48	10.2		
0.200	105.46	142	32.1	30.54	29.0	94	20.9	20.32	19.3	62	13.4	12.99	12.3
0.300		166	37.7			121	27.2			86	19.0		
0.400		196	44.8			142	32.1			118	26.5		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base natural
 CANTERA : NC-47 NATURAL

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

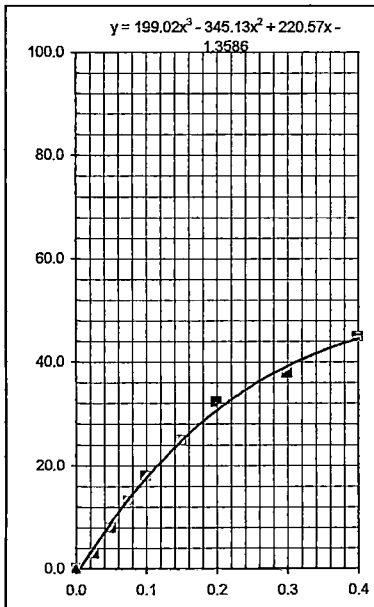


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 24.8	0.2": 29.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 15.0	0.2": 20.0

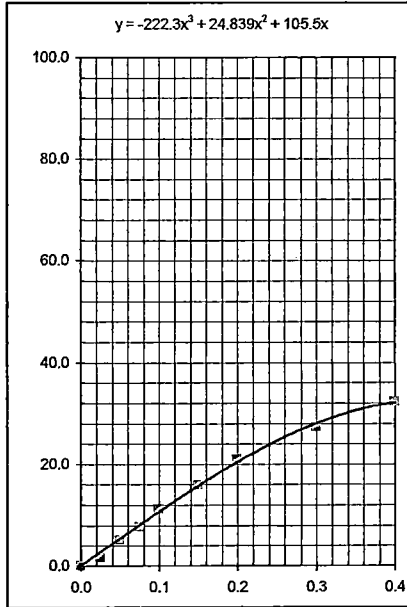
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.958	gr/cc
Óptimo Humedad	12.20	%

OBSERVACIONES:

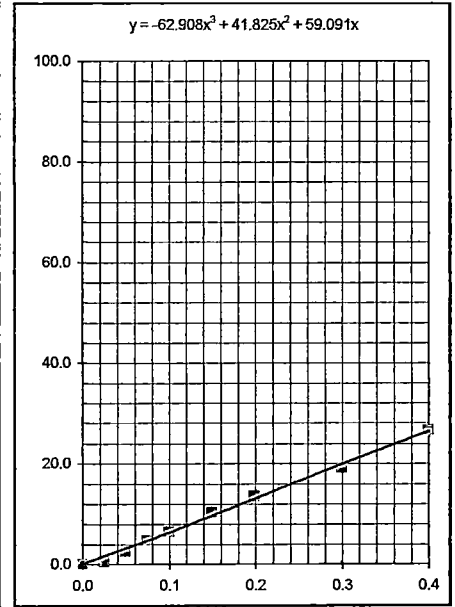
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +2.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

Molde N°	17		15		1	
N° Capa	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 (gr)	12430	12452	12156	12249	11870	12020
Peso de molde (gr)	7800	7800	7778	7778	7736	7736
Peso del suelo húmedo (gr)	4630	4652	4378	4471	4134	4284
Volumen del molde (cm3)	2112	2112	2109	2109	2114	2114
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.192	2.203	2.076	2.120	1.956	2.026
Humedad (%)	12.36	12.87	12.42	14.16	12.55	16.01
Densidad seca (gr/cm3)	1.951	1.952	1.847	1.857	1.738	1.746
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Tarro + Suelo seco (gr)	178.00	177.20	177.90	175.20	177.70	172.40
Peso del Agua (gr)	22.00	22.80	22.10	24.80	22.30	27.60
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	178.00	177.20	177.90	175.20	177.70	172.40
Humedad (%)	12.36	12.87	12.42	14.16	12.55	16.01
Promedio de Humedad (%)	12.36	12.87	12.42	14.16	12.55	16.01

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
25/09/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
26/09/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
27/09/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
28/09/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
29/09/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00

PENETRACION

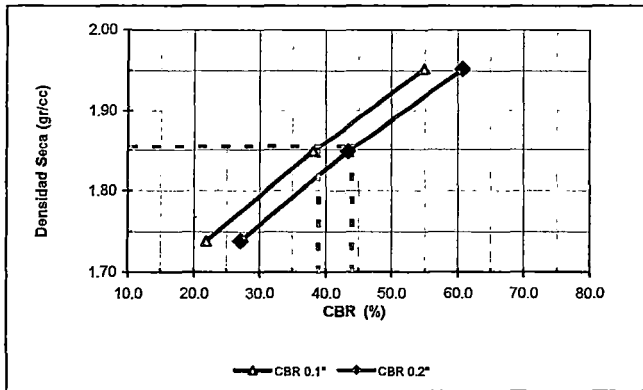
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 17				MOLDE N° 15				MOLDE N° 1			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		38	7.8			28	5.5			16	2.7		
0.050		82	18.1			60	13.0			34	6.9		
0.075		132	29.8			92	20.4			55	11.8		
0.100	70	175	39.9	38.70	55.0	124	27.9	26.86	38.2	74	16.2	15.49	22.0
0.150		232	53.2			165	37.5			98	21.8		
0.200	105.46	288	66.3	64.07	60.8	208	47.6	45.84	43.5	134	30.3	28.68	27.2
0.300		339	78.2			249	57.2			162	36.8		
0.400		410	94.8			298	68.6			186	42.4		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO II : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +2.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

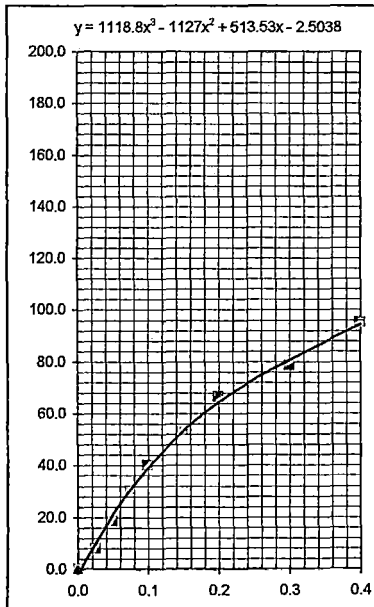


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 55.0	0.2": 60.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 39.0	0.2": 44.0

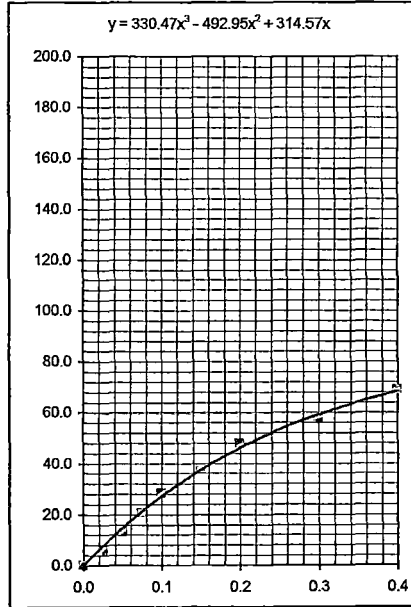
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.952	gr/cc
Óptimo Humedad	12.40	%

OBSERVACIONES:

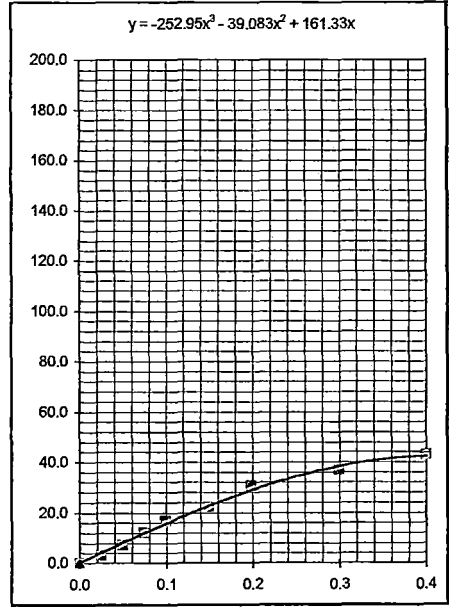
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES






 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Sub- Base +2.0% de cal
CANTERA	NC-47
	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
LECTURA DIAL	170	180	175			
CARGA (Kg)	749	794	771			
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	9.23	9.79	9.51			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	9.51					

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Sub- Base +2.0% de cal	
CANTERA	: NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
FLUJO MM.	1.25	1.25	1.25			
LECTURA DIAL	22	26	24			
CARGA (Kg)	79	97	88			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	0.73	0.89	0.81			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	0.81					

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +3.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

	16		12		1	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12490	12510	12212	12290	12283	12375
Peso de molde (gr)	7882	7882	7798	7798	8109	8109
Peso del suelo húmedo (gr)	4608	4628	4414	4492	4174	4266
Volumen del molde (cm3)	2106	2106	2101	2101	2107	2107
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.188	2.198	2.101	2.138	1.981	2.025
Humedad (%)	12.57	13.21	12.64	14.65	12.57	14.87
Densidad seca (gr/cm3)	1.944	1.942	1.865	1.865	1.760	1.763
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Tarro + Suelo seco (gr)	159.90	159.00	159.80	157.00	159.90	156.70
Peso del Agua (gr)	20.10	21.00	20.20	23.00	20.10	23.30
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	159.90	159.00	159.80	157.00	159.90	156.70
Humedad (%)	12.57	13.21	12.64	14.65	12.57	14.87
Promedio de Humedad (%)	12.57	13.21	12.64	14.65	12.57	14.87

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/09/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
26/09/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
27/09/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
28/09/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
29/09/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

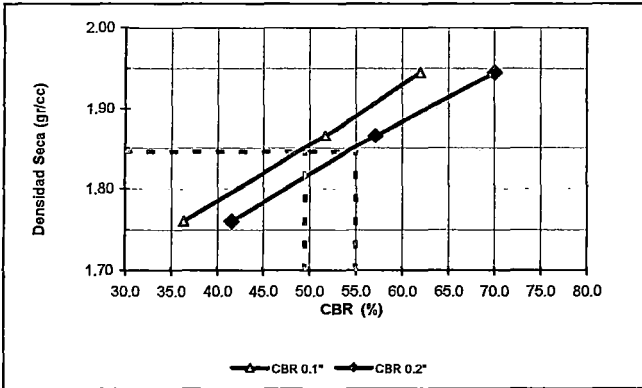
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 16				MOLDE Nº 12				MOLDE Nº 1			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		45	9.5			36	7.4			26	5.0		
0.050		95	21.1			78	17.2			55	11.8		
0.075		151	34.2			125	28.2			88	19.5		
0.100	70	198	45.2	43.60	62.0	172	39.2	36.35	51.7	118	26.5	25.58	36.4
0.150		261	60.0			222	50.8			160	36.3		
0.200	105.46	324	74.7	73.88	70.1	261	60.0	60.26	57.1	198	45.2	43.85	41.6
0.300		405	93.6			322	74.2			234	53.6		
0.400		481	111.4			368	85.0			268	61.6		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari
 MATERIAL : Sub-base +3.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%: 62.0	0.2%: 70.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%: 49.5	0.2%: 55.0

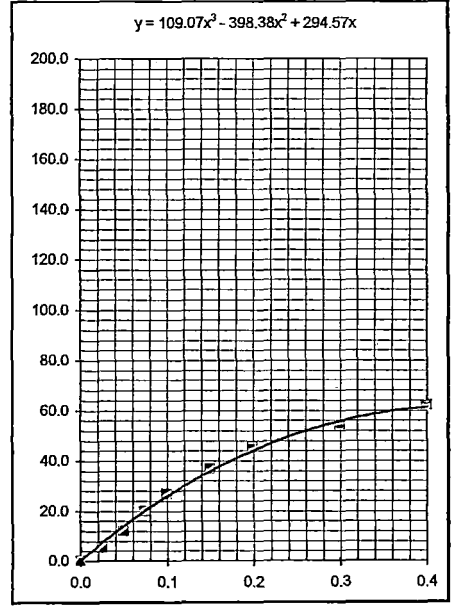
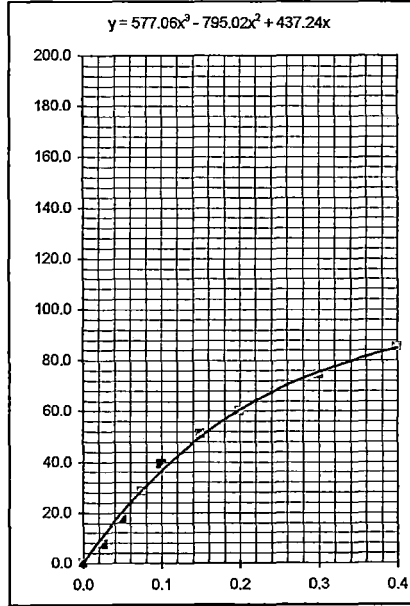
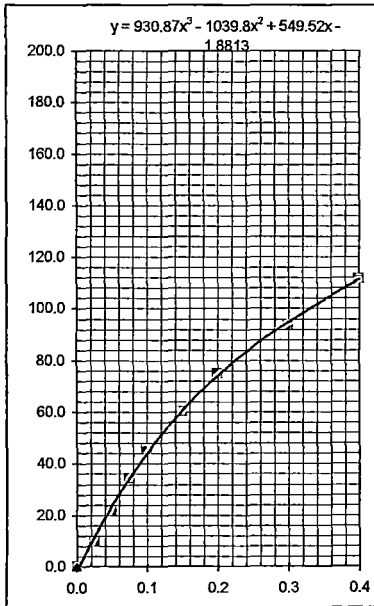
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.942	gr/cc
Optimo Humedad	12.70	%




OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2008</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Sub-base +3.0% de cal
CANTERA : NC-47 **UBICACIÓN** : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	3.0	3.0	3.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
LECTURA DIAL	220	210	235			
CARGA (Kg)	975	930	1043			
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	12.02	11.46	12.86			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	12.12					

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +3.0% de cal CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	3.0	3.0	3.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
FLUJO MM.	1.25	1.25	1.25			
LECTURA DIAL	27	28	30			
CARGA (Kg)	102	106	115			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	0.94	0.98	1.06			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	0.99					

ENSAYO DE CBR

AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base + 4.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

