

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante
con presencia de suelos blandos

Por:

Bach. Jorge David Santa Cruz Marín

Asesor:

Ing. Gider Vela Vela

Lima, noviembre de 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo Ing. Gider Vela Vela, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos" constituye la memoria que presenta el Bachiller Jorge David Santa Cruz Marín para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 22 días, del mes de noviembre del año dos mil diecinueve.



Ing. Gider Vela Vela

Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con
Presencia de Suelos Blandos

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



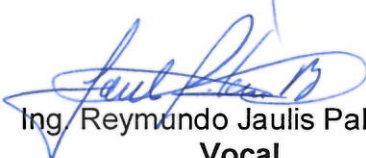
Mg. Leonel Chahuares Paucar
Presidente



Ing. David Díaz Garamendi
Secretario



Ing. Ferrer Canaza Rojas
Vocal



Ing. Reymundo Jaulis Palomino
Vocal



Ing. Gider Vela Vela
Asesor

Lima, 22 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este trabajo de investigación
a mi madre Nelly Marín y mi padre Jorge Santa Cruz.
Quienes con su esfuerzo y dedicación hicieron posible
que culmine mis estudios profesionales.

En segundo lugar, dedicar a mis hermanas Saidy y Marinelly
por su apoyo incondicional siempre. A toda mi familia que
siempre está presto a apoyarme en cada momento.

En tercer lugar, dedicar a aquellas personas que hoy descansan en el Señor
y fueron quienes marcaron buenas etapas de mi vida.
A mi mamita Amelia, mi primo Jim Eyber, mi mamita Pastora y
en especial a mi papito Domingo del quien pude
aprender la perseverancia a pesar de las dificultades.

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradecer a Dios por la oportunidad de darme la vida y ver realizado la culminación de esta investigación.

Segundo, agradecer al grupo de profesionales que estuvieron ahí para ver realizado esta investigación. A mi asesor Ing. Gider Vela, al Ing. Fernando Ramos, al Ing. Carlos Tupia, al Tec. Gulliver Flores y a mis dictaminadores por hacer de esta investigación un realce importante.

Tercero, a mis primos, tíos, enamorada, amigos, compañeros y todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional para que esta investigación pueda culminar.

A la empresa OBRAINSA, al grupo técnico y a cada entidad que me brindo la información necesaria para poder culminar todo este proceso.
A todos GRACIAS.

INDICE

INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
ABREVIATURA Y SÍMBOLOS USADOS	ix
GLOSARIO	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
Capítulo I. El Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Hipótesis de la investigación	4
1.3.1 Hipótesis general.....	4
1.3.2 Hipótesis Específicas	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Presuposición Filosófica	6
Capítulo II. Revisión de la Literatura.....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Generalidades de los Suelos	10
2.2.1 Suelos de fundación	10
2.2.2 Subrasante	11
2.2.3 Tipos de suelos.....	12
2.2.4 Clasificación de suelos.....	13
2.2.5 Caracterización de suelos.....	18
2.3 Mejoramiento de Suelos	26
2.3.1 Mejoramiento de suelos	26

2.3.2	Suelos inadecuados para subrasante	27
2.3.3	Métodos para mejoramiento de suelos.....	28
2.3.4	Métodos para determinar espesores de mejoramiento	29
2.4	Suelos Blandos.....	41
2.4.1	Características de los suelos blandos	41
2.4.2	Factores de peligro en una subrasante con presencia de suelos blandos	42
2.4.3	Fallas derivadas de un suelo blando.....	43
2.5	Consolidación de Suelos	45
2.5.1	Consolidación de suelos.....	45
2.5.2	Teoría de la consolidación	47
2.5.3	Asentamiento por Consolidación.....	49
2.5.4	Consolidación primaria.....	51
2.5.5	Cálculo del Asentamiento por Consolidación Primaria.....	51
	Capítulo III. Métodos y Materiales	54
3.1	Datos Generales.....	55
3.1.1	Población	55
3.1.2	Muestra	55
3.2	Recolección de Datos	59
3.2.1	Fuentes primarias:.....	60
3.2.2	Fuentes secundarias:	60
3.3	Caracterización de Muestras	61
3.3.1	Exploración de Campo.....	61
3.3.2	Caracterización Física.....	67
3.3.3	Caracterización Mecánica.....	73
3.3.4	Condiciones Críticas de Subrasante.....	77
3.4	Métodos de Diseño	80

3.4.1	Análisis de Tráfico (EAL)	80
3.4.2	Diseño por método AASHTO.....	84
3.4.3	Método Boussinesq.....	95
3.4.4	Método de Ábacos de Colorado.....	103
3.4.5	Método de Consolidación Primaria	104
	Capítulo IV. Análisis y Discusión	112
4.1	Resultados de espesores por Método AASHTO.....	112
4.2	Resultados de espesores por Método Boussinesq.....	113
4.3	Resultados del método Ábacos de Colorado.....	114
4.4	Resultados de asentamientos por consolidación primaria	115
4.5	Espesor final de mejoramiento	117
	Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	121
5.1	Conclusiones	121
5.2	Recomendaciones	124
	Referencias	125
	ANEXOS.....	130
	<i>ANEXO I: Anexo de resultados de los ensayos</i>	<i>130</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-1 – Progresiva 10+200.....</i>	<i>131</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-2 – Progresiva 10+400.....</i>	<i>145</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-3 – Progresiva 10+750.....</i>	<i>159</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-4 – Progresiva 11+000.....</i>	<i>170</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-5 – Progresiva 11+250.....</i>	<i>184</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-6 – Progresiva 11+500.....</i>	<i>198</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-7 – Progresiva 11+700.....</i>	<i>210</i>
	<i>Resultado de ensayos a la calicata C-8 – Progresiva 12+200.....</i>	<i>224</i>
	<i>Resultado de ensayos de Corte Directo</i>	<i>238</i>

VI.10	<i>Resultado de ensayo de Consolidación.....</i>	245
VI	<i>ANEXO II. Anexo fotográfico</i>	249
VI	<i>ANEXO III. Anexo de Planos.....</i>	258

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Clasificación de suelos Método AASHTO	15
Tabla N° 2.2 Clasificación de suelos SUCS.....	17
Tabla N° 2.3 Tamices para ensayo granulométrico.....	19
Tabla N° 2.4 Índice de plasticidad y sus características.....	22
Tabla N° 2.5 Coeficientes de compresibilidad	24
Tabla N° 2.6 Evaluación de terrenos	25
Tabla N° 2.7 Requisitos de los materiales.....	26
Tabla N° 2.8 Ensayos y frecuencias en terraplenes.....	27
Tabla N° 2.9 Periodos de diseño en función del tipo de carretera	32
Tabla N° 2.10 Índice de serviciabilidad	33
Tabla N° 2.11 Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino	33
Tabla N° 2.12 Factores de desviación normal.....	34
Tabla N° 2.13 Capacidad de drenaje	34
Tabla N° 2.14 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de base y sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	35
Tabla N° 2.15 Espesor para tratamiento de suelos expansivos – Carreteras principales ...	40
Tabla N° 2.16 Espesor para tratamiento de suelos expansivos – Carreteras secundarias ..	40
Tabla N° 3.1 Número de calicatas por exploración de suelos.....	57
Tabla N° 3.2 Numero de CBR por Km	58
Tabla N° 3.3 Relación de calicatas.....	62
Tabla N° 3.4 Características físicas /Calicata C-1.....	68
Tabla N° 3.5 Características físicas /Calicata C-2.....	69
Tabla N° 3.6 Características físicas /Calicata C-3.....	69
Tabla N° 3.7 Características físicas /Calicata C-4.....	70
Tabla N° 3.8 Características físicas /Calicata C-5.....	71
Tabla N° 3.9 Características físicas /Calicata C-6.....	71
Tabla N° 3.10 Características físicas /Calicata C-7.....	72
Tabla N° 3.11 Características físicas / Calicata C-8.....	72
Tabla N° 3.12 Máxima densidad seca / Optimo contenido de humedad.....	74
Tabla N° 3.13 Valores del CBR	76
Tabla N° 3.14 Índice de consistencia	77
Tabla N° 3.15 Índice líquido	78

Tabla N° 3.16 Condiciones críticas por criterio de suelo blando	78
Tabla N° 3.17 Condiciones críticas por humedad	79
Tabla N° 3.18 Condiciones críticas por criterio de capacidad portante	79
Tabla N° 3.19 Sumatoria de condiciones criticas	80
Tabla N° 3.20 Resumen diario del tráfico	80
Tabla N° 3.21 Profundidades de mejoramiento en carreteras principales.....	103
Tabla N° 3.22 Espesores de mejoramiento por el método de Ábacos de Colorado	104
Tabla N° 4.1 Resultados de espesores por método AASHTO	112
Tabla N° 4.2 Resultados de espesores por método Boussinesq	113
Tabla N° 4.3 Espesores finales por método de Ábacos de Colorado	115
Tabla N° 4.4 Cuadro de resumen asentamientos por consolidación	116
Tabla N° 4.5 Espesor final del método de AASHTO sumado el asentamiento	116
Tabla N° 4.6 Comparación de espesores de los diversos métodos.....	117
Tabla N° 4.7 Espesor asumido para mejoramiento	119
Tabla N° 5.1 Propiedades físicas finales de las muestras.....	121
Tabla N° 5.2 Propiedades mecánicas finales de las muestras	122
Tabla N° 5.3 Asentamientos finales	122
Tabla N° 5.4 Comparación de espesores finales	123
Tabla N° 5.5 Cuadro final de espesores	123

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1-1 Estado de carretera en temporada de lluvia</i>	2
<i>Figura N° 1-2 Cambio en la composición de un suelo blando.....</i>	3
<i>Figura N° 1-3 Porcentaje de vías no asfaltadas en la región San Martín.....</i>	5
<i>Figura N° 2-1 Estructura típica de Pavimento Flexible</i>	11
<i>Figura N° 2-2 Sección transversal de una vía</i>	12
<i>Figura N° 2-3 Curva Granulométrica M7/C1</i>	19
<i>Figura N° 2-4 Difusión de esfuerzos.....</i>	37
<i>Figura N° 2-5 Grietas longitudinales</i>	43
<i>Figura N° 2-6 Baches en pavimentos flexible</i>	44
<i>Figura N° 2-7 Falla por ahueamiento</i>	44
<i>Figura N° 2-8 Proceso de consolidación.....</i>	45
<i>Figura N° 2-9 Variación del volumen en la consolidación respecto a la carga y el tiempo</i>	46
<i>Figura N° 2-10 Proceso de consolidación. Fase (a): En construcción - Fase (b): A largo plazo</i>	47
<i>Figura N° 2-11 Asentamiento por consolidación.....</i>	53
<i>Figura N° 3-1 Ubicación de la carretera Calzada – Selva Alegre.....</i>	55
<i>Figura N° 3-2 Ubicación de la zona urbana del distrito de Soritor.....</i>	56
<i>Figura N° 3-3 Apertura de calicata C-7 – Presencia de arcilla a nivel superficial</i>	59
<i>Figura N° 3-4 Apertura de calicata C-8</i>	60
<i>Figura N° 3-5 Muestreo en calicata C-1</i>	61
<i>Figura N° 3-6 Caracterización física de las muestras</i>	67
<i>Figura N° 3-7 Ensayo de límites de consistencia</i>	68
<i>Figura N° 3-8 Ensayo de corte directo</i>	73
<i>Figura N° 3-9 Relación Humedad vs Densidad / Progresiva 10+200 - C-1/M3.....</i>	74
<i>Figura N° 3-10 Ensayo de CBR progresiva 10+200 C-1 / M3</i>	75
<i>Figura N° 3-11 Ensayo de CBR progresiva 10+200 C-1 / M3</i>	76
<i>Figura N° 3-12 Tráfico promedio diario semanal</i>	81
<i>Figura N° 3-13 FEC para vehículos ligeros</i>	81
<i>Figura N° 3-14 FEC para vehículos pesados simples</i>	82
<i>Figura N° 3-15 FEC para vehículos pesados compuestos</i>	83
<i>Figura N° 3-16 Resultado de EAL</i>	84
<i>Figura N° 3-17 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método AASHTO</i>	87

Figura N° 3-18 Cálculo de espesor progresiva 10+400 – Método AASHTO	88
Figura N° 3-19 Cálculo de espesor progresiva 10+750 – Método AASHTO	89
Figura N° 3-20 Cálculo de espesor progresiva 11+000 – Método AASHTO	90
Figura N° 3-21 Cálculo de espesor progresiva 11+250 – Método AASHTO	91
Figura N° 3-22 Cálculo de espesor progresiva 11+500 – Método AASHTO	92
Figura N° 3-23 Cálculo de espesor progresiva 11+700 – Método AASHTO	93
Figura N° 3-24 Cálculo de espesor progresiva 12+000 – Método AASHTO	94
Figura N° 3-25 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método Boussinesq	96
Figura N° 3-26 Cálculo de espesor progresiva 10+400 – Método Boussinesq	97
Figura N° 3-27 Cálculo de espesor progresiva 10+750 – Método Boussinesq	98
Figura N° 3-28 Cálculo de espesor progresiva 11+000 – Método Boussinesq	99
Figura N° 3-29 Cálculo de espesor progresiva 11+250 – Método Boussinesq	100
Figura N° 3-30 Cálculo de espesor progresiva 11+500 – Método Boussinesq	101
Figura N° 3-31 Cálculo de espesor progresiva 11+700 – Método Boussinesq	102
Figura N° 3-32 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método Boussinesq	103
Figura N° 3-33 Camino a caserío Manizales en el distrito de Soritor	105
Figura N° 3-34 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+200	106
Figura N° 3-35 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+400	107
Figura N° 3-36 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+750	108
Figura N° 3-37 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+000	108
Figura N° 3-38 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+250	109
Figura N° 3-39 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+500	110
Figura N° 3-40 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+700	110
Figura N° 3-41 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 12+000	111
Figura N° 4-1 Espesores determinados por AASHTO	113
Figura N° 4-2 Esquema de esfuerzos por aplicación de cargas sobre pavimento.....	114
Figura N° 4-3 Espesores obtenidos mediante método de Boussinesq	114
Figura N° 4-4 Espesores obtenidos por método de Ábacos de Colorado	115
Figura N° 4-5 Comparación de espesores de mejoramiento	117
Figura N° 4-6 Comparación de espesores asumiendo asentamiento	118
Figura N° 4-7 Espesores de mejoramiento asumidos	119
Figura N° 4-8 Sección típica final del pavimento	120

ABREVIATURA Y SÍMBOLOS USADOS

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ai	: Coeficiente estructural de capa i
ASTM	: American Society for Testing and Materials
CBR	: Relación de Soporte California
C_c	: Índice de compresión
CH	: Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
CL	: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
Di	: Espesor de capa i
E	: Módulo de Elasticidad
e_0	: Relación de vacíos
EE	: Ejes Equivalentes
FECV	: Factor de ejes equivalentes de carga por vehículo
GC	: Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
GM	: Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GP	: Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GW	: Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
H.N	: Humedad Natural
Hc	: Capa de arcilla
IL	: Índice Líquido
IMDA	: Índice Medio Diario Anual
IP	: Índice de Plasticidad
Km	: Kilómetro
LL	: Límite Líquido
m	: Unidad métrica
M.D.S	: Máxima Densidad Seca
MH	: Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
mi	: Coeficiente de drenaje i

ML	: Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
MPa	: Mega Pascal
M_R	: Módulo Resiliente
MTC	: Ministerio de Transporte y Comunicaciones
O.C.H	: Óptimo Contenido de Humedad
OH	: Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
OL	: Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
PT	: Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.
S_0	: Desviación estándar del sistema del pavimento
SC	: Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
Sc	: Asentamiento por consolidación primaria
SM	: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SN	: Número Estructural
SP	: Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
SW	: Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
W_{18}	: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN
Z_R	: Valor del desviador en una curva de distribución normal
ΔPSI	: Pérdida de Serviciabilidad
Δe	: Variación total de vacíos por la aplicación de cargas
$\Delta \sigma'$	: Presión agregada
ε	: Deformación
σ	: Esfuerzo
σ'_0	: Esfuerzo vertical efectivo promedio
σ_z	: Esfuerzo Vertical Admisible

GLOSARIO

Arcilla:

Aquellas partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm. Este tipo de suelos tiene como principal propiedad la plasticidad, esta al tener contacto con el agua.

Asentamiento:

Un asentamiento o deslizamiento es una forma de inestabilidad gravitatoria que se caracteriza por el desplazamiento en un trecho relativamente corto a lo largo de una pendiente de una masa coherente de materiales poco consolidados o capas de roca.

Calicata:

Las calicatas o calas son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala o retroexcavadora.

Capa Base:

Mezcla de agregado grueso con fragmentos duros y resistentes de piedra, grava o escoria y agregado fino compuesto por arena natural, canto chancado, con índice plástico no mayor a 6, CBR $\geq$ 80 %, libre de material orgánico. Esta capa esta debajo de la capa de rodadura

Capa de rodadura:

Capa superior del pavimento formado por mezclas bituminosas. A su vez, el pavimento es la capa superior del firme que, colocada sobre la base, soporta directamente las solicitaciones del tráfico.

Capa de Sub Base:

Se denomina sub-base granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada.

Consolidación:

Se denomina consolidación de un suelo a un proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de solicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo.

Módulo Resiliente:

Esfuerzo desviador repetido aplicado en compresión triaxial entre la deformación axial recuperable.

Pavimento:

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente

Subrasante:

Subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento.

Suelo blando:

Es aquel suelo que tiene baja capacidad de carga y alta deformación. Generalmente está compuesto por limo y arcillas.

Suelo de fundación:

Se denomina suelo de fundación a la capa de suelo a la estructura del pavimento, preparada y compactada como fundación para el pavimento

RESUMEN

Durante la ejecución de un proyecto de carreteras existen sectores que en su estructura comprenden suelos inestables o blandos, siendo generalmente material arcilloso, limo entre otros. Es de vital importancia identificar estas zonas, realizar diversos estudios y brindar una solución adecuada para su mejoramiento. En el año 2017 en el Foro Amazónico Invierte se estimó que el 83.2% de vías en la Región San Martín no son pavimentadas. Añadiendo a esta problemática se suma el deterioro permanente de las vías en toda esta región. Con la finalidad de promover el buen manejo de información y aplicar nuevos métodos de diseño, esta investigación tiene como objetivo determinar un espesor adecuado para mejorar la subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos. Para poder cumplir con el objetivo se determinó que las zonas de estudio comprendan suelos ubicados desde el km 10+000 al 12+000. Se realizó 8 calicatas a cielo abierto a cada 250 metros. Se rescató información para determinar su perfil estratigráfico obteniendo arcillas de baja, mediana y alta plasticidad. Se llevaron muestras al laboratorio para determinar sus características físicas y mecánicas. Con estas características físicas y mecánicas se aplicaron 4 métodos para obtener un espesor adecuado de mejoramiento. El primer método es el propuesto por AASHTO que tiene como parámetro principal el valor de CBR. El segundo método que se aplicó fue el propuesto por Boussinesq aplicando teorías de esfuerzo y deformaciones en función al CBR. El tercer método es el de Ábacos de Colorado, que tiene como parámetro principal el índice de plasticidad. El cuarto método consiste en aplicar fórmulas de consolidación primaria para encontrar el asentamiento del suelo blando y añadir al espesor encontrado con el método de AASHTO. Para poder determinar el asentamiento que presenta los suelos blandos, se realizó el ensayo de consolidación y se obtuvo un asentamiento máximo de 11.98%. Al aplicar estos métodos se obtuvo espesores variantes y se obtuvo los mayores de cada progresiva. Se obtuvo que los espesores de mejoramiento serían 0.90 m, 0.95 m y 1.20 m comparando los 4 métodos y teniendo el más crítico. Esta investigación concluye que se debe tomar en cuenta las características físicas y mecánicas ante un análisis para determinar el espesor de la subrasante con presencia de suelos blandos siendo más efectivo su comportamiento como subrasante.

Palabras Clave: *Asentamiento, Características Físicas, Características Mecánicas, CBR, Consolidación, Pavimento, Subrasante, Suelos Blandos.*

ABSTRACT

During the execution of a road project there are sectors that in its structure comprise unstable or soft soils, being generally clay material, silt among others. It is vitally important to identify these areas, carry out various studies and provide an adequate solution for their improvement. In the year 2017 in the Amazon Forum Invest it was estimated that 83.2% of roads in the San Martin Region are not paved. Adding to this problem adds the permanent deterioration of the roads throughout this region. In order to promote good information management and apply new design methods, this research aims to determine an adequate thickness to improve the subgrade with soft soil presence to avoid settlements due to soil consolidation. In order to meet the objective, it was determined that the study areas include soils located from km 10 + 000 to 12 + 000. There were 8 open-air calicates every 250 meters. Information was rescued to determine its stratigraphic profile obtaining clays of low, medium and high plasticity. Samples were taken to the laboratory to determine their physical and mechanical characteristics. With these physical and mechanical characteristics 4 methods were applied to obtain an adequate thickness of improvement. The first method is that proposed by AASHTO whose main parameter is the value of CBR. The second method that was applied was the one proposed by Boussinesq applying stress and strain theories according to the CBR. The third method is that of Abacos de Colorado, whose main parameter is the plasticity index. The fourth method is to apply primary consolidation formulas to find the consolidation settlement and add to the thickness found with the AASHTO method. In order to determine if a soft soil undergoes settlements, the consolidation test was carried out and a maximum settlement of 11.98% was obtained. By applying these methods, varying thicknesses were obtained and the highest of each progressive was obtained. It was obtained that the improvement thicknesses would be 0.90 m, 0.95 m and 1.20 m comparing the 4 methods and having the most critical. This investigation concludes that the physical and mechanical characteristics must be taken into account before an analysis to determine the thickness of the subgrade with the presence of soft soils, its behavior as subgrade being more effective.

Keywords: *CBR, Consolidation, Mechanical Characteristics, Pavement, Physical Characteristics, Settlement, Soft floors, Subgrade.*

Capítulo I. El Problema

1.1 Identificación del Problema

Durante la ejecución de un proyecto de carreteras existen sectores que en su estructura comprenden suelos inestables o blandos, siendo generalmente material arcilloso, limo entre otros. Para la ingeniería es de gran conocimiento que estos materiales no cumplen las características necesarias para garantizar el correcto funcionamiento como base o soporte para obras de ingeniería. Por ello es de vital importancia identificar estas zonas, realizar estudios a su composición física como a su comportamiento mecánico para poder brindar una solución adecuada para su mejoramiento.

Los problemas más comunes de los suelos inestables son los asentamientos, grietas superficiales, variaciones volumétricas, entre sus principales. Debido a estos problemas, en la actualidad en toda la selva peruana existen carreteras que presentan daños a nivel de la superficie de rodadura. Una razón principal para que estas fallas se den, es que los terrenos de fundación a nivel de subrasante no han sido mejorados adecuadamente. Esto puede tener dos causas. La primera es el manejo erróneo de la información respecto a las características físicas, mecánicas y la elección del mejor método para la determinación de los espesores de refuerzo que requieren estos suelos. La segunda es un mal seguimiento al proceso constructivo del mejoramiento de suelos. La presente tesis se enfoca en el primer factor, ya que parte de un buen método de análisis de las características físicas y mecánicas el determinar un espesor de refuerzo que requiere una subrasante para asumir los esfuerzos de deformación del tránsito a la que se le someterá.

En el Perú, las estructuras viales son afectadas en gran mayoría por el efecto de la napa freática presente en las subrasante de estas; pero en la gran mayoría aún no se han previsto alternativas de solución para este problema. Las lluvias que están presentes en las regiones de la selva peruana con mayor intensidad entre los meses de diciembre a abril (Ministerio del Ambiente - Senamhi, 2014, p52), y durante el resto de meses de manera periódica; estos fenómenos naturales incrementan el nivel de deterioro de las obras viales, necesitando un método de aumento de la capacidad portante eficaz, salvaguardando de esta forma la vida útil de las carreteras, las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Sin embargo, en la actualidad existen muchas carreteras sin las condiciones mínimas necesarias para que la fluencia de los vehículos sea normal y sin que estas se

deterioreen fácilmente ya sea por lluvias o asentamientos que ocurren frecuentemente en la región de la selva (Díaz, 2018)



Figura N° 1-1 Estado de carretera en temporada de lluvia

Fuente: Noticias Sanmartinred

La presencia de materiales en el terreno natural que originan efectos nocivos sobre las construcciones de pavimentos podría decirse que es casi una característica inherente a las mismas. El hecho de que la ubicación o el trazado no puedan condicionarse sólo a la existencia de un sustrato de soporte adecuado hace que, en numerosas ocasiones, no quede más remedio que asumir estos efectos perjudiciales como un mal menor. (Castelló- 2008).

Otro de los problemas que se puede apreciar en la subrasante en suelos arcillosos-limosos es la expansión, según Barrera, M (2002) el proceso de expansión se produce cuando un suelo no saturado se humedece absorbiendo agua entre sus partículas y aumentando de volumen. Este aumento de volumen tiene una componente debido a la relajación de los esfuerzos inter granulares al aumentar el grado de saturación. De hecho, se pueden cambiar estos dos fenómenos, absorción de agua y relajación de los esfuerzos, con un posible colapso.

Generalmente el mejoramiento de subrasante se realiza mediante el corte y eliminación del material o suelo inestable, para luego reemplazarlo por material que cumpla con los parámetros necesarios o utilizar un método para estabilizar dicho suelo. Para el proceso constructivo de la misma, se necesita determinar el espesor adecuado mediante métodos eficientes y que cumplan con el buen funcionamiento de la subrasante.



Figura N° 1-2 Cambio en la composición de un suelo blando

Nota: Fotografía tomada en el camino al caserío Manizales en el distrito de Soritor

Es sabido que los suelos de la selva peruana son suelos inestables, básicamente por la presencia de humedad, baja capacidad portante, suelos blandos, presencia de materia orgánica, entre otros. En la Figura N° 1-2 se observa el cambio en la forma de un suelo blando en el distrito de Soritor. Se observa que este suelo está cuarteado luego de sufrir un cambio volumétrico debido a la variación de humedad.

Hoy en día en el Perú, el manual de carreteras recomienda el método AASHTO que es el convencional y más usado en el área para determinar el mejoramiento de subrasante. Este método toma como parámetro principal una característica mecánica que es la capacidad portante del suelo (resistencia). Teniendo en cuenta que los suelos blandos tienen otras características por evaluar, como es el caso de las características físicas (Índice de Plasticidad – IP), es recomendable analizar por otros métodos. Ante esta problemática surge la pregunta: ¿Se puede determinar un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar un espesor adecuado para mejorar la subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los suelos de fundación para el mejoramiento de la resistencia en suelos blandos.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos de fundación para el mejoramiento de la resistencia en suelos blandos.
- Determinar el asentamiento por consolidación primaria en un suelo blando.
- Determinar un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos.

1.3 Hipótesis de la investigación

1.3.1 Hipótesis general

Un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos disminuye la probabilidad de asentamientos por consolidación de suelos.

1.3.2 Hipótesis Específicas

- Las propiedades físicas del suelo de fundación influyen en el mejoramiento de la resistencia de suelos blandos.
- Las propiedades mecánicas del suelo de fundación influyen en el mejoramiento de la resistencia de suelos blandos.
- El suelo blando tiene asentamiento por consolidación primaria.
- Se puede determinar un espesor adecuado para el mejoramiento de subrasante ante presencia de suelos blandos.

1.4 Justificación

El tramo en estudio corresponde a la antigua carretera que inicia en La calzada pasa por Soritor continua por el centro poblado de San Marcos y termina en el caserío de Selva Alegre respectivamente. Ésta carretera fue construida hace más de 20 años aproximadamente, en este lapso de tiempo en servicio se ha producido posiblemente una consolidación de los estratos subyacentes, debido al paso de las cargas y en menor grado por una disminución del contenido de humedad, esperándose que los suelos hayan alcanzado un estado resiliente

moderado. Bajo este concepto los suelos seguramente presenten mayoritariamente deformaciones plásticas (y no elásticas), en tal sentido, resulta acertado el considerar la ejecución de mejoramientos.

En el Foro Amazonia Invierte realizado en Tarapoto el año 2017, el gobierno Regional de San Martín dio a conocer algunos datos sobre las vías terrestres en dicho departamento. Las vías no pavimentadas entre nacionales, departamentales y vecinales, representan un 83.2%, es decir 4339.4 km de un total de 5213.7 km. En la Figura N° 1-3 se muestra el porcentaje de vías que faltaban asfaltar para el año 2017. Estos datos son referentes a la región San Martín.



Figura N° 1-3 Porcentaje de vías no asfaltadas en la región San Martín

Fuente: Gobierno Regional de San Martín

La amplitud de kilómetros de vías terrestres por asfaltar y las fallas presentes en la superficie de rodadura existentes en la Región de San Martín dan realce a esta investigación. La mayoría de carreteras en la zona de San Martín presentan daños en la superficie de rodadura siendo una de las principales causas el mal refuerzo al terreno de fundación y la consolidación de suelos debido a la presencia de suelos blandos. Es por ello que en esta investigación se determinó espesores de mejoramiento teniendo en cuenta las características físicas del suelo, como es el caso del índice de plasticidad. Estas características de límites de consistencia son evaluadas en el análisis por consolidación primaria propuesta por Braja Das (2011). Por otro lado se evaluó las características mecánicas como es la capacidad portante. Las características físicas toman en cuenta el factor de consolidación y las mecánicas la

resistencia de suelos. Cabe mencionar que la consolidación de suelos es común en suelos blandos y de gran presencia en suelos de la selva. Al tener el análisis de estos dos parámetros se disminuye la posibilidad de fallas.

1.5 Presuposición Filosófica

Grandes son los problemas que envuelven al Perú en estos momentos. Actos de corrupción en el sector construcción han sido motivos para que muchos políticos puedan pisar una celda peruana. Muchas carreteras presentan daños que en su momento se pudo haber evitado haciendo un análisis correcto de las estructuras que los componen. Está en la presente generación de ingenieros peruanos mejorar y disminuir las probabilidades de fallas en todas las obras que el Perú necesita.

El filósofo Húngaro Albert Szent-Györgyi menciona: “Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado”. Esto refleja claramente el impulso a esta investigación. La selva peruana está siendo afectada por fallas en su principal medio de conexión: las carreteras. Todos ven el daño que ocasiona el proceso de consolidación de suelos a nivel de subrasante, pero aun en el Perú es poco el estudio de este tipo de problemas. El tramo urbano del distrito de Soritor considerado desde el km 10+000 – 12+000, no es un caso aislado. Esta vía presenta a simple vista un suelo no adecuado para su uso directo como base para una estructura de pavimento. Dado a ello el buen análisis de estos suelos y un determinado diseño de espesor para subrasante daría una buena vida útil al pavimento que se pretende colocar en dicho tramo.

Los resultados de esta investigación ayudaran a que se pueda recomendar un espesor adecuado para la construcción del pavimento en esta importante vía asfaltadas sin el temor de no cumplir con los parámetros establecidos para dicha estructura. Así se podrá trabajar para un Perú que vaya al margen de la formalidad y responsabilidad profesional que el mercado exige y la sociedad se merece.

Capítulo II. Revisión de la Literatura

2.1 Antecedentes

Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones se dice que el suelo es estable. Por otro lado, una subrasante con presencia importante de arcilla presenta algunas características particulares que conllevan a tener una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica. Esto se debe a su composición física, mecánica y química. López T., Hernández J., Horta J., Coronado A. & Castaño V., (2010) investigaron a las arcillas expansivas que sufren cambios de volumen debido a las variaciones en su humedad, adquirida por capilaridad y o por infiltración. Concluyen que las pruebas obtenidas en su investigación muestran que las mezclas suelo - polímero reducen la expansión en, aproximadamente, el 40%, respecto a la del suelo natural. En otra investigación, De la Cruz, L. & Salcedo, K. (2016) adicionaron aditivo Eco Road 2000 a un suelo arcilloso y obtuvieron notables cambios en la parte física y mecánica del suelo. Llegan a la conclusión que el aditivo acelera el proceso de expansión y contracción obteniendo un suelo estable. Hernández, J., Mejía, D. & Zelaya, C. (2016) menciona que cuando se presenta este tipo de problemas es necesario pensar en darle una solución, muy a menudo lo que más se utiliza es el desalojo de todo el material arcilloso y reemplazarlo por otro tipo de suelo adecuado para el fin de una obra de construcción vial. Es por ello que en su investigación adiciona cal al suelo natural concluyendo que este método aumenta su capacidad de soporte CBR, para que de este modo pueda cumplir con los requerimientos mínimos para poder ser usado como capa subrasante. Por otro lado, Cuadros, C. (2017) concluye que la estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que reduce el índice de plasticidad y aumenta significativamente el valor de soporte (C.B.R.) del suelo estabilizado respecto al suelo natural.