	14		6		4	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12508	12560	12156	12265	11167	11380
Peso de molde (gr)	7882	7882	7813	7813	7100	7100
Peso del suelo húmedo (gr)	4626	4678	4343	4452	4067	4280
Volumen del molde (cm3)	2112	2112	2120	2120	2144	2144
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.190	2.215	2.049	2.100	1.897	1.996
Humedad (%)	13.02	14.13	13.09	15.13	13.15	17.98
Densidad seca (gr/cm3)	1.938	1.941	1.812	1.824	1.677	1.692
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Tarro + Suelo seco (gr)	185.80	184.00	185.70	182.40	185.60	178.00
Peso del Agua (gr)	24.20	26.00	24.30	27.60	24.40	32.00
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	185.80	184.00	185.70	182.40	185.60	178.00
Humedad (%)	13.02	14.13	13.09	15.13	13.15	17.98
Promedio de Humedad (%)	13.02	14.13	13.09	15.13	13.15	17.98

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/08/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
26/08/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
27/08/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
28/08/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
29/08/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

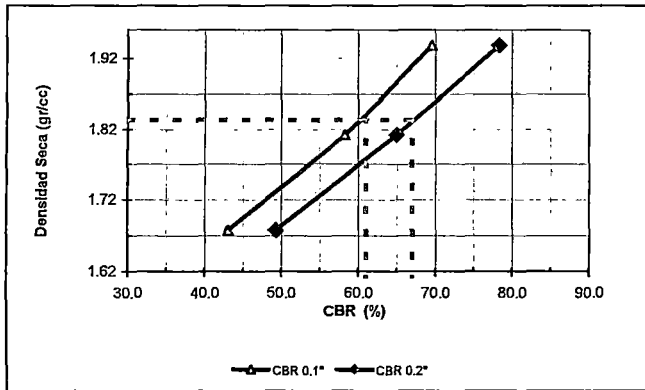
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 14				MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		52	11.1			40	8.3			30	6.0		
0.050		105	23.5			92	20.4			69	15.1		
0.075		168	38.2			145	32.8			102	22.8		
0.100	70	222	50.8	48.94	69.6	188	42.9	41.02	58.3	142	32.1	30.30	43.1
0.150		291	67.0			241	55.3			182	41.5		
0.200	105.46	364	84.0	82.59	78.3	306	70.5	68.56	65.0	236	54.1	52.01	49.3
0.300		442	102.3			362	83.6			286	65.8		
0.400		504	116.8			405	93.6			349	80.5		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub base + 4.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 69.6	0.2": 78.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 61.0	0.2": 67.0

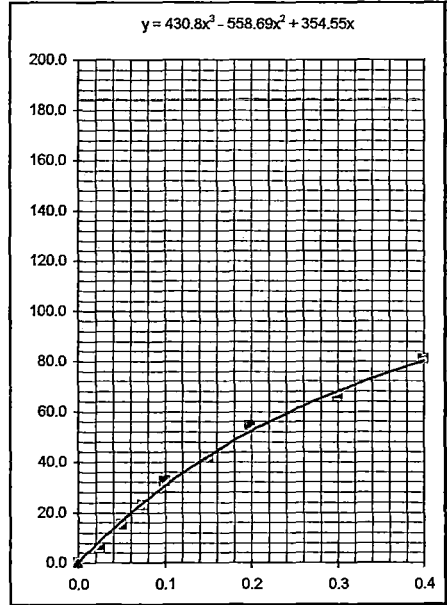
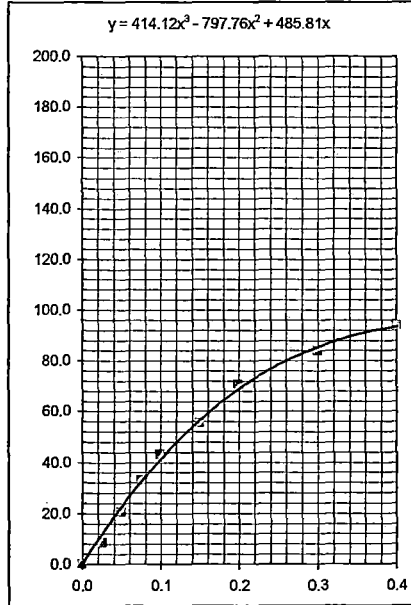
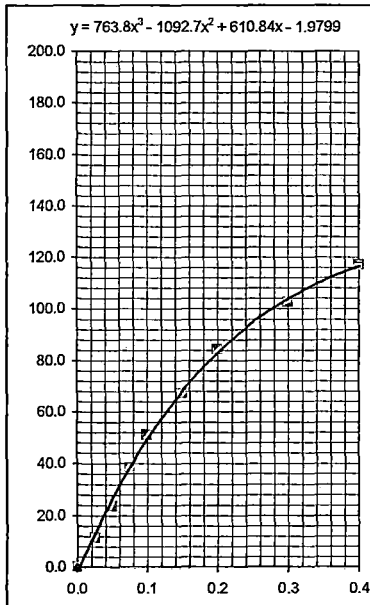
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.930	gr/cc
Óptimo Humedad	13.00	%



OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari MATERIAL : Sub base + 4.0% de cal CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

--	--	--	--	--	--	--

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
LECTURA DIAL	242	221	239			
CARGA (Kg)	1075	980	1061			
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	13.25	12.08	13.08			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	12.80					

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub base + 4.0% de cal CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
FLUJO MM.	1.25	1.25	1.25			
LECTURA DIAL	40	45	41			
CARGA (Kg)	160	183	165			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	1.48	1.69	1.52			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	1.56					

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base + 5.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

Molde Nº	13		8		7	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12378	12428	12250	12350	11820	11982
Peso de molde (gr)	7857	7857	7948	7948	7662	7662
Peso del suelo húmedo (gr)	4521	4571	4302	4402	4158	4320
Volumen del molde (cm3)	2110	2110	2109	2109	2142	2142
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.143	2.166	2.040	2.087	1.941	2.017
Humedad (%)	12.49	13.25	12.42	14.35	12.49	15.54
Densidad seca (gr/cm3)	1.905	1.913	1.815	1.825	1.725	1.746
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Tarro + Suelo seco (gr)	177.80	176.60	177.90	174.90	177.80	173.10
Peso del Agua (gr)	22.20	23.40	22.10	25.10	22.20	26.90
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	177.80	176.60	177.90	174.90	177.80	173.10
Humedad (%)	12.49	13.25	12.42	14.35	12.49	15.54
Promedio de Humedad (%)	12.49	13.25	12.42	14.35	12.49	15.54

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/09/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
28/09/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
29/09/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
30/09/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
01/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

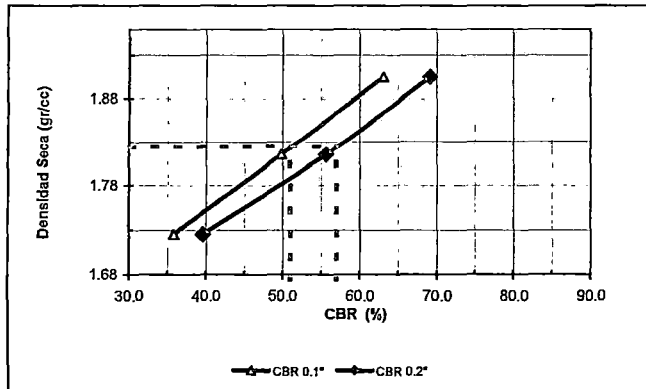
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 7			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		45	9.5			39	8.1			28	5.5		
0.050		99	22.1			78	17.2			56	12.0		
0.075		152	34.5			120	27.0			87	19.3		
0.100	70	202	46.2	44.39	63.1	160	36.3	35.10	49.9	116	26.1	25.23	35.9
0.150		262	60.2			210	48.0			152	34.5		
0.200	105.46	322	74.2	72.95	69.2	266	61.1	58.65	55.6	194	44.3	41.75	39.6
0.300		384	88.7			310	71.4			224	51.3		
0.400		442	102.3			362	83.6			286	65.8		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifapari
 MATERIAL : Sub-base + 5.0% de cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 63.1	0.2": 69.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 51.0	0.2": 57.0

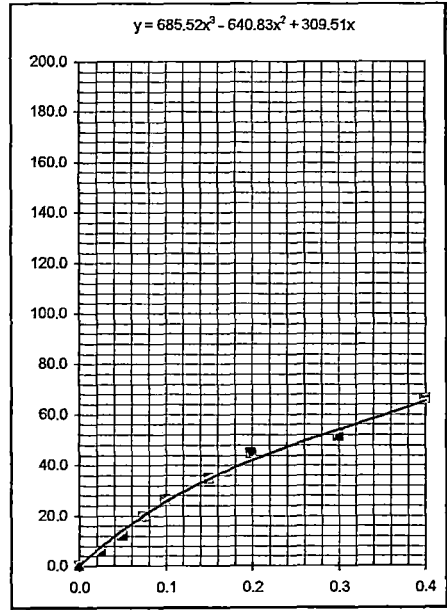
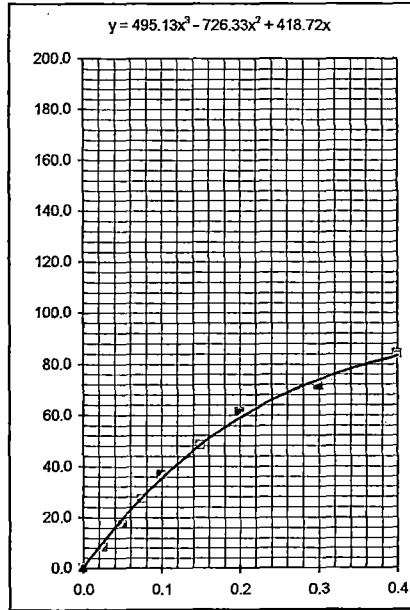
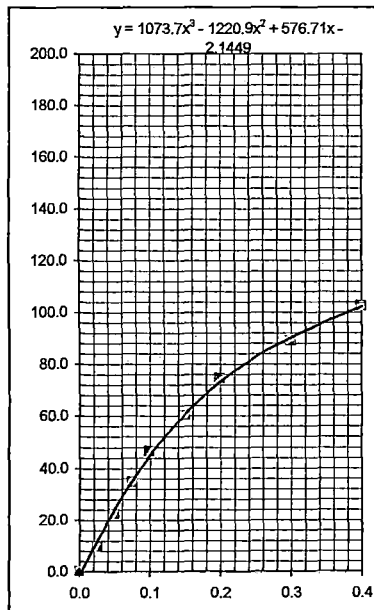
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.920	gr/cc
Óptimo Humedad	13.10	%



OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES






CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Sub-base + 5.0% de cal	
CANTERA	NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCENTAJE DE CAL EN PESO (%)	5.0	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
LECTURA DIAL	255	258	240			
CARGA (Kg)	1133	1147	1066			
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	13.98	14.14	13.14			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	13.75					

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Sub-base + 5.0% de cal
CANTERA	NC-47 UBICACIÓN 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCENTAJE DE CAL EN PESO (%)	5.0	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
FLUJO MM.	1.25	1.25	1.25			
LECTURA DIAL	46	58	42			
CARGA (Kg)	188	242	169			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	1.73	2.23	1.56			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	1.84					

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Ifiapari
 MATERIAL : Sub-base +6.0% cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

Cond. de la muestra	19		18		11	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	19		18		11	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12517	12544	12273	12393	11681	11867
Peso de molde (gr)	7913	7913	7916	7916	7601	7601
Peso del suelo húmedo (gr)	4604	4631	4357	4477	4080	4266
Volumen del molde (cm ³)	2121	2121	2105	2105	2121	2121
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.171	2.183	2.070	2.127	1.924	2.011
Humedad (%)	13.31	14.16	13.31	15.54	13.38	17.44
Densidad seca (gr/cm ³)	1.916	1.912	1.827	1.841	1.697	1.712
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Tarro + Suelo seco (gr)	176.50	175.20	176.50	173.10	176.40	170.30
Peso del Agua (gr)	23.50	24.80	23.50	26.90	23.60	29.70
Peso del tarro (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco (gr)	176.50	175.20	176.50	173.10	176.40	170.30
Humedad (%)	13.31	14.16	13.31	15.54	13.38	17.44
Promedio de Humedad (%)	13.31	14.16	13.31	15.54	13.38	17.44

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/09/2008	12:00	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
28/09/2008	12:00	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
29/09/2008	12:00	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
30/09/2008	12:00	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
01/10/2008	12:00	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

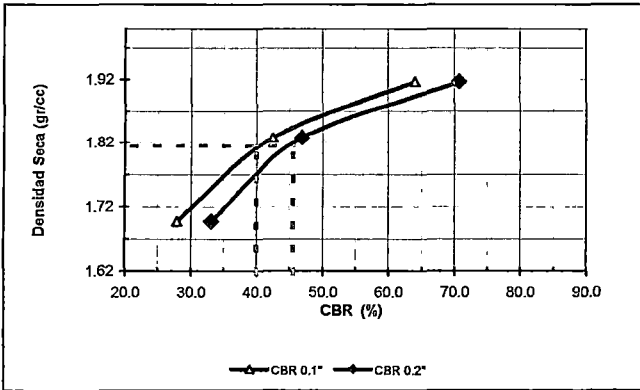
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 19				MOLDE N° 18				MOLDE N° 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		40	8.3			35	7.1			22	4.1		
0.050		102	22.8			65	14.1			41	8.5		
0.075		155	35.2			103	23.0			68	14.8		
0.100	70	210	48.0	45.13	64.2	136	30.7	29.87	42.5	92	20.4	19.65	28.0
0.150		267	61.4			182	41.5			124	27.9		
0.200	105.46	339	78.2	74.71	70.8	224	51.3	49.50	46.9	162	36.8	34.97	33.2
0.300		416	96.2			264	60.7			196	44.8		
0.400		482	111.6			320	73.8			242	55.5		

ENSAYO DE CBR
 AASHTO T-193

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Sub-base +6.0% cal
 CANTERA : NC-47

LADO : IZQ
 UBICACIÓN : 699+100

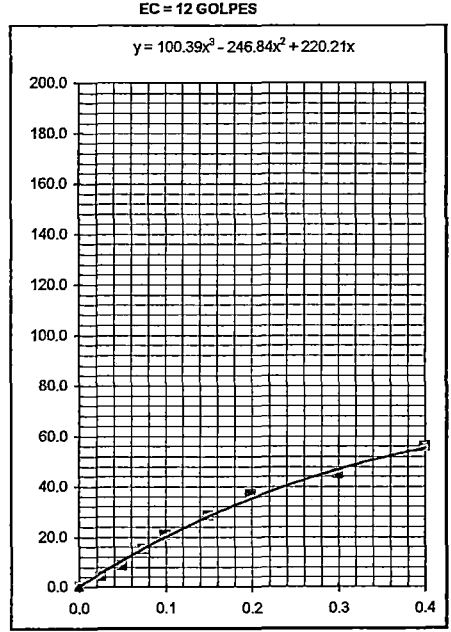
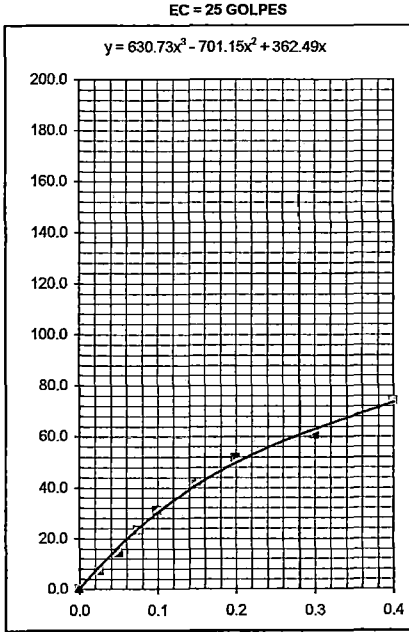
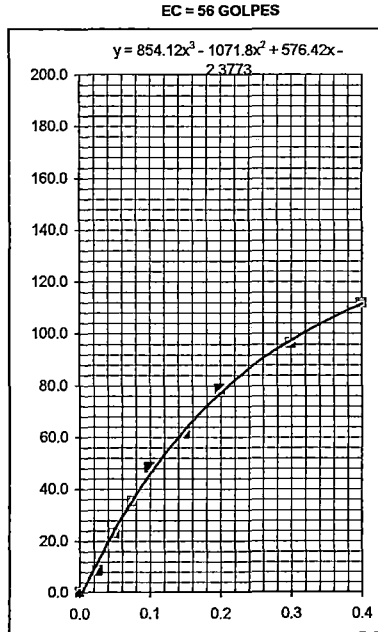
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 64.2	0.2": 70.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 40.0	0.2": 45.5

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.910	gr/cc
Optimo Humedad	13.30	%

OBSERVACIONES:



CESEL INGENIEROS <small>Certificada ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CAL

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Sub-base +6.0% cal CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DÍAS)	28	28	28			
LECTURA DIAL	298	290	275			
CARGA (Kg)	1328	1292	1224			
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	16.38	15.93	15.09			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	15.80					




 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CAL

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Sub-base +6.0% cal
CANTERA	NC-47
	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3			
PORCETAJE DE CAL EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	05/12/2008	05/12/2008	05/12/2008			
FECHA DE ROTURA	02/01/2009	02/01/2009	02/01/2009			
EDAD (DIAS)	28	28	28			
FLUJO MM.	1.25	1.25	1.25			
LECTURA DIAL	58	53	40			
CARGA (Kg)	242	219	160			
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155			
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8			
RESISTENCIA (Kg/cm2)	2.23	2.02	1.48			
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	1.91					

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo cemento 2%
CANTERA : NC-47 **UBICACIÓN** : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I
LADO
PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	210	180	190	217	210	222
CARGA (Kg)	930	794	839	961	930	984
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.39	81.39	81.39
RESISTENCIA (Kg/cm2)	11.46	9.79	10.35	11.81	11.42	12.09
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	10.53			11.78		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 2% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	1.00	0.75
LECTURA DIAL	48	45	84	95
CARGA (Kg)	197	183	360	409
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	1.81	1.69	3.31	3.77
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	1.75		3.54	

 Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 4% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	320	330	345	425	419	416
CARGA (Kg)	1428	1473	1541	1903	1876	1862
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	17.60	18.16	19.00	23.46	23.13	22.96
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	18.25			23.18		

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 4% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.25	1.00	1.00	1.00
LECTURA DIAL	78	77	130	127
CARGA (Kg)	332	328	568	554
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	3.06	3.02	5.23	5.11
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	3.04		5.17	

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 6% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	412	435	428	595	600	620
CARGA (Kg)	1844	1948	1916	2672	2695	2785
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	22.74	24.02	23.63	32.95	33.23	34.34
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	23.46			33.51		

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Base suelo cemento 6%	
CANTERA	: NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	
EDAD (DIAS)	7	7	28	28	
FLUJO MM.	1.25	1.00	1.00	1.00	
LECTURA DIAL	108	100	150	145	
CARGA (Kg)	468	432	658	636	
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	
RESISTENCIA (Kg/cm2)	4.32	3.98	6.07	5.86	
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	4.15			5.96	

 <p>Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 8% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DÍAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	528	508	510	685	765	763
CARGA (Kg)	2369	2278	2287	3079	3441	3432
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	29.21	28.09	28.21	37.97	42.44	42.32
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	28.50			40.91		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	<p align="center">LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 8% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.25	1.00	1.00	1.00
LECTURA DIAL	120	122	195	198
CARGA (Kg)	522	532	862	875
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	4.82	4.90	7.95	8.07
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	4.86		8.01	

 <p>Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	610	625	645			
CARGA (Kg)	2740	2808	2898	3244	4422	4015
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	33.79	34.62	35.74	40.00	54.53	49.51
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	34.72			48.01		


 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO I						
LADO						
PROFUNDIDAD						
CUERPO DE PROBETA Nº	1	2		3	4	
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0		10.0	10.0	
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008		11/12/2008	11/12/2008	
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008		08/01/2009	08/01/2009	
EDAD (DIAS)	7	7		28	28	
FLUJO MM.	1.25	1.00		1.00	1.00	
LECTURA DIAL	130	128		225	215	
CARGA (Kg)	568	559		998	952	
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155		10.155	10.155	
ALTURA (cm)	6.8	6.8		6.8	6.8	
RESISTENCIA (Kg/cm2)	5.23	5.15		9.20	8.78	
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	5.19			8.99		

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

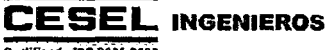


DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008	06/10/2008
FECHA DE ROTURA	13/10/2008	13/10/2008	13/10/2008	03/11/2008	03/11/2008	03/11/2008
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	710	760	760			
CARGA (Kg)	3193	3419	3419	4598	4698	4546
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	39.37	42.16	42.16	56.70	57.93	56.05
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	41.23			56.89		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  <p>MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p>  <p>OSITRAN Organismo Supervisor de Transportes Terrestres</p>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO I
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	28	28
FLUJO MM.	1.25	1.00	1.00	1.00
LECTURA DIAL	150	148	260	265
CARGA (Kg)	658	649	1156	1179
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	6.07	5.99	10.66	10.87
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	6.03		10.76	

 Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
---	---	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 2% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	---------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	152	132	236			
CARGA (Kg)	680	595	1037	1600	1580	1520
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	8.38	7.33	12.79	19.73	19.48	18.74
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	9.50			19.32		




 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 2% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP						
LADO						
PROFUNDIDAD						
CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	54	46	45	87	65	78
CARGA (Kg)	263	229	225	403	310	365
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	2.42	2.11	2.07	3.72	2.85	3.36
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	2.20			3.31		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  <p>MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p>  <p>OSITRAN Organismo Supervisor de Inversión Privada Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 4%
CANTERA	: NC-47
	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA Nº	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	392	382	378			
CARGA (Kg)	1701	1658	1641	2490	2810	2560
AREA CM ²	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	20.97	20.45	20.24	30.70	34.65	31.57
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	20.55			32.31		

 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 4% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	82	74	83	175	175	167
CARGA (Kg)	382	348	386	778	778	744
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	3.52	3.21	3.56	7.17	7.17	6.86
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	3.43			7.06		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL	: Base suelo cemento 6%
CANTERA	: NC-47
	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL	508	506	504			
CARGA (Kg)	2194	2186	2177	3540	2780	3530
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	27.06	26.95	26.85	43.65	34.28	43.53
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	26.95			40.48		

CESEL INGENIEROS <small>Certificada ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--


DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 6% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	111	109	115	228	206	195
CARGA (Kg)	505	497	522	1003	910	863
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	4.66	4.58	4.82	9.25	8.39	7.95
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	4.68			8.53		

CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	 OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 8% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL						
CARGA (Kg)	2663	2554	2738	4060	3910	4060
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	32.84	31.49	33.76	50.06	48.21	50.06
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	32.70			49.45		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificada ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 8% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
--	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO RUMI TIPO IP LADO PROFUNDIDAD
--

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	135	136	138	230	237	230
CARGA (Kg)	607	612	620	1012	1041	1012
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	5.60	5.64	5.72	9.33	9.60	9.33
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	5.65			9.42		

 <p>CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL						
CARGA (Kg)	2680	2615	2876	4190	3860	4580
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	33.05	32.24	35.46	51.66	47.60	56.47
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	33.58			51.91		




 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 10% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI	TIPO	IP			
LADO						
PROFUNDIDAD						
CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	152	149	140	270	267	274
CARGA (Kg)	680	667	629	1182	1169	1199
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm2)	6.27	6.15	5.80	10.90	10.78	11.05
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	6.07			10.91		

 <p>Certificado ISO 9001:2000</p>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari MATERIAL : Base suelo cemento 12% CANTERA : NC-47	UBICACIÓN : 699+100
---	----------------------------

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008	13/12/2008
FECHA DE ROTURA	20/12/2008	20/12/2008	20/12/2008	10/01/2009	10/01/2009	10/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
LECTURA DIAL						
CARGA (Kg)	2911	3558	3184	4180	4730	4840
AREA CM 2	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
RESISTENCIA (Kg/cm2)	35.89	43.87	39.26	51.54	58.32	59.68
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm2)	39.68			56.51		

  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
--	--	--

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA SUELO CEMENTO

PROYECTO	: Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil	
TRAMO III	: Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL	: Base suelo cemento 12%	
CANTERA	: NC-47	UBICACIÓN : 699+100

DATOS DE LA MUESTRA

CEMENTO	RUMI TIPO IP
LADO	
PROFUNDIDAD	

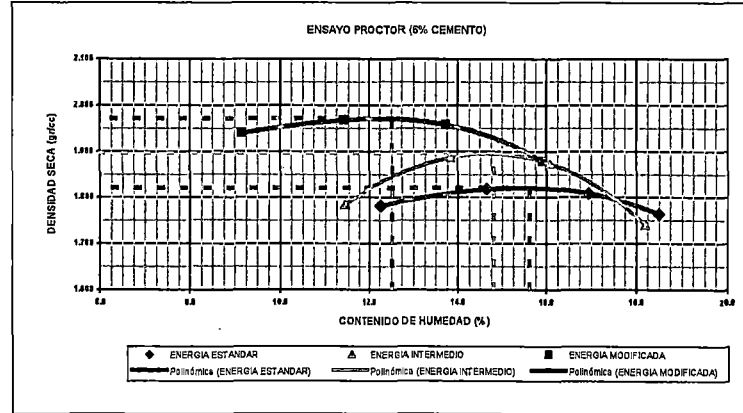
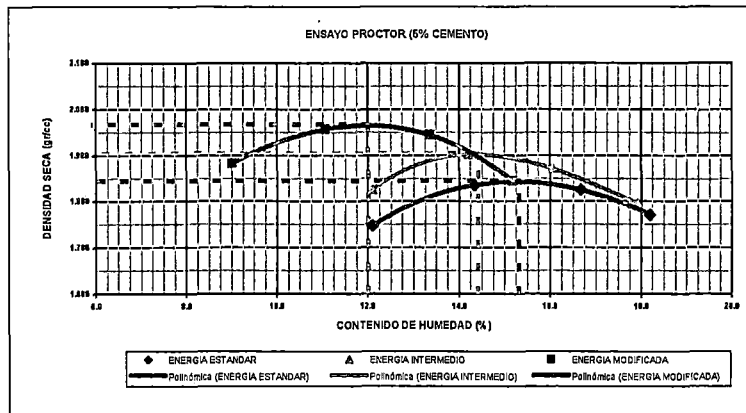
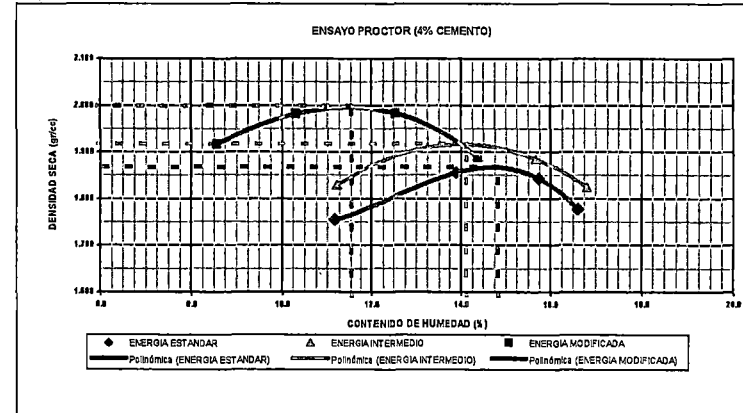
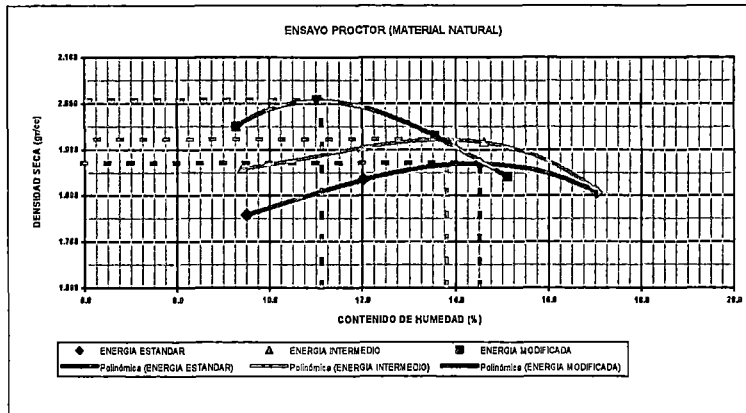
CUERPO DE PROBETA N°	1	2	3	4	5	6
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
FECHA DE MOLDEO	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008	11/12/2008
FECHA DE ROTURA	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	08/01/2009	08/01/2009	08/01/2009
EDAD (DIAS)	7	7	7	28	28	28
FLUJO MM.	1.00	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75
LECTURA DIAL	167	165	183	367	382	372
CARGA (Kg)	744	735	812	1595	1658	1616
DIAMETRO (cm)	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155	10.155
ALTURA (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	6.86	6.78	7.48	14.70	15.29	14.90
RESISTENCIA MEDIA (Kg/cm ²)	7.04			14.96		