Ramón, B. (2013) recomienda tratar y analizar la subrasante pues esta debe tener una capacidad de respuesta para garantizar la vida útil del pavimento. La subrasante debe ser conforme con los estudios y las especificaciones técnicas del proyecto en lo referente a su grado de compactación y deflexión máxima admisible. Pêche, E. (2013) describe que uno de los factores importantes que poco se toma en cuenta en la construcción de las carreteras que se vienen construyendo es la falta de criterio que se toma al momento de hacer mejoramientos de terrenos por presencia de materiales inadecuados a nivel de subrasante. Es por ello que determinó espesores mediante el método de Boussinesq y los comparó con

los espesores de proyecto. Teniendo una diferencia de 20 y 30 centímetros más con el método investigado, concluyendo que los espesores del proyecto son deficientes. Ante esta problemática Castro, A. (2017) demuestra en su investigación que la ceniza de cáscara de arroz resultó un estabilizador para suelos medianamente plásticos expansivos.

En distintos países del mundo existen suelos que no son adecuados como cimentación para diversos proyectos. Las estabilizaciones de suelos en Guatemala, por ejemplo, son muy comunes. En este caso se necesita ejecutar diferentes proyectos como lo son carreteras, áreas industriales, complejos habitacionales etc., por lo que es importante estudiar nuevas opciones para realizar esta actividad, proponiendo diferentes materiales, métodos y proporciones de mezclas de agregados para lograr estabilizaciones de suelos logrando obtener valores de CBR adecuados según sea su aplicación en el campo de la construcción. Ruano, D. (2012) recomienda que cuando se inicie a realizar la estabilización de un área, se debe de tomar muestras del suelo cohesivo a estabilizar para conocer las características y propiedades. Concluye que la estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva es eficiente en suelos cohesivos. Por otro lado, Guamán, I. (2016) realizó un estudio en Ecuador y concluye que en la región de la Costa y Oriente de dicho país existe una gran cantidad de suelo arcilloso, y la mejor solución para estabilización de suelos es con cal, con la finalidad de mejorar su capacidad de soporte y disminuir su permeabilidad y plasticidad. En estudios del mismo país, Sánchez, M. (2014) describe que en algunas provincias de la región Costa del Ecuador se cuenta con la presencia de suelos expansivos los cuales generan constante inestabilidad en las obras civiles; por lo tanto, recomienda la estabilización de suelos expansivos con cal y cemento.

Arriaga, D. (2006) estudia que entre las mejoras que muchas veces se requieren en un suelo están el aumento de su compacidad (en el caso de los granulares) y la reducción de susceptibilidad a cambios volumétricos (en los suelos arcillosos). Es por ello que propone el método de compactación dinámica. Concluye que es un procedimiento confiable si existe un control adecuado durante su ejecución, ya que éste permite efectuar cambios en el programa o a las especificaciones establecidas en el proyecto de ser necesario. Entre los controles se recomienda Es necesario estudiar detalladamente las condiciones del subsuelo, realizar sondeos y pruebas adicionales a las obtenidas en una exploración inicial, tener registros y pruebas antes y después de su aplicación, entre sus principales. Baquerizo, C. (2015) por otra parte recomienda que, si las propiedades de un suelo no cumplen con los parámetros

mínimo para funcionar como base de una estructura, se recomienda utilizar refuerzos para mejorar la resistencia y capacidad de deformación del suelo, el refuerzo debe considerar materiales de préstamo con características similares a un afirmado y si es necesario el uso de geo sintéticos.

Díaz, F. (2018) realizó su estudio en la selva peruana. Menciona que existen muchas vías en deterioro, todas tienen problemas con el suelo de la subrasante producto del alto contenido de humedad existente por lluvias, inundaciones y suelos blandos. Es por ello que recomienda estabilizar el suelo adhiriendo ceniza de cascara de arroz como mejoramiento del suelo de la subrasante, incrementando la resistencia de la subrasante. Fuertes, M. (2016) determina que una solución para obras en la selva peruana donde se encuentra áreas con depósitos de suelos blandos de gran espesor, en la construcción de obras de tierra como terraplenes, es añadir una capa de arena o el uso de geo sintéticos. Zamora, J. (2014) menciona que para apoyar terraplenes sobre suelos blandos es necesario diseñar un tratamiento de mejora del terreno que permita acelerar los procesos de consolidación, disminuir los asentamientos, por lo tanto, asegurar la estabilidad de los terraplenes frente al deslizamiento. Concluye que en lo que a ensayos de laboratorio se refiere, los ensayos que más interesan son los de consolidación unidimensional. Con este ensayo se cumple que la finalidad de la precarga es pre consolidar un suelo blando aumentando su resistencia y disminuyendo los asentamientos para cuando vuelva a ser cargado. Durante el proceso de consolidación se disminuye el contenido de agua, la relación de vacíos y el coeficiente de permeabilidad, y a su vez, se incrementa la resistencia al corte, el módulo de compresibilidad y la resistencia a la penetración. Además, menciona que deben ser ejecutados de la manera más cuidadosa posible, procurando no alterar la muestra, para así determinar con la mayor exactitud.

Alvarado, L. & Palomino, S. (2015) tienen como objetivo en su investigación cimentar estructuras en un suelo arcilloso, caracterizado como un suelo blando. Para lo cual enfoca en el principal problema del suelo que es enfrentar y evitar que se produzcan asentamientos de gran magnitud. Luego de un análisis por consolidación primaria concluye que los asentamientos experimentales calculados son relativamente bajos y oscilan entre 1.13 cm – 3.70 cm. Pinzon, E. (2007) menciona que por medio de las pruebas de consolidación pueden calcularse de forma indirecta las características de permeabilidad del suelo. Siendo este tipo de práctica la más adecuada para obtener el coeficiente de permeabilidad de suelos finos. Por otro lado, la obtención de forma directa, los tiempos de ensaye son muy extensos

ocasionando que los errores por variación de temperatura y evaporación sean considerables. Concluye que el ensayo de consolidación representa un buen método para la determinación de los parámetros de permeabilidad de suelos finos.

Los asentamientos de consolidación superan los calculados en la fase de diseño y se extienden en el tiempo más allá de lo que se ha pronosticado, lo que muestra una clara indicación de que la consolidación continúa. Aunque es relevante, este fenómeno rara vez se tiene en cuenta al estimar los asentamientos en el diseño de un proyecto; por lo tanto, se subestiman en comparación con los observados en la fase posterior a la construcción. Da Silva, E. (2013) recomienda que es esencial tener en cuenta, en los análisis de consolidación de suelos arcillosos blandos. Por otra parte, Velásquez, D. (2007) pretende con su investigación establecer la importancia que tienen los asentamientos por consolidación en los suelos saturados, y de la forma de cómo se pueden afrontar al momento de construir una cimentación. Concluye que el análisis adecuado del perfil estratigráfico del suelo permite que el cálculo del asentamiento por consolidación se simplifique, sobre todo por la facilidad que existe de encontrar la gravedad específica de cada tipo de suelo en el laboratorio. Además, concluye que el cálculo del asentamiento por consolidación es únicamente aplicable a suelos arcillosos saturados, ya que los suelos arenosos y con presencia significativa de grava, presentan asentamientos inmediatos. El ensayo de consolidación debe realizarse en un lugar con temperatura ambiente, para que la humedad de la arcilla durante el ensayo no disminuya.

2.2 Generalidades de los Suelos

2.2.1 Suelos de fundación

Llámesse suelos de fundación a aquel terreno o aquella capa que tendrá el soporte de la estructura del pavimento. Este suelo debiera ser preparada y a su vez compactada, para que el pavimento no pueda sufrir alteraciones en su estructura. Este suelo de fundación puede ser, si el caso lo amerita, el terreno natural. Caso contrario viene a ser la última capa de relleno. Sobre esta plataforma preparada y compactada se asienta la estructura del pavimento. Este suelo de fundación es aquel encargado de recibir y a su vez terminar de disipar aquellas cargas que son transmitidas del pavimento (Burgos T, 2015, p1).

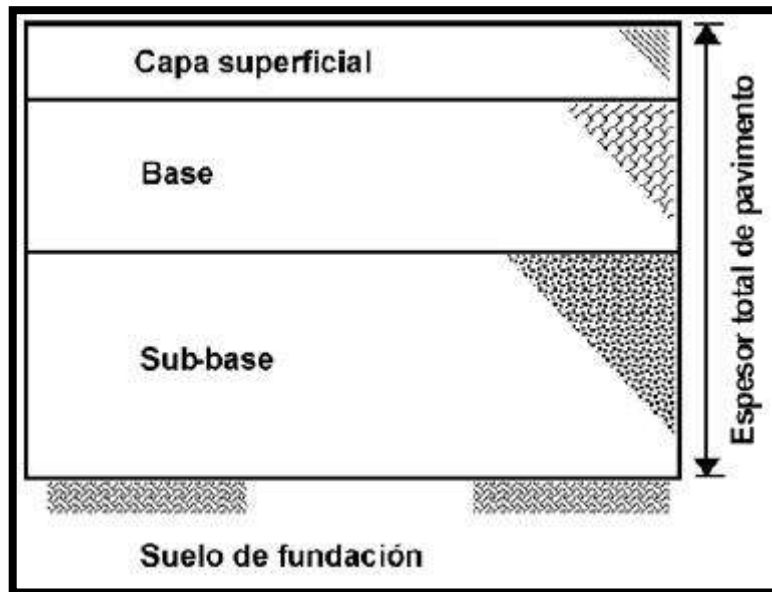


Figura N° 2-1 Estructura típica de Pavimento Flexible

Fuente: Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes -
Gonzalo M. Aiassa, Pedro A. Arría.

2.2.2 Subrasante

Para tener una buena estructura del pavimento, es necesario tener un terreno que pueda contener todas aquellas cargas transmitidas por medio de ella. Esta capa de terreno se deriva hasta una profundidad adecuada para que esta no se vea afectada por la carga de diseño. Para obtener esta capa son dos los casos que se deben seguir, corte o relleno. Una vez que esta capa sea preparada y compactada debe cumplir con geometrías específicas, hállese de secciones transversales y pendientes adecuadas plasmadas en cada uno de los planos del proyecto (Burgos T, 2015, p3).

La estructura del pavimento, especialmente el espesor de la misma, va depender netamente de como este conformado la subrasante. Esta debe cumplir con ciertos parámetros establecidos en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). En cierto modo requisitos como resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad. El diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

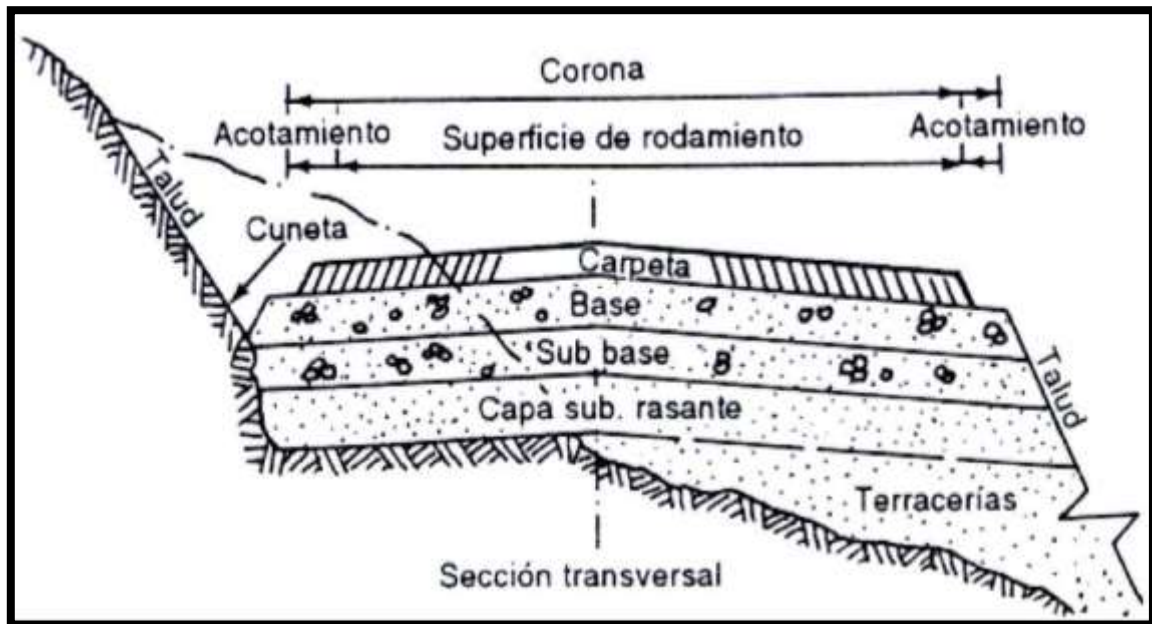


Figura N° 2-2 Sección transversal de una vía

Fuente: Geología aplicada a las carreteras

2.2.3 Tipos de suelos

Crespo C. (1976-1980), llega a la conclusión que los suelos, de acuerdo a su origen, se pueden agrupar en 2 grupos: Suelos inorgánicos y orgánicos. En el primer grupo se encuentran aquellos cuyo origen tiene base en su descomposición química y/o física. Por otro lado, en el segundo grupo, están aquellos que son esponjosos, con grumos y compresibles.

Para un ingeniero civil es de vital importancia conocer los nombres y características de los más trabajados, es por ello que a continuación se presenta a los primordiales.

2.2.3.1 Gravitas

Gerardo L. (2009) mediante el curso Mecánica de Suelos clasifica a la grava como acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Por su origen y su trayectoria son redondeados. Por su trayectoria este material generalmente es hallado en lechos o las márgenes de los ríos debido a su transporte. Son de mayor cantidad y forman extensiones considerables, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de canto rodado, arenas, limos y arcillas.

2.2.3.2 Arenas

Teniente A. (2016) describe a la arena como materiales de granos finos que provienen de la denudación de las rocas o de su trituración artificial. Las partículas provenientes de la

denudación o trituración varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena del río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla.

2.2.3.3 Arcillas

El suelo arcilloso es aquél en el que predomina la arcilla sobre otras partículas de otros tamaños. La arcilla es un conjunto de partículas minerales de menos de 0,001 mm. de diámetro, otras partículas más grandes como son el limo y la arena, por orden de tamaño, de menor a mayor. Un suelo arcilloso tendrá también parte de limo y de arena, pero predominará la arcilla, en distintas proporciones según el suelo en cuestión. (Quesada, 2008).

Teniente A. (2016) describe a las arcillas como aquellas partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm. Este tipo de suelos tiene como principal propiedad la plasticidad, esta al tener contacto con el agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicato de hierro o de magnesio hidratados.

2.2.4 Clasificación de suelos

Los suelos dependiendo de sus características y las propiedades de cada uno de ellos se pueden clasificarlos en grupos y subgrupos, para de esta manera poder saber el comportamiento ingenieril que tienen los suelos. (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

En el Perú los ingenieros, laboratorios, estudios, entre otros, están guiados por dos sistemas de clasificación: estos son el AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales) y el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

2.2.4.1 Clasificación AASHTO (ASTM D-3282 - AASHTO M145)

Este sistema tradicional AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) fue desarrollado en un principio por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Convirtiéndose en uno de los más usados dentro del mundo de la ingeniería. Desde su desarrollo allá en los años 1928 ha pasado por varias revisiones y hoy en día siendo usado en el campo de las carreteras.

Whitlow R. (1994) afirma que la evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica.

El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que es material bueno para la construcción de carreteras, y un índice de grupo igual a 20 o mayor, indica un material muy malo para la construcción de carreteras.

Clasificados básicamente de la siguiente manera.

2.2.4.1.1 Por su categoría:

- **Suelos granulares.** Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3.
- **Suelos limo-arcilla o material fino.** Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.
- **Suelos orgánicos.** Son los suelos que están constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

2.2.4.1.2 Por el tamaño de sus partículas

- **Cantos rodados.** Son fragmentos de roca, usualmente redondeados por abrasión, que son retenidos en el tamiz de 3" (75 mm).
- **Grava.** Es la fracción que pasa el tamiz de 3" (75 mm) y es retenido en el tamiz N° 10 (2 mm).
- **Arena.** Es la fracción que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (0.075 mm).
- **El limo y la arcilla.** Son partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm).

2.2.4.1.3 Por su termino

- El término limoso es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.
- El término arcilloso es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

El requerimiento de parámetros de diseño correspondientes a las características del suelo, determina que la clasificación de suelos se realice por el Método AASHTO, principalmente con el fin de obtener el Índice de Grupo. Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12, y los

correspondientes a suelos arcillosos entre 11 y 20 ó un número mayor. (Universidad Mayor de San Simón, 2004)

La fórmula utilizar es la siguiente:

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

Donde:

F = Porcentaje que pasa el tamiz No. 200

LL = Límite Líquido

IP = Índice de Plasticidad

Das B. (1998) representa mediante unas tablas la clasificación AASHTO, están representadas como se muestra en la Tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1 Clasificación de suelos Método AASHTO

Clasificación	Materiales granulares							Materiales limoso arcilloso						
	(35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							(más del 35% pasa el tamiz N° 200)						
Grupo:	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7	A-7-5	A-7-6	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7							
Porcentaje que pasa:														
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-		-			-						
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín		-			-						
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx		35 máx			36 mín						
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40														
Límite líquido	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx		41 mín (2)		
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín		11 mín		
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos				
Características como sub grado	Excelente a bueno							Pobre a malo						

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

2.2.4.2 Clasificación SUCS (ASTM D-2487)

El sistema de unificado de clasificación de suelos fue originalmente propuesto por A. Casagrande en 1942 y después revisada por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos y después por el Cuerpo de Ingenieros... (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

2.2.4.2.1 Características de clasificación unificado (ASTM D-2487)

De esta forma son 4 las categorías en las que se clasifican los suelos. Existe una simbología para representar cada naturaleza de suelo.

- **Suelos de grano grueso.** Son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G para la grava o suelo gravoso del inglés “Gravel” y S para la arena o suelo arenoso del inglés “Sand”.
- **Suelos de grano fino.** Son aquellos que tienen 50% o más pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M para limo inorgánico del sueco “mo y mjala”, C para arcilla inorgánica del inglés “Clay”.
- **Suelos orgánicos.** Son limos y arcillas que contienen materia orgánica importante, a estos se los denomina con el prefijo O del inglés “Organic”.
- **Turbas.** El símbolo Pt se usa para turbas del inglés “peat”, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Los sufijos identifican ciertas características del suelo:

- **W.** = Bien gradado del inglés “Well graded”.
- **P.** = Mal gradado del inglés “Poorly graded”.
- **L.** = Baja plasticidad, límite líquido menor a 50%, del inglés “Low plasticity”.
- **H.** = Alta plasticidad, límite líquido mayor a 50%, del inglés “High plasticity”.

Una vez obtenida la muestra, llevada a laboratorio se debe definir el símbolo y nombre de grupo al cual pertenecen. La parte porcentual lo toma el tamaño de cada partícula representado por la cantidad de grava, arena y fino. Ya para la presentación de este informe se lleva la siguiente correlación: En primer lugar, el símbolo de grupo, seguido por nombre de grupo y otros resultados. Para detallar mejor tomamos como ejemplo para un suelo clasificado con un símbolo de grupo GC, y un nombre de grupo, grava arcillosa con arena, pero con una considerable cantidad de guijarros en la muestra de suelo inicial, se escribirá de la siguiente manera:

Suelo (GW) Grava arcillosa con arena y guijarros.

A continuación, en la Tabla N° 2.2 se muestra la clasificación SUCS:

Tabla N° 2.2 Clasificación de suelos SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200).	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $< 5\%$ -	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$> 5\%$ -	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$> 12\%$ -	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	$> GM, GC, SM, SC$. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.
			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
		Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

2.2.5 Caracterización de suelos

Para llegar a caracterizar los suelos de una manera adecuada, es necesario recurrir a ensayos de laboratorio que nos puedan describir la composición física y mecánica de las muestras obtenidas. Para ello en el Perú existe el Manual de Ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Entre los principales tenemos la granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad, materia orgánica, proctor y CBR. Se describe los más usuales dentro de la caracterización en los estudios básicos de una subrasante.

2.2.5.1 Granulometría

Sánchez N. (2013) describe a la granulometría como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, esto se expresa porcentualmente en una relación con el peso total de la muestra seca. En la ingeniería se usa como instrumento para clasificar los materiales. Esto debido a que los materiales a utilizar en carreteras y presas necesitan una gradación determinada.

La distribución granulométrica de los suelos, básicamente se divide en fracciones de partículas. Estas son caracterizadas de acuerdo a su tamaño y en valores máximos y mínimos correlativamente. Esto equivale a decir, que cada grupo de partículas corresponden a valores de acuerdo a las mallas utilizadas para la selección de las mismas. En tal sentido el máximo de una fracción corresponde al mínimo de la siguiente y así correlativamente.

El objetivo principal es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo. La manera en que se logra caracterizar diversos suelos se basa en el método de determinar porcentajes de suelos que pasan por diversos tamices en una serie utilizada por el ensayo, hasta llegar al tamiz de 74 mm (N° 200). Este ensayo está basado en la norma ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils (MTC, 2016).

Tabla N° 2.3 Tamices para ensayo granulométrico

Granulometría	
Tamices	Abertura (mm)
-	(mm)
3"	75
2"	50
1 1/2"	37.5
1"	25
3/4"	19
3/8"	9.5
N° 004	4.75
N° 010	2
N° 020	0.85
N° 040	0.425
N° 060	0.25
N° 100	0.15
N° 200	0.075
PLATILLO	

Fuente: Manual de ensayos – MTC

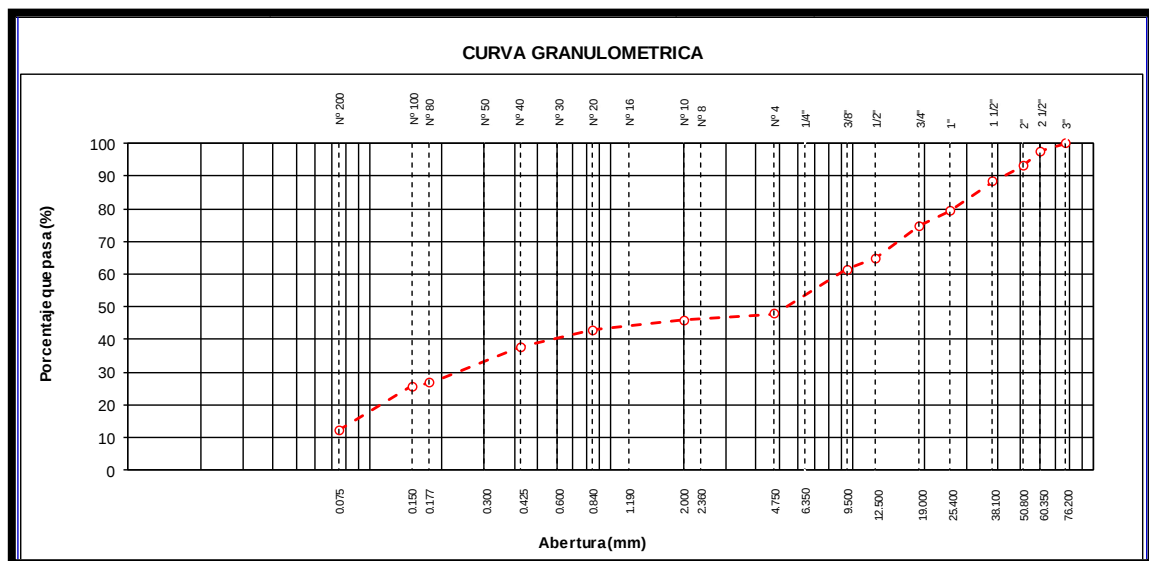


Figura N° 2-3 Curva Granulométrica M7/C1

Fuente: Lambae

Los resultados del ensayo son manifestados en un gráfico semi logarítmico. Cada partícula, teniendo en cuenta su diámetro, es representada en las abscisas por una escala logarítmica. Caso contrario en las ordenadas se representa en una escala aritmética. Un ejemplo de cómo se representa los resultados es la Figura N° 2-3 Curva Granulométrica

Para llegar a una mejor descripción de esta curva granulométrica es necesario utilizar dos coeficientes: Coeficiente de uniformidad y de curvatura. Estos coeficientes tienen como base las siguientes formulas:

- Coeficiente de uniformidad:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{15}}$$

- Coeficiente de curvatura:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60}D_{10}}$$

Siendo:

D_{10} = Diámetro tal que 10% de su masa de suelo tiene diámetro menor que este diámetro

D_{15} = Diámetro tal que 15% de su masa de suelo tiene diámetro menor que este diámetro

D_{30} = Diámetro tal que 30% de su masa de suelo tiene diámetro menor que este diámetro

D_{60} = Diámetro tal que 60% de su masa de suelo tiene diámetro menor que este diámetro

Cuando se realiza el ensayo se debe tener en cuenta el correcto procedimiento de la misma, puesto que si no se llega a caracterizar de una buena manera se puede concluir con hipótesis falsas y resultados dudosos.

2.2.5.2 Contenido de humedad

La muestra de un suelo debe ser caracterizado, con esta finalidad existe el ensayo para determinar el contenido de humedad de cada muestra. Este ensayo es de vital importancia puesto representa, así como la cantidad de agua, la cantidad de aire retenido en la muestra. El método usual a usarse es determinar la humedad en el laboratorio mediante un secado al horno.

Minaya S. & Ordoñez A. (2006, p22) describe al contenido de humedad como el proceso para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. Se obtiene aproximadamente 200 gr. de muestra que se protegen en un recipiente o una bolsa cerrada. Esta muestra se traslada al laboratorio y se pesa. Se lleva al horno por 24 horas, y luego de este período se vuelve a pesar.

Este ensayo tiene como objetivo principal, establecer el método correcto para determinar el contenido de humedad de un suelo. La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este método determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. Este ensayo sigue como referencia normativa ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. (MTC, 2016).

Se resuelve este ensayo mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad, (%)

M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_c = es el peso del contenedor, en gramos

M_w = es el peso del agua, en gramos

M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

2.2.5.3 Límite líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo. Basado en la norma NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. (MTC, 2016).

2.2.5.4 Límite plástico

Como objetivo principal es determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos son ensayos básicos y muy usados. Ya sea individualmente como en conjunto. Al relacionarlos con otros ensayos y analizar su comportamiento ingenieril se puede llegar a verificar la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte de los suelos. Este ensayo está normado por la NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (MTC, 2016).

2.2.5.5 Índice plástico

Burgos T. (2015) menciona que el índice plástico depende no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites de Atterberg: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC). Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP”

$$IP = LL - LP$$

Tabla N° 2.4 Índice de plasticidad y sus características

Índice de Plasticidad	Características
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Curso Pavimentos – Burgos T. (2015)

2.2.5.6 Factores de contracción de los suelos

Estos ensayos tienen como finalidad principal establecer procedimientos para la determinación de los factores de contracción de suelos, mediante el Método del Mercurio. Mediante este procedimiento se obtiene datos que ayudan a calcular el límite de contracción

y la relación de contracción. Normada mediante la NTP 339.140: SUELOS. Determinación de los factores de contracción de suelos mediante el método de mercurio (MTC, 2016).

2.2.5.7 Índice de liquidez

En los suelos plásticos, el índice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a que ha estado sometido el suelo. Si el valor del Índice de Liquidez es cercano a cero, se considera que el suelo está pre consolidado, y si es cercano a uno entonces se le considera como normalmente consolidado. La expresión para obtener el Índice de Liquidez es:

$$I_L = \frac{W_n - LP}{IP}$$

Siendo:

I_L = Índice de Liquidez

W_n = Contenido de Humedad

L.P. = Límite Plástico

I.P. = Índice Plástico

Si la humedad inicial de un suelo corresponde a un Índice de Liquidez igual a 0.2 ó a más, el suelo, aun siendo altamente plástico, tendrá poca o nula expansión.

2.2.5.8 Compresibilidad del suelo

Cuando se aplican cargas externas a algunos suelos y estos cambian su volumen o forma, es allí que se comprende como compresibilidad del suelo. Debido a contener una forma y composición distinta, cuando se ejerce cargas externas a las mismas existe una deformación. Esta deformación se ve reflejado en quiebres, es decir cambio a granos finos, por ende, a tener variación en el volumen. Por deformación del volumen se ve 03 casos:

- Compresión : Cuando hay disminución de volumen
- Dilatación : Cuando hay aumento de volumen
- Deformación : Cuando el suelo cambia de forma sin variar su volumen.

Para arcillas normalmente consolidadas el valor de CC puede ser estimado, en forma aproximada, utilizando la expresión siguiente:

$$C_c = 0.009 (LL - 10)$$

Según Carlos Crespo Villalaz, en su texto *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, muestra un cuadro en el cual determina el grado de compresibilidad de un suelo en función del Índice de compresibilidad:

Tabla N° 2.5 Coeficientes de compresibilidad

Cc	Compresibilidad
0.00 - 0.19	Baja
0.20 - 0.39	Media
Mayor a 0.40	Alta

Fuente: *Mecánica de Suelos y Cimentaciones – Crespo Villalaz, Carlos*

Analizando este cuadro se puede verificar de inmediato la compresibilidad de un suelo. Verificando que un suelo es inadecuado cuando el índice de compresibilidad (Cc) es mayor o igual a 0.20, pues en su máxima expresión comprende a suelos que contienen materia orgánica y no es aceptable.

2.2.5.9 Capacidad de soporte en subrasante - CBR

Oviedo R. (2013, p7) menciona que la subrasante debe estar preparada para poder soportar cargas que son transmitidas desde la estructura del pavimento. Existen tres factores primordiales para determinar la capacidad de carga: Contenido de humedad, el tipo de suelo y su grado de compactación.

Minaya S. & Ordoñez A. (2006, cap2, p27) concluye que si se desea que el pavimento cumpla con el diseño y periodo de vida útil debe presentar una deflexión máxima de 0.20 mm, para cargas estáticas transmitidas por un eje estándar de 8.2 ton. Para determinar la máxima de deflexión esta se puede medir mediante la Viga Benkelman. Significando así que esta máxima deflexión deberá ser entre 0.5 a 1 mm.

En EE UU, los reglamentos de este país dan como recomendación que el valor de CBR de la subrasante debe oscilar entre 8 y 10 % como mínimo. Si este no fuese el caso, el suelo debe ser estabilizado antes de ejecutar el proyecto o construcción del pavimento.

Tabla N° 2.6 Evaluación de terrenos

CBR	Clasificación
<3%	Subrasante Inadecuada
>=3% a 6%	Subrasante insuficiente
>=6% a 10%	Subrasante regular
>=10% a 20%	Subrasante buena
>=20% a 30%	Subrasante muy buena
>=30%	Subrasante excelente

Fuente: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*

MTC E 132 describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este ensayo tiene como referencia normativa ASTM D 1883.

2.2.5.10 Proctor Modificado

MTC-115 describe el procedimiento del ensayo de la siguiente manera: De todo el material utilizado para conformar el pavimento, se seleccionan 3 kg, de este material retirando de ella todo material mayor que la malla N°4. Se mezcla la muestra con el agua suficiente (90 ml) para obtener una ligeramente húmeda, que aún se desmorone cuando se suelte después de ser apretada en la mano, de dicha muestra se saca una pequeña masa, la cual se pesará y registrará para hallar el contenido de humedad. Se divide la muestra en 5 porciones, una por cada capa que vaya a usarse, aproximadamente iguales, que se pondrán en el cilindro, compactando cada capa con un número de golpes dados con el pisón, igual a 25. Cuidadosamente se retira la extensión del molde y se enrasa la parte superior del cilindro con la regla metálica. El peso del cilindro tiene que quedar registrado, posteriormente se retirará el suelo del molde. El procedimiento anterior se repite agregando en cada inicio un contenido de agua en el suelo ligeramente mayor y así sucesivamente hasta que se obtengan, por lo menos, dos puntos en la gráfica de compactación que se sitúen arriba de la humedad óptima. Los resultados obtenidos se llevarán a una gráfica que tenga como abscisas, los diferentes contenidos de agua resultantes y como ordenadas los pesos específicos seco y de la masa. Igualmente se dibujará también la curva de saturación completa. La normativa que se tiene como referencia es la ASTM D-1557. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, p105).