**ANEXO 06: VARIACION DE LA ENERGIA
DE COMPACTACION**

- 4% CEMENTO
- 5% CEMENTO
- 6% CEMENTO

RESUMEN DE ENERGIA DE COMPACTACION VS VARIACION DEL CEMENTO

CANTERA KM	% CEMENTO	ENSAYO DE COMPACTACION					
		PROCTOR STANDARD		PROCTOR INTERMEDIO		PROCTOR MODIFICADO	
		MDS	OCH	MDS	OCH	MDS	OCH
SABOYA	Natural	1.872	14.5	1.923	13.8	2.008	11.1
SABOYA	4.0%	1.869	14.8	1.918	14.1	1.999	11.5
SABOYA	5.0%	1.845	15.3	1.905	14.4	1.967	12.0
SABOYA	6.0%	1.822	15.6	1.896	14.8	1.972	12.5



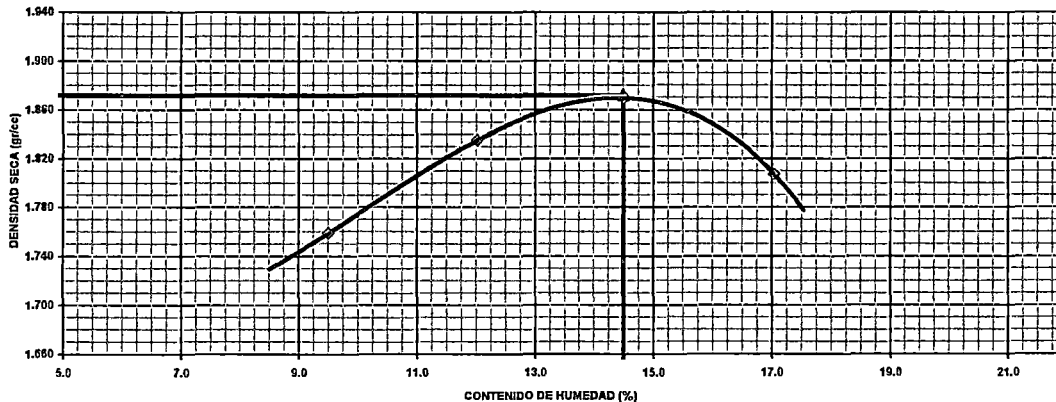
 <small>Certificado ISO 9001:2000</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07 F. de Emision : 16-01-07 Páginas : 01-04 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCT-01-07/001
--	--	--

ENSAYO DE PROCTOR STANDARD
AASHTO - T-99

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento
CANTERA : Saboya (Natural) **UBICACIÓN Km : 651+900**

METODO : "A" Martillo de 5 lb.					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm³)	927		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3175
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3	
PESO SUELO + MOLDE	4960	5080	5160	5135	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1785	1905	1985	1960	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.926	2.055	2.141	2.114	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	342.73	367.50	351.69	378.85	
PESO SUELOS SECO + TARA	313.00	328.10	307.10	322.00	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	29.73	39.40	44.59	54.85	
PESO DE SUELO SECO	313.00	328.10	307.10	322.00	
CONTENIDO DE AGUA	9.50	12.01	14.52	17.03	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.759	1.835	1.870	1.807	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.872	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		14.50

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

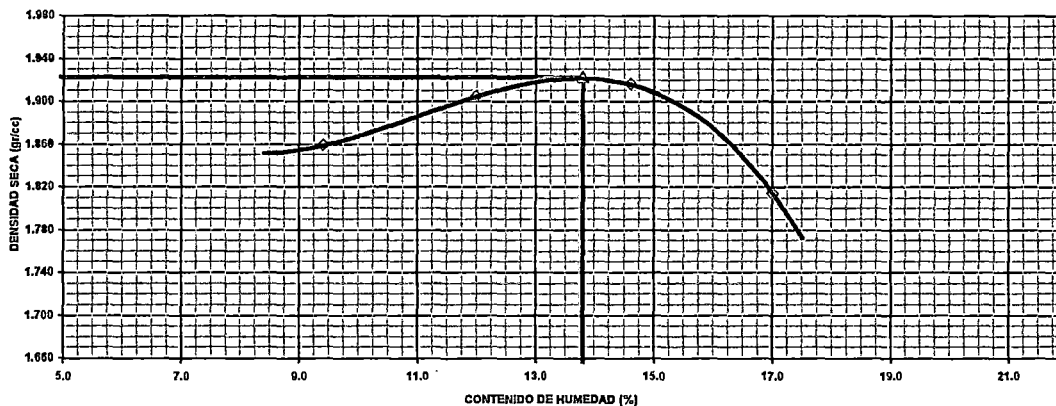
Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emision : 16-01-07
 Páginas : 01-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCT-01-07/001

ENSAYO DE PROCTOR INTERMEDIO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Natural) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A" Martillo de 10 Lb					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	927		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3175
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3	
PESO SUELO + MOLDE	5080	5153	5210	5143	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1885	1978	2035	1968	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.033	2.134	2.195	2.123	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	342.42	367.46	351.93	376.75	
PESO SUELOS SECO + TARA	313.00	328.10	307.10	322.00	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	29.42	39.36	44.83	54.75	
PESO DE SUELO SECO	313.00	328.10	307.10	322.00	
CONTENIDO DE AGUA	9.40	12.00	14.60	17.00	
PESO VOLUMETRICO SECO		1.859	1.905	1.916	1.814
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.923	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	13.80	

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

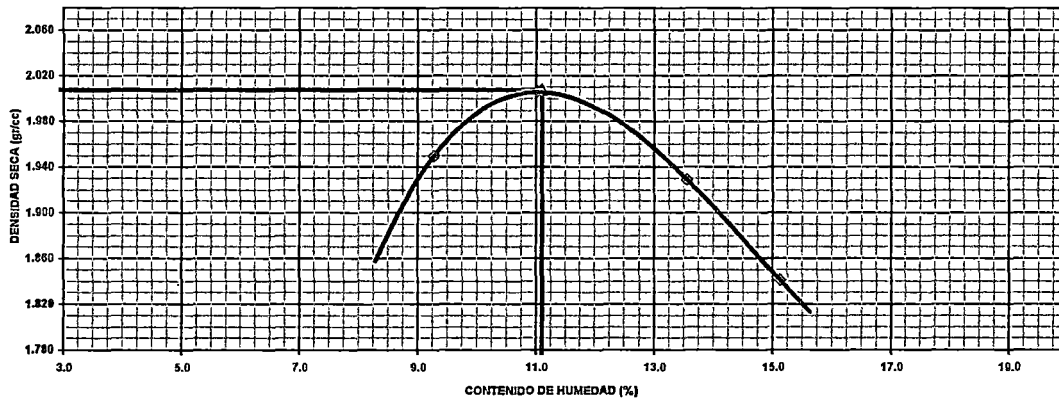
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTCA <small>Asociación de Topógrafos y Geomata</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		F. de Emision : 16-01-07
		Páginas : 03-03
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCT-01-07/001

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	UBICACIÓN Km : 651+900
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento	
CANTERA : Saboya (Natural)	

METODO : "A" Martillo de 10 Lb					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	927	PESO DEL MOLDE (gr.) :			3175
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
NUMERO DE CAPAS		5	5	5	5
PESO SUELO + MOLDE		5150	5240	5205	5140
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1975	2065	2030	1965
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.131	2.228	2.190	2.120
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA		346.19	300.00	300.00	300.00
PESO SUELOS SECO + TARA		316.80	270.20	264.20	260.60
PESO DE LA TARA		0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA		29.39	29.80	35.80	39.40
PESO DE SUELO SECO		316.80	270.20	264.20	260.60
CONTENIDO DE AGUA		9.28	11.03	13.55	15.12
PESO VOLUMETRICO SECO		1.950	2.006	1.929	1.841
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.008	gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:	11.10

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

ENSAYO DE PROCTOR STANDARD

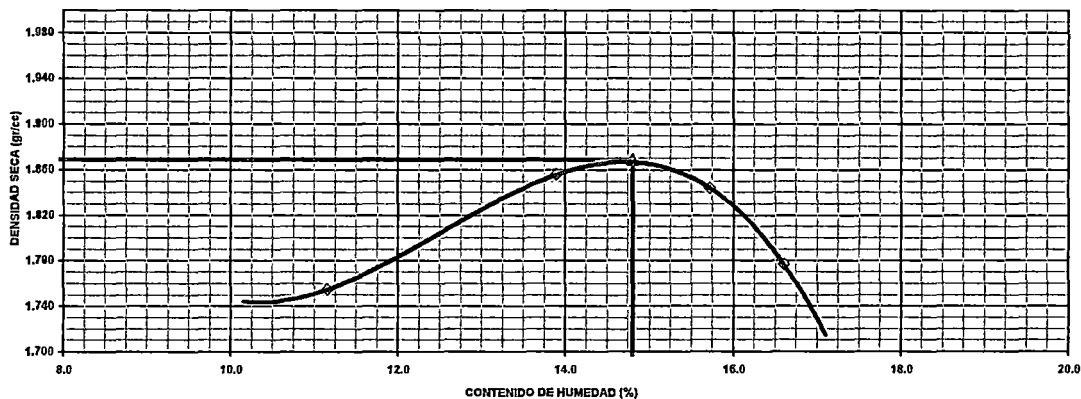
AASHTO - T-99

PROYECTO : Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A" Martillo de 5 lb.

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	953				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3745				
NUMERO DE ENSAYOS	1				2	3	4			
NUMERO DE CAPAS	3				3	3	3			
PESO SUELO + MOLDE	5604				5759	5779	5720			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1859				2014	2034	1975			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.951				2.113	2.134	2.072			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE Nro.	1				2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	352.14				373.67	355.38	375.45			
PESO SUELOS SECO + TARA	316.81				328.10	307.10	322.00			
PESO DE LA TARA	0.00				0.00	0.00	0.00			
PESO DE AGUA	35.33				45.57	48.28	53.45			
PESO DE SUELO SECO	316.81				328.10	307.10	322.00			
CONTENIDO DE AGUA	11.15				13.89	15.72	16.60			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.755				1.856	1.844	1.777			
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.869				gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	14.80			

GRAFICO DEL PROCTOR



CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emisión : 16-01-07
 Páginas : 02-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCT-01-07/002

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iftapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA**RESISTENCIA CON EL PROCTOR STANDARD**

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	16/01/2007	16/01/2007			
FECHA DE ROTURA	23/01/2007	23/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	312	310			
CARGA (Kg)	1378	1369			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	1.72	1.71			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	1.71				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO**DATOS DEL CILINDRO**

LONGITUD - L 10.03 cm
 DIAMETRO - D 10.1 cm

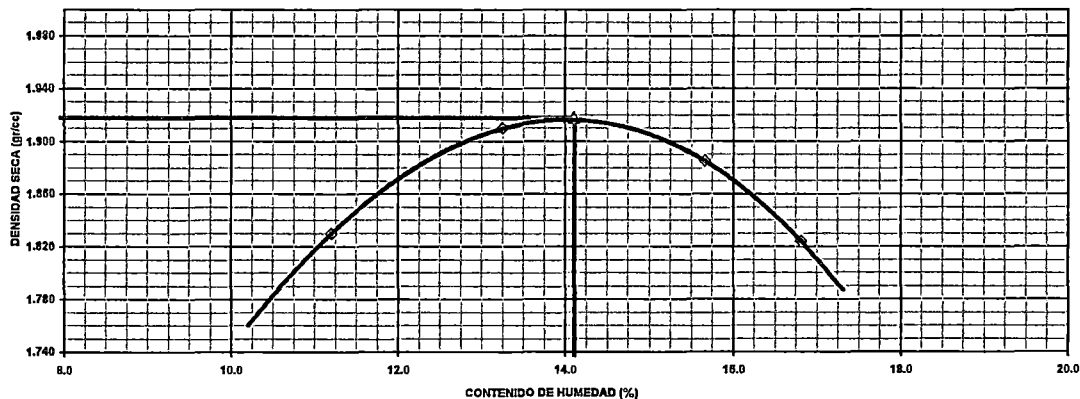
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2			
NUMERO DE CAPAS	3	3			
PESO SUELO + MOLDE	6485	6445			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1828	1788			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.133	2.086			
HUMEDAD OPTIMA	14.8	14.8			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.858	1.817			
LECTURA DIAL	110	112			
CARGA MAXIMA - P (KG)	475	484			
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	2.98	3.04			
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	3.01				

ENSAYO DE PROCTOR INTERMEDIO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A" Martillo de 10 Lb				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	927			
PESO DEL MOLDE (gr.) :	3745			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3
PESO SUELO + MOLDE	5631	5750	5766	5720
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1886	2005	2021	1975
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.035	2.163	2.180	2.131
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	352.28	371.56	355.19	376.12
PESO SUELOS SECO + TARA	316.81	328.10	307.10	322.00
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	35.47	43.46	48.09	54.12
PESO DE SUELO SECO	316.81	328.10	307.10	322.00
CONTENIDO DE AGUA	11.20	13.25	15.66	16.81
PESO VOLUMETRICO SECO	1.830	1.910	1.885	1.824
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.918	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	14.10

GRAFICO DEL PROCTOR



CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**OSITRAN**
Organismo Supervisor de las
Inferencias de Tránsito y de los Autos**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS**Informe N° : SYP-ENE-07
F. de Emisión : 16-01-07
Páginas : 02-04
Realizado por : Tec. H.A.M.
Revisado por : Ing. J.A.T
Certificado N° : SCT-01-07/002**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO**PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento
CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA**RESISTENCIA CON EL PROCTOR STANDARD**

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	16/01/2007	16/01/2007			
FECHA DE ROTURA	23/01/2007	23/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	332	310			
CARGA (Kg)	1468	1369			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	1.83	1.71			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	1.77				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO**DATOS DEL CILINDRO**LONGITUD - L 10.03 cm
DIAMETRO - D 10.1 cm

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	3	3				
PESO SUELO + MOLDE	6481	6470				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1824	1813				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.128	2.116				
HUMEDAD OPTIMA	14.1	14.1				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.865	1.854				
LECTURA DIAL	136	151				
CARGA MAXIMA - P (KG)	591	658				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	3.72	4.14				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	3.93					

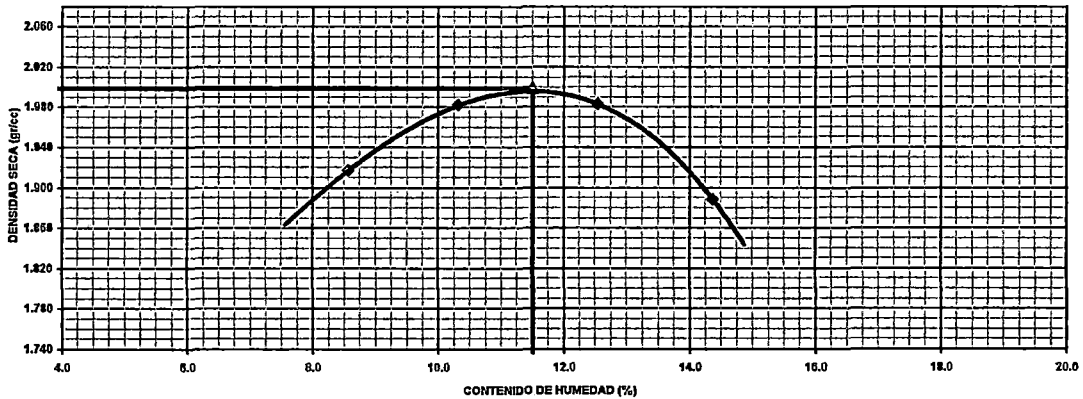
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 AASHTO - T-180-D**