2.3 Mejoramiento de Suelos

2.3.1 Mejoramiento de suelos

Para tener buenos resultados sobre la estructura de un pavimento, es necesario tener en cuenta las recomendaciones que brinda el MTC, todo ello plasmado en su Manual de Carreteras derivado en sus Especificaciones Técnicas. Se presenta los esenciales para el desarrollo de esta investigación. A continuación, se presentan las tablas que indican los parámetros que se deben cumplir en subrasantes.

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación (Manual de Carreteras suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

2.3.1.1 En Terraplenes (Sección 205)

“Si por algún motivo sólo existen en la zona, materiales expansivos, se deberá proceder a estabilizarlos antes de colocarlos en la obra. Las estabilizaciones serán definidas previamente en el Expediente Técnico” - Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013, p186)

Tabla N° 2.7 Requisitos de los materiales

Condición	Partes del terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca >7,62 cm	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

Fuente: *Especificaciones Generales (MTC) – Tabla 205-01 (2013)*

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad: · Desgaste de los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207). Tipo de Material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3.

Tabla N° 2.8 Ensayos y frecuencias en terraplenes

Material o producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
TERRAPLÉN	Granulometría	MTC E 204	D 422	T29	1 cada 1000 m³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 1000 m³	Cantera
	Contenido de material Orgánico	MTC E 118			1 cada 3000 m³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 3000 m³	Cantera
	Relación Densidad - Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 1000 m³	Pista
	Compactación - Base y Cuerpo	MTC E 117	D 1556	T191	1 cada 500 m³	Pista
	Compactación Corono	MTC E 124	D2922	T238	1 cada 1250m³	Pista

Fuente: Especificaciones Generales (MTC) – Tabla 205-02 (2013)

2.3.1.2 Mejoramiento de suelos (SECCIÓN 207)

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013, p211) en las especificaciones técnicas, sección 207.1, sobre mejoramiento de suelos menciona:

“Este trabajo consiste en excavar el terreno por debajo de la subrasante o de fundación de terraplenes y su remplazo parcial o total con materiales aprobados debidamente conformados, acomodados y compactados, de acuerdo con la presente especificación, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del Proyecto y las instrucciones del Supervisor”

Los materiales destinados para el mejoramiento de suelos deben cumplir con los establecido y ya mencionado líneas arriba en la Tabla N° 2.7. El proceso constructivo a seguir comenzara con escarificar de 15 a 30 cm, para luego llevar una compactación adecuada. Si existiese un suelo no pertinente para el proyecto se deberá estabilizar mediante algún método o reemplazar el suelo malo con material que cumpla con los parámetros establecidos.

2.3.2 Suelos inadecuados para subrasante

El Instituto Nacional de Vías – Colombia (2010) recomienda que si existe material de préstamo para mejorar la subrasante esta no debe contener materia orgánica, raíces, entre otros. No debe tener características expansivas o colapsables, deben ser de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales.

En Perú el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013) en sus especificaciones técnicas nos recomienda evitar suelos orgánicos, turbas, blandos y todo suelo que no cumpla con los requerimientos expresados en dichas especificaciones.

Para esta investigación tres criterios de selección para conocer si un suelo es adecuado para una estructura de pavimento.

2.3.2.1 Capacidad de Soporte bajo

En suelos de la selva generalmente se encuentran suelos de baja capacidad de soporte, es por ello que no cumplen con la compactación. Debido a eso la resistencia presentada es menor a la que se asume. Otro tema para tener en consideración es el contenido de humedad, pues esta se dispara del contenido óptimo y esta provoca que la compactación no se acerque a la propuesta en el diseño.

2.3.2.2 Suelos que no cumplen las Especificaciones Generales

Durante el proceso constructivo de las carreteras se ve presencia de distintos tipos de suelos, estos deben regirse a lo que el MTC mediante sus especificaciones técnicas indica. En tal sentido, lo básico a nivel de subrasante son los siguientes:

- Índice de Plasticidad (IP): <10%
- Tipo de suelo: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3

La recomendación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) es la siguiente:

“Suelos que no cumplan estas Especificaciones deberán ser eliminados y reemplazados por suelos adecuados. Para tal efecto el material de reemplazo deberá poseer un CBR igual o superior a 20% (al 95 % de MDS). Se debe indicar que este CBR es compatible con los valores de soporte empleados en la metodología de diseño (AASHTO e Instituto del Asfalto). Cabe indicar que el material de base granular existente tiene un CBR superior a 20% y será empleado para los mejoramientos”

2.3.3 Métodos para mejoramiento de suelos

Se presenta una lista de métodos convencionales para estabilizar un suelo y así mejorar su capacidad portante. Luego de realizar un buen estudio se recomienda elegir el adecuado de acuerdo a las características de cada suelo en estudio.

- Estabilización mecánica de suelos
- Estabilización por combinación de suelos

- Estabilización por sustitución de los suelos
- Suelos estabilizados con cal
- Suelos estabilizados con cemento
- Suelos estabilizados con escoria
- Estabilización con cloruro de sodio
- Estabilización con cloruro de calcio
- Estabilización con cloruro de magnesio
- Estabilización con productos asfálticos
- Estabilización con geosintéticos

2.3.4 Métodos para determinar espesores de mejoramiento

Para el correcto funcionamiento de una estructura de pavimento, es necesario el análisis correcto de cada uno de sus componentes de estructuración. Dentro de las principales tenemos el terreno de fundación. Este terreno puede contener tipos de materiales no aptos o que no cumplen para un correcto funcionamiento de toda la capa estructural. Es por ello que existen dos propuestas básicas para llegar a darle funcionabilidad a dichos terrenos. La primera de ellas es el mejoramiento y la siguiente es la estabilización de suelos.

En el Perú generalmente se aplica el método de AASHTO 93 para hallar la dimensión de espesor del mejoramiento de suelos. PROVIAS (2015) en un estudio de pre-inversión del proyecto “Mejoramiento de la Carretera Emp. PE-04B – Sondor – Socchabamba – Vado Grande por Niveles de Servicio” textualmente menciona:

“Se han empleado los criterios de AASHTO 93 (Part III, Chapter 3 Guides for Field Data Collection) para la determinación de sectores de características homogéneas”

“Definición de espesor mínimo requerido para la capa granular determinada aplicando el método de diseño de capas de revestimiento granular para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, el mismo que está en función del CBR de diseño (75 % percentil) y al tráfico expresado en Número de Repeticiones de EE de 8.2t”

En esta línea de investigación se define dos métodos de diseño y a su vez se compara para elegir el más conservador.

2.3.4.1 Método AASHTO 93

Desde la aparición del método AASHTO 72 hasta el año 1983 cuando se dio a conocer que el método cumplía con los requerimientos u objetivos básicos, se dio a conocer que se podían incorporarse algunos adelantos. Estos adelantos fueron derivados de algunos diseños y análisis de algunos pavimentos que se venían estudiando ya desde 1972.

La historia revela que desde la aparición del “Procedimiento Provisional para el Diseño de Pavimentos AASHTO – 72”, surgieron dos cambios más. En 1986 un grupo de ingenieros llegó a complementar esta guía obteniendo así el “Manual de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO – 86”. La última revisión que se obtiene es el ya conocido Método AASHTO 93.

Este método está basado en la siguiente fórmula:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{4.2-1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

Donde:

- W_{18} = Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n).
- Z_R = Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.
- S_0 = Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.
- ΔPSI = Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (po) y su planitud al final del periodo de diseño (Serviciabilidad Final (pt)).
- M_R = Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

- SN = Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

2.3.4.1.1 Módulo de resiliencia (M_R)

En el Perú generalmente se relaciona el módulo resiliente con el resultado del CBR. Para diseño de pavimentos se opta por lo recomendado en la “Guía de diseño AASTHO 93” que ha propuesto correlaciones que determinan el mantenimiento rutinario (MR) a partir de ensayos de CBR.

Ante esto se presenta las siguientes correlaciones:

- Correlación establecida por Heukelom y Klomp: aplicable a suelos finos con CBR saturado menor a 10%.

$$MR (psi) = 1500 * CBR$$

- Correlación establecida por el Instituto del Asfalto

$$MR (psi) = A + B * CBR$$

Donde:

A = de 772 a 1155

B = de 369 a 555

- Para suelos finos con CBR saturado menor a 20%, la guía recomienda utilizar la siguiente expresión:

$$MR (psi) = 1000 + 555 * CBR$$

Para sub-rasantes obtenemos lo siguiente:

- CBR igual o menor a 7,2%

$$MR (psi) = 1500 * CBR$$

- CBR mayor de 7,2% pero menor o igual a 20,0%

$$MR (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$$

- CBR mayores a 20,0%, se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO-93:

$$MR (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

2.3.4.1.2 Periodo de diseño

Este parámetro generalmente es tomado en cuenta debido a cumplir con las exigencias que tendrá que cumplir en la vida útil del pavimento. Este periodo es tomado al iniciar el diseño. Básicamente este periodo de diseño es o tiene que ser más que la vida útil del pavimento. Los periodos de diseño recomendados por la AASHTO se muestran en Tabla N° 2.9.

Tabla N° 2.9 Periodos de diseño en función del tipo de carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana de tránsito elevado	30 - 50
Interurbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 - 20

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

2.3.4.1.3 Índice de serviciabilidad

Este parámetro es una condición que el pavimento necesita para darles a los usuarios un manejo confortable y seguro. Esta condición está cuantificada en una escala de 5 a 1 representado en la siguiente Tabla N° 2.10

.

Tabla N° 2.10 Índice de serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5-4	Muy buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

2.3.4.1.4 Confiabilidad y desviación estándar

Es importante tener en cuenta cuán importante es el camino el cual se va diseñar. La confiabilidad se basa en la resistencia que obtendrá cada capa diseñada para la estructura en su conjunto. El nivel de confianza o confiabilidad es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos. Esto debido a que inserta un criterio que relaciona el desempeño del pavimento frente a parámetros exteriores.

Los valores son representados en la

Tabla N° 2.11

Tabla N° 2.11 Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino

Tipo de Camino	Zona Urbana	Zona Rurales
Autopista	85 - 99.9	85 - 99.9
Carretera de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carretera secundaria	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*.

Además, se presenta el factor de ajuste entre las dos curvas se define como el producto de la desviación normal ZR, por la desviación estándar So. Los factores de desviación normal ZR se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.12 Factores de desviación normal

Confiabilidad	Z _R	Confiabilidad	Z _R
50	0	92	-1.405
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*.

El rango de desviación estándar sugerido por AASHTO se encuentra entre los siguientes valores:

$$0,40 \leq S_o \leq 0,50 \text{ (} S_o = \text{desviación estándar)}$$

2.3.4.1.5 Coeficiente de drenaje

La capacidad de drenaje y el porcentaje de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles altos próximos a la saturación. Es por eso que AASHTO presenta la siguiente Tabla N° 2.13 para ver la capacidad de drenaje.

Tabla N° 2.13 Capacidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	Agua no drenada

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*.

Existen dos parámetros singulares m_2 (bases) y m_3 (sub-bases granulares sin estabilizar). AASHTO 93 en función a porcentaje de tiempo a lo largo de un año.

Tabla N° 2.14 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de base y sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.

Calidad de Drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos de 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*.

2.3.4.1.6 Numero estructural

El número estructural se convierte a una combinación de espesores de capa, combinando coeficientes que representan la capacidad estructural relativa del material de cada capa.

Para mejoramiento de sub-rasante tenemos que tener en cuenta añadir un parámetro más a la fórmula. A continuación, se presenta la fórmula para encontrar el número estructural.

$$SN_0 = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

- a_i : Coeficiente estructural de capa i
- m_i : Coeficiente de drenaje i
- D_i : Espesor(en pulgadas)de capa i

Para cumplir con los parámetros de diseño, a la ecuación SN se añade la capa de subrasante mejorada, expresada en términos de $a_4 * D_4 * m_4$ donde:

- a_4 : Coeficiente estructural de la capa de subrasante mejorada, se recomiendan los siguientes valores:
 - $a_4 = 0.024$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular con CBR 6 – 10%.
 - $a_4 = 0.030$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante buena con CBR 11 – 19%.
 - $a_4 = 0.037$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante muy buena con CBR $\geq 20\%$.

- $a_4 = 0.035$, para mejorar la subrasante muy pobre y pobre a una subrasante regular, con la adición mínima de 3% de cal en peso de los suelos.
- D4: Espesor de la capa de subrasante mejorada (cm).
- m4: Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 4, según el cuadro 28 se determina el valor de m4.

Teniendo como resultado la fórmula:

$$SN_r = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Simplificando en lo siguiente:

$$SN_r = SN_0 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Determinando a_4 y m_4 se puede calcular el espesor (D_4) expresado en la siguiente fórmula

$$D_4 = \frac{SN_r - SN_0}{a_4 \times m_4}$$

- SN_r = Número estructural requerido del pavimento con subrasante regular, buena o muy buena, según se requiera mejorar.
- SN_0 = Número estructural del pavimento con subrasante muy pobre o pobre

2.3.4.2 Modelo Boussinesq

Garnica, Gómez, Sesma (2002) textualmente menciona: Los neumáticos de los vehículos se apoyan sobre el pavimento produciendo una huella de forma distinta para cada tipo de neumático, presión de inflado, carga por rueda, velocidad y estado de la superficie. Cuando está en movimiento, además de variar la forma de la huella, aparecen solicitaciones distintas a las verticales, que son las que existen cuando el vehículo está detenido o con movimiento uniforme: aparecen esfuerzos horizontales debido al rozamiento y a los cambios de trayectoria, succiones de agua contenida en la sección estructural y esfuerzos verticales de impacto por efectos del movimiento del vehículo y las irregularidades de la carretera. El ensayo C.B.R. y el ensayo de placa de carga permite obtener los parámetros elásticos en la evaluación de la subrasante. Sin embargo, en nuestro medio no se utiliza la práctica ingenieril recomendada por Valle Rodas, 1967 de ensayar muestras inalteradas. La ventaja del ensayo C.B.R. es la evaluación de la influencia de la densidad natural y el humedecimiento.

Yoder y Witczak (1975) indicaron que la teoría de Boussinesq puede ser utilizada para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones aproximadas en la subrasante, cuando la relación del módulo de la base es aproximadamente igual a 1.

Teniendo en cuenta el análisis de esfuerzos y deformaciones, aplicando la formula Boussinesq se encuentra la altura (H) adecuada de toda la estructura. Esto facilita encontrar la altura del mejoramiento de la subrasante para no tener inconvenientes y fallas en el pavimento.

AASHTO definió como un EE (Eje equivalente), al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn. de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg² (0.55 MPa). En definitiva la presión ejercida por un neumático (q_0) es del orden de 0,2 a 0,7 MPa. Este valor es muy alto para absorber por el suelo natural. Es por ello que se reparte las cargas a un nivel admisible. La siguiente hipótesis es la que apoya a este método:

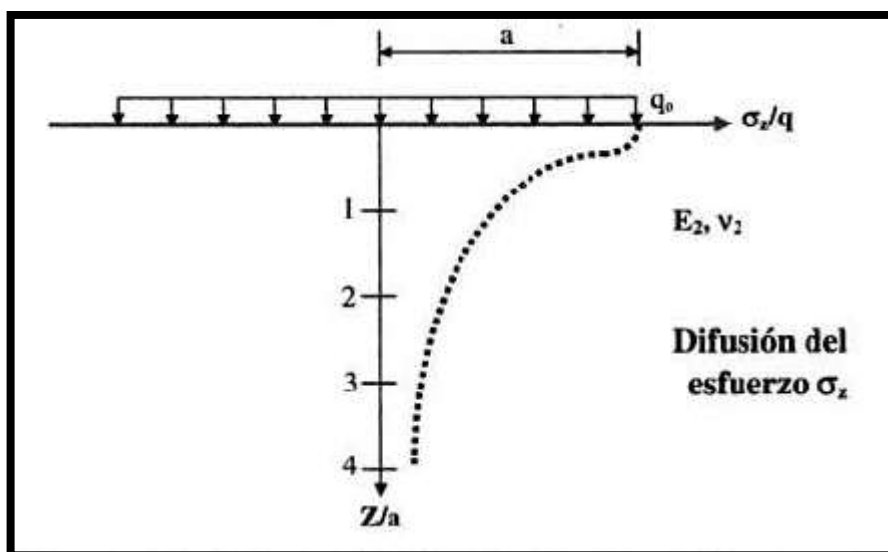


Figura N° 2-4 Difusión de esfuerzos

Fuente: Modelo de Boussinesq

Esquemmatizando la carga que se aplica a la estructura se obtiene una presión q_0 sobre un círculo de radio a (Figura N° 2-4). El suelo soporte se supone elástico con módulo de Young (E_2), relación de Poisson ν_2 . Este suelo sólo puede resistir, sin deformarse exageradamente, un esfuerzo vertical admisible (σ_z) admisible, inferior a la presión q_0 .

Aplicamos fórmulas de la siguiente manera:

$$\sigma_z = q_0 \left[1 - \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{z^2}{a^2}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \right]$$

Para corroborar estos datos consideramos la carga admisible igual a $q_0/10$, obteniendo $\frac{\sigma_z}{q_0} =$

0.1 reemplazamos y despejamos:

$$\sigma_z = q_0 \left[1 - \frac{\left(\frac{H}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{H^2}{a^2}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \right]$$

$$\frac{\sigma_z}{q_0} = \left[1 - \frac{\left(\frac{H}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{H^2}{a^2}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \right]$$

$$\frac{1}{10} = \left[1 - \frac{\left(\frac{H}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{H^2}{a^2}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \right]$$

$$\frac{H}{a} = [3.7]$$

De esta prueba se concluye

- σ_z es proporcional a q_0 e independiente del módulo E_2 del masivo.
- El espesor H de la calzada es proporcional al radio del círculo de carga.
- Si el esfuerzo admisible σ_z sobre el masivo es muy pequeño comparado con la presión aplicada q_0 , se conduce a adoptar espesores muy altos.

2.3.4.2.1 Modulo elástico

Medina H (2009, p2) describe este análisis de la siguiente manera:

“En la parte de comportamiento elástico se cumple la Ley de Hooke. Robert Hooke fue el primero en enunciar esta relación con su invento de un volante de resorte para un reloj. En términos generales, encontró que una fuerza que actúa sobre un resorte produce un alargamiento o elongación que es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza”

El módulo elástico es conocido como el módulo de Young y representada por la siguiente formula:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

E = Módulo de Elasticidad (MPa)

σ = Esfuerzo (kg/cm²)

ε = Deformación (adimensional-cm/cm)

Llevando a la correlación con datos accesibles como el CBR, se obtiene:

$$E_{SR} = 100 * CBR \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$E_{SR} = 130 * CBR^{0.714} \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$E_{SR} = 10 * CBR \quad (MPa)$$

Para suelos que tienen CBR < 10%

$$E_{SR} = 6.5 * CBR^{0.65} \quad (MPa)$$

$$E_{SR} = 5 * CBR \quad (MPa)$$

2.3.4.2.2 Esfuerzo vertical admisible

La cantidad de esfuerzo que puede soportar un suelo es denominado esfuerzo vertical admisible. Estos esfuerzos se presentan de acuerdo a la repetición de cargas por acción del tránsito constante sobre el pavimento. Para determinar estos esfuerzos los relacionamos directamente a la elasticidad del suelo. Para ellos definimos este esfuerzo en la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N} \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Donde:

σ_z = Esfuerzo Vertical Admisible

CBR = Relación de Soporte California (%)

N = Numero Admisible de Repeticiones de Carga (Ejes Equivalentes)

- C = 0.008 (Jeuffroy)
- C = 0.007 (Dormon & Herhoven)
- C = 0.006 (ACUM & FOX)

2.3.4.3 Recomendaciones del estado de colorado (USA)

En el Perú, principalmente en la selva peruana se concentran suelos que son expansivos. Es por ello que la manera común para corregir ello es retirar todo el material expansivo y reemplazarlos por un material que pueda resistir las cargas que son transmitidas a través de la estructura del pavimento. Otra forma de darle consistencia a los suelos expansivos es mediante la estabilización de los suelos.

El Manual de Diseño de Pavimento (2015) muestra dos tablas que pueden servir de apoyo para elegir la profundidad de tratamiento por debajo de la subrasante.

- Para carreteras principales

Tabla N° 2.15 Espesor para tratamiento de suelos expansivos – Carreteras principales

Índice de Plasticidad	Profundidad de tratamiento por debajo del nivel de la subrasante
10 - 20	0.60 m
20 - 30	0.90 m
30 - 40	1.20 m
40 - 50	1.50 m
Más de 50	1.80 m

Fuente: *Pavement Desing Manual 2015.*

- Para carreteras secundarias

Tabla N° 2.16 Espesor para tratamiento de suelos expansivos – Carreteras secundarias

Índice de Plasticidad	Profundidad de tratamiento por debajo del nivel de la subrasante
10 - 30	0.60 m
30 - 50	0.90 m
Más de 50	1.20 m

Fuente: *Pavement Desing Manual 2015.*

2.4 Suelos Blandos

Todos los suelos que tienen la capacidad de sufrir cambios volumétricos en función de la humedad se le conoce como suelos expansivos, esto es, suelos arcillosos con mineral montmorillonita en un clima semiárido. Los asentamientos que sufren las estructuras debido a las deformaciones producto de los aumentos de carga sobre el suelo que los soporta fueron identificados como las causas de los daños en las estructuras, estas no solo pueden presentar daños por asentamiento sino también por expansión (Zepeda, A., 1989).

Son suelos cuyas propiedades físico-mecánicas han sido variados por agentes externos con lo cual se toman inestables, de muy baja capacidad de soporte y que no son factibles de compactar debido a sus cambios de forma y volumen cuando se aplican fuerzas externas; en otros casos, cuando los suelos aumentan de volumen cuando son retiradas de ellos las presiones actuales y que raramente vuelven a su estado inicial. (Peche, E., 2013)

2.4.1 Características de los suelos blandos

Generalmente se asocia este término a suelos arcillosos. Terraplenes construidos sobre suelos de baja capacidad de soporte pueden estar sujetos a asentamientos debido a la naturaleza compresible del suelo de fundación. Estos suelos arcillosos tienen características que se tienen que tener en cuenta para evitar fallas sobre el pavimento a corto o largo plazo.

2.4.1.1 Plasticidad del suelo

Esta es la principal característica de los suelos arcillosos. El problema radica a su impermeabilidad generando sobre la superficie una forma de lámina con un efecto lubricante. Este efecto puede generar desplazamientos entre capa de subrasante y su base. Esta propiedad depende de la morfología laminar y tamaño de partícula. La plasticidad puede ser cuantificada mediante los límites de Atterberg. (Castro, 2017)

2.4.1.2 Hidratación e hinchamiento

El hinchamiento es originado por la absorción del agua, el cual ingresa en los espacios interlaminares separando las láminas. Cuando el agua penetra y las láminas se separan, se originan fuerzas electrostáticas de repulsión entre las láminas, lo que contribuye al proceso de hinchamiento llegando a separar completamente unas láminas de otras. (Castro, 2017)

El contenido de arcilla en un suelo o roca tiene mucho que ver según los factores climáticos incidentes. La cantidad de arcilla aumenta en función de la humedad y la temperatura, pasando a escala logarítmica para condiciones tropicales y subtropicales (Barbeta. 2002).

2.4.1.3 Condición de humedad inicial

Un suelo expansivo desecado tiene más afinidad al agua o la alta succión que el mismo suelo a mayor contenido de humedad. A menor humedad inicial mayor expansión.

2.4.1.4 Perfil de suelo

El espesor y posición del estrato expansible determinan la magnitud y velocidad de hinchamiento. (Angelone, 2006).

2.4.1.5 Cohesión y adhesión

Las fuerzas básicas responsables de la retención y movimiento del agua en el suelo, se define como cohesión y adhesión. La fuerza de cohesión es la atracción entre moléculas de agua, mientras la adhesión es la atracción de las moléculas con la superficie sólidas. La fuerza de adhesión hace que algunas moléculas de agua estén rígidamente unidas a las partículas de suelo arcilloso y se llama agua absorbida; en cambio las moléculas unidas por fuerzas de cohesión sobre superficie de los granos de suelo pueden ser fácilmente removidas. Las fuerzas de cohesión y adhesión juntas regulan el movimiento de agua. En suelos arcillosos la adhesión y cohesión ejercen sus fuerzas sobre sus propiedades de plasticidad. (Rodríguez, 2014)

2.4.2 Factores de peligro en una subrasante con presencia de suelos blandos

2.4.2.1 Cambio volumétrico

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se concluya un pavimento sobre este tipo de suelo deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal (Montejo, A. 2002, p. 9)

2.4.2.2 Clima

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamiento que influirán en el nivel de servicios de la vía (Montejo, A. 2002, p. 10)

2.4.2.3 Disponibilidad de materiales

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo, por otra parte, se deben considerar materiales básicos de mayor costo: ligantes y conglomerantes, especialmente (Montejo, A. 2002, p. 10)

2.4.3 Fallas derivadas de un suelo blando

2.4.3.1 Grietas longitudinales

Se presencia este tipo de fallas en la capa de rodadura. Esta falla se da debido a repeticiones de cargas pesadas, pérdida de soporte o baja capacidad de soporte en la subrasante, gradientes de tensiones producidos por la variación de humedad o en todo caso por un deficiente proceso constructivo. (Hernández, Mejía & Zelaya, 2016)



Figura N° 2-5 Grietas longitudinales

Fuente: Hernández, Mejía & Zelaya

2.4.3.2 Baches

Es la falla que se ve reflejado a causa de malas fundaciones, capas de base o sub base inestables, no determinar espesores adecuado a cada una de las capas que constituyen la estructura de pavimento. Sumado a lo anterior, está la presencia de humedad y su falta de drenaje.



Figura N° 2-6 Baches en pavimentos flexible

Fuente: Caduma

2.4.3.3 Ahuellamiento

Esta es una de las fallas más comunes en pavimentos que están sobre un suelo blando. Esta falla se produce generalmente por la deformación permanente en alguna de las capas de la estructura o en la misma subrasante. La alta presencia de humedad en la subrasante y la falta de drenaje, conllevan también a que se genere esta falla. (Miranda, 2010)



Figura N° 2-7 Falla por ahuellamiento

Fuente: Miranda, 2010

2.5 Consolidación de Suelos

2.5.1 Consolidación de suelos

Según Terzaghi (1943) definimos a la consolidación de suelos como la disminución de agua en un suelo saturado en el cual es remplazado por el aire. Sierra, P. & Poliotti, M. (2011) menciona que todo material, a someterlo a distintos esfuerzos, experimentan deformación. Estas deformaciones pueden o no estar relacionadas al tiempo. Va depender mucho del tipo de material que se examine, la relación que puedan tener el esfuerzo, la deformación y el tiempo. En la Figura N° 2-8 se muestra como mediante la aplicación de distintas cargas se puede ir deformando el suelo y remplazando el volumen de agua por el volumen de aire, generando una diferencia en altura llamada asentamiento.

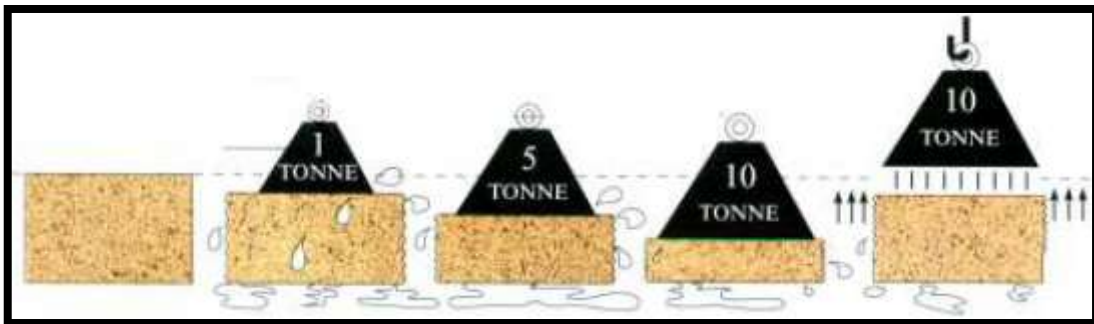


Figura N° 2-8 Proceso de consolidación

Fuente: Geología y Geotecnia – Universidad Nacional de Rosario

Sierra, P. & Poliotti, M. (2011) indica que los suelos finos arcillosos tienen una permeabilidad muy baja, eso es un factor importante en el tiempo de consolidación. Es por ello que este tipo de suelos y su proceso de consolidación es mayor en tiempo, incluso mucho tiempo después de haber ejecutado la obra. Este proceso de consolidación es importante estudiarlo porque predice el asentamiento total de la estructura y el tiempo o velocidad en la que dura este proceso.