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A" Martillo de 10 Lb

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	927				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3745				
NUMERO DE ENSAYOS	1				2	3	4			
NUMERO DE CAPAS	5				5	5	5			
PESO SUELO + MOLDE	5674				5772	5814	5747			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1929				2027	2069	2002			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.081				2.187	2.232	2.160			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE Nro.	1		2		3		4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	342.81		362.52		344.91		369.35			
PESO SUELOS SECO + TARA	315.78		328.63		306.47		322.95			
PESO DE LA TARA	0.00		0.00		0.00		0.00			
PESO DE AGUA	27.03		33.89		38.44		46.40			
PESO DE SUELO SECO	315.78		328.63		306.47		322.95			
CONTENIDO DE AGUA	8.56		10.31		12.54		14.37			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.917		1.982		1.983		1.888			
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.999		gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		11.50			

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 4% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA

RESISTENCIA CON EL PROCTOR MODIFICADO


CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	4.0	4.0			
FECHA DE MOLDEO	17/01/2007	17/01/2007			
FECHA DE ROTURA	24/01/2007	24/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	483	519			
CARGA (Kg)	2142	2303			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	2.67	2.87			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	2.77				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO

DATOS DEL CILINDRO

LONGITUD - L 10.03 cm
 DIAMETRO - D 10.1 cm

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	5	5				
PESO SUELO + MOLDE	6515	6500				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1858	1843				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.168	2.151				
HUMEDAD OPTIMA	11.5	11.5				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.944	1.929				
LECTURA DIAL	220	213				
CARGA MAXIMA - P (KG)	967	936				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	6.08	5.88				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	5.98					

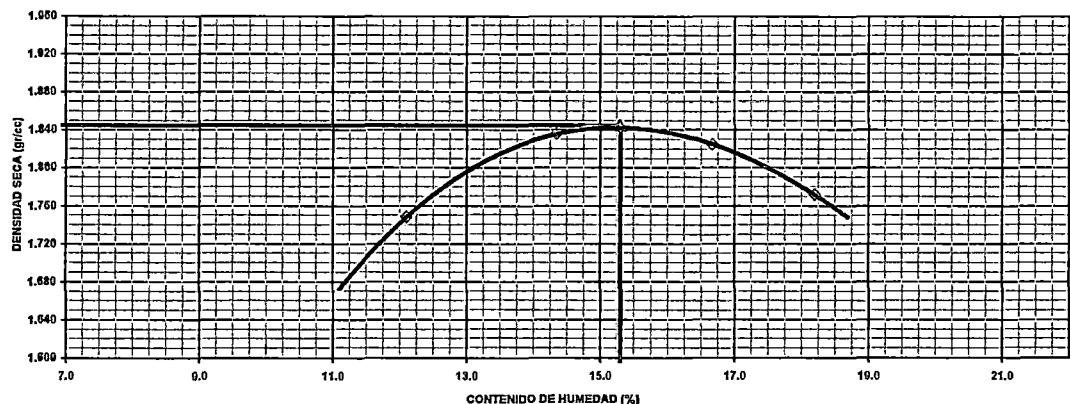
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC  OSITRAN <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		F. de Emision : 16-01-07
		Páginas : 01-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCT-01-07/003

ENSAYO DE PROCTOR STANDARD
AASHTO - T-99

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento
CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento) **UBICACIÓN Km** : 651+900

METODO : "A"				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	927		PESO DEL MOLDE (gr.) : 3745	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3
PESO SUELO + MOLDE	5561	5691	5719	5686
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1816	1946	1974	1941
PESO VOLUMETRICICO HUMEDO	1.959	2.099	2.129	2.094
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	357.11	375.27	364.53	379.01
PESO SUELOS SECO + TARA	318.57	328.22	312.45	320.68
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	38.54	47.05	52.08	58.33
PESO DE SUELO SECO	318.57	328.22	312.45	320.68
CONTENIDO DE AGUA	12.10	14.33	16.67	18.19
PESO VOLUMETRICICO SECO	1.748	1.836	1.825	1.772
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.845	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	15.30

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emisión : 16-01-07
 Páginas : 02-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCT-01-07/003

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA**RESISTENCIA CON EL PROCTOR STANDARD**

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	16/01/2007	16/01/2007			
FECHA DE ROTURA	23/01/2007	23/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	333	337			
CARGA (Kg)	1472	1490			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	1.84	1.86			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	1.85				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO**DATOS DEL CILINDRO**

LONGITUD - L : 10.03
 DIAMETRO - D : 10.1

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	3	3				
PESO SUELO + MOLDE	6480	6490				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1823	1833				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.127	2.139				
HUMEDAD OPTIMA	15.3	15.3				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.845	1.855				
LECTURA DIAL	160	186				
CARGA MAXIMA - P (KG)	699	815				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	4.39	5.12				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	4.75					

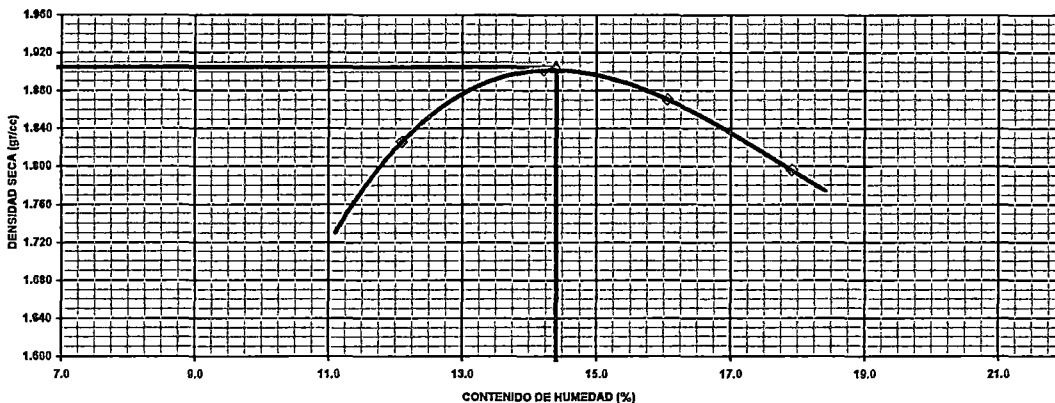
ENSAYO DE PROCTOR INTERMEDIO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900


METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	927				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3745			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4					
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3					
PESO SUELO + MOLDE	5642	5759	5758	5708					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1897	2014	2013	1963					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.046	2.173	2.172	2.118					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	357.08	375.86	364.21	379.16					
PESO SUELOS SECO + TARA	318.56	329.11	313.84	321.55					
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00					
PESO DE AGUA	38.52	46.75	50.37	57.61					
PESO DE SUELO SECO	318.56	329.11	313.84	321.55					
CONTENIDO DE AGUA	12.09	14.20	16.05	17.92					
PESO VOLUMETRICO SECO	1.826	1.902	1.871	1.796					
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.905	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		14.40				

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

 CESEL INGENIEROS Certificado ISO 9001:2000  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07 F. de Emisión : 16-01-07 Páginas : 02-04 Realizado por : Tec. H.A.M. Revisado por : Ing. J.A.T Certificado N° : SCT-01-07/003

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil TRAMO III : Pte. Inambari - Ifapari MATERIAL : Base suelo-cemento CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento)	UBICACIÓN : 651+900
--	---------------------

DATOS DE LA MUESTRA

RESISTENCIA CON EL PROCTOR STANDARD					
CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	16/01/2007	16/01/2007			
FECHA DE ROTURA	23/01/2007	23/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	405	403			
CARGA (Kg)	1794	1785			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	2.24	2.23			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	2.27				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO

DATOS DEL CILINDRO
 LONGITUD - L **10.03**
 DIAMETRO - D **10.1**

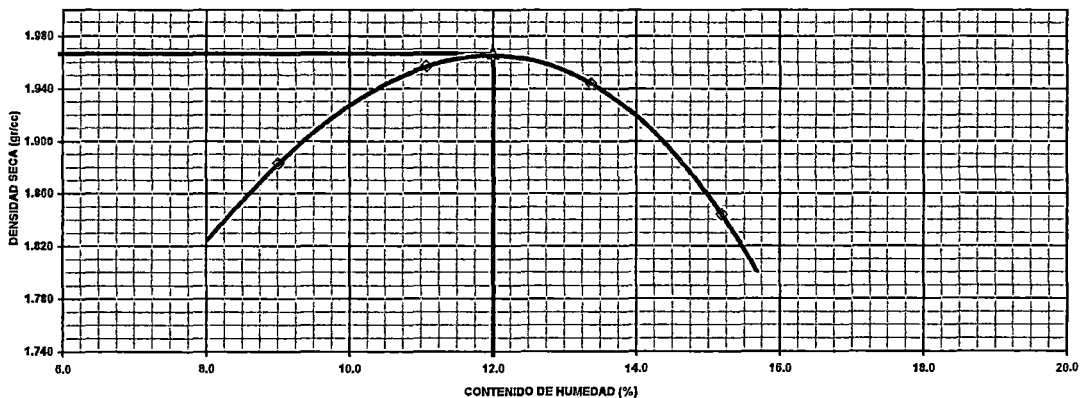
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	3705			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	3	3				
PESO SUELO + MOLDE	6510	6495				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	2805	2790				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	3.273	3.256				
HUMEDAD OPTIMA	14.4	14.4				
PESO VOLUMETRICO SECO	2.861	2.846				
LECTURA DIAL	172	193				
CARGA MAXIMA - P (KG)	752	846				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	4.73	5.32				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	5.02					

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A"				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	927			
	PESO DEL MOLDE (gr.) : 3745			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
NUMERO DE CAPAS	5	5	5	5
PESO SUELO + MOLDE	5648	5760	5788	5714
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1903	2015	2043	1969
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.053	2.174	2.204	2.124
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	346.16	362.58	354.21	369.48
PESO SUELOS SECO + TARA	317.55	326.45	312.45	320.78
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	28.61	36.13	41.76	48.70
PESO DE SUELO SECO	317.55	326.45	312.45	320.78
CONTENIDO DE AGUA	9.01	11.07	13.37	15.18
PESO VOLUMETRICO SECO		1.883	1.957	1.944
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.967	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	12.80

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 5% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA

RESISTENCIA CON EL PROCTOR MODIFICADO

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	5.0	5.0			
FECHA DE MOLDEO	17/01/2007	17/01/2007			
FECHA DE ROTURA	24/01/2007	24/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	680	646			
CARGA (Kg)	3023	2871			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	3.77	3.58			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	3.68				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO

DATOS DEL CILINDRO

LONGITUD - L : 10.03

DIAMETRO - D : 10.1

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	5	5				
PESO SUELO + MOLDE	6546	6510				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1889	1853				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.204	2.162				
HUMEDAD OPTIMA	12	12				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.968	1.931				
LECTURA DIAL	234	270				
CARGA MAXIMA - P (KG)	1029	1190				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm ²)	6.47	7.48				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm ²	6.97					

ENSAYO DE PROCTOR STANDARD

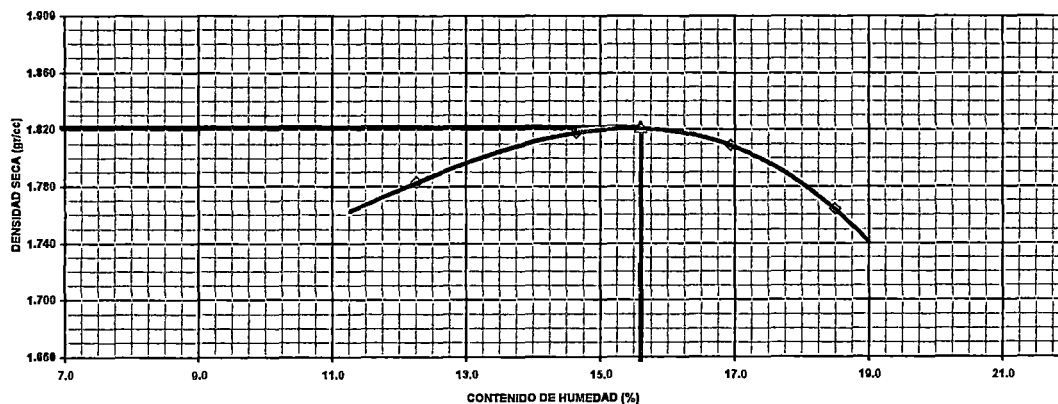
AASHTO - T-99

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento) UBICACIÓN Km : 651+900

METODO : "A"

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	927				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3745				
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4		
NUMERO DE CAPAS					3	3	3	3		
PESO SUELO + MOLDE					5600	5677	5706	5683		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO					1855	1932	1961	1938		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO					2.001	2.084	2.115	2.091		
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE Nro.					1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA					359.78	378.96	362.75	381.26		
PESO SUELOS SECO + TARA					320.50	330.57	310.22	321.77		
PESO DE LA TARA					0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA					39.28	48.39	52.53	59.49		
PESO DE SUELO SECO					320.50	330.57	310.22	321.77		
CONTENIDO DE AGUA					12.26	14.64	16.93	18.49		
PESO VOLUMETRICO SECO					1.783	1.818	1.809	1.764		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.822				gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:		15.60	

GRAFICO DEL PROCTOR



CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emisión : 16-01-07
 Páginas : 02-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCT-01-07/004

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interocéanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento)

UBICACIÓN : 651+900



DATOS DE LA MUESTRA**RESISTENCIA CON EL PROCTOR STANDARD**

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCETAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	16/01/2007	16/01/2007			
FECHA DE ROTURA	23/01/2007	23/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	405	426			
CARGA (Kg)	1794	1888			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	2.24	2.36			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	2.30				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO

DATOS DEL CILINDRO
 LONGITUD - L : 10.03
 DIAMETRO - D : 10.1

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	3	3				
PESO SUELO + MOLDE	6470	6465				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1813	1808				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.116	2.110				
HUMEDAD OPTIMA	15.6	15.6				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.830	1.825				
LECTURA DIAL	213	218				
CARGA MAXIMA - P (KG)	936	958				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	5.88	6.02				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	5.95					