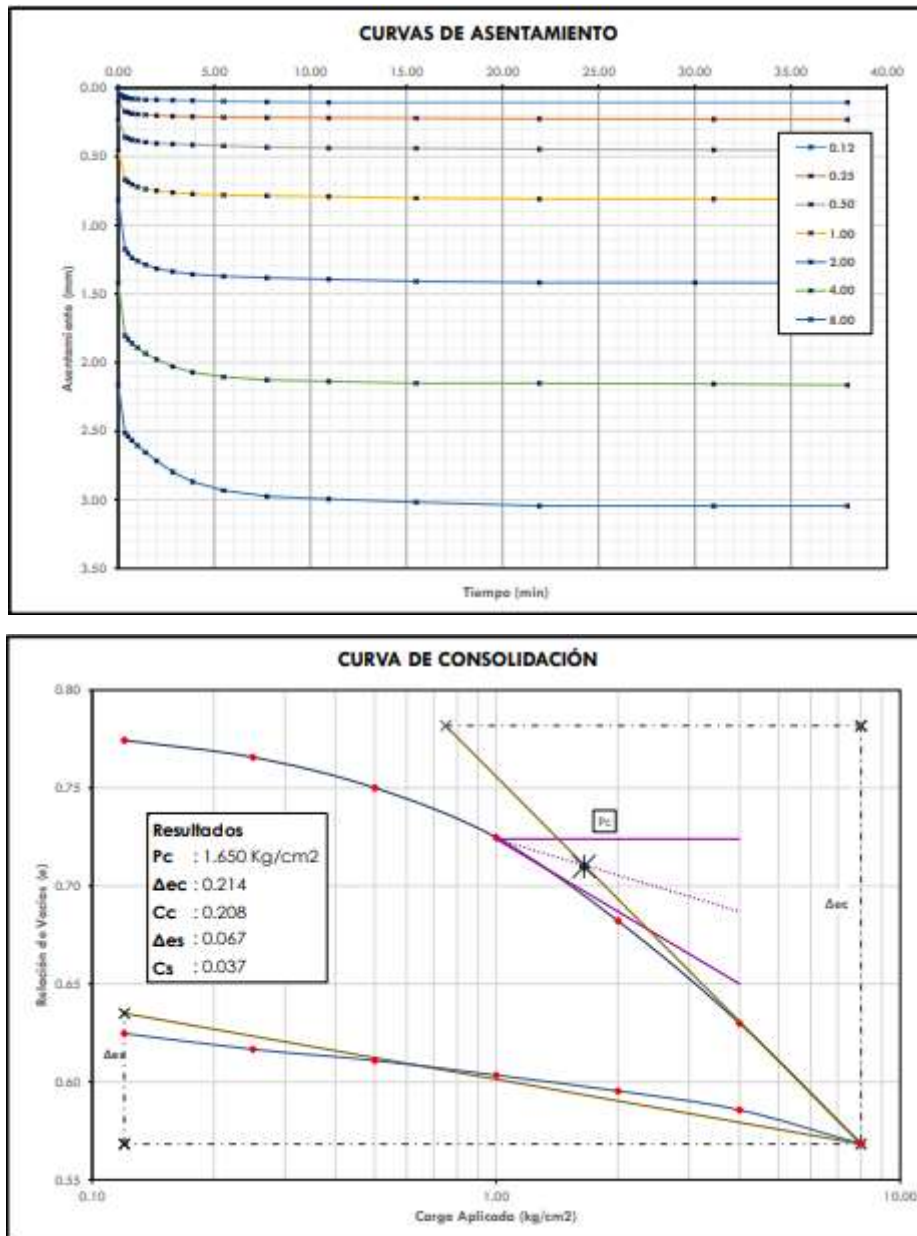


Figura N° 2-9 Variación del volumen en la consolidación respecto a la carga y el tiempo

Fuente: Resultado del ensayo de consolidación

En obras de vías de comunicación la repercusión puede ser muy grande debido a los terraplenes que se encuentran asentados sobre estos suelos, que originan problemas con la estabilidad de los taludes. Además, los asentamientos excesivos llevan a inaceptables deformaciones en las plataformas. (Zamara, J., 2014)

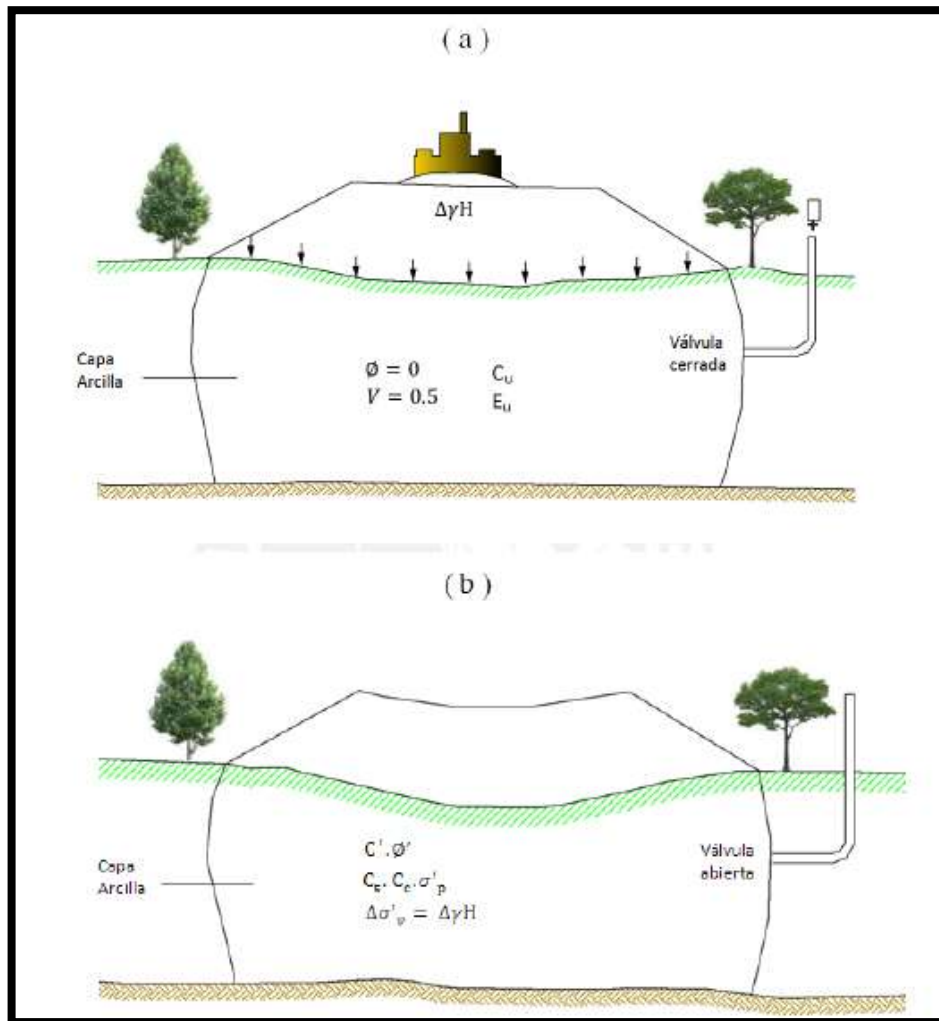


Figura N° 2-10 Proceso de consolidación. Fase (a): En construcción - Fase (b): A largo plazo

Fuente: Sopeña, L. (1992)

2.5.2 Teoría de la consolidación

Todos los materiales experimentan deformación cuando se les sujeta a un cambio en sus condiciones de esfuerzo. Las características de esfuerzo y deformación de los materiales estructurales tales como el acero y el concreto son hoy suficientemente bien comprendidas para la mayoría de las aplicaciones prácticas y pueden determinarse en el laboratorio con razonable grado de confianza. (Velasquez, D., 2007)

La deformación de la mayoría de los suelos, aun bajo cargas pequeñas, es mucho mayor que la de los materiales estructurales; además esa deformación no se produce, usualmente, en forma simultánea a la aplicación de la carga, sino que se desarrolla en el transcurso del tiempo. Así, cuando un estrato de arcilla soporta un edificio, pueden ser necesarios muchos años para que la deformación del suelo se complete. Es cierto que los materiales estructurales

también muestran una pequeña capacidad de seguirse deformando bajo carga constante; sin embargo, desde el punto de vista del ingeniero civil, estas deformaciones en los materiales estructurales son de menor importancia y, en general, contribuyen a producir distribuciones de esfuerzo más favorables.

En contraste a esto, el proceso de deformación de las arcillas tiene lugar casi completamente en un largo lapso posterior a la aplicación de la carga propiamente dicha; como resultado, es posible que el agrietamiento de una estructura pueda ocurrir años más tarde de su construcción, sin que el proyectista pueda preverlo, a no ser que tenga presente en forma correcta el comportamiento de los suelos. Otra diferencia entre los materiales estructurales y los suelos estriba en el hecho de que en los primeros la deformación es principalmente resultado de un cambio de forma, sin variación de volumen, mientras que en los suelos ambos fenómenos son importantes; en algunos problemas, particularmente en el asentamiento de edificios construidos sobre arcilla, la deformación debida a cambio volumétrico en los estratos de suelo subyacente, es mucho más importante que la deformación debida a cambio de forma. (Velasquez, D., 2007)

La compresión (o expansión) o deformación sólo por cambios de volumen es el proceso por el que una masa de suelo cambia de volumen, manteniendo su forma; todo sucede como si estuviese cambiando la escala del espacio tridimensional. La distancia entre los puntos cambia, pero se mantiene su posición relativa. La distorsión o deformación desviadora es el proceso por el que una masa de suelo cambia de forma, variando la posición relativa de sus puntos, pero manteniéndose su volumen constante. Los procesos reales de deformación pueden siempre descomponerse en esas dos facetas; hay una componente volumétrica de la deformación y otra desviadora; el proceso real puede así considerarse siempre como una adición de ambas componentes. (Velasquez, D., 2007)

Para fines prácticos puede considerarse que los suelos no tienen resistencia a la tensión, las características de deformación bajo compresión son las de mayor interés. Por ello los principales métodos de prueba están diseñados para someter las muestras de suelo a esfuerzos de compresión. Teóricamente podrían encontrarse todas las características esfuerzo-deformación útiles para describir el comportamiento mecánico de los suelos únicamente utilizando las llamadas pruebas de compresión triaxial. En este tipo de prueba se pueden variar los esfuerzos principales actuantes sobre el suelo a voluntad, produciendo así cualquier combinación deseada de esfuerzos normales y tangenciales en la muestra.

Normalmente en los aparatos de compresión triaxial desarrollados hoy con amplitud, dos de los esfuerzos principales son iguales y se producen por la presión de un líquido que rodea a un espécimen cilíndrico o prismático. Si esta prueba de compresión se ejecuta sin presión de líquido y en forma similar a la que se realiza sobre un espécimen cilíndrico de concreto, se llama prueba de compresión simple. La compresibilidad se centra en el estudio de las variaciones de dimensión del suelo, preferentemente en lo referente a su altura, en función de las cargas o esfuerzos aplicados al suelo. El estudio de la compresibilidad se realiza fundamentalmente para arcillas o suelos arcillosos, y en estado de saturación.

Cuando el incremento de carga es asumido conjuntamente por las partículas minerales y el agua -que conforman el total del suelo-, la variación de presión intersticial, o presión de poro, obliga al agua a moverse a través del suelo, hasta disipar esa sobrepresión intersticial, con lo cual muchas propiedades del suelo varían con el tiempo en que se produce este fenómeno. En otro tipo de prueba de compresión, que es de particular importancia en la determinación de las características de los suelos finos compresibles, la muestra se confina lateralmente con un anillo metálico, colocándose entre dos piedras porosas; esta prueba se llama de compresión confinada, o lo que es más común, prueba de consolidación. La muestra no puede deformarse lateralmente, como en el caso de las pruebas anteriores, pues este movimiento está totalmente impedido por el anillo, se puede medir únicamente la relación entre esfuerzo, volumen y tiempo. (Velasquez, D., 2007)

La expulsión de agua de los poros, que permite el reajuste de las partículas sólidas en los huecos que han quedado vacíos, es la base del fenómeno de la consolidación. Si las sobrepresiones intersticiales son positivas, y en consecuencia el suelo disminuye de volumen, el proceso se denomina consolidación. Si las sobrepresiones intersticiales son negativas, de modo que el suelo tiende a aumentar su volumen, el proceso se denomina expansión. El tema de la consolidación es similar al de la compresibilidad, pero con una variable adicional en su estudio: el tiempo.

2.5.3 Asentamiento por Consolidación

Carrillo, P., Ruiz, V. & Zapata, R. (2009) describe al proceso de asentamiento por consolidación de la siguiente manera: “la arcilla, bajo cualquier tipo de carga, no se produce un cambio de volumen instantáneamente, sino que esto ocurre al cabo de un tiempo que a veces es muy largo. El proceso de disminución de volumen implica la necesidad de expulsar el agua sobrante, con el consiguiente aumento de la presión intersticial, la cual a medida que

el agua es expulsada va disminuyendo y por otro lado van aumentando las cargas efectivas sobre el suelo”.

Es de vital importancia conocer este proceso, no solo conocer el máximo asentamiento, sino conocer también el tiempo en el que se desarrollara. Las estructuras podrán presentar fallas ante asentamientos excesivos y que ocurren rápidamente.

Borselli, L. (2019) menciona que existen tres tipos de asentamientos respecto al tiempo:

- Asentamiento elástico: Que surge inmediatamente (horas o días) en cualquier tipo de terreno
- Asentamiento por consolidación primaria: Se produce a través de años y se da en suelos de media y baja permeabilidad. Generalmente presente en suelos finos
- Asentamiento por consolidación secundaria: Se produce en siglos y se da en suelos de media y baja permeabilidad. Generalmente presente en suelos finos

Peche, E. (2013) menciona que la deformación de suelos cohesivos aún bajo cargas relativamente pequeñas, es tradicionalmente reconocida como un problema de fundamental interés, por ser causa de graves deficiencias de comportamiento. Posiblemente el problema más grave que entraña un suelo de cimentación fino y compresible, es el que se refiere al asentamiento que en él pueden producirse al recibir la sobrecarga que representan los terraplenes. Dichos asentamientos causan:

- Pérdida de bombeo, pues la presión ejercida por el terraplén es mayor bajo el centro de la corona que bajo los hombros.
- Aparición de asentamiento diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidad en la cadencia del terreno de cimentación; estos producen perjuicios en la funcionalidad del camino, en el pavimento, en el drenaje superficial, etc.
- Disminución de la altura del terraplén, grave cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas.
- Perjuicios en el comportamiento de obras de drenaje menor, que adquieran una conformación hidráulicamente inconveniente y se agrietan, al hundirse más en el centro que en los extremos.
- Agrietamiento en la corona del terraplén, especialmente cuando esta es muy ancha y cuando el terraplén tiene bermas.

2.5.4 Consolidación primaria

Terzaghi (1923) describió la relación esfuerzo-deformación que experimentan los suelos finos cuando, estando saturada, son sometidos a un incremento de carga que cambia las condiciones de esfuerzos dentro de los mismos. Con lo cual Terzaghi definió el comportamiento de dichos suelos, como una relación entre el esfuerzo efectivo y la relación de vacíos e .

Un cambio en el estado de esfuerzos en un suelo compresible produce un cambio en el volumen de los vacíos del mismo, y si dichos vacíos se encuentran llenos de agua se origina a su vez un cambio en el contenido de agua del suelo. Teniendo esto en mente, Terzaghi definió el fenómeno de consolidación como cualquier proceso en el cual se involucra un decremento en el contenido de agua de un suelo saturado, sin que se presente un reemplazo del agua por aire.

En el análisis realizado se llevaron a cabo simplificaciones y se asumieron las siguientes características del suelo en el proceso de consolidación (Terzaghi 1943):

- El suelo es homogéneo.
- El suelo está totalmente saturado.
- El agua y las partículas sólidas son incompresibles.
- Se cumple la Ley de Darcy para el flujo de agua.
- El coeficiente de permeabilidad k es constante
- El suelo se encuentra lateralmente confinado y los esfuerzos normales tanto efectivos como totales son iguales para todos los puntos de cualquier sección horizontal a través del estrato, y para cualquier etapa del proceso de consolidación.
- Se cumple el principio de esfuerzos efectivos.
- Las condiciones de frontera son constantes en su potencial, lo que se traduce en un espesor constante.
- Compresión y flujo unidimensional.

2.5.5 Cálculo del Asentamiento por Consolidación Primaria

El incremento de carga, con la compresión y la deformación elástica, crea un incremento de presión hidrostática en el medio poroso. Este exceso de presión de poro puede ser reducido en el tiempo con una expulsión gradual de agua. La expulsión de agua produce un cambio

de volumen que es dependiente del tiempo. Este proceso requiere a veces años para ser completado... (Teoría de Terzaghi 1943).

Para obtener el cálculo Braja M. Das (2011) propone las siguientes ecuaciones:

- El asentamiento por consolidación primaria unidimensional se calcula de la siguiente manera:

$$S_c = \frac{\Delta e}{1+e_0} H_c$$

Donde:

S_c = Asentamiento por consolidación primaria (m)

Δe = Variación total de vacíos por la aplicación de cargas

e_0 = Relación de vacíos inicial

H_c = Capa de arcilla (m)

- Para arcillas normalmente consolidadas

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}$$

Donde:

σ'_0 = Esfuerzo vertical efectivo promedio sobre la capa de arcilla (kg/m²)

$\Delta\sigma'$ = Presión agregada (kg/m²)

C_c = Índice de compresión

- Para arcilla sobre consolidada con $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma'_{c'}$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}$$

Donde:

$\sigma'_{c'}$ = Esfuerzo de pre consolidación (kg/m²)

C_s = Índice de expansión

- Para arcilla sobre consolidada con $\sigma'_0 < \sigma'_{c'} < \sigma'_0 + \Delta\sigma'$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{c'}}{\sigma'_0} + \frac{C_c H_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_{c'}}$$

- Índice de Compresión (C_c)

$$C_c = 0.009(LL - 10)$$

Donde:

LL = Límite Líquido

- Índice de Expansión

$$C_s = \frac{e_1 - e_2}{\log\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_3}\right)}$$

Donde:

e_1 = Relación de vacíos inicial

e_2 = Relación de vacíos final

σ_1 = Esfuerzo inicial (kg/m^2)

σ_2 = Esfuerzo final (kg/m^2)

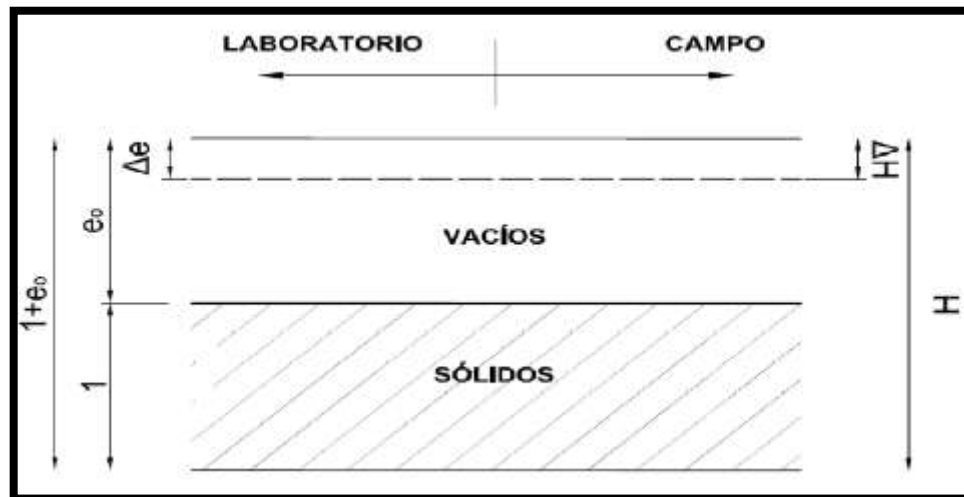


Figura N° 2-11 Asentamiento por consolidación

Fuente: Geología y Geotecnia – Universidad Nacional de Rosario

La teoría de consolidación de Terzaghi fue un gran adelanto en la mecánica de suelos, y aunque su trabajo presenta algunas inexactitudes, limitaciones y simplificaciones, su teoría sirvió como base para que otros investigadores, quizás con herramientas y adelantos tecnológicos superiores, desarrollaran teorías que se acercaran más a la realidad del comportamiento del suelo con el fin de mejorar el cálculo teórico de asentamientos y las características de la permeabilidad del suelo. (Pinzón, F., 2007)

Capítulo III. Métodos y Materiales

Como lo indica Kerlinger (1979, pg.116): la investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones, por lo tanto, se define que la investigación que se realizó es sistemática y empírica, por lo tanto se recolectaron los datos en un determinado momento y en un tiempo único llevándose así una investigación no experimental transversal explicativo – correlacional.

Para esta investigación se emplea el método descriptivo, correlativo y explicativo. Con la finalidad de determinar un espesor adecuado para mejorar la subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación se escoge la zona urbana del distrito de Soritor ubicada entre el km 10+000 y 12+000 de la Carretera Rodríguez de Mendoza – Empalme PE-5N (La Calzada).

Para determinar las características físicas del suelo, se realizaron calicata o pruebas a cielo abierto a cada 250 metros por tratarse de una carretera de segunda clase como se detalla en los siguientes capítulos. Una vez aperturadas las calicatas se obtuvieron muestras de las mismas. Se llevaron las muestras al laboratorio para conocer su clasificación AASHTO y SUCS, sus límites de consistencia y humedad natural.

Para determinar las características mecánicas del suelo, se realizó el ensayo de CBR, proctor y consolidación primaria. El primer ensayo determina la capacidad portante del suelo. El segundo ensayo determina parámetros de densidad del suelo. El ensayo de consolidación ayudo a determinar el porcentaje máximo de asentamiento en la arcilla más crítica. Culminando se realizó el análisis por consolidación primaria y se determinó un espesor adecuado para el mejoramiento de subrasante ante presencia de suelos blandos.

Antes de ello, se revisó bibliografías que giran en torno a investigaciones sobre mejoramiento de suelos blandos. Todo el soporte teórico está basado en bibliografías y antecedentes que tengan como base los principales parámetros de diseño. Al final se muestran las conclusiones y recomendaciones para que el espesor brindado sea el que cumpla con los parámetros y especificaciones técnicas para un fiel cumplimiento del diseño.

3.1 Datos Generales

3.1.1 Población

Como población en esta investigación tenemos a la Carretera Rodríguez de Mendoza – Empalme PE-5N (La Calzada). Que se encuentra ubicada en la provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. Esta carretera está proyectada a unir los departamentos de San Martín y Amazonas. Como población de estudio se tomó los 27 km que se vienen ejecutando en la carretera en mención. Esta carretera comprende desde el distrito de calzada hasta el caserío de Selva Alegre.

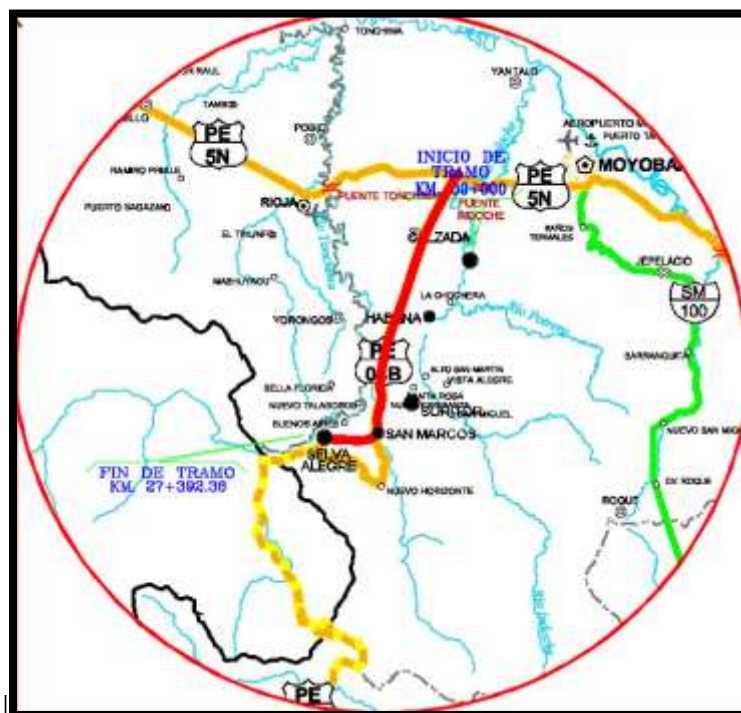


Figura N° 3-1 Ubicación de la carretera Calzada – Selva Alegre

Fuente: Plano de Ubicación

3.1.2 Muestra

Para Balestrini (1997, p. 138) define que la muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población.

Para la presente investigación se utiliza el método de muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se cuenta con un peritaje en la zona de estudio; por lo tanto, la muestra a tomar fueron los sectores que tienen que ser mejorados, ya que no fueron tomadas en cuenta en el proyecto inicial. La zona que no se contempla mejoramiento es desde el km 10+000 al km 20+000. Sobre la subrasante existente se pretende colocar el paquete estructural de un pavimento flexible.

Como muestras se tomó a la zona urbana que contempla el ingreso del distrito de Soritor ubicada en el Km 10+000 – 12+000. En este tramo se realizó 8 calicatas y se derivó cada una de las muestras al laboratorio. Se obtuvo una muestra adicional un suelo predominante (arcilla) para verificar el asentamiento por consolidación. Esta muestra es el sustento al análisis de asentamientos por consolidación que se presenta en los resultados finales.

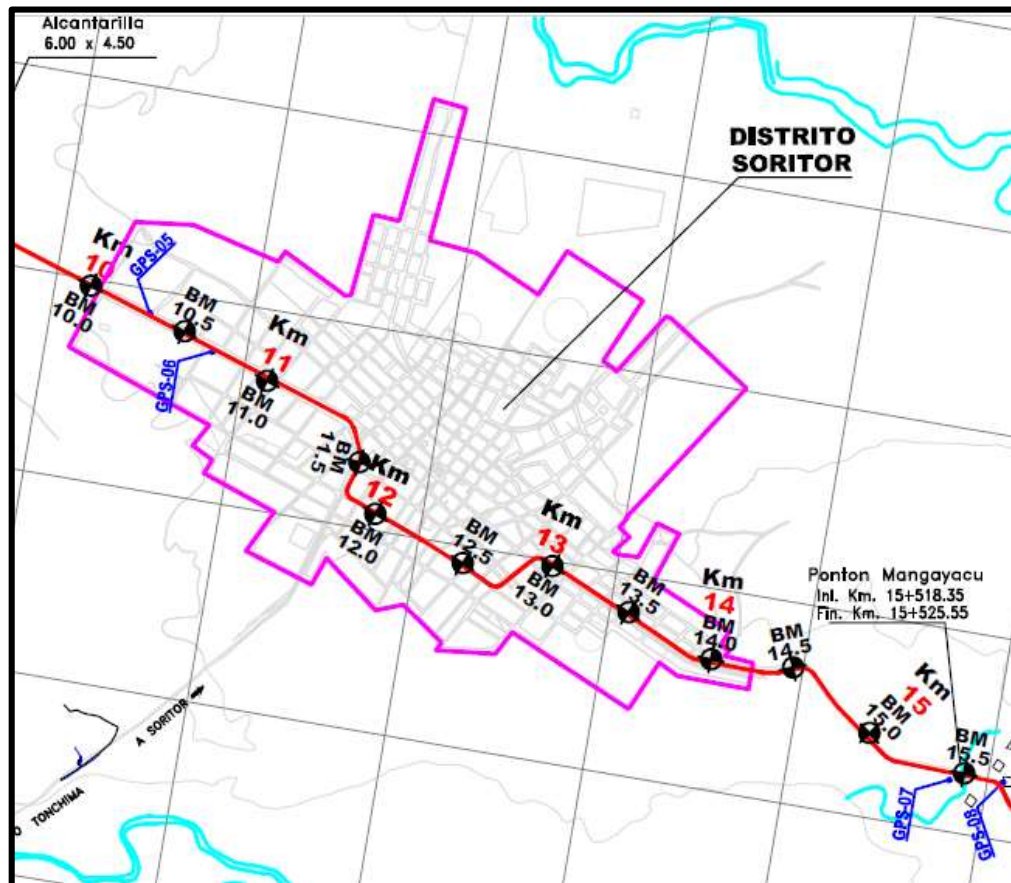


Figura N° 3-2 Ubicación de la zona urbana del distrito de Soritor

Fuente: Plano clave del proyecto

Se eligió las calicatas siguiendo los lineamientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones respecto a la caracterización de subrasante, propuesta en la siguiente Tabla N° 3.1 Número de calicatas por exploración de suelos. Para luego desarrollar los ensayos mecánicos siguiendo los lineamientos propuestos en la Tabla N° 3.2.

Tabla N° 3.1 Número de calicatas por exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	4 calicatas por Km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	3 calicatas por Km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	2 calicatas por Km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	1 calicatas por Km	

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla N° 3.2 Numero de CBR por Km

Tipo de Carretera	Numero de ensayos CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada 2 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada 2 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 CBR x 1km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Se realizara 1 CBR por 1 Km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Se realizara 1 CBR por 1.5 Km
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Se realizara 1 CBR por 2 Km
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	Se realizara 1 CBR por 3 Km

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

Como se puede verificar en las tablas anteriormente expuestas, existen parámetros de diseño según el tipo de carretera. Con el estudio de tráfico se determinó que se trata de una carretera de segunda clase. En la Tabla N° 3.20 Resumen diario del tráfico se observa que el Índice Medio Diario oscila entre 403 y 688 vehículos. De acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados, se procedió a realizar los siguientes estudios:

- Por ser una carretera de segunda clase el MTC, mencionada en la Tabla N° 3.1 Número de calicatas por exploración de suelos, recomienda realizar 3 calicatas por Km. Para profundizar esta investigación se trabajó con 4 calicatas por Km, es decir 8 calicatas en total.

- El MTC recomienda realizar 1 ensayo de CBR por 1.5 Km para una carretera de segunda clase, esto se detalla en la Tabla N° 3.2 Numero de CBR por Km. Por cuestiones de aplicación de métodos y análisis más profundo se realizó el ensayo de CBR a la muestra más crítica de cada calicata.
- Se realizó 1 ensayo de consolidación al suelo más crítico, para corroborar el porcentaje de consolidación obtenido por el análisis de consolidación primaria.

3.2 Recolección de Datos

Las fuentes de recolección de datos que se emplearon son los siguientes:

- Como fuente primaria se realizó una observación estructurada en la muestra de estudio además de revisión de información concerniente al problema general.



Figura N° 3-3 Apertura de calicata C-7 – Presencia de arcilla a nivel superficial

Fuente: Fotografía propia (Fecha de exploración 27/06/2019)

- Para las fuentes secundarias se utilizó fichas bibliográficas, transcripción textual y de comentario e ideas personales a medida que se adquirió información teórica de las variables en estudio.

Para recolectar las fuentes de datos se utilizaron los instrumentos de recolección de datos siguientes:

3.2.1 Fuentes primarias:

Se aplica la técnica de la observación de campo el cual consiste en una guía de observación o cuaderno de campo, que se aplicó para obtener datos sobre la variable dependiente. De ello se obtuvo el perfil estratigráfico de cada una de las calicatas.

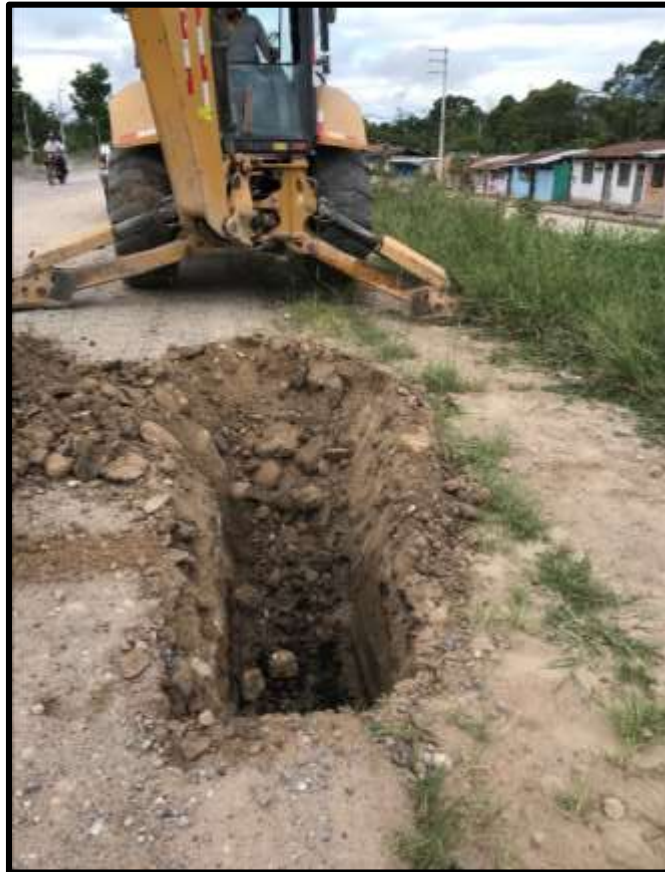


Figura N° 3-4 Apertura de calicata C-8

Fuente: Fotografía propia (Fecha de exploración 27/06/2019)

3.2.2 Fuentes secundarias:

Se aplica la técnica de análisis documental que consiste en fichas textuales y de resumen; recurriendo como fuentes a libros especializados en el tema, Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, investigaciones concernientes con el tema de investigación e internet; que se aplica para obtener los datos técnicos de la variable independiente.

Además, se emplea las siguientes técnicas: Análisis bibliográfico, Evaluación documental, Análisis cualitativo.

3.3 Caracterización de Muestras

3.3.1 Exploración de Campo

Se realizaron calicatas o pruebas a cielo abierto en un rango de 250 metros por considerarse una carretera de segunda clase. Este análisis se encuentra detallado en el capítulo 3.1.2 donde se describe la muestra estudiada. Se recopiló cada una de las muestras y fueron enviados a laboratorio para su caracterización. En el laboratorio se determinó sus características físicas y mecánicas. Para este proceso se contó con una retroexcavadora para poder realizar las calicatas. Todas las calicatas fueron de 1.50 m de profundidad.



Figura N° 3-5 Muestreo en calicata C-1

Nota: Presencia de material grava limo arcilloso en el primer metro de profundidad

Fuente: Fotografía propia (Fecha de exploración 27/06/2019)

Para evaluar las condiciones de la subrasante existente, se realizó pruebas a cielo abierto o calicatas a cada 250 metros. A simple vista se presenció baches profundos, falta de drenaje,

presencia de materia orgánica, aguas superficiales, entre otros aspectos que pronunciaban un mejoramiento a la zona de estudio. Se realizaron calicatas con profundidades máximas de 1.5 metros. De acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior, precisamente en la Tabla N° 3.1, se realizaron 8 calicatas en el tramo de estudio. Se presenta en la siguiente tabla la relación de calicatas, el lado y la progresiva de exploración.

Tabla N° 3.3 Relación de calicatas

RELACIÓN DE CALICATAS				
N°	PROGRESIVA	LADO	ESTRATOS	PROFUNDIDAD
1	10+200	Derecho	3	1.50 m
2	10+400	Izquierdo	3	1.50 m
3	10+750	Derecho	2	1.50 m
4	11+000	Izquierdo	3	1.50 m
5	11+250	Derecho	3	1.50 m
6	11+500	Izquierdo	3	1.50 m
7	11+700	Derecho	3	1.50 m
8	12+000	Izquierdo	3	1.50 m

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó insitu el perfil estratigráfico de cada una de las calicatas. Determinando las condiciones del suelo de la siguiente manera:

- **Progresiva 10+200.** En esta primera calicata se encontró tres estratos bien definidos. Obteniendo tres muestras para determinar sus características físicas y mecánicas en laboratorio. Presencia de Grava limo arcillosa en los primeros estratos para concluir con 0.50 m de una arcilla de baja plasticidad.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGIA	
				SUCS	AASHTO
0.00	M-1	GC-GM A-1b (0)	Grava limo arcillosa con arena, de color marron claro.		
0.40					
1.00	M-2	GC-GM A-1b (0)	Grava limo arcillosa con arena, de color marron claro.		
1.50	M-3	CL A-7-6 (14)	Arcilla de baja plasticidad, de color naranja.		

- **Progresiva 10+400.** En esta calicata lo nuevo fue la presencia de una arcilla limosa de color negro, en un estrato de 20 cm. Se presenta 3 estratos bien marcados. En el

primer estrato se observó una grava limosa producto del mejoramiento de la transitabilidad en la zona de ingreso al distrito de Soritor.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00	M-1	GM A-1b (0)	Grava limosa con arena, de color marron claro.		
0.50					
0.70	M-2	CL-ML A-4 (6)	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, de color negro.		
1.50	M-3	CL A-7-6 (14)	Arcilla de baja plasticidad, de color naranja.		

- **Progresiva 10+750.** En esta calicata se observó dos estratos definidos, predominando el material arcilloso. En esta progresiva se sigue observando el material de grava limo arcilloso. Se observa un gran estrato de 1.20 m de una arcilla de baja plasticidad, pero con gran presencia.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00	M-1	GC-GM A-1b (0)	Grava limo arcillosa con arena, de color marron oscuro.		
0.30					
1.50	M-2	CL A-7-6 (17)	Arcilla de baja plasticidad con arena, de color beige.		

- **Progresiva 11+000.** Lo nuevo que se observó en esta calicata es el cambio de color de la arcilla. Se encontró 3 estratos bien definidos. Predomina en la primera capa la grava limo arcillosa, para continuar con dos estratos de arcillas diferentes.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00 0.20	M-1	GC-GM A-1b (0)	Grava limo arcillosa con arena, de color crema.		
0.60	M-2	CL-ML A-4 (7)	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, de color marron claro.		
1.50	M-2	CH A-7-6 (19)	Arcilla de alta plasticidad, de color amarillento con manchas naranjas.		

- **Progresiva 11+250.** En esta calicata volvió a cambiar el color de la arcilla encontrada en el segundo estrato. Se presencié tres estratos definidos. El último estrato comprende una arcilla de color gris oscuro.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00 0.30	M-1	GP-GM A-1b (0)	Grava pobremente gradada con limo y arena, de color crema		
1.10	M-2	SC-SM A-4 (1)	Arena limo arcillosa, de color marron claro.		
1.60	M-3	CL A-7-6 (12)	Arcilla de baja plasticidad, de color gris oscuro.		

- **Progresiva 11+500.** Lo nuevo que se encontró en esta calicata es la presencia de bolonería, se supone de un previo mejoramiento en esa zona, ya que es el ingreso al pueblo de Soritor. La arcilla amarillenta es la que predomina en el último estrato.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00 0.40	M-1	GC-GM A-1-b (0)	Grava limo arcillosa con arena, de color marron.		
0.80	M-2	GM A-1-a (0)	Bolonería > a 3"		
1.50	M-3	CL A-7-6 (14)	Arcilla de baja plasticidad, de color amarillento.		

- **Progresiva 11+700.** Se observó en esta calicata la presencia de tres estratos definidos con un cambio de color en el material arcilloso. Se observa el color amarillento, pero ahora con manchas plumizas en el último estrato estudiado.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00 0.40	M-1	GM A-1-b (0)	Grava limosa con arena, de color crema.		
0.60	M-2	CL-ML A-4 (7)	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, de color negro		
1.50	M-3	CH A-7-6 (19)	Arcilla de alta plasticidad, de color amarillento con manchas plumizas.		

- **Progresiva 12+000.** En esta calicata se presencié un color gris oscuro en el último estrato. Se llega a definir la presencia de tres estratos bien definidos. Se observa aun el primer estrato de un material grava limosa en un rango de 10 cm.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00 0.10	M-1	GM A-1-b (0)	Grava limosa con arena, de color crema.		
0.80	M-2	CL-ML A-4 (8)	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena, de color marron oscuro.		
1.60	M-3	CH A-7-6 (16)	Arcilla de alta plasticidad, de color gris oscuro.		

Se llega a la conclusión que en las 8 calicatas que fueron aperturadas y muestreadas se ve la presencia de material arcilloso en los últimos estratos. Al ser un ingreso a la ciudad de Soritor, las primeras capas muestran grava limosa con presencia de arena generalmente. Se aduce que esta capa se debe al mejoramiento superficial de las vías para darle mayor transitabilidad. Por otra parte, se observó también material arcilla limo arenosa de color negro, que hace presenciar materia orgánica en su composición.

3.3.2 Caracterización Física

Luego de obtener las muestras y ser llevadas al laboratorio, se examinan sus características físicas. La función principal de caracterizar físicamente, es poder encontrar condiciones críticas del suelo. Se analiza las muestras y se determina sus límites de consistencia y humedad natural de las muestras. Ensayos principales para las 8 muestras obtenidas en campo:

- Clasificación AASHTO
- Clasificación SUCS
- Límites de consistencia:
 - Límite Líquido
 - Límite Plástico
 - Índice Plástico
- Humedad natural



Figura N° 3-6 Caracterización física de las muestras

Nota: Apoyo de personal técnico de laboratorio de la empresa OBRAINSA

Fuente: Fotografía propia (Fecha de Ensayo 28/06/2019)



Figura N° 3-7 Ensayo de límites de consistencia

Fuente: Fotografía propia (Fecha de Ensayo 28/06/2019)

- **Calicata C-1:** En la progresiva 10+200 se encontró tres muestras y se determinó lo siguiente:

Tabla N° 3.4 Características físicas /Calicata C-1

PROGRESIVA (Km)		10+200		
Muestra		C-1/M1	C-1/M2	C-1/M3
Prof. (m)		0.00 - 0.40	0.40 - 1.00	1.00 - 1.50
Lado		DER.	DER.	DER.
Granulometría % que Pasa	3/4"	74.4	74.4	100.0
	3/8"	59.6	59.6	100.0
	No. 4	46.5	46.5	100.0
	No. 10	43.8	43.8	99.8
	No. 40	38.2	38.2	99.2
	No. 100	26.8	26.8	94.0
	No. 200	18.3	18.3	85.8
	L L	20.6	20.6	45.6
	L P	15.4	15.4	23.5
	I P	5.2	5.2	22.1
Límites de Consistencia				
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-7-6 (14)
	SUCS	GC - GM	GC - GM	CL
Humedad Natural	%	12.6	12.6	33.9

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-1

- **Calicata C-2:** En la progresiva 10+400 se encontró tres muestras donde se obtuvo las siguientes condiciones:

Tabla N° 3.5 Características físicas /Calicata C-2

PROGRESIVA (Km)		10+400		
Muestra		C-2/M1	C-2/M2	C-2/M3
Prof.	(m)	0.00 - 0.50	0.50 - 0.70	0.70 - 1.50
Lado		IZQ.	IZQ.	IZQ.
Granulometría % que pasa	3/4"	73.6	100.0	100.0
	3/8"	64.0	100.0	100.0
	No. 4	55.7	100.0	100.0
	No. 10	52.9	99.7	98.9
	No. 40	44.3	96.7	94.6
	No. 100	25.2	78.3	78.1
	No. 200	14.7	62.0	75.2
Límites de consistencia	L I	17.6	23.9	45.1
	L P	NP	18.6	23.5
	I P	NP	5.3	21.6
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)	A-4 (6)	A-7-6 (14)
	SUCS	GM	CL - ML	CL
Humedad Natural	%	5.9	26.8	27.5

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-2

- **Calicata C-3:** En la progresiva 10+750 se obtuvieron 2 muestras y se determinó sus características físicas, obteniendo lo siguiente:

Tabla N° 3.6 Características físicas /Calicata C-3

PROGRESIVA (Km)		10+750	
Muestra		C-3/M1	C-3/M2
Prof.	(m)	0.00 - 0.30	0.30 - 1.50
Lado		DER.	DER.
Granulometría % que pasa	3/4"	77.7	100.0
	3/8"	62.6	100.0
	No. 4	54.5	100.0
	No. 10	50.3	99.8
	No. 40	46.3	95.3
	No. 100	35.5	88.9
	No. 200	24.1	79.5
Límites de consistencia	L I	19.3	44.6
	L P	15.0	14.4
	I P	4.3	30.2
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)	A-7-6 (17)
	SUCS	GC - GM	CL
Humedad Natural	%	6.1	32.1

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-3

- **Calicata C-4:** En la progresiva 11+000 se encontró 3 muestras y se determinó sus características físicas de la siguiente manera:

Tabla N° 3.7 Características físicas /Calicata C-4

PROGRESIVA (Km)		11+000		
Muestra		C-4/M1	C-4/M2	C-4/M3
Prof.	(m)	0.00 - 0.20	0.20 - 0.60	0.60 - 1.50
Lado		IZQ.	IZQ.	IZQ.
Granulometría % que pasa	3/4"	68.7	100.0	100.0
	3/8"	50.8	100.0	100.0
	No. 4	39.2	100.0	100.0
	No. 10	37.4	99.6	99.9
	No. 40	32.4	96.1	98.4
	No. 100	23.0	85.8	97.1
	No. 200	14.4	68.3	96.6
Límites de consistencia	L I	19.9	21.0	57.9
	L P	15.6	15.6	27.3
	I P	4.3	5.4	30.6
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)	A-4 (7)	A-7-6 (19)
	SUCS	GC - GM	CL - ML	CH
Humedad Natural	%	8.2	20.3	41.3

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-4

- **Calicata C-5:** En la progresiva 11+250 se obtuvieron tres muestras, de las cuales se determinó sus características físicas de la siguiente manera:

Tabla N° 3.8 Características físicas /Calicata C-5

PROGRESIVA (Km)		11+250		
Muestra		C-5/M1	C-5/M2	C-5/M3
Prof.	(m)	0.00 - 0.30	0.30 - 1.10	1.10 - 1.60
Lado		DER.	DER.	DER.
Granulometría % que pasa	3/4"	76.2	100.0	100.0
	3/8"	59.0	100.0	100.0
	No. 4	48.6	100.0	100.0
	No. 10	47.0	98.6	99.9
	No. 40	39.3	86.0	98.6
	No. 100	22.5	56.1	91.6
	No. 200	8.4	38.8	88.3
Límites de consistencia	L I	17.5	19.8	42.8
	L P	NP	15.4	22.5
	I P	NP	4.4	20.3
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)	A-4 (1)	A-7-6 (12)
	SUCS	GP - GM	SC - SM	CL
Humedad natural	%	5.4	8.3	35.2

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-5

- **Calicata C-6:** En la progresiva 11+500 se obtuvieron tres muestras y se determinó sus características físicas de la siguiente manera:

Tabla N° 3.9 Características físicas /Calicata C-6

PROGRESIVA (Km)		11+500		
Muestra		C-6/M1	C-6/M2	C-6/M3
Prof.	(m)	0.00 -0.40	0.40 -0.80	0.80 -1.50
Lado		IZQ.	IZQ.	IZQ.
Granulometría % que pasa	3/4"	76.7	OVER	100.0
	3/8"	62.5		100.0
	No. 4	54.8		100.0
	No. 10	50.0		99.8
	No. 40	44.2		97.7
	No. 100	30.4		90.5
	No. 200	23.3		86.7
Límites de consistencia	L I	19.4		44.3
	L P	14.2		20.7
	I P	5.2		23.6
Clasificación	Aashto	A-1-b (0)		A-7-6 (14)
	SUCS	GC - GM		CL
Humedad natural	%	7.0		31.6

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-6

- **Calicata C-7:** En la progresiva 11+700 se obtuvieron tres muestras y sus características físicas son las siguientes:

Tabla N° 3.10 Características físicas /Calicata C-7

PROGRESIVA (Km)		11+700		
Muestra		C-7/M1	C-7/M2	C-7/M3
Prof.	(m)	0.00 - 0.40	0.40 - 0.60	0.60 - 1.50
Lado		DER.	DER.	DER.
Granulometría % que pasa	3/4"	74.8	100.0	100.0
	3/8"	61.5	100.0	100.0
	No. 4	47.8	100.0	100.0
	No. 10	45.9	99.5	99.8
	No. 40	37.6	92.7	96.7
	No. 100	25.5	85.2	95.4
Límites de consistencia	No. 200	12.4	68.4	94.5
	L I	17.7	23.7	56.6
	L P	NP	18.6	26.6
Clasificación	I P	NP	5.1	30.0
	Aashto	A-1-b (0)	A-4 (7)	A-7-6 (19)
	SUCS	GM	CL - ML	CH
Humedad natural	%	9.5	21.2	33.8

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-7

- **Calicata C-8:** En la progresiva 12+000 se obtuvo tres muestras y se determinó sus características físicas de la siguiente manera:

Tabla N° 3.11 Características físicas / Calicata C-8

PROGRESIVA (Km)		12+000		
Muestra		C-8/M1	C-8/M2	C-8/M3
Prof.	(m)	0.00 - 0.10	0.10 - 0.80	0.80 - 1.60
Lado		IZQ.	IZQ.	IZQ.
Granulometría % que pasa	3/4"	77.7	100.0	100.0
	3/8"	62.1	100.0	100.0
	No. 4	51.3	100.0	100.0
	No. 10	48.8	99.8	99.9
	No. 40	41.9	97.2	98.5
	No. 100	26.9	81.8	97.6
Límites de consistencia	No. 200	14.9	74.2	97.2
	L I	18.6	22.2	59.5
	L P	15.3	16.2	28.9
Clasificación	I P	3.3	6.0	30.6
	Aashto	A-1-b (0)	A-4 (8)	A-7-6 (16)
	SUCS	GM	CL - ML	CH
Humedad natural	%	6.3	19.7	37.9

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-8

3.3.3 Caracterización Mecánica

Para poder aplicar los métodos recomendados en esta investigación se realizó tres ensayos fundamentales y un ensayo adicional. Los ensayos fundamentales son: Proctor modificado, ensayo de California (CBR) y ensayo de consolidación primaria. Adicional a ello se realizó el ensayo de corte directo para determinar los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna.



Figura N° 3-8 Ensayo de corte directo

Fuente: Fotografía propia (Fecha de ensayo 28/06/2019)

3.3.3.1 Ensayo de Proctor

En todos los suelos al variar la humedad aplicándolo sobre ellos, tiende a funcionar como lubricante para que las partículas puedan acomodarse e incrementar su densidad. Es por ello que se realizó las pruebas de proctor, con la finalidad de obtener su óptimo contenido de humedad y su máxima densidad. Como se observa en la Figura N° 3-9 Relación Humedad vs Densidad / Progresiva 10+200 - C-1/M3 cuando el material pasa su optimo contenido de humedad, tiende a caer su densidad.

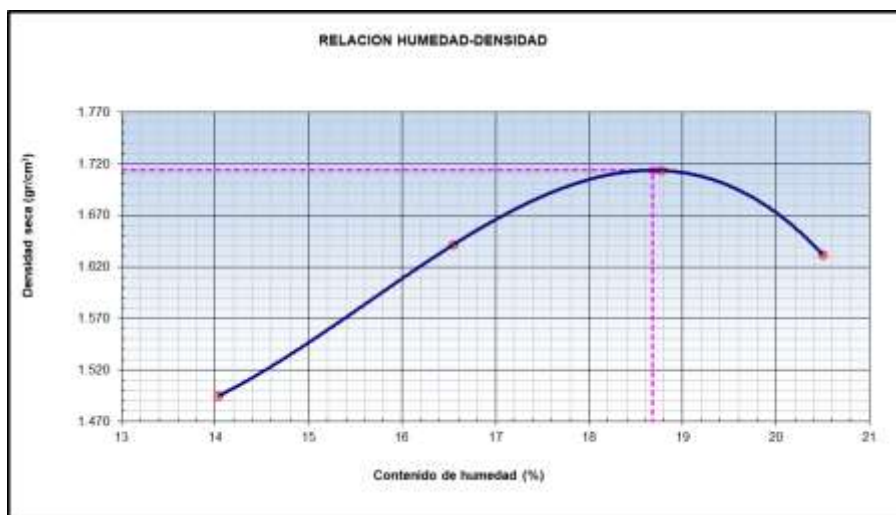


Figura N° 3-9 Relación Humedad vs Densidad / Progresiva 10+200 - C-1/M3

Fuente: Resultados de ensayos a la calicata C-1

En la Tabla N° 3.12 se presenta los datos que se obtuvo de la prueba de proctor, obteniendo su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad.

Tabla N° 3.12 Máxima densidad seca / Optimo contenido de humedad

PROG.(Km)	PROCTOR	
	M.D.S. (gr/cc)	O.C.H(%)
10+200	1.714	18.7
10+400	1.714	17.6
10+750	1.682	16.9
11+000	1.584	21.6
11+250	1.715	16.1
11+500	1.694	17.5
11+700	1.521	21.6
12+000	1.509	24.9

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de Proctor

3.3.3.2 Ensayo CBR

Este índice es fundamental para conocer su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad. Por eso es fundamental realizar primero el ensayo de proctor para continuar con el ensayo de CBR. En la Figura N° 3-10 Ensayo de CBR progresiva 10+200 C-1 / M3 se muestra el ensayo de CBR. Los 12 golpes demuestran

el valor ínsitu, los 26 golpes al 95% de su máxima densidad seca y los 56 golpes demuestran al 100% de su máxima densidad seca.

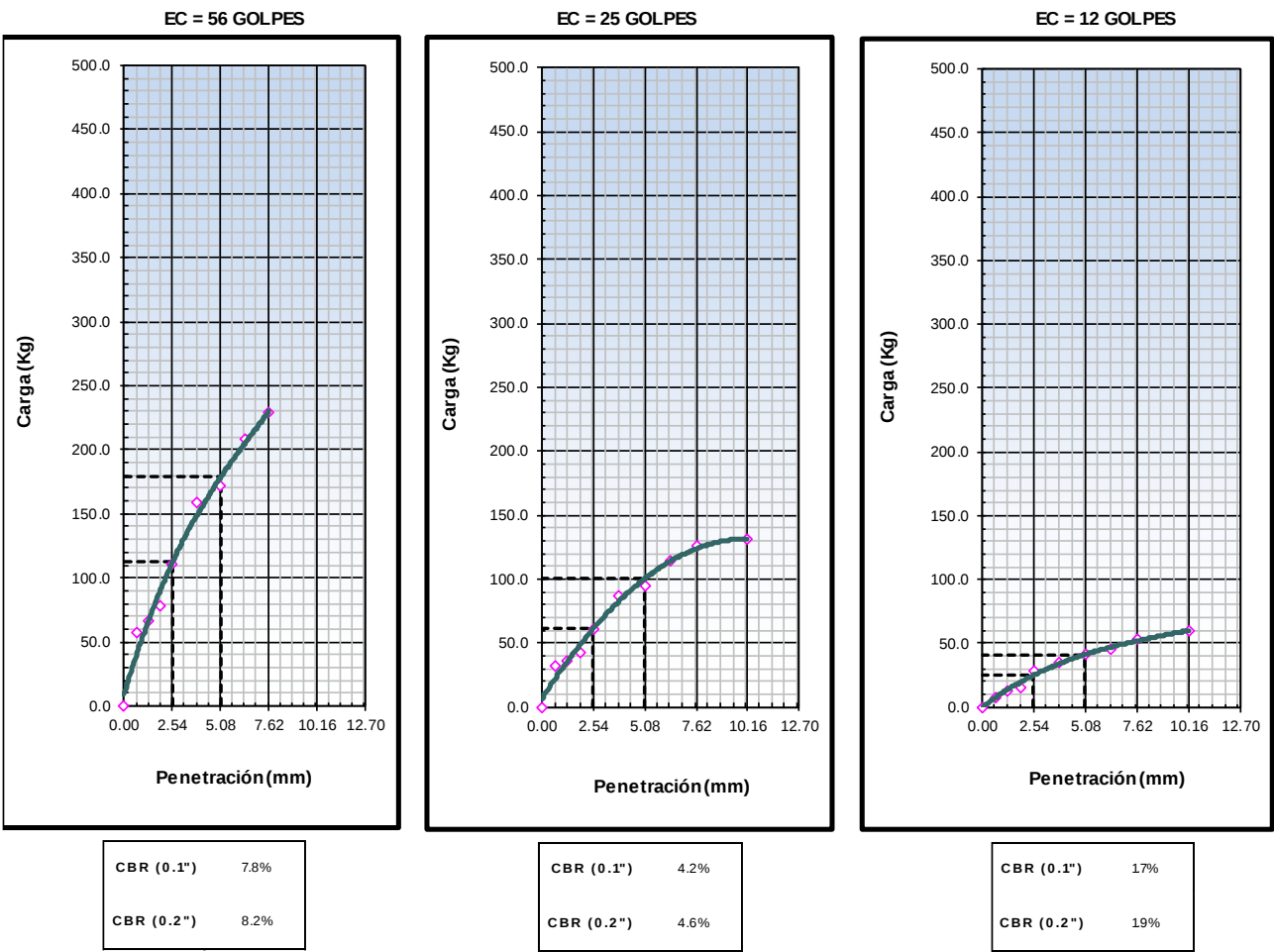


Figura N° 3-10 Ensayo de CBR progresiva 10+200 C-1 / M3

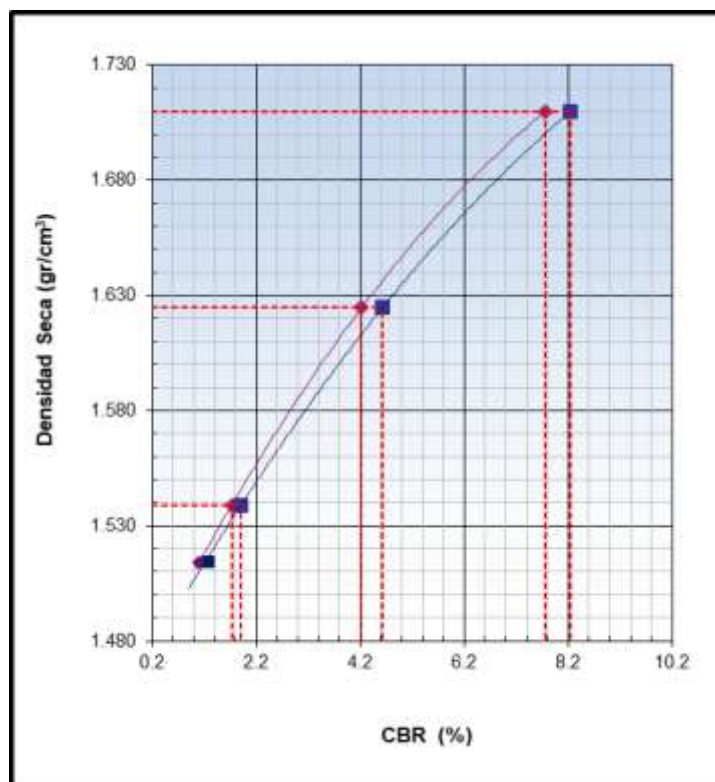


Figura N° 3-11 Ensayo de CBR progresiva 10+200 C-1 / M3

Con el objetivo de conocer valores de diseño, fundamentalmente el módulo de resiliencia, se realizó el ensayo de CBR y se obtuvo los valores que se presenta en la Tabla N° 3.13

Tabla N° 3.13 Valores del CBR

PROG. (Km)	Den. Nat.	CBR (*)	
		95%	100%
10+200	1.1	4.3	7.9
10+400	1.2	4.7	11.6
10+750	1.4	4.6	8.7
11+000	0.7	2.4	6.0
11+250	2.7	5.2	8.8
11+500	1.1	4.5	10.2
11+700	0.7	2.4	5.6
12+000	1.1	2.2	7.4

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de CBR

3.3.4 Condiciones Críticas de Subrasante

Para definir las zonas de mejoramiento a nivel de la subrasante se ha determinado las características físicas-mecánicas del suelo de fundación de la plataforma existente y así determinar cuáles son las condiciones críticas. Se analiza tres condiciones para determinar si la subrasante es crítica: criterio de suelos blandos, criterio de humedad natural vs humedad optima y capacidad portante del suelo en función al valor del CBR.

3.3.4.1 Criterio de Suelos Blando

Se define como suelos inadecuados, a los suelos orgánicos, turbas, suelos blandos y todo suelo que no cumpla con los requerimientos expresados en algunas especificaciones Técnicas y en la versión de la AASHTO-93 del diseño del pavimento.

Se determina a través de los parámetros las condiciones básicas del suelo y las muestras críticas de cada calicata. Se determina el índice líquido e índice de consistencia para determinar si la muestra es crítica o no analizado mediante el criterio de suelos blandos.

Tabla N° 3.14 Índice de consistencia

PROG. (Km)	IND. %	Líquido < 0	Semi líquido 0 - 0.25	Plástico 0.25 - 0.5	Plástico 0.5 - 0.75	Plástico 0.75 - 1.0	Sólido > 1.0
10+200	0.53				PB		
10+400	0.81					PD	
10+750	0.41			PMB			
11+000	0.54				PB		
11+250	0.37			PMB			
11+500	0.54				PB		
11+700	0.76					PD	
12+000	0.71				PB		

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de Limites de Consistencia

Tabla N° 3.15 Índice líquido

PROG. (Km)	IND. %	Sólido < 0	Plástico 0 - 1.0	Líquido > 1.0
10+200	0.47		P	
10+400	0.18		P	
10+750	0.59		P	
11+000	0.46		P	
11+250	0.62		P	
11+500	0.46		P	
11+700	0.24		P	
12+000	0.29		P	

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de Límites de Consistencia

Tabla N° 3.16 Condiciones críticas por criterio de suelo blando

CRITERIO SUELOS BLANDO								
PROG.	(Km)	LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		CONDICION POR SUELOS BLANDOS	
		L L	I P	L P	CONDICION	AASHTO	SUCS	
10+200		45.6	22.1	23.5	Plástico blando	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
10+400		45.1	21.6	23.5	Plástico duro	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
10+750		44.6	30.2	14.4	Plástico muy blando	A-7-6 (17)	CL	CRITICO
11+000		57.9	30.6	27.3	Plástico blando	A-7-6 (19)	CH	CRITICO
11+250		42.8	20.3	22.5	Plástico muy blando	A-7-6 (12)	CL	CRITICO
11+500		44.3	23.6	20.7	Plástico blando	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
11+700		56.6	30.0	26.6	Plástico duro	A-7-6 (19)	CH	CRITICO
12+000		59.5	30.6	28.9	Plástico blando	A-7-6 (16)	CH	CRITICO

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de Limite de consistencia y Granulometría

3.3.4.2 Criterio de Humedad

Los suelos con humedades mayores a la óptima no pueden ser compactados según métodos constructivos estándar considerados en las especificaciones del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Es por ello que se compara la humedad natural con la humedad óptima. Se tiene que cumplir que la humedad óptima tiene que ser mayor a la humedad natural, en caso contrario el suelo es crítico.

Tabla N° 3.17 Condiciones críticas por humedad

CRITERIO HUMEDAD NATURAL vs HUMEDAD OPTIMA					
PROG.	(Km)	H.N.	PROCTOR		CONDICION
		%	M.D.S. (gr/cc)	O.C.H (%)	POR HUMEDAD
	10+200	33.9	1.714	18.7	CRITICO
	10+400	27.5	1.714	17.6	CRITICO
	10+750	32.1	1.682	16.9	CRITICO
	11+000	41.3	1.584	21.6	CRITICO
	11+250	35.2	1.715	16.1	CRITICO
	11+500	31.6	1.694	17.5	CRITICO
	11+700	33.8	1.521	21.6	CRITICO
	12+000	37.9	1509	24.9	CRITICO

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

Fuente: Resultados de ensayos de Proctor

3.3.4.3 Criterio de Baja Capacidad Portante (CBR<5%)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones menciona que se realizarán mejoramientos de la subrasante existente a los terrenos que se encuentren con CBR de laboratorio menores a 5 %; es decir suelos de muy pobre a pobre capacidad portante. Se realiza el ensayo y se presenta los resultados y la condición del suelo bajo el criterio de baja capacidad portante.

Tabla N° 3.18 Condiciones críticas por criterio de capacidad portante

BAJA CAPACIDAD PORTANTE (CBR<5%)			
PROG.	CBR (*)		
	(Km)	Den. Nat.	Estado
10+200		1.1	MM CRITICO
10+400		1.2	MM CRITICO
10+750		1.4	MM CRITICO
11+000		0.7	MM CRITICO
11+250		2.7	MM CRITICO
11+500		1.1	MM CRITICO
11+700		0.7	MM CRITICO
12+000		1.1	MM CRITICO

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata / MM = Muy malo

Fuente: Resultados de ensayos de CBR

Tabla N° 3.19 Sumatoria de condiciones críticas

PROG. (Km)	CONDICIONES CRITICAS			SUMATORIA CONDICIONES CRITICAS
	CONDICION POR SUELOS EXPANSIVOS	CONDICION POR HUMEDAD	CONDICION CBR < 5 %	
10+200	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
10+400	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
10+750	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
11+000	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
11+250	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
11+500	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
11+700	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3
12+000	CRITICO	CRITICO	CRITICO	3

Nota: Los datos obtenidos son de las muestras más críticas de cada calicata

3.4 Métodos de Diseño

3.4.1 Análisis de Tráfico (EAL)

Se realizó un estudio de tráfico para poder encontrar el factor principal para la aplicación de los métodos convencionales. Se realizó el estudio diario donde se pudo verificar el tránsito de vehículos menores y vehículos de transporte de carga. En la Tabla N° 3.20 se muestra como varía diariamente durante una semana. Cabe mencionar que se observa que no transitan ómnibus por este tramo, ya que no cuenta aún con empresas nacionales que ingresen a Soritor.

Tabla N° 3.20 Resumen diario del tráfico

	VOLUMEN			TOTAL
	AUTOMOVILES	OMNIBUS	CAMIONES	
VIERNES	382	0	21	403
SÁBADO	645	0	43	688
DOMINGO	579	0	2	581
LUNES	476	0	21	497
MARTES	436	0	15	451
MIÉRCOLES	417	0	83	500
JUEVES	405	0	24	429
TOTAL	3340	0	209	3549
%	94.11%	0.00%	5.89%	100.00%

Fuente: Estudio de tráfico

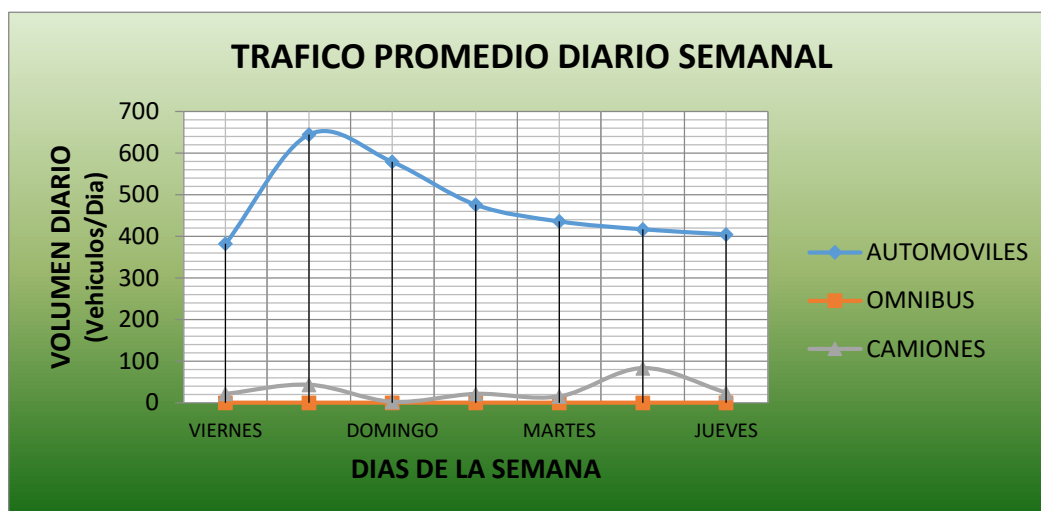


Figura N° 3-12 Tráfico promedio diario semanal

La mayor demanda se observa en los vehículos menores. El tránsito de camiones es recurrente para abastecer de materiales de construcción y abastos para la población. Luego se debe calcular el valor del factor de ejes equivalentes de carga por vehículo (FEC). Esta dada por las siguientes condiciones.