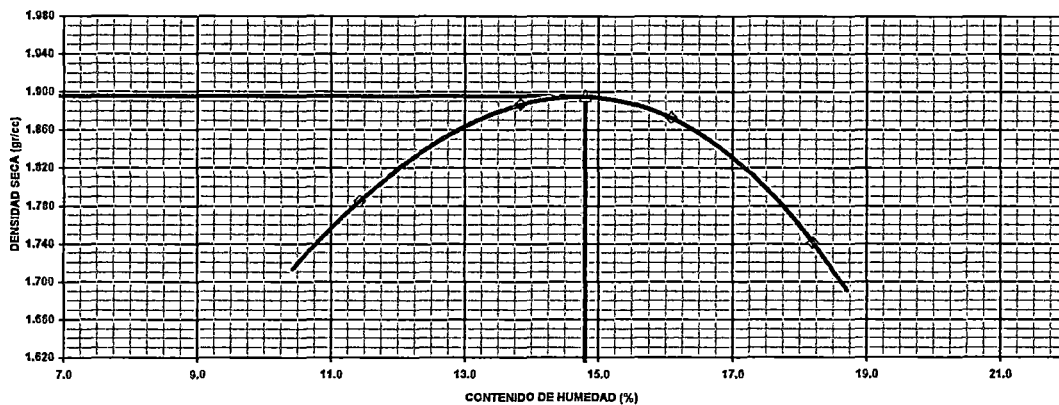
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2009</small>  	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N° : SYP-ENE-07
			F. de Emision : 16-01-07
			Páginas : 01-04
			Realizado por : Tec. H.A.M.
			Revisado por : Ing. J.A.T
			Certificado N° : SCT-01-07/004

ENSAYO DE PROCTOR INTERMEDIO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil	UBICACIÓN Km : 651+900
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari	
MATERIAL : Base suelo-cemento	
CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento)	

METODO : "A"					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	927	PESO DEL MOLDE (gr.) :			3745
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
NUMERO DE CAPAS	3	3	3	3	
PESO SUELO + MOLDE	5589	5736	5760	5653	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1844	1991	2015	1908	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.989	2.148	2.174	2.058	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	358.17	375.26	361.85	379.28	
PESO SUELOS SECO + TARA	321.45	329.68	311.74	320.89	
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	36.72	45.58	50.11	58.39	
PESO DE SUELO SECO	321.45	329.68	311.74	320.89	
CONTENIDO DE AGUA	11.42	13.83	16.07	18.20	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.785	1.887	1.873	1.741	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.896	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:		14.80

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

CESEL INGENIEROS

Certificado ISO 9001:2000

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° : SYP-ENE-07
 F. de Emisión : 16-01-07
 Páginas : 02-04
 Realizado por : Tec. H.A.M.
 Revisado por : Ing. J.A.T
 Certificado N° : SCT-01-07/004

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Inapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA**RESISTENCIA CON EL PROCTOR INTERMEDIO**

CUERPO DE PROBETA N°	1	2			
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0			
FECHA DE MOLDEO	17/01/2007	17/01/2007			
FECHA DE ROTURA	24/01/2007	24/01/2007			
EDAD (DIAS)	7	7			
LECTURA DIAL	464	466			
CARGA (Kg)	2058	2066			
AREA CM 2	80.12	80.12			
RESISTENCIA (Mpa)	2.57	2.58			
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	2.57				

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO**DATOS DEL CILINDRO**

LONGITUD - L 10.03
 DIAMETRO - D 10.1

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	3	3				
PESO SUELO + MOLDE	6455	6450				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1798	1793				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.098	2.092				
HUMEDAD OPTIMA	14.8	14.8				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.828	1.822				
LECTURA DIAL	208	206				
CARGA MAXIMA - P (KG)	913	904				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	5.74	5.68				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	5.71					

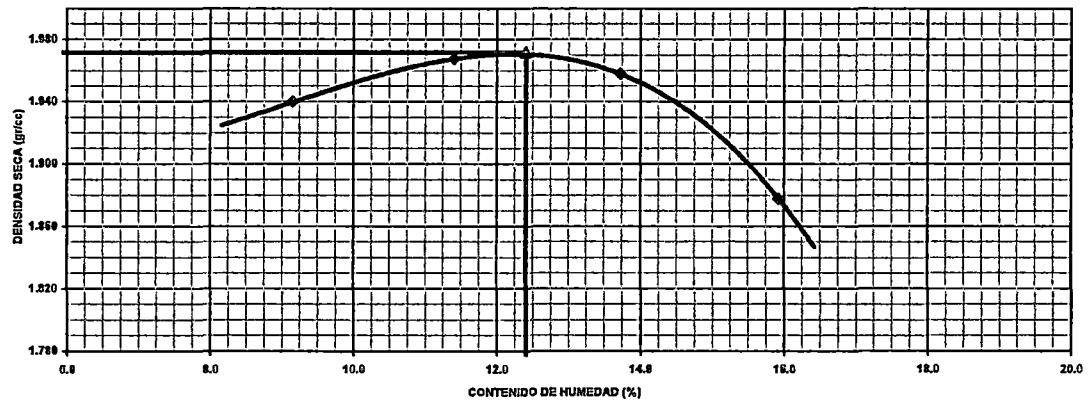
CESEL INGENIEROS <small>Certificado ISO 9001:2000</small> MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> OSITRAN <small>Organismo Supervisor de Inversión Privada</small>	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-07
		F. de Emision : 16-01-07
		Páginas : 03-04
		Realizado por : Tec. H.A.M.
		Revisado por : Ing. J.A.T
		Certificado N° : SCT-01-07/004

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180-D

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
TRAMO : Pte. Inambari - Iñapari
MATERIAL : Base suelo-cemento
CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento) **UBICACIÓN Km** : 651+900

METODO : "A"						
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	928				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3705
NÚMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5		
PESO SUELO + MOLDE	5670	5740	5771	5725		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1965	2035	2066	2020		
PESO VOLUMETRICÓ HUMEDO	2.117	2.193	2.226	2.177		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	347.68	363.69	355.36	371.95		
PESO SUELOS SECO + TARA	318.54	326.47	312.48	320.87		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	29.14	37.22	42.88	51.08		
PESO DE SUELO SECO	318.54	326.47	312.48	320.87		
CONTENIDO DE AGUA	9.15	11.40	13.72	15.92		
PESO VOLUMETRICÓ SECO		1.940	1.968	1.958	1.878	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.972		gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:	12.40

GRAFICO DEL PROCTOR



c:\tesis final\anexos tesis\06. variacion de la energia de compactacion\mezcla 6% cemento.xls\resist. standard

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BASE CON CEMENTO

PROYECTO : Corredor Vial Interoceanico Sur Perú - Brasil
 TRAMO III : Pte. Inambari - Iñapari
 MATERIAL : Base suelo-cemento
 CANTERA : Saboya (Mezcla 6% cemento)

UBICACIÓN : 651+900

DATOS DE LA MUESTRA

RESISTENCIA CON EL PROCTOR MODIFICADO

CUERPO DE PROBETA N°	1	2				
PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO (%)	6.0	6.0				
FECHA DE MOLDEO	17/01/2007	17/01/2007				
FECHA DE ROTURA	24/01/2007	24/01/2007				
EDAD (DIAS)	7	7				
LECTURA DIAL	712	753				
CARGA (Kg)	3166	3349				
AREA CM 2	80.12	80.12				
RESISTENCIA (Mpa)	3.95	4.18				
RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	4.07					

DETERMINACION DE LA TRACCION INDIRECTA DE LOS CILINDROS SUELO-CEMENTO

DATOS DEL CILINDRO

LONGITUD - L : 10.03
 DIAMETRO - D : 10.1

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	857	PESO DEL MOLDE (gr.) :	4657			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2				
NUMERO DE CAPAS	5	5				
PESO SUELO + MOLDE	6485	6498				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1828	1841				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.133	2.148				
HUMEDAD OPTIMA	12.4	12.4				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.898	1.911				
LECTURA DIAL	288	300				
CARGA MAXIMA - P (KG)	1271	1324				
ESFUERZO DE TRACCION (Kg/cm2)	7.99	8.32				
ESFUERZO DE TRACCION PROMEDIO Kg/cm2	8.15					

ANEXO 07: DISEÑO DEL PAVIMENTO

- **ABACOS AASHTO**
- **ABACOS PCA**

**CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU BRASIL
TRAMO 3 PTE INAMBARI - IÑAPARI**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993
10 AÑOS**

PROYECTO : Iberia - Iñapari
SECCION : km 649+720 - km 653+700
 km 661+740 - km 663+990
 km 670+000 - km 672+650
 km 679+910 - km 693+500
 km 696+350 - km 702+830

SECTOR :
FECHA :

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	6.50E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) (USANDO CBR) = 4%	6.00
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Tratamiento Superficial Bicapa	0.00
Concreto asfaltico	0.44
Base suelo cemento (a2)	0.14
Sub base suelo cal (a3)	0.12
Mejoramiento de la subrasante (a4) CBR>=7%	0.07
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base suelo cemento (m2)	1.10
Subbase (m3)	1.00
Mejoramiento de subrasante (m4)	1.00

ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
CAPA DE RODADURA (D1)	0		
BASE SUELO CEMENTO (D2)	20	1.21	
SUB BASE SUELO CAL (D3)	20	0.94	
MEJORAMIENTO (D4)	51	1.41	
Total		3.56	3.56

OK

**CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU BRASIL
TRAMO 3 PTE INAMBARI - IÑAPARI**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993
10 AÑOS**

PROYECTO : Iberia - Iñapari
SECCION : km 702+830 - km 709+760

SECTOR :
FECHA :

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	6.50E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) (USANDO CBR) = 5%	7.50
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Tratamiento Superficial Bicapa	0.00
Concreto asfaltico	0.44
Base suelo cemento (a2)	0.14
Sub base suelo cal (a3)	0.12
Mejoramiento de la subrasante (a4) CBR>=7%	0.07

B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base suelo cemento (m2)	1.10
Subbase (m3)	1.00
Mejoramiento de subrasante (m4)	1.00

ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

CAPA DE RODADURA (D1)
BASE SUELO CEMENTO (D2)
SUB BASE SUELO CAL (D3)
MEJORAMIENTO (D4)

H (cm)	SN	SN REQUERIDO
0		
20	1.21	
20	0.94	
42	1.16	
Total	3.31	3.30

OK

**CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU BRASIL
TRAMO 3 PTE INAMBARI - IÑAPARI**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993
10 AÑOS**

PROYECTO : Iberia - Iñapari
SECCION : km 660+720 - km 661+740

SECTOR :
FECHA :

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	6.50E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) (USANDO CBR) = 6%	9.00
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Tratamiento Superficial Bicapa	0.00
Concreto asphaltico	0.44
Base suelo cemento (a2)	0.14
Sub base suelo cal (a3)	0.12
Mejoramiento de la subrasante (a4) CBR>=7%	0.07

B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CÁPA

Base suelo cemento (m2)	1.10
Subbase (m3)	1.00
Mejoramiento de subrasante (m4)	1.00

ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
CAPA DE RODADURA (D1)	0		
BASE SUELO CEMENTO (D2)	20	1.21	
SUB BASE SUELO CAL (D3)	20	0.94	
MEJORAMIENTO (D4)	35	0.96	
Total		3.12	3.10

OK

**CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU BRASIL
TRAMO 3 PTE INAMBARI - IÑAPARI**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993
10 AÑOS**

PROYECTO : Iberia - Iñapari
SECCION : km 693+500 - km 696+140

SECTOR :
FECHA :

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	6.50E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) (USANDO CBR) = 7%	10.50
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

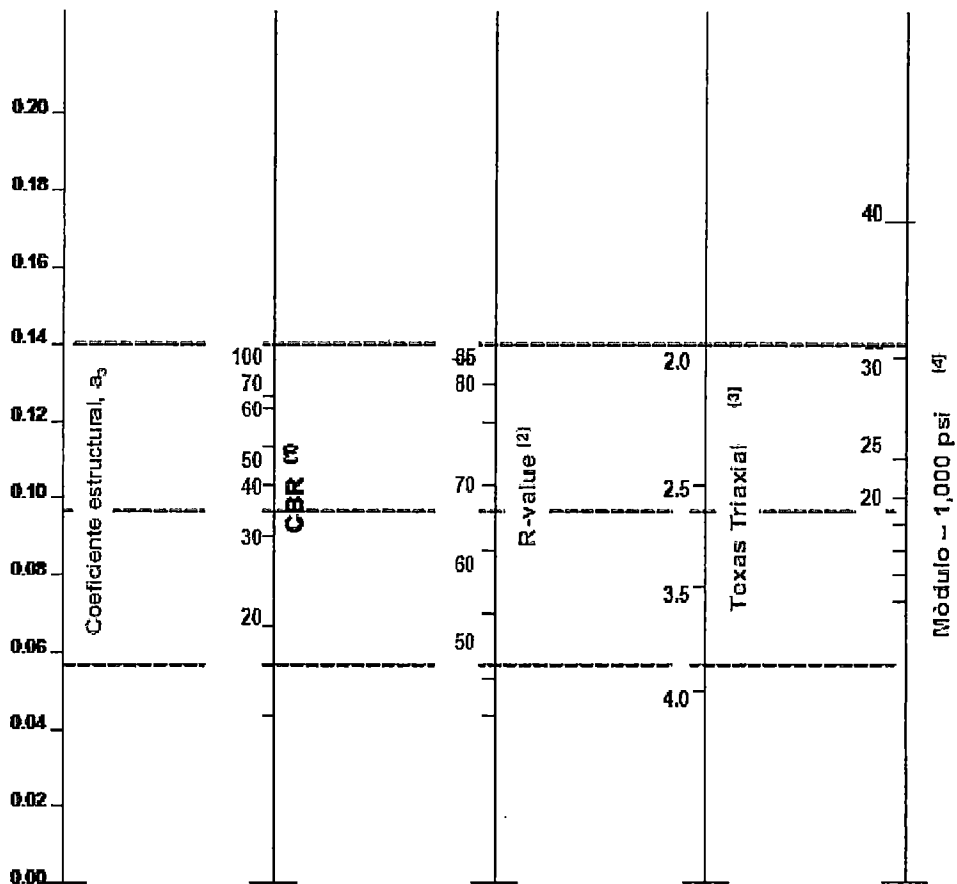
3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Tratamiento Superficial Bicapa		0.00
Concreto asfaltico		0.44
Base suelo cemento (a2)		0.14
Sub base suelo cal (a3)		0.12
Mejoramiento de la subrasante (a4) CBR>=7%		0.07
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base suelo cemento (m2)		1.10
Subbase (m3)		1.00
Mejoramiento de subrasante (m4)		1.00

ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
CAPA DE RODADURA (D1)	0		
BASE SUELO CEMENTO (D2)	20	1.21	
SUB BASE SUELO CAL (D3)	20	0.94	
MEJORAMIENTO (D4)	30	0.83	
Total		2.98	2.93

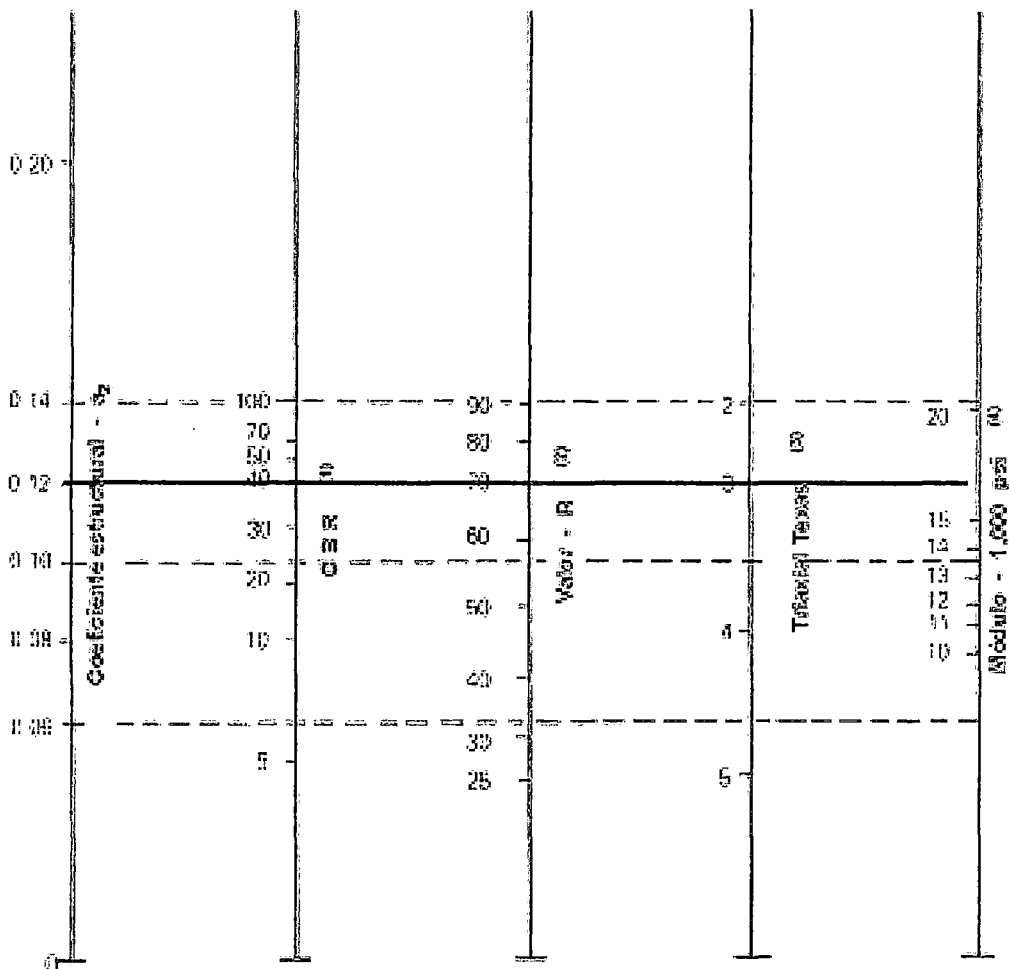
OK



- (1) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de Illinois
- (2) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de California, New México y Wyoming
- (3) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de Texas
- (4) La escala derivó en el proyecto NCHRP (3)

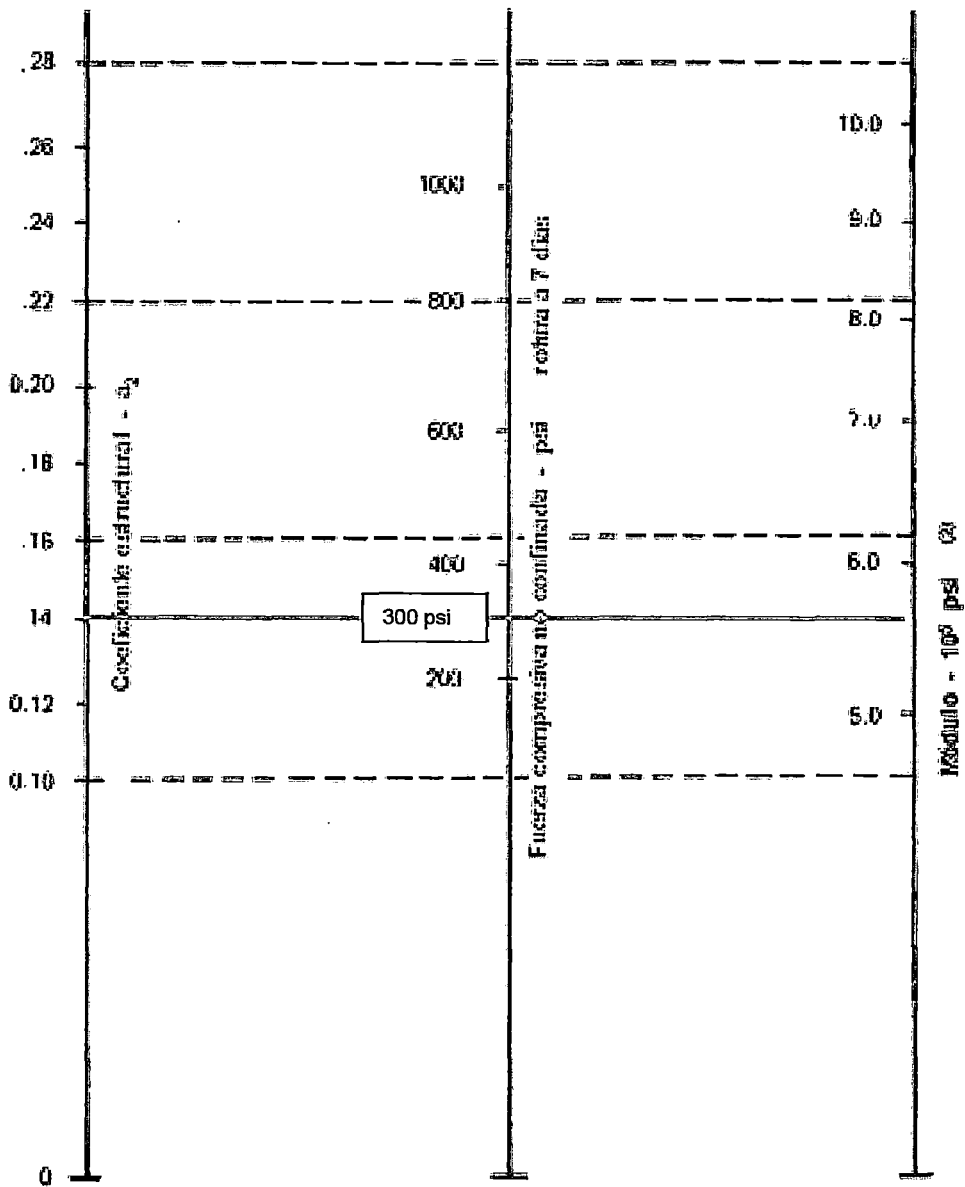
Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993

Coeficiente estructural de la capa de base granular



- (1) Escala derivada de las correlaciones de Illinois
 (2) Escala derivada de las correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, New México y Wyoming
 (3) Escala derivada de las correlaciones de Texas
 (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Coefficiente estructural de la capa de sub base granular



(1) Escala derivada de los porcentajes obtenidos de las correlaciones de Illinois, Louisiana y Texas
 (2) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO
 Coeficiente estructural de la capa de base estabilizada

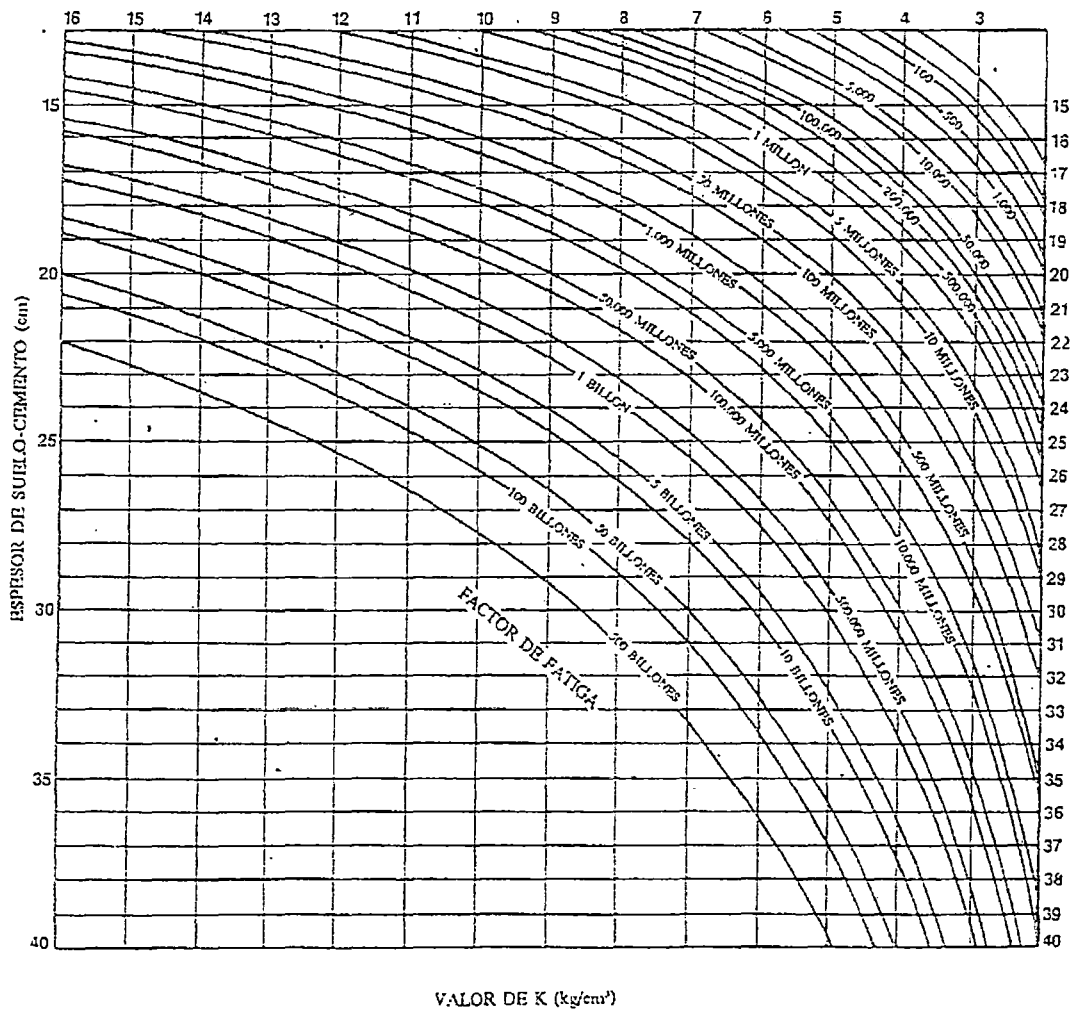


Gráfico para diseño de espesor de suelo cemento - grueso granular (PCA)

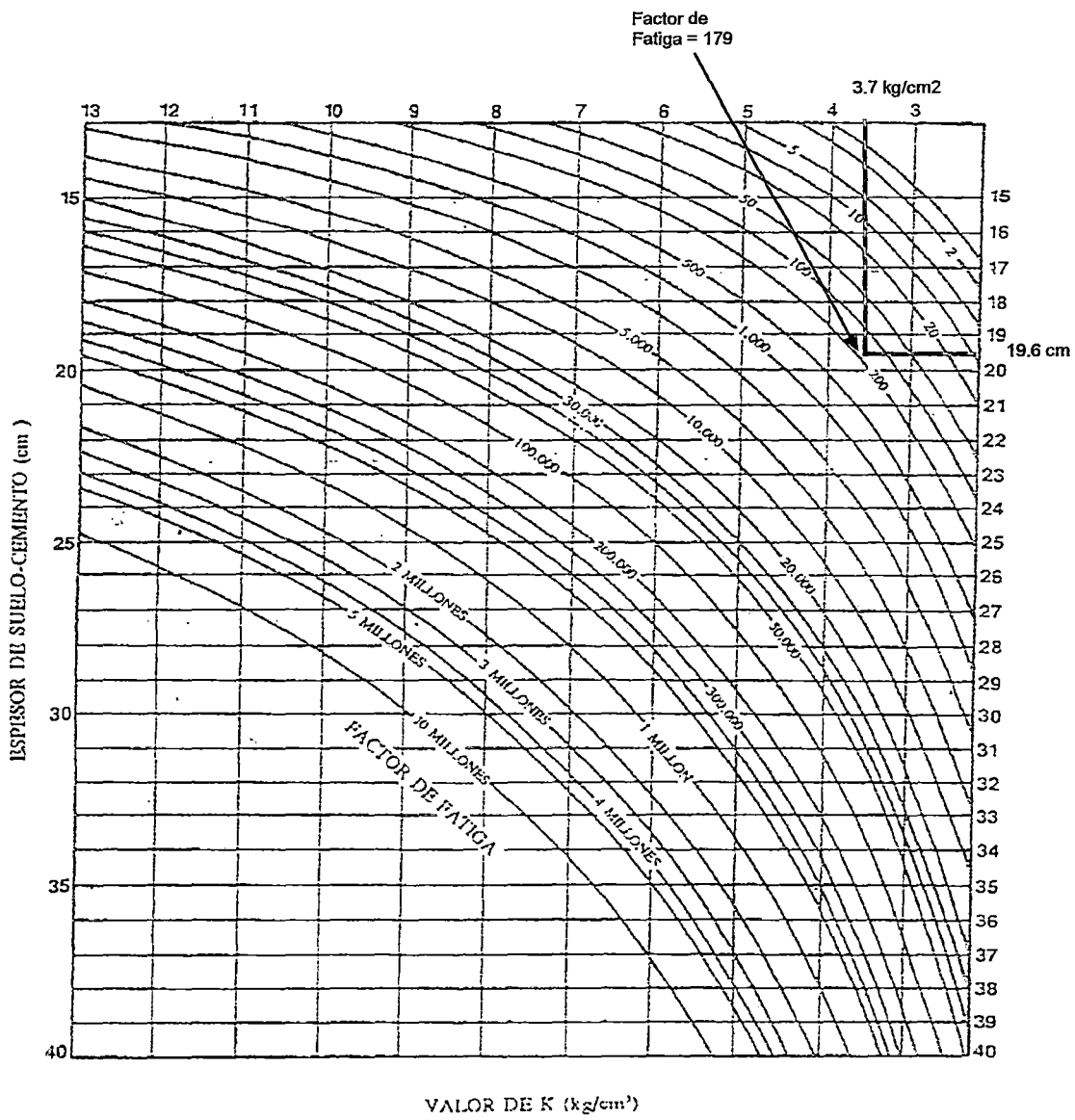


Gráfico para diseño de espesor de suelo cemento - fino granular (PCA)