FEC PARA VEHÍCULOS LIGEROS							
							
				$FEC = (P / 6600)^4$			
FEC PARA VEHÍCULOS LIGEROS							
CODIGO	EJE DELANTERO		1º EJE		FEC		
	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	DELANTERO	1º EJE	TOTAL
AT1	1	1	1	1	0.0005	0.0005	0.001
SW2	1	1	1	1	0.0005	0.0005	0.001
PK3	1	1	1	2	0.0005	0.0084	0.009
CP4	1	1	1	2	0.0005	0.0084	0.009
CR5	1	1	1	2	0.0005	0.0084	0.009
MN6	1	1	1	2	0.0005	0.0084	0.009

Figura N° 3-13 FEC para vehículos ligeros

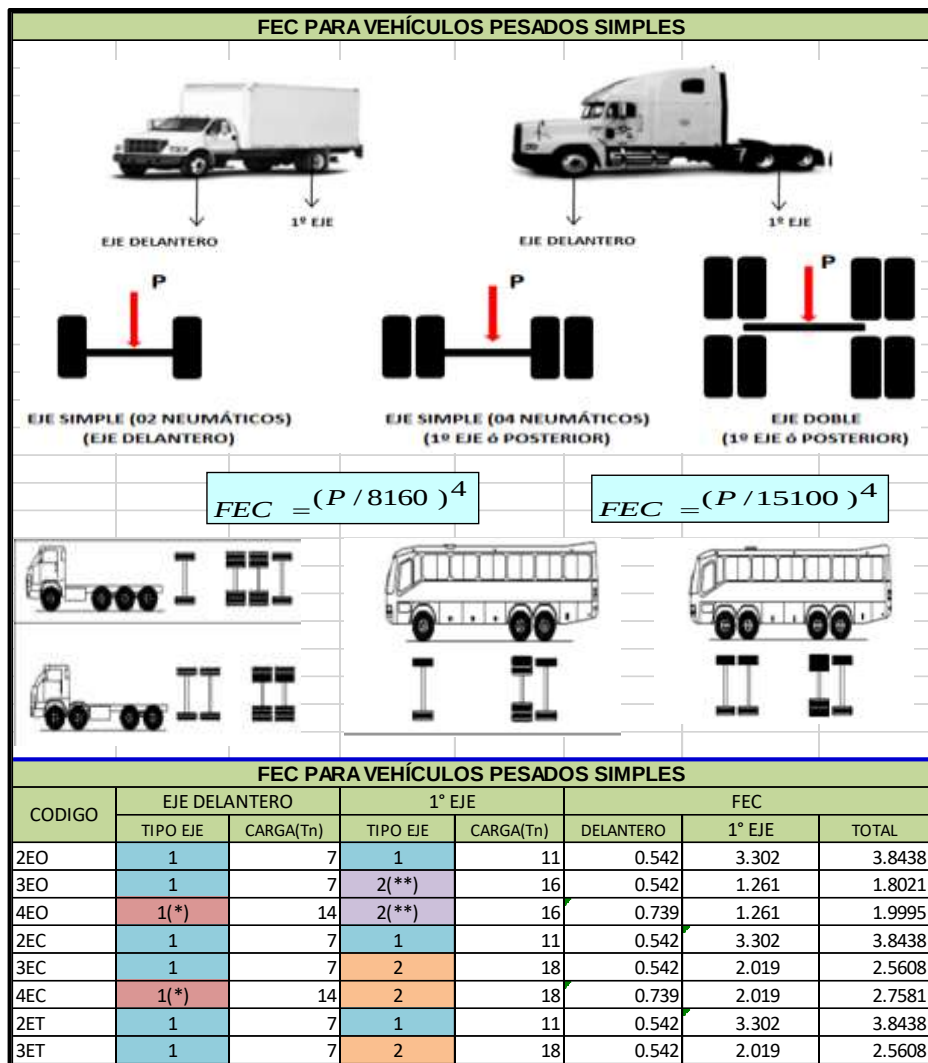


Figura N° 3-14 FEC para vehículos pesados simples

FEC PARA VEHÍCULOS PESADOS COMPUESTOS					
CODIGO	FEC				
	DELANTERO	1° EJE	2° EJE	3° EJE	TOTAL
C2R2	0.542	3.302	3.302	3.302	10.4483
C2R3	0.542	3.302	3.302	2.019	9.1653
C3R2	0.542	2.019	3.302	3.302	9.1653
C3R3	0.542	2.019	3.302	2.019	7.8822
C3R4	0.542	2.019	2.019	2.019	6.5992
C4R2	0.739	2.019	3.302	3.302	9.3626
C4R3	0.739	2.019	3.302	2.019	8.0796
C4R4	0.739	2.019	2.019	2.019	6.7966
T2S1	0.542	3.302	3.302	-	7.1460
T2S2	0.542	3.302	2.019	-	5.8630
T2S3	0.542	3.302	1.420	-	5.2642
T3S1	0.542	2.019	3.302	-	5.8630
T3S2	0.542	2.019	2.019	-	4.5800
T3S3	0.542	2.019	1.420	-	3.9812

Figura N° 3-15 FEC para vehículos pesados compuestos

Este factor está determinado por el peso de cada uno de los ejes de los vehículos y según la condición de cada uno de ellos. Las fórmulas para determinar este factor están en el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Una vez que obtuvimos el FEC podemos aplicar la fórmula para poder encontrar el EAL que es fundamental al aplicar el método de AASHTO.

$$EAL = \sum_{t=1}^n (IMD_0)_i (FECV)(G)(D)(L)(365)(N)$$

Donde:

- $(IMD_0)_i$: Numero de vehículos inicial de tipo "i"
- N : Periodo de diseño o Vida útil del Pavimento
- D : Factor Direccional, se asume 0.5
- L : factor de distribución de transito por carril
- G : Factor de crecimiento (FC)
- FECV : Factor de ejes equivalentes de carga por vehículo

En la Figura N° 3-16 se puede observar el resultado final de aplicar la formula mediante el uso de Excel. Se obtiene un EAL de 2.12E+06.

EJES EQUIVALENTES DE CARGA (EAL)								
VEHICULO	IMD	FECV	G	D	L	DIAS	N	EAL
AT1,SW2	308	0.0011	11.20	0.5	1	365	10	6639.87959
PK3,CR5	111	0.0090	11.20	0.5	1	365	10	20330.9109
MN6	0	0.0090	11.20	0.5	1	365	10	0
2EO	0	3.8438	11.20	0.5	1	365	10	0
3EO	0	1.8021	11.20	0.5	1	365	10	0
2EC	23	3.8438	11.20	0.5	1	365	10	1835288.16
3EC	0	2.5608	11.20	0.5	1	365	10	0
C3R2	0	9.1653	11.20	0.5	1	365	10	0
C3R3	1	7.8822	11.20	0.5	1	365	10	80935.6574
T2S3	0	5.2642	11.20	0.5	1	365	10	0
T3S3	2	3.9812	11.20	0.5	1	365	10	173736.881
								2.12E+06

Figura N° 3-16 Resultado de EAL

3.4.2 Diseño por método AASHTO

Para el diseño por el método de AASHTO se obtuvo información del expediente técnico denominado “*Mejoramiento de la Carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme Ruta PE-5n (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme Ruta Pe-5n (La Calzada)*”. La información que se obtuvo fueron los parámetros de diseño para el pavimento que vienen ejecutando hasta el km 10+000 del proyecto. Este proyecto no cuenta con trabajos en el tramo del km 10+000 – 14+200 que comprende la zona urbana por no contemplar el mejoramiento de subrasante. Es por ese motivo la investigación que se realizó comprende la zona urbana de Soritor ubicada del km 10+000 al km 12+000. Se obtuvieron los espesores de la estructura del pavimento y densidades de las mismas.

Para este análisis se utiliza los parámetros en función al estudio de tráfico y aplicación de tablas que son mencionadas en la descripción del método. Los parámetros de diseño son los siguientes:

- Número de ejes equivalentes de 8.2 t en el periodo de diseño (W_{18}) = 2120000
- Confiabilidad (R) = 95%
- Desviación normal (Z_R) = -1.645
- Desviación estándar (S_o) = 0.45
- Nivel de servicio inicial (P_i) = 4.2
- Nivel de servicio final (P_f) = 2.2
- ΔP_{si} = 2.2

Se aplica la siguiente fórmula propuesta por AASHTO:

$$\text{Log}W_{18} = \text{Log}W_{18 (\text{PAVIMENTO})}$$

Siendo $\text{Log}W_{18 (\text{PAVIMENTO})}$:

$$Z_R * S_0 + 9.36. \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_R - 8.07$$

Uniendo las dos ecuaciones se obtiene:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36. \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_R - 8.07$$

Los datos que se obtuvo en la caracterización mecánica son los que van a influenciar para poder igualar la ecuación. Los datos que faltan en la ecuación son los siguientes:

- Módulo resiliente de subrasante (M_R). Este factor está en función al CBR natural del estado crítico de la subrasante de cada uno de las progresivas presentadas en la Tabla N° 3.13.
- Número estructural proporcionado por el pavimento (SN). Este factor está dado por la siguiente formula:

$$SN_r = SN_0 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Dónde: $a_4 \times D_4 \times m_4$ son los factores de la subrasante que vamos a mejorar, descritas de la siguiente manera

$a_4 = 0.037$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante muy buena con $\text{CBR} \geq 20\%$. Como trabajamos en pulgadas multiplicamos este factor por 2.54 obteniendo el valor de **0.09**

D_4 = este espesor varía en la formula, hasta lograr la igualdad entre “log W_{18} ” y “log $W_{18 (\text{PAVIMENTO})}$ ”

$$m_4 = 1$$

- Siendo el SN_0 el número estructural del paquete estructural del pavimento, comprendido desde la sub base hasta la carpeta asfáltica. Como solo se analizará la subrasante, estos datos son obtenidos del proyecto Selva Alegre que viene ejecutando la empresa Obrainsa. El numero estructural se determina con la siguiente formula:

$$SN_0 = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

- $a_1 = 0.44$ / carpeta asfáltica
- $D_1 = 2.95$ (in) / carpeta asfáltica
- $a_2 = 0.142$ / base
- $D_2 = 6.89$ (in) / base
- $m_2 = 1$ / base
- $a_3 = 0.112$ / sub base
- $D_3 = 7.87$ /sub base
- $m_3 = 1$ / sub base

Aplicando la formula obtenemos:

$$SN_0 = (0.44)(2.95) + (0.142)(6.89)(1) + (0.112)(7.87)(1)$$

$$SN_0 = 3.16$$

Teniendo en cuenta todo lo anterior expuesto, aplicamos la formula y se obtiene los siguientes resultados:

3.4.2.1 Cálculo de espesor en progresiva 10+200 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CL en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 1.1 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 1.1% se logra obtener un MR de 11.55 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.89 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-17 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 10+200 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993							
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"					
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin					
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela					
PROGRESIVA:		10+200					
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W ₁₈)		2.12E+06	VERIFICACIÓN				
2. CONFIABILIDAD (R)		95	log W ₁₈	6.33			
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z _R)		-1.645					
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S _o)		0.45	log W ₁₈ pavimento	6.34			
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p _i)		4.2					
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p _f)		2.0	CUMPLE				
7. ΔPSI		2.2					
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)		11.55					
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)		6.31					
10 CBR DE SUBRASANTE		1.10					
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	a, m, D _i	SN
		(cm)	(in)				
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	1.00	1.30	6.31
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	5.01
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	4.04
MEJORAMIENTO		89	35.04	0.090	1.00	3.15	3.15
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.89					

Figura N° 3-17 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.89 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18 (PAVIMENTO)} = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.2 Cálculo de espesor en progresiva 10+400 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CL en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 1.2 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 1.2% se logra obtener un MR de 12.60 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.84 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-18 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 10+400 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993								
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"						
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marín						
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela						
PROGRESIVA:		10+400						
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W ₁₈)						2.12E+06	VERIFICACIÓN	
2. CONFIABILIDAD (R)						95	log W ₁₈	6.33
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z _R)						-1.645		
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S _o)						0.45	log W ₁₈ pavimento	6.33
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p _i)						4.2		
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p _f)						2.0	CUMPLE	
7. ΔPSI						2.2		
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)						12.60		
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)						6.14		
10. CBR DE SUBRASANTE						1.20		
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	a _i m _i D _i	SN	
		(cm)	(in)					
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	6.14	
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	4.84	
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	3.86	
MEJORAMIENTO		84	33.07	0.090	1.00	2.98	2.98	
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.84						

Figura N° 3-18 Cálculo de espesor progresiva 10+400 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.84 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18 (PAVIMENTO)} = 6.33$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.3 Cálculo de espesor en progresiva 10+750 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CL en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 1.4 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 1.4% se logra obtener un MR de 14.70 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.77 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-19 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 10+750 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993							
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"						
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin						
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela						
PROGRESIVA:	10+750						
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W_{18})					2.12E+06	VERIFICACIÓN	
2. CONFIABILIDAD (R)					95	log W_{18}	6.33
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z_R)					-1.645		
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)					0.45	log W_{18} pavimento	6.34
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p_i)					4.2		
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p_f)					2.0	CUMPLE	
7. Δ PSI					2.2		
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)					14.70		
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)					5.89		
10. CBR DE SUBRASANTE					1.40		
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	$a_i m_i D_i$	SN
		(cm)	(in)				
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	5.89
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	4.59
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	3.61
MEJORAMIENTO		77	30.31	0.090	1.00	2.73	2.73
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.77					

Figura N° 3-19 Cálculo de espesor progresiva 10+750 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.77 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18} (\text{PAVIMENTO}) = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.4 Cálculo de espesor en progresiva 11+000 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CH en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 0.7 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 0.7 % se logra obtener un MR de 7.35 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.77 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-20 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 11+000 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993								
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"						
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marín						
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela						
PROGRESIVA:		11+000						
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W ₁₈)						2.12E+06	VERIFICACIÓN	
2. CONFIABILIDAD (R)						95	log W ₁₈	6.33
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z _R)						-1.645		
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S _o)						0.45	log W ₁₈ pavimento	6.34
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p _i)						4.2		
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p _f)						2.0	CUMPLE	
7. ΔPSI						2.2		
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)						7.35		
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)						7.20		
10. CBR DE SUBRASANTE						0.70		
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	a _i m _i D _i	SN	
		(cm)	(in)					
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	7.20	
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	5.90	
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	4.92	
MEJORAMIENTO		114	44.88	0.090	1.00	4.04	4.04	
SUBRASANTE MEJORADA (m)		1.14						

Figura N° 3-20 Cálculo de espesor progresiva 11+000 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **1.14 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18} (\text{PAVIMENTO}) = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.5 Cálculo de espesor en progresiva 11+250 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CL en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 2.7 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 2.7 % se logra obtener un MR de 28.35 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.46 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-21 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 11+250 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993								
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"						
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marín						
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela						
PROGRESIVA:		11+250						
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W ₁₈)						2.12E+06	VERIFICACIÓN	
2. CONFIABILIDAD (R)						95	log W ₁₈	6.33
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z _R)						-1.645		
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S _o)						0.45	log W ₁₈ pavimento	6.33
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p _i)						4.2		
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p _f)						2.0	CUMPLE	
7. ΔPSI						2.2		
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)						28.35		
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)						4.79		
10. CBR DE SUBRASANTE						2.70		
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	a _i m _i D _i	SN	
		(cm)	(in)					
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	4.79	
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	3.49	
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	2.51	
MEJORAMIENTO		46	18.11	0.090	1.00	1.63	1.63	
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.46						

Figura N° 3-21 Cálculo de espesor progresiva 11+250 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.46 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18 (PAVIMENTO)} = 6.33$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.6 Cálculo de espesor en progresiva 11+500 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CL en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 1.1 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 1.1 % se logra obtener un MR de 11.55 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.89 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-22 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 11+500 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993								
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"						
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marín						
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela						
PROGRESIVA:		11+500						
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W_{18})						2.12E+06	VERIFICACIÓN	
2. CONFIABILIDAD (R)						95	log W_{18}	6.33
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z_R)						-1.645		
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)						0.45	log W_{18} pavimento	6.34
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p_i)						4.2		
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p_f)						2.0	CUMPLE	
7. ΔPSI						2.2		
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)						11.55		
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)						6.31		
10. CBR DE SUBRASANTE						1.10		
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	$a_i m_i D_i$	SN	
		(cm)	(in)					
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	6.31	
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	5.01	
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	4.04	
MEJORAMIENTO		89	35.04	0.090	1.00	3.15	3.15	
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.89						

Figura N° 3-22 Cálculo de espesor progresiva 11+500 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.89 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18} (\text{PAVIMENTO}) = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.7 Cálculo de espesor en progresiva 11+700 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CH en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 0.7 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 0.7 % se logra obtener un MR de 7.35 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 1.14 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-23 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 11+700 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993							
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"					
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marín					
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela					
PROGRESIVA:		11+700					
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W ₁₈)		2.12E+06		VERIFICACIÓN			
2. CONFIABILIDAD (R)		95		log W ₁₈	6.33		
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z _R)		-1.645					
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S _o)		0.45		log W ₁₈ pavimento	6.34		
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p _i)		4.2					
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p _f)		2.0		CUMPLE			
7. ΔPSI		2.2					
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)		7.35					
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)		7.20					
10. CBR DE SUBRASANTE		0.70					
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	a _i m _i D _i	SN
		(cm)	(in)				
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	7.20
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	5.90
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	4.92
MEJORAMIENTO		114	44.88	0.090	1.00	4.04	4.04
SUBRASANTE MEJORADA (m)		1.14					

Figura N° 3-23 Cálculo de espesor progresiva 11+700 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **1.14 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18} (\text{PAVIMENTO}) = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.2.8 Cálculo de espesor en progresiva 12+000 / Método AASHTO

En esta progresiva se encontró una arcilla denominada CH en la clasificación SUCS. Con un CBR natural de 1.1 % considerado muy malo. Se determina encontrar el espesor de mejoramiento de esta zona. Con el CBR de 1.1 % se logra obtener un MR de 11.55 (MPa) y aplicando la formula se logra verificar la igualdad de la ecuación con un espesor de mejoramiento de 0.89 m. desde el nivel de subrasante. En la Figura N° 3-24 se observa los datos y el análisis correspondiente a la progresiva 12+000 en relación al cálculo para determinar su espesor por el método de AASHTO

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993							
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"					
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin					
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela					
PROGRESIVA:		12+000					
1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W_{18})		2.12E+06		VERIFICACIÓN			
2. CONFIABILIDAD (R)		95		log W_{18}	6.33		
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z_R)		-1.645					
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)		0.45		log W_{18} pavimento	6.34		
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p_i)		4.2					
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p_f)		2.0		CUMPLE			
7. ΔPSI		2.2					
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)		11.55					
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)		6.31					
10. CBR DE SUBRASANTE		1.10					
CAPA		ESPESOR (D)		a	m	$a_i m_i D_i$	SN
		(cm)	(in)				
CARPETA ASFALTICA		7.5	2.95	0.440	-	1.30	6.31
BASE GRANULAR		17.5	6.89	0.142	1.00	0.98	5.01
SUBBASE GRANULAR		20	7.87	0.112	1.00	0.88	4.04
MEJORAMIENTO		89	35.04	0.090	1.00	3.15	3.15
SUBRASANTE MEJORADA (m)		0.89					

Figura N° 3-24 Cálculo de espesor progresiva 12+000 – Método AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de mejoramiento de **0.89 m** se logra equiparar la fórmula propuesta en AASHTO. Se obtiene que el $\log W_{18} = 6.33$ y el $\log W_{18} (\text{PAVIMENTO}) = 6.34$ cumpliendo así la relación de ambas.

3.4.3 Método Boussinesq

Si analizamos profundamente el método de Boussinesq no refleja lo que realmente pasa a nivel de subrasante, nos muestra un valor que se asemeja a las que propone AASHTO. Siendo el radio de curvatura de la huella circular “a” y la presión ejercida por el neumático “ q_0 ” valores estándar definidos por características de un camión estándar de ejes equivalentes.

Para poder aplicar el método propuesto por Boussinesq existen parámetros que tenemos que tener en cuenta. Para la huella circular “a” y la presión ejercida por el neumático “ q_0 ” se tiene en cuenta lo que el MTC propone, es decir los valores del camión viga que son usados para las pruebas de deflectometría. Estos son los parámetros que se usó para esta investigación:

- Esfuerzo vertical (σ_z) (kg/cm^2)
- Presión ejercida por el neumático (q_0) (kg/cm^2)
- Profundidad de difusión del esfuerzo (Z) (cm)
- Radio de la carga de huella circular (a) (cm)
- Módulo de elasticidad de la subrasante (ESR) (Kg/cm^2)
- Numero admisible de repeticiones de carga – Ejes Equivalentes (N)
- Coeficiente (C)
- CBR de subrasante (CBR%)
- $\text{Log}(N)$

La aplicación del metodo de Boussinesq consiste en encontrar una altura adecuada para poder llegar a la difusión de esfuerzos. Es decir se uso los datos obtenidos aplicando la ecuacion de boussinesq para hallar la altura adecuada de mejoramiento y asi poder hallar profundidad de difusión del esfuerzo “z”.

Los valores que predominan en esta ecuacion es el módulo de elasticidad de la subrasante” E_{SR} ”, que esta en función al CBR. La repetición de cargas (N) esta dado por el estudio de trafico. El coeficiente “C” es a criterio del evaluador, mientras menor sea el coeficiente mayor es el rango de seguridad del espesor de mejoramiento.

Éste método consiste en encontrar el esfuerzo máximo vertical que se produce en sobre la subrasante. Este esfuerzo esta determinado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N} \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Cuando se tiene el dato del esfuerzo máximo vertical, se debe reemplaza en la siguiente fórmula y así poder hallar una profundidad donde exista una difusión de esfuerzos:

$$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}}} - 1}}$$

Una vez que se reemplace el esfuerxo maximo vertical en la fórmula anteriormente expuesta, se puede determinar el espesor de mejoramiento que se necesita para que exista difusión de esfuerzos.

3.4.3.1 Cálculo de espesor en progresiva 10+200 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.062 kg/cm², este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 1.1 % siendo el modulo elástico de 56.08 kg/cm². Con el espesor de mejoramiento de 0.83 m se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-25

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ					
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"				
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin				
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela				
PROGRESIVA:	10+200				
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}}} - 1}}$ $\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$					
1. ESFUERZO VERTICAL (σz)		0.0620	VERIFICACIÓN		
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (qo)		5.60	σz (kg/cm2)	0.0620	
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)		83.2			
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)		10.80	Z (cm)	83.2	
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)		56.08			
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)		2.12E+06	CUMPLE		
7. COEFICIENTE (C)		0.006			
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)		1.10			
9 LOG(N)		6.33			

Figura N° 3-25 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2 Cálculo de espesor en progresiva 10+400 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0676 kg/cm^2 , este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 1.2 % siendo el modulo elástico de 61.18 kg/cm^2 . Con el espesor de mejoramiento de **0.80 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-26.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ				
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"			
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin			
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela			
PROGRESIVA	10+400			
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}}} - 1}}$ $\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$				
1. ESFUERZO VERTICAL (σ_z)	0.0676	VERIFICACIÓN		
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)	5.60	σ_z (kg/cm2)	0.0676	
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)	79.6			
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)	10.80	Z (cm)	79.6	
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)	61.18			
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)	2.12E+06	CUMPLE		
7. COEFICIENTE (C)	0.006			
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)	1.20			
9 LOG(N)	6.33			

Figura N° 3-26 Cálculo de espesor progresiva 10+400 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3 Cálculo de espesor en progresiva 10+750 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0789 kg/cm^2 , este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 1.4 % siendo el modulo elástico de 71.38 kg/cm^2 . Con el espesor

de mejoramiento de **0.74 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-27.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ			
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"		
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin		
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela		
PROGRESIVA:	10+750		
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}}} - 1}}$ $\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$			
1. ESFUERZO VERTICAL (σ_z)	0.0789	VERIFICACIÓN	
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)	5.60	σ_z (kg/cm2)	0.0789
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)	73.6		
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)	10.80	Z (cm)	73.6
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)	71.38		
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)	2.12E+06	CUMPLE	
7. COEFICIENTE (C)	0.006		
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)	1.40		
9 LOG(N)	6.33		

Figura N° 3-27 Cálculo de espesor progresiva 10+750 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.4 Cálculo de espesor en progresiva 11+000 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0394 kg/cm², este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 0.7 % siendo el modulo elástico de 35.69 kg/cm². Con el espesor de mejoramiento de **1.05 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-28.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ									
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"							
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin							
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela							
PROGRESIVA:		11+000							
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}}} - 1}}$		$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$							
1.	ESFUERZO VERTICAL (σ_z)					0.0394	VERIFICACIÓN		
2.	PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)					5.60	σ_z (kg/cm2)	0.0394	
3.	PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)					104.6			
4.	RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)					10.80	Z (cm)	104.6	
5.	MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)					35.69			
6.	NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)					2.12E+06	CUMPLE		
7.	COEFICIENTE (C)					0.006			
8.	CBR DE SUBRASANTE (CBR%)					0.70			
9.	LOG(N)					6.33			

Figura N° 3-28 Cálculo de espesor progresiva 11+000 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.5 Cálculo de espesor en progresiva 11+250 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.1522 kg/cm², este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 2.7 % siendo el modulo elástico de 137.66 kg/cm². Con el espesor de mejoramiento de **0.53 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-29

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ									
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"							
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin							
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela							
PROGRESIVA:		11+250							
$Z = \frac{a}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}} - 1}}$		$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$							
1. ESFUERZO VERTICAL (σ_z)						0.1522	VERIFICACIÓN		
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)						5.60	σ_z (kg/cm2)	0.1522	
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)						52.6			
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)						10.80	Z (cm)	52.6	
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)						137.66			
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)						2.12E+06	CUMPLE		
7. COEFICIENTE (C)						0.006			
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)						2.70			
9 LOG(N)						6.33			

Figura N° 3-29 Cálculo de espesor progresiva 11+250 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.6 Cálculo de espesor en progresiva 11+500 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0620 kg/cm², este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 1.1 % siendo el modulo elástico de 56.08 kg/cm². Con el espesor de mejoramiento de **0.83 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-30

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ									
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"							
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin							
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela							
PROGRESIVA		11+500							
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{(1 - \frac{\sigma_z}{q_0})^2} - 1}}$		$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$							
1.	ESFUERZO VERTICAL (σ_z)	0.0620	VERIFICACIÓN						
2.	PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)	5.60	σ_z (kg/cm2)	0.0620					
3.	PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)	83.2							
4.	RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)	10.80	Z (cm)	83.2					
5.	MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)	56.08							
6.	NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)	2.12E+06	CUMPLE						
7.	COEFICIENTE (C)	0.006							
8.	CBR DE SUBRASANTE (CBR%)	1.10							
9.	LOG(N)	6.33							

Figura N° 3-30 Cálculo de espesor progresiva 11+500 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.7 Cálculo de espesor en progresiva 11+700 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0394 kg/cm^2 , este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 0.7 % siendo el modulo elástico de 35.69 kg/cm^2 . Con el espesor de mejoramiento de **1.05 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-31.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ									
TESIS:		"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"							
TESISTA:		Bach. Jorge David Santa Cruz Marin							
ASESOR:		Ing. Gider Vela Vela							
PROGRESIVA:		11+700							
$Z = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{(1 - \frac{\sigma_z}{q_0})^2} - 1}}$		$\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$							
1. ESFUERZO VERTICAL (σz)						0.0394	VERIFICACIÓN		
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (qo)						5.60	σz (kg/cm2)	0.0394	
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)						104.6			
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)						10.80	Z (cm)	104.6	
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)						35.69			
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)						2.12E+06	CUMPLE		
7. COEFICIENTE (C)						0.006			
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)						0.70			
9 LOG(N)						6.33			

Figura N° 3-31 Cálculo de espesor progresiva 11+700 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.8 Cálculo de espesor en progresiva 12+000 / Método Boussinesq

En esta progresiva se tiene un esfuerzo de 0.0620 kg/cm², este valor se obtuvo con un valor de CBR en un porcentaje de 1.1 % siendo el modulo elástico de 56.08 kg/cm². Con el espesor de mejoramiento de **0.83 m** se logra la difusión de esfuerzos. El cálculo se muestra en la Figura N° 3-32.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO BOUSSINESQ									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	12+000								
$Z = \frac{a}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_z}{q_0}\right)^{\frac{3}{2}} - 1}}$ $\sigma_z = \frac{C * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log_{10} N}$									
1. ESFUERZO VERTICAL (σ_z)							0.0620	VERIFICACIÓN	
2. PRESION EJERCIDA POR EL NEUMATICO (q_0)							5.60	σ_z (kg/cm2)	0.0620
3. PROFUNDIDAD DE DIFUSION DEL ESFUERZO (Z)							83.2		
4. RADIO DE LA CARGA DE HUELLA CIRCULAR (a)							10.80	Z (cm)	83.2
5. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUBRASANTE (ESR)							56.08		
6. NUMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES DE CARGA (N)							2.12E+06	CUMPLE	
7. COEFICIENTE (C)							0.006		
8. CBR DE SUBRASANTE (CBR%)							1.10		
9 LOG(N)							6.33		

Figura N° 3-32 Cálculo de espesor progresiva 10+200 – Método Boussinesq

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Método de Ábacos de Colorado

Este método considera valores que están relacionados al IP (Índice de Plasticidad) y es de fácil uso para obras viales. Los ábacos son resumidos en dos cuadros y que son dados por clasificación de carreteras. La clasificación de carreteras es de acuerdo al tráfico, es decir entre principales y secundarias. Nuestro estudio se encuentra en una vía considerada como carretera principal. Es por ello que utilizamos los siguientes datos:

Tabla N° 3.21 Profundidades de mejoramiento en carreteras principales

Índice de Plasticidad	Profundidad de tratamiento por debajo del nivel de la subrasante
10 -20	0.60 m
20 - 30	0.90 m
30 - 40	1.20 m
40 - 50	1.50 m
Más de 50	1.80 m

Fuente: Ábacos de Colorado

Al realizar los ensayos físicos se pudo determinar el índice de plasticidad de cada uno de los estratos más críticos del tramo en estudio. Se encontró arcillas comprendidas o denominadas CH y CL por la clasificación SUCS. En el tramo de estudio el menos valor del índice de plasticidad encontrada es de 14 y el mayor es de 30.6. Aplicando los datos de la Tabla N° 3.21 se obtuvo el espesor de mejoramiento según el método de Ábacos de Colorado.

Tabla N° 3.22 Espesores de mejoramiento por el método de Ábacos de Colorado

PROG. (Km)	IP (%)	Espesor de Mejoramiento (m)
10+200	22.1	0.90
10+400	21.6	0.90
10+750	30.2	1.20
11+000	30.6	1.20
11+250	20.3	0.90
11+500	23.6	0.90
11+700	30.0	1.20
12+000	30.6	1.20

Nota: Resultados obtenidos de la zona más crítica de cada progresiva

Fuente: Resultados de ensayos de Límites de Consistencia

Se verifica espesores de 0.90 m y 1.20 m considerados como los mayores espesores de mejoramiento para poder disipar los esfuerzos provocados por las cargas transmitida en el pavimento. Estos valores debido al alto índice de plasticidad encontradas en las arcillas CH y CL que fueron encontrados en los últimos estratos de cada calicata estudiadas.

3.4.5 Método de Consolidación Primaria

Se busca determinar el asentamiento por consolidación primaria y añadir ese valor al mayor espesor encontrado entre el método de AASHTO y Boussinesq. Este cálculo es de vital importancia, ya que en el tramo de estudio se cuenta con arcillas medianamente saturadas. Es decir, es un material que sufre cambios volumétricos en su composición volumétrica por efecto de la carga a la cual está siendo sometida. Este cambio volumétrico puede llegar a generar daños a la estructura del pavimento. Los parámetros que se tiene en cuenta para este análisis son los siguientes:

- Límite líquido (LL)

- Índice de compresión (C_c)
- Altura de arcilla (H_c) (m)
- Esfuerzo vertical efectivo (σ'_0) (kg/m^2)
- Presión agregada ($\Delta\sigma'$) (kg/m^2)
- Relación de vacíos (e_0)

Este método tiene como parámetro de inicio el límite líquido de la muestra. Este análisis es fundamentalmente para materiales arcillosos con alto contenido de humedad. El material arcilloso parcial o totalmente saturado tiende a cambiar volumétricamente ante la adherencia de cargas. El esfuerzo vertical efectivo está dado por las capas de material que están sobre el material arcilloso. La presión agregada se determina mediante el parámetro que determina el MTC de 8.2 ton que se tiene en cuenta para la determinación de ejes equivalentes. La relación de vacíos se determina de la muestra natural. Este análisis esta corroborado en esta investigación con el ensayo de consolidación de la arcilla más crítica.



Figura N° 3-33 Camino a caserío Manizales en el distrito de Soritor

En la Figura N° 3-33 se muestra un camino hacia el caserío de Manizales en el distrito de Soritor. En esta figura se muestra el tipo de suelo predominante en este distrito. Es por ello que en la zona de estudio se observa los últimos estratos con gran presencia de arcilla. La zona de estudio por ser una zona de ingreso a la ciudad, contiene en los estratos superiores material granular, debido al mejoramiento para la transitabilidad que se le da año a año.

Se aplicó la fórmula para arcillas normalmente consolidadas descrita de la siguiente manera:

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}$$

Donde:

S_c = Asentamiento por consolidación primaria (m)

Δe = Variación total de vacíos por la aplicación de cargas

e_0 = Relación de vacíos inicial

H_c = Capa de arcilla (m)

σ'_0 = Esfuerzo vertical efectivo promedio sobre la capa de arcilla (kg/m^2)

$\Delta\sigma'$ = Presión agregada (kg/m^2)

C_c = Índice de compresión

El esfuerzo vertical efectivo está dada por las capas de material que irán sobre la arcilla. La presión agregada es la equivalente a $5.6 \text{ kg}/\text{m}^2$ que un vehículo ejerce por cada llanta. La relación de vacíos está dada por los pesos iniciales y pesos secos. Una vez obtenido estos datos se aplica la fórmula antes ya expuesta y se obtiene un asentamiento en metros.

3.4.5.1 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 10+200

Se puede observar un valor de límite líquido de 45.62, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.067 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-34.

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	10+200								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (S_c)						0.067	ASENTAMIENTO		
2. LIMITE LIQUIDO (LL)						45.62	S_c (m)	0.067	
3. INDICE DE COMPRESIÓN (C_c)						0.321			
4. ALTURA DE ARCILLA (H_c)						0.31			
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (σ'_0)						36.690			
6. PRESION AGREGADA ($\Delta\sigma'$)						549.2			
7. RELACION DE VACIOS (e_0)						0.78			
$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}$									
CAPA	H (m)	ρ (kg/m ³)	γ (kN/m ³)	RELACION DE VACIOS					
				HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm ³)	Vw(cm ³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.89	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.31	1514.16	14.854	33.900	846.400	559.470	286.93	369.49	286.93

Figura N° 3-34 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+200

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.2 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria progresiva 10+400

Se puede observar un valor de límite líquido de 45.05, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.088 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-35.

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marin								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	10+400								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)						0.088	ASENTAMIENTO		
2. LIMITE LIQUIDO (LL)						45.05	Sc (m)	0.088	
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)						0.315			
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)						0.36			
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O'₀)						35.758			
6. PRESION AGREGADA (Δσ')						549.2			
7. RELACION DE VACIOS (e₀)						0.57			
				RELACION DE VACIOS					
CAPA	H (m)	ρ (kg/m³)	γ (kN/m³)	HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm³)	Vw(cm³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.84	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.36	1505.21	14.766	27.490	750.300	544.043	206.26	361.44	206.26

Figura N° 3-35 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+400

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.3 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 10+750

Se puede observar un valor de límite líquido de 45.05, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.098 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-36.

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	10+750								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)							0.098	ASENTAMIENTO	
2. LIMITE LIQUIDO (LL)							45.05	Sc (m)	0.098
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)							0.315		
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)							0.43		
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O'v)							34.424		
6. PRESION AGREGADA (ΔO')							549.2		
7. RELACION DE VACIOS (eo)							0.70		
$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$									
CAPA	H (m)	ρ (kg/m3)	γ (kN/m3)	RELACION DE VACIOS					
				HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm3)	Vw(cm3)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.77	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.43	1482.52	14.544	32.150	554.200	376.025	178.18	253.64	178.18

Figura N° 3-36 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 10+750

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.4 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 11+000

Se puede observar un valor de límite líquido de 57.91, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.015 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-37.

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	11+000								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)							0.015	ASENTAMIENTO	
2. LIMITE LIQUIDO (LL)							57.91	Sc (m)	0.015
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)							0.431		
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)							0.06		
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O'v)							41.236		
6. PRESION AGREGADA (ΔO')							549.2		
7. RELACION DE VACIOS (eo)							0.98		
$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$									
CAPA	H (m)	ρ (kg/m3)	γ (kN/m3)	RELACION DE VACIOS					
				HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm3)	Vw(cm3)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	1.14	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.06	1394.75	13.682	41.290	565.800	332.181	233.62	238.17	233.62

Figura N° 3-37 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+000

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.5 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 11+250

Se puede observar un valor de límite líquido de 42.76, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.156 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-38

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	11+250								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)						0.156	ASENTAMIENTO		
2. LIMITE LIQUIDO (LL)						42.76	Sc (m)	0.156	
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)						0.295			
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)						0.74			
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (σ'v)						28.822			
6. PRESION AGREGADA (Δσ')						549.2			
7. RELACION DE VACIOS (e ₀)						0.82			
$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$									
CAPA	H (m)	ρ (kg/m ³)	γ (kN/m ³)	RELACION DE VACIOS					
				HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm ³)	Vw(cm ³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.46	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.74	1517.41	14.886	35.170	720.000	466.776	253.22	307.61	253.22

Figura N° 3-38 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+250

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.6 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 11+500

Se puede observar un valor de límite líquido de 44.34, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.068 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-39

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	11+500								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)						0.068	ASENTAMIENTO		
2. LIMITE LIQUIDO (LL)						44.34	Sc (m)	0.068	
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)						0.309			
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)						0.31			
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O'₀)						36.672			
6. PRESION AGREGADA (ΔO')						549.2			
7. RELACION DE VACIOS (e₀)						0.70			
				RELACION DE VACIOS					
CAPA	H (m)	ρ (kg/m³)	γ (kN/m³)	HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm³)	Vw(cm³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.89	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.31	1502.39	14.738	31.640	750.200	512.837	237.36	341.35	237.36

Figura N° 3-39 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+500

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.7 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 11+700

Se puede observar un valor de límite líquido de 56.64, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.017 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-40

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	11+700								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)						0.017	ASENTAMIENTO		
2. LIMITE LIQUIDO (LL)						56.64	Sc (m)	0.017	
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)						0.420			
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)						0.06			
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O'₀)						41.216			
6. PRESION AGREGADA (ΔO')						549.2			
7. RELACION DE VACIOS (e₀)						0.68			
				RELACION DE VACIOS					
CAPA	H (m)	ρ (kg/m³)	γ (kN/m³)	HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm³)	Vw(cm³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	1.14	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.06	1327.35	13.021	33.800	600.000	397.200	202.80	299.24	202.80

Figura N° 3-40 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 11+700

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.8 Cálculo de asentamiento por consolidación primaria en progresiva 12+000

Se puede observar un valor de límite líquido de 59.53, de un material arcilloso. Se tiene un asentamiento de 0.092 m que es añadido al espesor de mejoramiento determinado por el método de AASHTO. Los parámetros y el análisis en entra progresiva se presentan en la Figura N° 3-41

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA									
TESIS:	"Determinación del Espesor de Mejoramiento de Subrasante con Presencia de Suelos Blandos"								
TESISTA:	Bach. Jorge David Santa Cruz Marín								
ASESOR:	Ing. Gider Vela Vela								
PROGRESIVA:	12+000								
1. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (Sc)							0.092	ASENTAMIENTO	
2. LIMITE LIQUIDO (LL)							59.53	Sc (m)	0.092
3. INDICE DE COMPRESIÓN (Cc)							0.446		
4. ALTURA DE ARCILLA (Hc)							0.31		
5. ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (O' o)							36.416		
6. PRESION AGREGADA (ΔO')							549.2		
7. RELACION DE VACIOS (e ₀)							0.81		
$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$									
CAPA	H (m)	ρ (kg/m ³)	γ (kN/m ³)	RELACION DE VACIOS					
				HN(%)	Wt(gr)	Ws(gr)	Ww(gr)	Vs(cm ³)	Vw(cm ³)
CARPETA ASFALTICA	0.075	2700	26.487	-	-	-	-	-	-
BASE GRANULAR	0.175	2639	25.889	-	-	-	-	-	-
SUBBASE GRANULAR	0.20	2524	24.760	-	-	-	-	-	-
MEJORAMIENTO	0.89	2625	25.751	-	-	-	-	-	-
ARCILLA	0.31	1333.97	13.086	37.880	585.300	363.588	221.71	272.56	221.71

Figura N° 3-41 Resultado del cálculo de asentamiento en progresiva 12+000

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Análisis y Discusión

4.1 Resultados de espesores por Método AASHTO

Se verificó que a lo largo de los 2 kilómetros de ingreso a la ciudad de Soritor se presenta una subrasante muy malo. Valores de CBR comprendidos entre 0.7 % a 2.7 % y profundidades comprendidos desde 0.46 m hasta 1.14 m de mejoramiento. En la Tabla N° 4.1 se presenta el resumen de todo lo analizado por el método AASHTO.

Tabla N° 4.1 Resultados de espesores por método AASHTO

METODO AASHTO				
CALICATA	PROG. (Km)	PROF. (m)	CBR (%)	ESPESOR (m)
C-1	10+200	1.00 - 1.50	1.1	0.89
C-2	10+400	0.70 - 1.50	1.2	0.84
C-3	10+750	0.30 - 1.50	1.4	0.77
C-4	11+000	0.60 - 1.50	0.7	1.14
C-5	11+250	1.10 - 1.60	2.7	0.46
C-6	11+500	0.80 - 1.50	1.1	0.89
C-7	11+700	0.60 - 1.50	0.7	1.14
C-8	12+000	0.80 - 1.60	1.1	0.89

Nota: Profundidades tomadas en el estado más crítico, es decir, en el último estrato

Se observa que a mayor valor del CBR menor es el espesor de mejoramiento. En la Figura N° 4-1 se puede observar los espesores de mejoramientos que se pudo encontrar al aplicar el método de AASHTO. El parámetro de resistencia del suelo está básicamente dado por el valor del CBR.

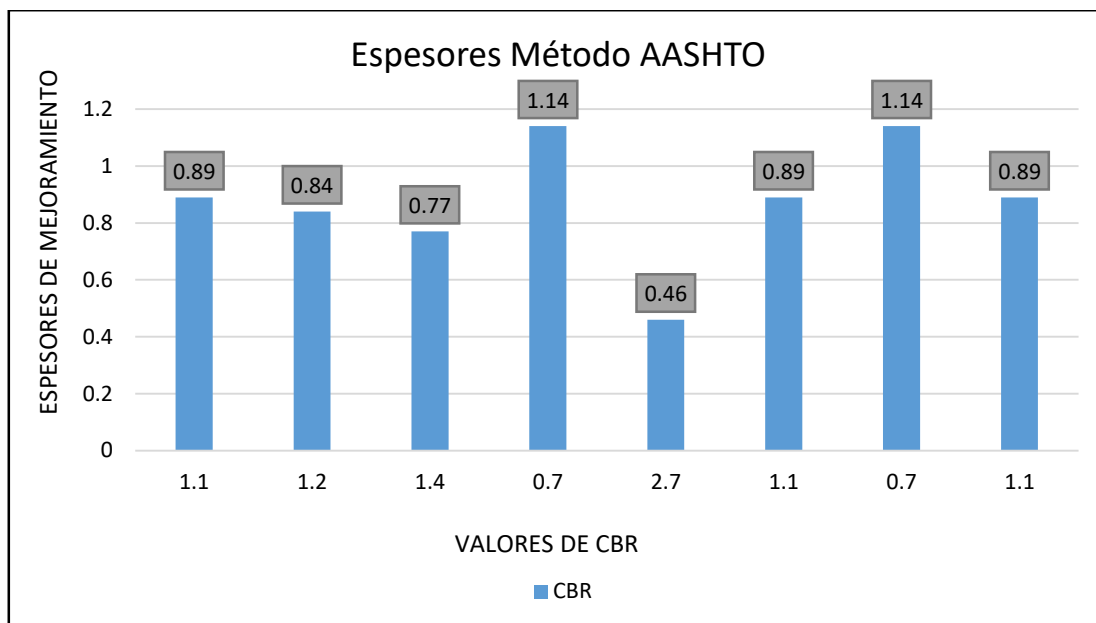


Figura N° 4-1 Espesores determinados por AASHTO

4.2 Resultados de espesores por Método Boussinesq

Mediante este análisis se observa que el esfuerzo mínimo que la estructura tiene que absolver es de 0.039 kg/cm^2 y el máximo es de 0.152 kg/cm^2 . Para poder lograr la difusión de estos esfuerzos es necesario adoptar alturas de mejoramiento y el mínimo el de 0.53 m y el mayor es de 1.05 m. Todo esto está a base del valor de CBR, se verifica que los valores porcentuales de CBR son muy malos y por eso se adoptan grandes alturas de mejoramiento.

Tabla N° 4.2 Resultados de espesores por método Boussinesq

PROG. (Km)	CBR (%)	σ_z (kg/cm2)	H (m)
10+200	1.1	0.062	0.83
10+400	1.2	0.068	0.80
10+750	1.4	0.079	0.74
11+000	0.7	0.039	1.05
11+250	2.7	0.152	0.53
11+500	1.1	0.062	0.83
11+700	0.7	0.039	1.05
12+000	1.1	0.062	0.83

Nota: Profundidades tomadas en el estado más crítico, es decir, en el último estrato

En la Figura N° 4-3 se puede observar dimensiones similares a los que obtuvimos por el método de AASHTO. En este método se tiene de encontrar valores de esfuerzo verticales menor o igual al 1% de la carga aplicada. El valor de carga aplicada es el de 8.2 tn que es utilizada para encontrar el EAL. Este valor de 8.2 tn es la aplicación de carga emitida en la

prueba de deflectometría. Se puede observar que con un mejoramiento de 0.83 se acerca al 1% de la carga ejercida. Es por eso que se debe considerar como espesor mínimo de mejoramiento ese valor. Es decir, al aplicar todos los métodos se debe adoptar como altura mínima de mejoramiento 0.85 m.

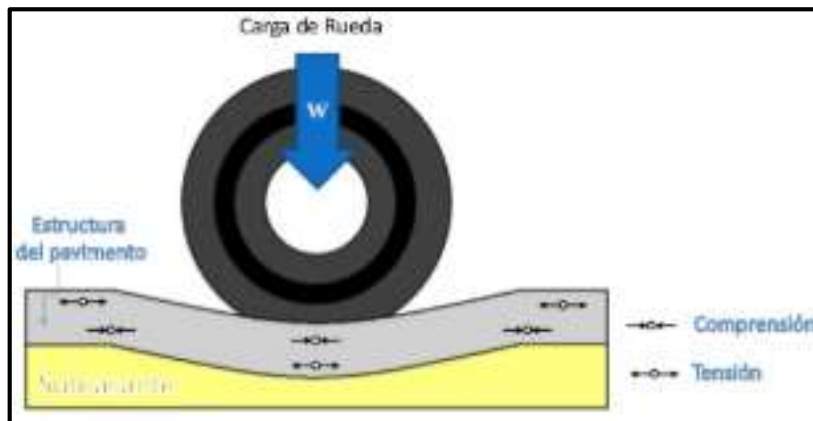


Figura N° 4-2 Esquema de esfuerzos por aplicación de cargas sobre pavimento

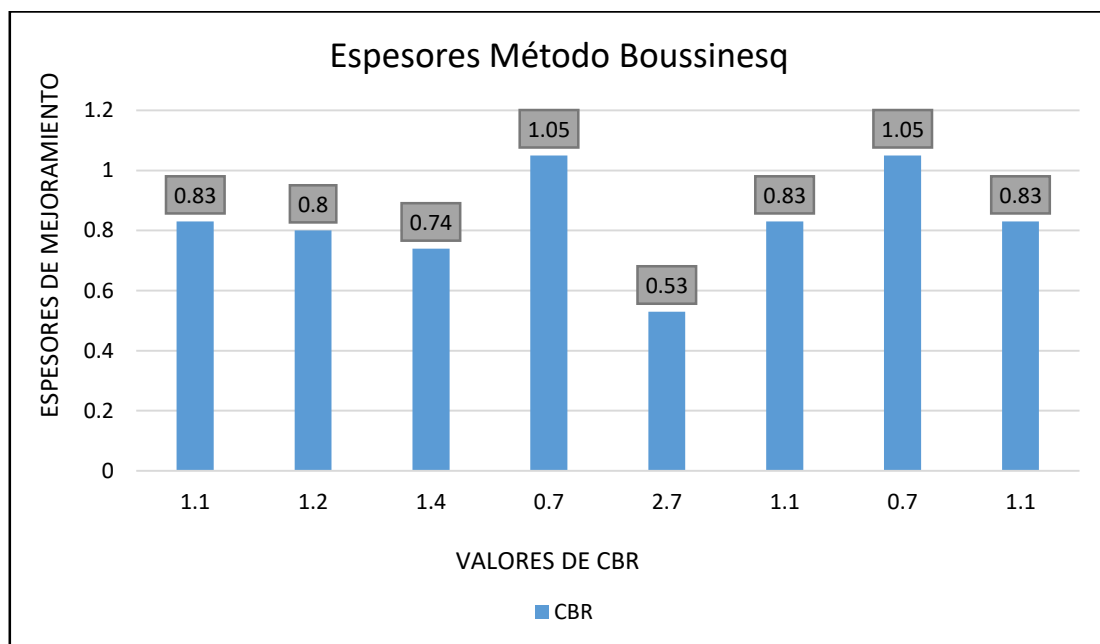


Figura N° 4-3 Espesores obtenidos mediante método de Boussinesq

4.3 Resultados del método Ábacos de Colorado

Este método es el más sencillo de utilizar, puesto que solo se debe caracterizar físicamente al suelo. Al descubrir el IP del estrato más crítico se puede determinar un espesor adecuado de mejoramiento. La limitación de este método es que solo cuenta con un parámetro de diseño, siendo este, el índice de plasticidad. Este método es efectivo para aplicar en suelos blandos, es decir con presencia de suelos que contengan alto índice de plasticidad. En la

Tabla N° 4.3 se puede observar que el IP más alto es de 30.6% el cual adopta un espesor de mejoramiento de 1.20 m.

Tabla N° 4.3 Espesores finales por método de Ábacos de Colorado

PROG. (Km)	IP (%)	Espesor de Mejoramiento (m)
10+200	22.1	0.90
10+400	21.6	0.90
10+750	30.2	1.20
11+000	30.6	1.20
11+250	20.3	0.90
11+500	23.6	0.90
11+700	30.0	1.20
12+000	30.6	1.20

Nota: Resultados obtenidos de la zona más crítica de cada progresiva

En la Figura N° 4-4 se puede observar que por el alto índice de plasticidad se obtiene rangos de mejoramiento entre los 0.90m y 1.20 m. Este método además ayuda a la uniformidad de sectores constructivos.

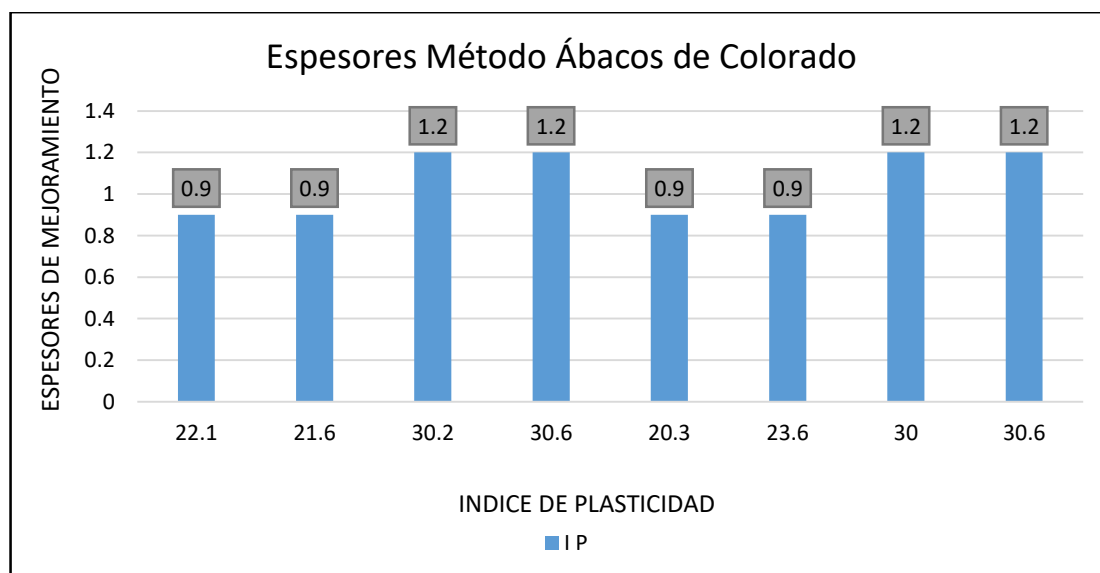


Figura N° 4-4 Espesores obtenidos por método de Ábacos de Colorado

4.4 Resultados de asentamientos por consolidación primaria

En este análisis se demuestra mediante cálculos la consolidación primaria de este tipo de suelos blandos. Se considera 1.20 m de profundidad de estudio, pues a esa distancia es donde los esfuerzos son mínimos. En la Tabla N° 4.4 se presenta el resumen de todos los

asentamientos que se producirán de acuerdo a la progresiva en estudio. El mayor de ellos es de 0.156 m y el menor 0.015 m.

Tabla N° 4.4 Cuadro de resumen asentamientos por consolidación

PROG. (Km)	Asentamiento (m)
10+200	0.067
10+400	0.088
10+750	0.097
11+000	0.015
11+250	0.156
11+500	0.068
11+700	0.017
12+000	0.092

Los asentamientos que se obtienen mediante el análisis presentado son sumados al espesor de mejoramiento obtenido por el método de AASHTO. Cabe resaltar que este procedimiento contempla el límite líquido del suelo y el método de AASHTO está en función a la resistencia del suelo, es decir al CBR.

Tabla N° 4.5 Espesor final del método de AASHTO sumado el asentamiento

PROG. (Km)	Aashto	Aashto + Asentamiento
10+200	0.89	0.96
10+400	0.84	0.93
10+750	0.77	0.87
11+000	1.14	1.16
11+250	0.46	0.62
11+500	0.89	0.96
11+700	1.14	1.16
12+000	0.89	0.98

En la Tabla N° 4.5 se observa la sumatoria del asentamiento al espesor encontrado por el método de AASHTO. Se puede observar datos más reales a comparación con el método de Ábacos de Colorado. Luego se debe asumir un espesor que sea factible para el proceso constructivo. En el capítulo 7.1 ANEXO I: Anexo de resultados *de los ensayos* se verifica el ensayo de consolidación (ASTM D 2435) adonde se obtuvo que el máximo porcentaje de consolidación de un material arcillo crítico de la zona de estudio es 11%. Esto corrobora a los datos obtenidos mediante el cálculo de consolidación primaria.

4.5 Espesor final de mejoramiento

Se asume un espesor adecuado para el proceso constructivo. En la Tabla N° 4.6 se presenta los espesores encontrados con cada uno de los métodos propuestos en esta investigación.

Tabla N° 4.6 Comparación de espesores de los diversos métodos

PROG. (Km)	Boussinesq (m)	Aashto (m)	Colorado (m)	Aashto + Asentamiento (m)
10+200	0.83	0.89	0.90	0.96
10+400	0.80	0.84	0.90	0.93
10+750	0.74	0.77	1.20	0.87
11+000	1.05	1.14	1.20	1.16
11+250	0.53	0.46	0.90	0.62
11+500	0.83	0.89	0.90	0.96
11+700	1.05	1.14	1.20	1.16
12+000	0.83	0.89	1.20	0.98

Se puede verificar y responder a la problemática que enfatiza que en suelos blandos se debe de tomar en cuenta, no solo las características mecánicas sino también las características físicas para obtener un espesor adecuado de mejoramiento. Al añadir el asentamiento al espesor encontrado por el método de AASHTO, se está asimilando el cambio volumétrico de este tipo de suelos y se previene un fenómeno recurrente en suelos blandos.

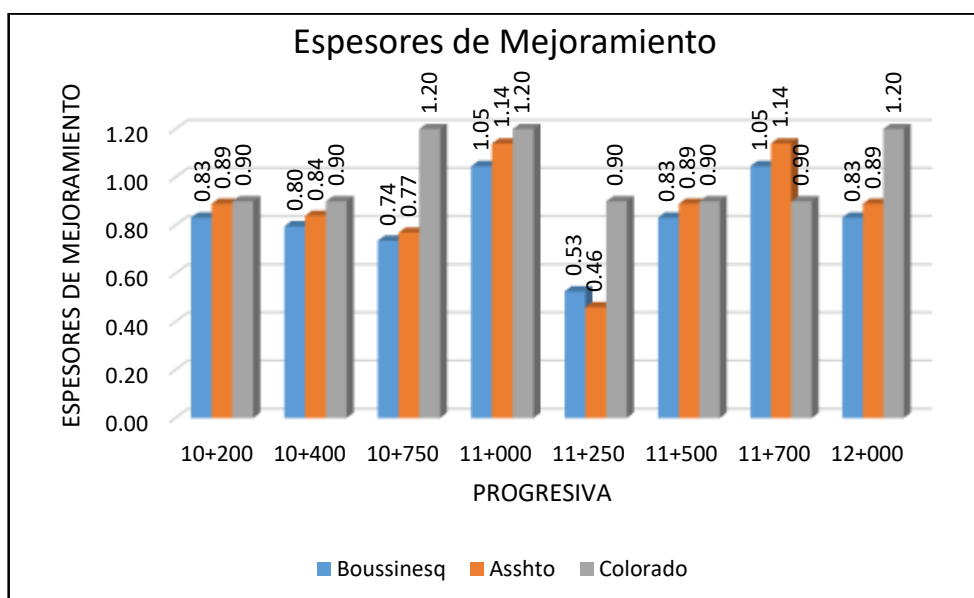


Figura N° 4-5 Comparación de espesores de mejoramiento

En la Figura N° 4-5 se observa que las alturas mayores de mejoramiento es el que contempla el método de Ábacos de Colorado. El método en mención, tiene en cuenta una característica fundamental de un suelo blando, es por ello que asume parámetros propios de la misma.

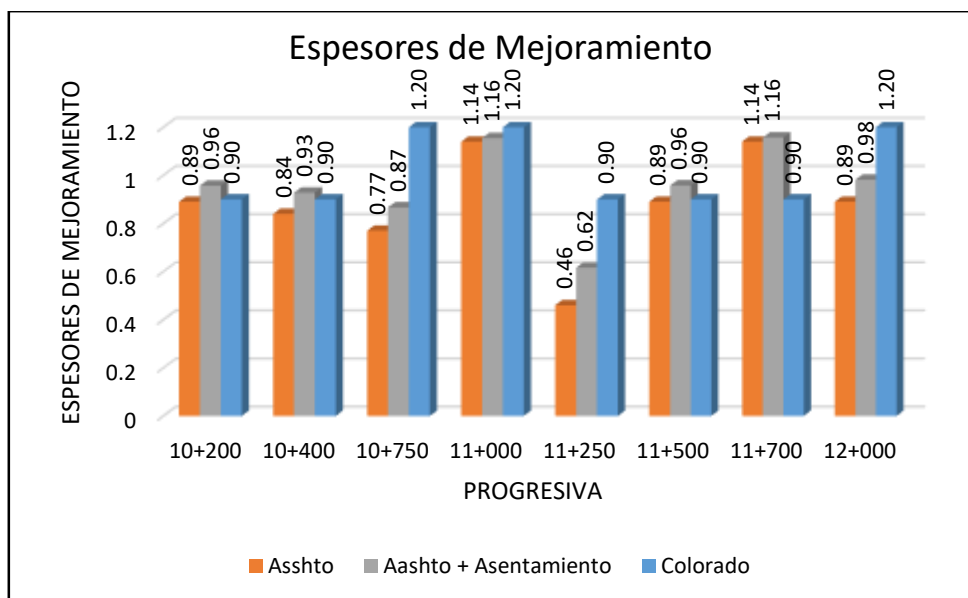


Figura N° 4-6 Comparación de espesores asumiendo asentamiento

Se puede observar en la Figura N° 4-6 que existen acercamientos en valores de espesores básicamente en las progresivas 10+200; 10+400; 11+000; 11+500. Este cuadro revela fundamentalmente la importancia de esta investigación. Si solo tenemos en cuenta la característica mecánica del suelo, tendremos valores que nos llevarían a posibles fallas en el pavimento. En cambio, si tomamos como referencia las características físicas y mecánicas nos acercamos más a un espesor adecuado de mejoramiento. Los valores altos pueden traer mayor costo a la obra, pero a la larga estará asumiendo el costo de mantenimiento y reparación.

Tabla N° 4.7 Espesor asumido para mejoramiento

PROG. (Km)	Colorado (m)	Aashto + Asentamiento (m)	Asumido (m)
10+200	0.90	0.96	0.95
10+400	0.90	0.93	0.95
10+750	1.20	0.87	1.2
11+000	1.20	1.16	1.2
11+250	0.90	0.62	0.9
11+500	0.90	0.96	0.95
11+700	1.20	1.16	1.20
12+000	1.20	0.98	1.20

En la Tabla N° 4.7 se presenta el espesor asumido y adecuado para una subrasante con presencia de suelos blandos. Con esto podemos asegurar que las fallas por consolidación de suelos tienden a ser mínimas. Este espesor asumido tiene en su cálculo las características físicas y mecánicas del suelo blando en estudio. Se le añade el asentamiento por consolidación primaria para evitar fallas en la estructura del pavimento. Se observa valores altos, puesto que las condiciones del suelo son críticas. En todos los aspectos posibles encontramos que la subrasante presenta factores que la tornan crítica. Estan condiciones giran a la baja capacidad portante, el alto contenido de humedad, el alto indice de plasticidad, entre otros factores. En la Figura N° 4-7 se presenta como debe quedar cada una de las progresivas y el espesor adecuado de mejoramiento

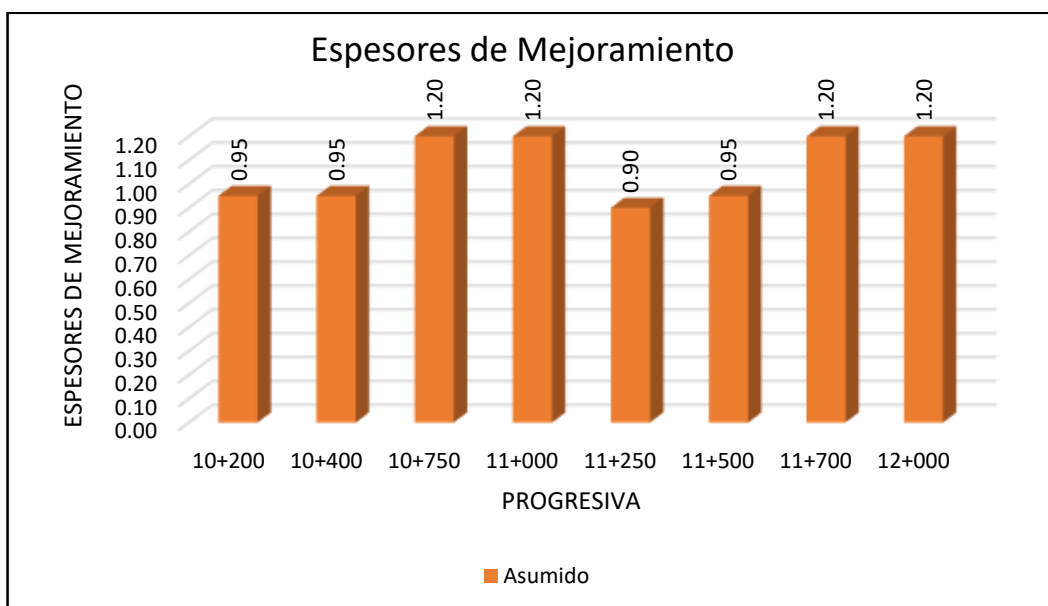


Figura N° 4-7 Espesores de mejoramiento asumidos

En la Figura N° 4-8 se presenta la estructura final del pavimento con un asfalto de 7.5 cm, un espesor de base de 17.5 cm, siguiendo por una sub base de 20 cm. El espesor de mejoramiento de subrasante varía de acuerdo a lo demostrado en la Figura N° 4-7. Se tiene una superficie de rodadura de 7 metros, contemplando dos carriles de 3.5 m cada uno. A demás se añade 1.50 m de berma a cada lado. El material para el mejoramiento será una capa que es variable de over, siguiendo 30 cm de material de cuerpo, terminando con 30 cm de material de corona.