**ANEXO 08: CERTIFICADOS DE
LABORATORIO EXTERNOS**

- ENSAYOS MINERALOGICOS
- CALIDAD DEL AGUA
- CERTIFICADOS DE CAL Y
CEMENTO



**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE RAYOS "X"**

REPORTE N° 050A- 2007-LRX

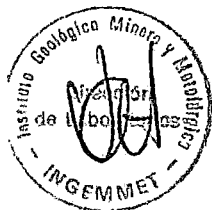
ORDEN DE TRABAJO : N° 079/2007
SOLICITADO POR : Cesel S.A.
N° DE MUESTRAS : 01
FECHA : Lima 04 Abril de 2007

Para el análisis, se utilizó tubo de Cu en un difractómetro SHIMADZU modelo XRD-6000, con energía de 40 Kv, 30 mA

RESULTADOS DEL ANALISIS

MUESTRA CANTERA SABOYA Km 651+900 (AGREGADO FINO)

N°	Mineral	Fórmula	%
1	Cuarzo	SiO ₂	94.63
4	Ortoclasa	(K,Ba,Na)(Si,Al) ₄ O ₈	3.79
5	Muscovita	K(Al,V) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	0.99
6	Clorita	(Mg,Al) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	0.31
5	Hematita	Fe ₂ O ₃	0.28



Espec. PALERMO CARRASCO G.
Labo. de Rayos X y Anál. Multielemental
INGEMMET



**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE RAYOS "X"**

REPORTE N° 050- 2007-LRX

ORDEN DE TRABAJO : N° 079/2007
SOLICITADO POR : Cesel S.A.
N° DE MUESTRAS : 01
FECHA : Lima 04 Abril de 2007

Para el análisis, se utilizó tubo de Cu en un difractómetro SHIMADZU modelo XRD-6000, con energía de 40 Kv, 30 mA

RESULTADOS DEL ANALISIS

MUESTRA CANTERA NC-47 Km 699+100 (AGREGADO FINO)

N°	Mineral	Fórmula	%
1	Cuarzo	SiO ₂	95.14
4	Ortoclasa	(K,Ba,Na)(Si,Al) ₄ O ₈	2.48
2	Muscovita	K(Al,V) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	1.65
3	Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	0.52
5	Hematita	Fe ₂ O ₃	0.21




Esped. PALERMO CARRASCO G.
Rels. de Rayos X y Anál. Multielemental
INGEMMET



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Cajón Postal 1301 Lima 100 - Perú - Teléfono: (511) 431-3765

LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIC-UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

SOLICITANTE: CONIRSA S.A.

EXPEDIENTE: 806-339

OBRA/PROYECTO: INTEROCEANICA SUR

UBICACION: PUENTE TAHUAMANU

TIPO DE MUESTRA: FUENTE DE AGUA

RECEPCION DE MUESTRAS: 07-07-06

ANÁLISIS DE:	SULFATOS ppm	CLÓRUROS ppm	SÓLIDOS EN SUSPENSION ppm	pH	MATERIA ORGÁNICA ppm	BICARBONATOS HCO ₃ ⁻ ppm
PUENTE TAHUAMANU FUENTE DE AGUA	97	54	34	7,2	62	257

Lima, 08 de Julio del 2006



[Signature]
RODOLFO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO VICE-RECTORAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIC - UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

SOLICITANTE: CONIRSA S.A

EXPEDIENTE: S06-339

OBRA/PROYECTO: INTEROCEANICA SUR

UBICACION: PUENTE PORTLLO

TIPO DE MUESTRA: FUENTE DE AGUA

RECEPCION DE MUESTRAS: 07-07-06

ANÁLISIS DE:	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	SOLIDOS EN SUSPENSION ppm	pH	MATERIA ORGANICA ppm	BICARBONATOS HCO ₃ ⁻ ppm
PUENTE PORTLLO FUENTE DE AGUA	82	31	16	7,1	52	450

Lima, 08 de Julio del 2006



ESCARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Cuartado Postal 1301 Lima 100 Perú Telefax: (511) 481 9845

LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIG- UNI
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

SOLICITANTE: CONIRSA S.A

EXPEDIENTE: M06-389

OBRA/PROYECTO: INTEROCEANICA SUR

UBICACION: PUENTE NOAYA

ATENCION:

TIPO DE MUESTRA: FUENTE DE AGUA

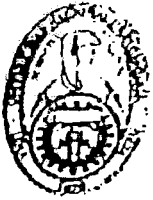
RECEPCION DE MUESTRAS: 07-07-06

ANÁLISIS DE:	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	SOLIDOS EN SUSPENSION ppm	pH	MATERIA ORGANICA ppm	BICARBONATOS HCO ₃ ⁻ ppm
PUENTE NOAYA FUENTE DE AGUA	50	42	36	7,4	82	289

Lima, 20 de Enero del 2006



Ing. RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIG



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 491-9845
LABORATORIO DE QUIMICA DE LA EIC-UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

SOLICITANTE: CONIRSA S.A

EXPEDIENTE: 906-339

OBRA/PROYECTO: INTEROCEANICA SUR

UBICACION: PUENTE PRIMAVERA

TIPO DE MUESTRA: FUENTE DE AGUA

RECEPCION DE MUESTRAS: 07-07-06

ANÁLISIS DE.	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	SOLIDOS EN SUSPENSION ppm	pH	MATERIA ORGANICA ppm	BICARBONATOS HCO ₃ ⁻ ppm
PUENTE PRIMAVERA FUENTE DE AGUA	55	38	25	7,2	41	482

Lima, 08 de Julio del 2006



RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUIMICA FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Apartado Postal 1701 Lima 170 - Perú - Telefax (51) 1 481 9845

LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIC- UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

SOLICITANTE: CONIRSA S.A

EXPEDIENTE: S06-359

OBRA/PROYECTO: INTEROCEANICA SUR

UBICACION: RIO ACRE

TIPO DE MUESTRA: FUENTE DE AGUA

RECEPCION DE MUESTRAS: 06-07-06

ANÁLISIS DE:	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	SOLIDOS EN SUSPENSION ppm	pH	MATERIA ORGANICA ppm	BICARBONATOS HCO ₃ ⁻ ppm
FUENTE DE AGUA RIO ACRE	67	89	22	7,6	82	642

Lima, 08 de Julio del 2006



Ing. RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIC



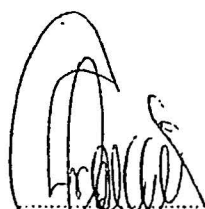
REPORTE DE CALIDAD DE CAL HIDRATADA

N° 024-06-CC

CLIENTE : CONIRSA S.A.
CANTIDAD : 12 Tm / 1000 kg
PLACA VEHÍCULO : XU-2609

Componentes	Unidad	Cantidad	Norma ASTM
Oxido de Calcio y Magnesio	%	91.00	C 25 – C 977
Humedad Libre	%	0.11	C 977
Granulometría			
Finura en malla N° 30 (590 µm)	%	0.28	C 977
Finura en malla N° 200 (75 µm)	%	5.45	C 977

Planta. 29 de Junio del 2006


Jig° Silvino Quispe
Jefe de Control de Calidad

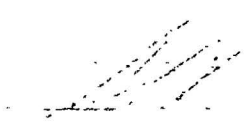


REPORTE DE CALIDAD DE CEMENTO PORTLAND TIPO I "RUMI"

Sres. : CONIRSA S.A.
 Fecha de despacho: 06 al 09 de Setiembre del 2006
 Vehiculo Placa N° : WZ. 7679, XH3178, XO9698, XO9700, XU4631,
 WH8974, XO9703, XO9879, XO9988, XO9880, XO9735,
 XO9702.

COMPONENTES %	CEMENTO TIPO I	ASTM C150 NTP 334.009
ENSAYOS QUÍMICOS		
SiO ₂	21.56	No Especifica
Al ₂ O ₃	5.63	No Especifica
Fe ₂ O ₃	2.89	No Especifica
CaC	63.33	No Especifica
MgO	3.78	6.00 Máximo
SO ₃	2.61	3.00 Máximo
Loss	0.65	3.00 Máximo
R.I.	0.70	0.75 Máximo
ENSAYOS FISICOS		
Fineza M-325. (%)	18.80	No Especifica
S E. Blaine, (cm ² /g)	3520	2 800 Mínimo
Expansión Autoclave, (%)	0.46	0.80 Máximo
Vicat Inicial, (minutos)	110	45 minutos Mínimo
Vicat Final, (minutos)	180	375 minutos Máximo
Densidad, (g/cm ³)	3.12	No Especifica
Resist. a la compresión 03 dias (kg/cm ²)	216.98	122 mínimo
Resist. a la compresión 07 dias (kg/cm ²)	282.86	194 Mínimo
Resist. a la compresión 28 dias (kg/cm ²)	379.74	

Planta, 02 de Noviembre del 2006


 Ing. Silvino Quispe
 Jefe de Control de Calidad



REPORTE DE CALIDAD DE CEMENTO PORTLAND TIPO I "RUMI"

Sres. : CONIRSA S.A.
 Fecha de despacho: 20 al 23 de Setiembre del 2006
 Vehículo Placa N° : WH8658, WO5755, WK1802, XU2848,
 XO1760, WO7967, XU3106, YK1210, WK2866, WJ1620,
 XH3178, WZ4773, WH9745, WO3270,
 WR1247, XU4553, WZ7921, XH3192, XU3218, XU4448.

COMPONENTES %	CEMENTO TIPO I	ASTM C150 NTP 334.009
ENSAYOS QUÍMICOS		
SO ₂	20.71	No Especifica
A ₂ O ₃	4.84	No Especifica
Fe ₂ O ₃	2.96	No Especifica
CaO	61.82	No Especifica
MgO	2.60	6.00 Máximo
SO ₃	1.77	3.00 Máximo
Loss	0.92	3.00 Máximo
R.I.	0.70	0.75 Máximo
ENSAYOS FISICOS		
Fineza M-325. (%)	13.07	No Especifica
S.E. Blaine, (cm ² /g)	3410	2 800 Mínimo
Expansión Autoclave, (%)	0.74	0.80 Máximo
Vicat Inicial, (minutos)	115	45 minutos Mínimo
Vicat Final, (minutos)	180	375 minutos Máximo
Densidad, (g/cm ³)	3.11	No Especifica
Resist. a la compresión 03 días (kg/cm ²)	220.91	122 mínimo
Resist. a la compresión 07 días (kg/cm ²)	317.73	194 Mínimo
Resist. a la compresión 28 días (kg/cm ²)	437.89	

Flarta, 02 de Noviembre del 2006

Ing. Silvino Quispe
Jefe de Control de Calidad

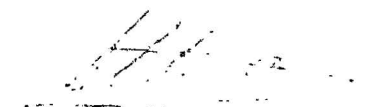


REPORTE DE CALIDAD DE CEMENTO PORTLAND TIPO I "RUMI"

Sres. : CONIRSA S.A.
Fecha de despacho: 25 al 30 de Setiembre del 2006
Vehiculo Placa N° : WH19368, WZ3762, XU3540, WH8925, WO3850, XH2738,
WH7829, XU2830, XU3324, XU2902, XU3031, WZ4506,
WV1230, XU3771, XI1365, XP3390.

COMPONENTES %	CEMENTO TIPO I	ASTM C150 NTP 334.009
ENSAYOS QUÍMICOS		
SiO ₂	21.34	No Especifica
Al ₂ O ₃	5.46	No Especifica
Fe ₂ O ₃	2.52	No Especifica
CaC	63.44	No Especifica
MgO	3.86	6.00 Máximo
SO ₃	2.09	3.00 Máximo
Loss	0.95	3.00 Máximo
R.I.	0.74	0.75 Máximo
ENSAYOS FISICOS		
Fineza M-325, (%)	17.61	No Especifica
S.E. Blaine, (cm ² /g)	3680	2 800 Mínimo
Expansión Autoclave, (%)	0.73	0.80 Máximo
Vicat Inicial, (minutos)	115	45 minutos Mínimo
Vicat Final, (minutos)	190	375 minutos Máximo
Densidad, (g/cm ³)	3.11	No Especifica
Resist. a la compresión 03 días (kg/cm ²)	209.24	122 mínimo
Resist. a la compresión 07 días (kg/cm ²)	317.73	194 Mínimo
Resist. a la compresión 28 días (kg/cm ²)	410.75	

Planta, 02 de Noviembre del 2005


Ing. Silvano Quispe
Jefe de Control de Calidad



REPORTE DE CALIDAD DE CEMENTO PORTLAND TIPO I "RUMI"

Sres. : CONIRSA S.A.
Fecha de despacho: 09 al 14 de Octubre del 2006

COMPONENTES %	CEMENTO TIPO I	ASTM C150. NTP 334.009
ENSAYOS QUÍMICOS		
SiO ₂	21.01	No Especifica
Al ₂ O ₃	5.50	No Especifica
Fe ₂ O ₃	2.69	No Especifica
CaO	62.70	No Especifica
MgO	4.05	6.00 Máximo
SO ₃	1.59	3.00 Máximo
Loss	0.65	3.00 Máximo
R.I.	0.65	0.75 Máximo
ENSAYOS FISICOS		
Fineza M-325, (%)	13.88	No Especifica
S.E. Blaine, (cm ² /g)	3520	2 800 Mínimo
Expansión Autoclave, (%)	0.55	0.80 Máximo
Vicat Inicial, (minutos)	95	45 minutos Mínimo
Vicat Final, (minutos)	180	375 minutos Máximo
Densidad, (g/cm ³)	3.15	No Especifica
Resist. a la compresión 03 días (kg/cm ²)	189	122 mínimo
Resist. a la compresión 07 días (kg/cm ²)	286	194 Mínimo
Resist. a la compresión 28 días (kg/cm ²)	387	

Planta, 06 de Noviembre del 2006

Ing. Silvano Quispe
Jefe de Control de Calidad