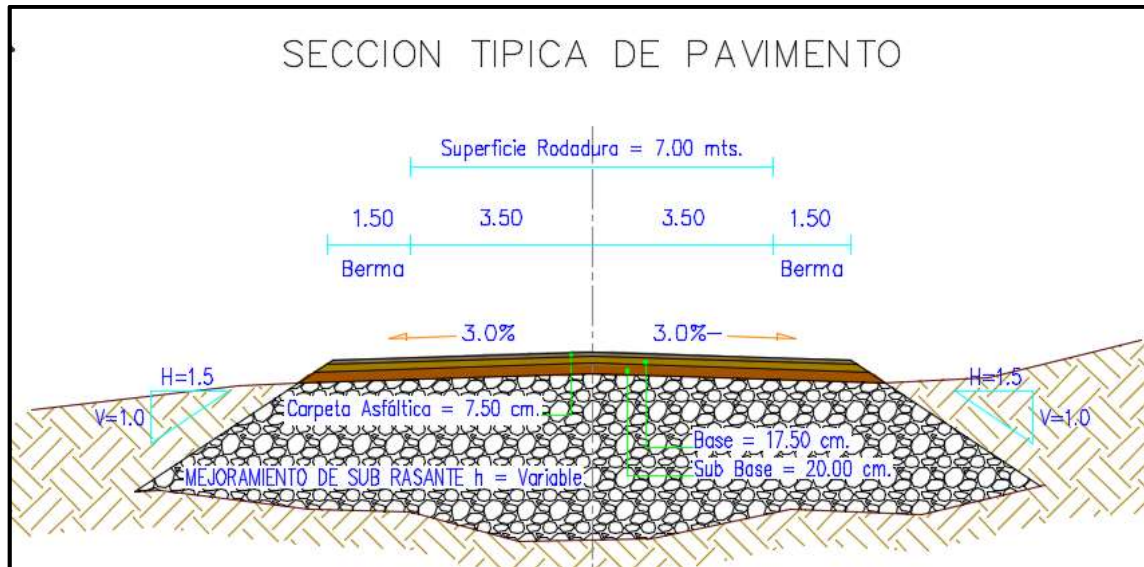


Figura N° 4-8 Sección típica final del pavimento

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Luego del análisis de cada uno de los parámetros de estudio en esta investigación se culmina este trabajo con las siguientes conclusiones:

- Las propiedades físicas del suelo son fundamentales para poder determinar el espesor adecuado del mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. Entre las principales características físicas está determinar el tipo de suelo y su clasificación mediante AASHTO y SUCS. Los límites de consistencia del suelo: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Por último, la humedad natural del suelo. Se concluye que el suelo en estudio se encuentra en estado crítico de acuerdo a sus propiedades físicas como se observa en la siguiente Tabla N° 5.1

Tabla N° 5.1 Propiedades físicas finales de las muestras

PROG. (Km)	LIMITES DE CONSISTENCIA				CLASIFICACION		CONDICION POR SUELOS EXPANSIVOS
	L L	I P	L P	HUMEDAD NATURAL %	AASHTO	SUCS	
10+200	45.6	22.1	23.5	33.9	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
10+400	45.1	21.6	23.5	27.5	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
10+750	44.6	30.2	14.4	32.1	A-7-6 (17)	CL	CRITICO
11+000	57.9	30.6	27.3	41.3	A-7-6 (19)	CH	CRITICO
11+250	42.8	20.3	22.5	35.2	A-7-6 (12)	CL	CRITICO
11+500	44.3	23.6	20.7	31.6	A-7-6 (14)	CL	CRITICO
11+700	56.6	30.0	26.6	33.8	A-7-6 (19)	CH	CRITICO
12+000	59.5	30.6	28.9	37.9	A-7-6 (16)	CH	CRITICO

- Las propiedades mecánicas del suelo comprenden, en gran parte, el mayor análisis para determinar el espesor de mejoramiento. El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca son parámetros obtenidos del ensayo de proctor. El valor de CBR es el parámetro para determinar la resistencia del suelo ante los esfuerzos que el tránsito emite a la estructura del pavimento. Conociendo estos parámetros se puede determinar adecuadamente un espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. Se concluye que el suelo en estudio se encuentra en estado crítico pues el valor de su CBR es menor al 6%.

Tabla N° 5.2 Propiedades mecánicas finales de las muestras

PROG. (Km)	CBR (*) Den. Nat.	PROCTOR	
		M.D.S. (gr/cc)	O.C.H (%)
10+200	1.1	1.714	18.7
10+400	1.2	1.714	17.6
10+750	1.4	1.682	16.9
11+000	0.7	1.584	21.6
11+250	2.7	1.715	16.1
11+500	1.1	1.694	17.5
11+700	0.7	1.521	21.6
12+000	1.1	1.509	24.9

- Se puede determinar el asentamiento por consolidación aplicando el método de consolidación primaria. Este asentamiento debe ser sumado al espesor encontrado por el método AASHTO. Al sumar el asentamiento por consolidación estamos asumiendo el cambio volumétrico que sufrirá el suelo blando con el cambio de material y los esfuerzos debido al tránsito.

Tabla N° 5.3 Asentamientos finales

PROG. (Km)	Asentamiento (m)
10+200	0.067
10+400	0.088
10+750	0.097
11+000	0.015
11+250	0.156
11+500	0.068
11+700	0.017
12+000	0.092

- Al comparar el espesor que se obtiene de la suma del espesor encontrado por el método AASHTO y el asentamiento, con el espesor encontrado por el método de Ábacos de Colorado se debe adoptar el mayor de ellos. Este espesor final estará asumiendo parámetros de resistencia (CBR) y parámetros de consolidación (IP – LL).

Tabla N° 5.4 Comparación de espesores finales

PROG. (Km)	Boussinesq (m)	Aashto (m)	Colorado (m)	Aashto + Asentamiento (m)
10+200	0.83	0.89	0.90	0.96
10+400	0.80	0.84	0.90	0.93
10+750	0.74	0.77	1.20	0.87
11+000	1.05	1.14	1.20	1.16
11+250	0.53	0.46	0.90	0.62
11+500	0.83	0.89	0.90	0.96
11+700	1.05	1.14	1.20	1.16
12+000	0.83	0.89	1.20	0.98

- En esta investigación se concluye que el espesor adecuado para el mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos comprendidos entre el km 10+000 al 12+000 en el distrito de Soritor son de 0.90 m; 0.95 m; 1.20 m. Se detalla en la siguiente Tabla N° 5.5

Tabla N° 5.5 Cuadro final de espesores

PROG. (Km)	Colorado (m)	Aashto + Asentamiento (m)	Asumido (m)
10+200	0.90	0.96	0.95
10+400	0.90	0.93	0.95
10+750	1.20	0.87	1.2
11+000	1.20	1.16	1.2
11+250	0.90	0.62	0.9
11+500	0.90	0.96	0.95
11+700	1.20	1.16	1.20
12+000	1.20	0.98	1.20

- El método a utilizar en el cálculo del espesor de un mejoramiento depende mucho de las condiciones que se puedan encontrar Ínsitu. Se pueden aplicar los métodos presentados en esta investigación y adoptar la que se ajuste más a las condiciones de cada suelo en estudio.

5.2 Recomendaciones

En esta investigación se pudieron verificar algunos aspectos que se pueden mejorar para la continuidad de las futuras investigaciones alrededor del tema. Entre las principales se presenta:

- Determinar de una manera correcta las características físicas y mecánicas del suelo en estudio. Este aspecto es muy importante porque parte de ello el buen análisis que se pueda realizar con cada método.
- Tener en cuenta las obras de drenaje que se puedan añadir para mitigar el alto contenido de humedad y así evitar los cambios volumétricos muy comunes en suelos blandos como el que se tiene en esta investigación.
- Se debe tener en cuenta que el costo del mejoramiento es el de mayor influencia en este tipo de proyectos. Se debe tener en cuenta un buen proceso de mejoramiento de subrasante para que los análisis que se realice puedan tener impacto en la obra.
- Se debe tener en cuenta cada una de las condiciones externas por ejemplo las temporadas altas de lluvia. Muestrear cada una de las calicatas en su estado más crítico para representar mejor el comportamiento del suelo. La presencia de lagos, lagunas o condiciones de humedad que puedan afectar al cambio volumétrico del estrato.
- El estudio de tráfico es fundamental en esta investigación. Proyectarla de una buena manera es dar un buen inicio al análisis para determinar un espesor adecuado para el mejoramiento de subrasante.
- Cada parámetro de diseño tiene que asemejarse a la realidad todo esto con la finalidad de que los resultados obtenidos puedan ser precisos y así poder resolver la problemática de la investigación.

Referencias

- AASHTO (1993). *Guide for Design of Pavements Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington DC.
- Alvarado, L. & Palomino, S. (2015). *Determinación del Esfuerzo de Preconsolidación para el Cálculo de Asentamiento de Suelos Finos de la Zona de Sagari – Cuzco*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Arriaga, D. (2006). *Aspectos Constructivos de la Técnica de Compactación Dinámica para Mejoramiento Masivo de Suelos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Baquerizo, C. (2015). *Estudio Geotécnico de Suelos para la Construcción del Complejo Deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- Burgos, T. (2015). *Informe de suelos de fundación y Subrasante*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza de Cascara de Arroz para el Mejoramiento de Subrasante*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Castro, G., Daza, J., & García, C. (2006). *Asentamientos Generados por Consolidación Secundaria del Barrio San José de Bavaria Perteneciente a la Localidad de Suba en Bogotá D.C.* Bogotá: Universidad de La Salle.
- Cuadros, C. (2017). *Mejoramiento de las Propiedades Físico -Mecánicas de la Subrasante en una Vía Afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín Mediante la Estabilización Química con Óxido de Calcio - 2016*. Huancayo: Universidad Peruana de Los Andes.
- Cusquisibán, W. (2014). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos utilizando Caucho Granular de Neumáticos para fines Constructivos de Pavimento*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Da Silva, E. (2013). *Consolidation of Soft Soils in the Presence of Band-Shaped Drains*. España: Universidad de Sevilla.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnia*. California State University. Cuarta edición. Internacional Thomson Editores. México.

- Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. California State University. Cuarta edición. Internacional Thomson Editores. México.
- De la Cruz, L. & Salcedo, K. (2016). *Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Aditivos (Eco Road 2000) para Pavimentación en Palian – Huancayo - Junín*. Huancayo: Escuela Peruana de Los Andes.
- Díaz, F. (2018). *Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en la Carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Facultad de Ciencia y Tecnología (2004). *Manual completo, diseño de pavimentos*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Flores, L. (2012). *Evaluación Estructural de Pavimentos Flexibles de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Fuertes, M. (2016). *Estudio Numérico de Terraplenes sobre Suelos Blandos Reforzados con Geosintético y una capa Superficial de Arena*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- García, A. (2015). *Diseño De Pavimento Asfáltico por el Método AASHTO-93 Empleando el Software DisAASHTO-93*. Bogotá, Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada.
- Garnica A., Gómez L. A. (2001). *Deformaciones Permanentes en Materiales Granulares para la Sección Estructural de Carreteras*. Publicación Técnica No. 176. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Qro.
- Garnica, Gomez, & Sesma. (2002). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres*. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Garnica, Gómez, & Sesma. (2002). *Mecánica de materiales para pavimentos*. Ciudad de Mexico: Instituto Mexicano del Transporte.
- Garnica, P. & Gómez, J. (2000). *Módulos de Resiliencia en Suelos Finos y Materiales Granulares*. Publicación Técnica No. 142. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Qro.
- Graciela, M. (1993). *Suelos, Fundación y Muros*. Caracas, Venezuela: ASTROM.

- Guamán, R. (2016). *Estudio del Comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Métodos Químicos (Cal y Cloruro de Sodio)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Hernández, J., Mejía, D. & Zelaya, C. (2016). *Propuesta de Estabilización de Suelos Arcillosos para su Aplicación en Pavimentos Rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador*. El Salvador: Universidad del Salvador.
- Herrera, M. (2014). *Determinación del Módulo Resiliente de Diseño de Pavimentos Mediante Criterios ASSHTO 1993 Y 2002*. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.
- Higuera, C. (2009). *Caracterización de la Resistencia de la Subrasante*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Jácome, J. (2006). *Velocidad de Deformación y Estado Crítico en Suelos Blandos*. Colombia: Universidad de Los Andes.
- Leiva, R. (2016). *Utilización de Bolsas de Polietileno para el Mejoramiento de Suelo a Nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva Km 0+000 - Km 0+100, Distrito de Orcotuna, Concepción*. Huancayo: Universidad del Centro del Perú.
- López T., Hernández J., Horta J., Coronado A. & Castaño V. (2010). *Polímeros para la Estabilización Volumétrica de Arcillas Expansivas*. México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Mba, E. & Tabares, R. (2005). *Diagnóstico de Vía Existente y Diseño del Pavimento Flexible de la Vía Nueva Mediante Parámetros Obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía de Acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Medina, H. (2009). *Física 2*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Minaya, S., & Ordoñez, A. (2006). *Diseño de pavimento moderno*. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima: Resolución Directoral N° 05 – 2013 – MTC/14.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima: Resolución Directoral N° 22 – 2013 – MTC/14.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Lima: Resolución Directoral N° 18 – 2016 – MTC/14.
- Olarte, J. (2015). *Proceso Innovado para Determinar el Espesor de Subrasante Mejorada en Suelos Limo-Arcillosos Aplicado en la Carretera Puente Raither – Puente Paucartambo*. Lima, Perú: Universidad Nacional de ingeniería.
- Oviedo, R. (2013). *Mejoramiento de Sub-rasantes de Baja Capacidad Portante por Medio de la Aplicación de Correlación Deflectométrica*. Lima, Perú: Premio Graña y Montero.
- Peche, E. (2013). *Evaluación de Espesores de Mejoramiento del Suelo de la Subrasante en la Carretera Lima- Canta*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Pinzón, E. (2007). *Comportamiento Visco-Plástico del Suelo en Pruebas de Consolidación a Velocidad de Desplazamiento Constante, Aplicadas a la Determinación de la Permeabilidad*. México: Universidad Nacional Autónoma.
- Provias. (2015). *Estudio de Pre-Inversión a Nivel de Perfil para la Elaboración del Proyecto de "Mejoramiento de la Carretera Emp. PE-04B - Sondor - Socchabamba - Vado Grande" por Niveles de Servicio*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes.
- Rico, A., & Del Castillo, H.. (1992). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México: LIMUSA.
- Ruano, D. (2012). *Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Arenas Volcánicas y Cal Viva*. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Sánchez, M. (2014). *Estabilización de Suelos Expansivos con Cal y Cemento en el Sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí*. Quito: Universidad Católica del Ecuador.
- Teniente, A. (2016). *Análisis Comparativo en la Determinación de la Capacidad Admisible por los Métodos de Terzagui Y Meyerhof, para el Diseño de*

Cimentaciones Superficiales según las Características del Suelo de Inquilpata del Distrito de Anta. Cuzco, Perú: Universidad Andina de Cuzco.

- Ugaz, R. (2006). *Estabilización de Suelos y su Aplicación en el Mejoramiento de Subrasante.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería
- Velásquez, J. (2007). *Guía Práctica para Cálculo de Asentamientos por Consolidación, en Suelos Saturados.* Guatemala: Universidad San Carlos.
- Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones.* México: Limusa.
- Whitlow, R. (1994). *Fundamentos de Mecánica de Suelos.* México: Compañía Editorial Continental.
- Zamora, J. (2014). *Optimización de Tratamientos de Suelos Blandos Bajo Terraplenes.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

7.1 *ANEXO I: Anexo de resultados de los ensayos*

7.1.1 *Resultado de ensayos a la calicata C-1 – Progresiva 10+200*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Código: F-346

Versión 2.0

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha : 28/06/2019

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 10+200

TAMANO MÁXIMO : 2 1/2"

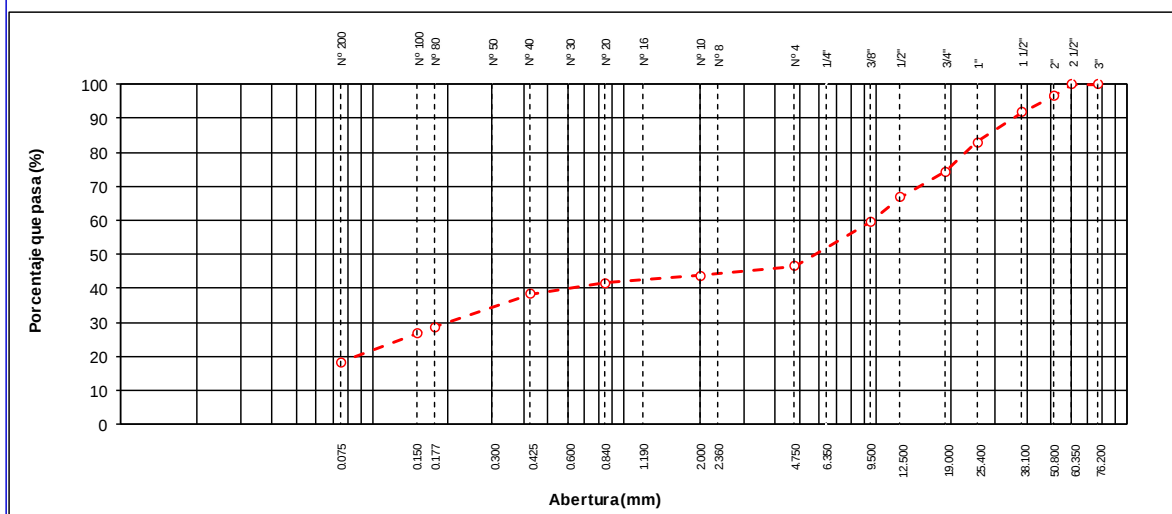
CALICATA : C-1 / M-1

LADO : DER.

MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 0.00 - 0.40 m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 11920.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 12.6
2 1/2"	60.350				100.0		
2"	50.800	402.0	3.4	3.4	96.6		Límite Líquido (LL): 20.6
1 1/2"	38.100	570.0	4.8	8.2	91.8		Límite Plástico (LP): 15.4
1"	25.400	1049.0	8.8	17.0	83.0		Índice Plástico (IP): 5.2
3/4"	19.000	1033.0	8.7	25.6	74.4		Clasificación (SUCS) : GC - GM
1/2"	12.500	897.0	7.5	33.1	66.9		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	869.0	7.3	40.4	59.6		Índice de Consistencia : 1.54
1/4"	6.350	948.0	8.0	48.4	51.6		
Nº 4	4.750	606.0	5.1	53.5	46.5		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena
Nº 10	2.000	325.4	2.7	56.2	43.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	272.7	2.3	58.5	41.5		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	389.1	3.3	61.8	38.2		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 3.4
Nº 80	0.177	1153.6	9.7	71.4	28.6		Grava 2" - Nº 4 : 50.1
Nº 100	0.150	209.8	1.8	73.2	26.8		Arena Nº4 - Nº 200 : 28.3
Nº 200	0.075	1018.6	8.5	81.7	18.3		Finos < Nº 200 : 18.3
< Nº 200	FONDO	2176.8	18.3	100.0			%>3" 0.0%

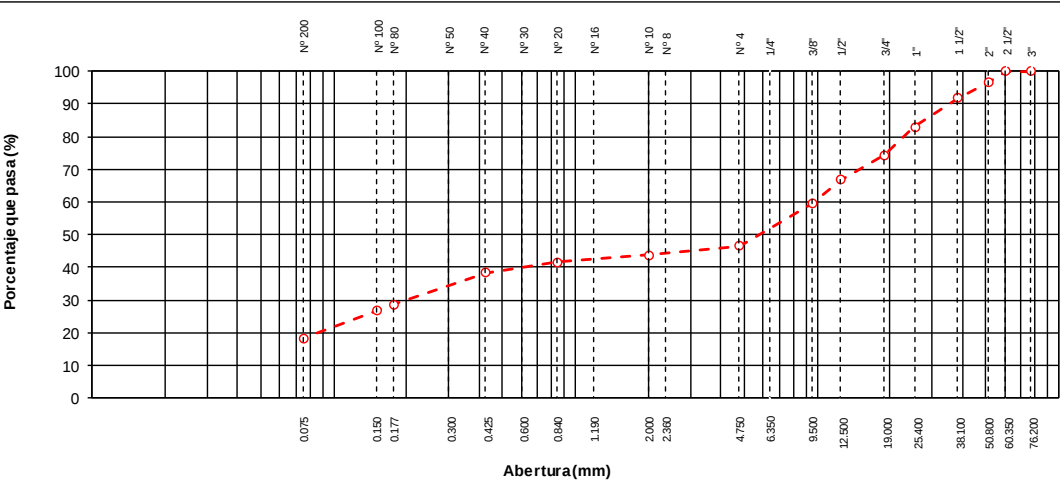
CURVA GRANULOMÉTRICA**LABORATORIO****ASESOR**
GIDER VELA VELA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 133505**OBRAINSA**

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDECENCIA: Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.40 m. TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2" LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	12	13	14	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	46.23	48.20	47.44	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	43.53	45.05	44.03	
PESO DE AGUA (g)	2.70	3.15	3.41	
PESO DEL TARRO (g)	30.16	30.15	28.87	
PESO DEL SUELO SECO (g)	13.37	14.90	15.16	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.19	21.14	22.49	
NUMERO DE GOLPES	29	20	12	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	11	16		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	53.70	55.17		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	50.37	51.73		
PESO DE AGUA (g)	3.33	3.44		
PESO DEL TARRO (g)	28.76	29.43		
PESO DEL SUELO SECO (g)	21.61	22.30		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	15.41	15.43		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	20.6			
LIMITE PLASTICO	15.4			
INDICE DE PLASTICIDAD	5.2			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 10+200</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-1 / M-1</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.40</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 10+200	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"	CALICATA : C-1 / M-1	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.40																													
PROCEDENCIA : Km. 10+200	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"																																					
CALICATA : C-1 / M-1	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.40																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>767.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>681.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>86.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>681.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>12.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">12.6</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	767.5			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	681.5			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	86.0			Peso Suelo Seco (gr.)	681.5			Contenido de Humedad (gr.)	12.6			Promedio (%)	12.6		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	767.5																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	681.5																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	86.0																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	681.5																																					
Contenido de Humedad (gr.)	12.6																																					
Promedio (%)	12.6																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+200			TAMANO MÁXIMO : 2 1/2"				
CALICATA : C-1 / M-2			LADO : DER.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.40 - 1.00 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 11920.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 12.6
2 1/2"	60.350				100.0		
2"	50.800	402.0	3.4	3.4	96.6		Límite Líquido (LL): 20.6
1 1/2"	38.100	570.0	4.8	8.2	91.8		Límite Plástico (LP): 15.4
1"	25.400	1049.0	8.8	17.0	83.0		Índice Plástico (IP): 5.2
3/4"	19.000	1033.0	8.7	25.6	74.4		Clasificación (SUCS) : GC - GM
1/2"	12.500	897.0	7.5	33.1	66.9		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	869.0	7.3	40.4	59.6		Índice de Consistencia : 1.54
1/4"	6.350	948.0	8.0	48.4	51.6		
Nº 4	4.750	606.0	5.1	53.5	46.5		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena
Nº 10	2.000	325.4	2.7	56.2	43.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	272.7	2.3	58.5	41.5		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	389.1	3.3	61.8	38.2		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 3.4
Nº 80	0.177	1153.6	9.7	71.4	28.6		Grava 2" - Nº 4 : 50.1
Nº 100	0.150	209.8	1.8	73.2	26.8		Arena Nº4 - Nº 200 : 28.3
Nº 200	0.075	1018.6	8.5	81.7	18.3		Finos < Nº 200 : 18.3
< Nº 200	FONDO	2176.8	18.3	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	18.3
0.150	26.8
0.177	28.6
0.300	38.2
0.425	41.5
0.600	43.8
0.840	46.5
1.190	51.6
2.000	59.6
2.360	66.9
4.750	74.4
6.350	83.0
9.500	89.7
12.500	91.8
19.000	96.6
25.400	98.2
38.100	99.5
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

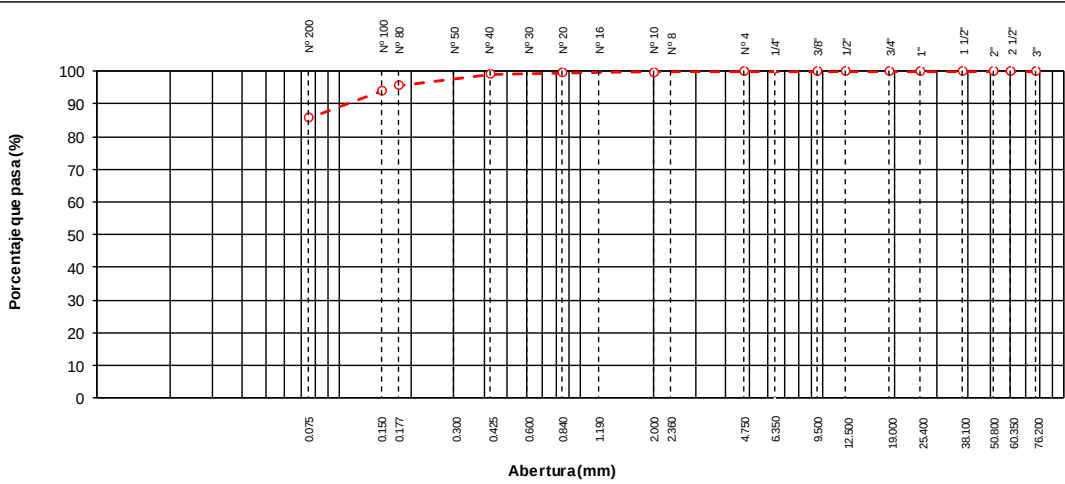
LABORATORIO 	ASESOR  CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDECENCIA: Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.40 - 1.00 m. TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2" LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	12	13	14	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	46.23	48.20	47.44	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	43.53	45.05	44.03	
PESO DE AGUA (g)	2.70	3.15	3.41	
PESO DEL TARRO (g)	30.16	30.15	28.87	
PESO DEL SUELO SECO (g)	13.37	14.90	15.16	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.19	21.14	22.49	
NUMERO DE GOLPES	29	20	12	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	11	16		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	53.70	55.17		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	50.37	51.73		
PESO DE AGUA (g)	3.33	3.44		
PESO DEL TARRO (g)	28.76	29.43		
PESO DEL SUELO SECO (g)	21.61	22.30		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.41	15.43		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	20.6			
LIMITE PLASTICO	15.4			
INDICE DE PLASTICIDAD	5.2			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 10+200</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-1 / M-2</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.40 - 1.00</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 10+200	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"	CALICATA : C-1 / M-2	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.40 - 1.00																													
PROCEDENCIA : Km. 10+200	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"																																					
CALICATA : C-1 / M-2	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.40 - 1.00																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>767.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>681.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>86.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>681.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>12.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">12.6</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	767.5			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	681.5			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	86.0			Peso Suelo Seco (gr.)	681.5			Contenido de Humedad (gr.)	12.6			Promedio (%)	12.6		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	767.5																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	681.5																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	86.0																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	681.5																																					
Contenido de Humedad (gr.)	12.6																																					
Promedio (%)	12.6																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+200			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-1 / M-3			LADO : DER.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 1.00 - 1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 846.4 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 846.4 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 33.9
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 45.6
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 23.5
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 22.1
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (14)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.53
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad
Nº 10	2.000	2.0	0.2	0.2	99.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	2.2	0.3	0.5	99.5		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	2.4	0.3	0.8	99.2		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	30.4	3.6	4.4	95.6		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	13.5	1.6	6.0	94.0		Arena Nº4 - Nº 200 : 14.2
Nº 200	0.075	69.8	8.2	14.2	85.8		Finos < Nº 200 : 85.8
< Nº 200	FONDO	726.1	85.8	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	85.8
0.150	94.0
0.177	95.6
0.300	99.2
0.425	99.5
0.600	99.8
0.840	99.8
1.190	99.8
1.600	99.8
2.000	99.8
2.360	99.8
4.750	99.8
6.350	99.8
9.500	99.8
12.500	99.8
19.000	99.8
25.400	99.8
38.100	99.8
50.800	99.8
60.350	99.8
76.200	99.8

LABORATORIO 	ASESOR  CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS		
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019

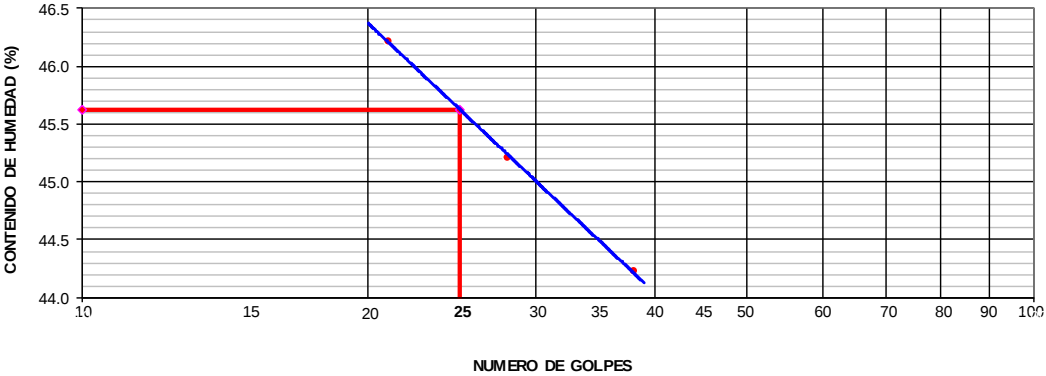
I. Datos Generales

PROCEDECENCIA: Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.
---	---

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		11	12	13
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	52.63	49.56	60.74
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.31	43.52	51.07
PESO DE AGUA	(g)	7.32	6.04	9.67
PESO DEL TARRO	(g)	28.76	30.16	30.15
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.55	13.36	20.92
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	44.23	45.21	46.22
NUMERO DE GOLPES		38	28	21

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		12	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	63.25	60.14	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	56.95	54.44	
PESO DE AGUA	(g)	6.30	5.70	
PESO DEL TARRO	(g)	30.16	30.15	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	26.79	24.29	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.52	23.47	

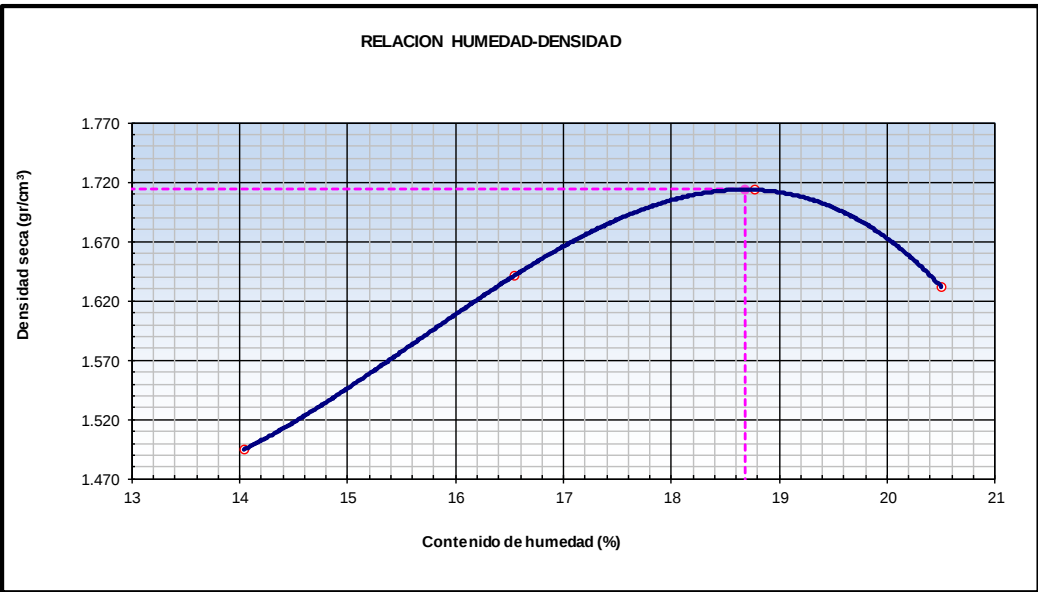
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>45.6</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>23.5</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>22.1</td> </tr> </table>	LIMITE LIQUIDO	45.6	LIMITE PLASTICO	23.5	INDICE DE PLASTICIDAD	22.1	
LIMITE LIQUIDO	45.6						
LIMITE PLASTICO	23.5						
INDICE DE PLASTICIDAD	22.1						

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
		

		CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Código: F-347 Versión 2.0																																					
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																									
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha: 28/06/2019																																					
I. Datos Generales																																									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA : Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50 </td> <td style="width: 40%;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER. </td> </tr> </table>						PROCEDENCIA : Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																		
PROCEDENCIA : Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #003366; color: white;"> <th style="width: 60%;">Nº DE ENSAYOS</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>535.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>400.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>135.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>400.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>33.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">33.9</td> </tr> </tbody> </table>						Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	535.6			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	400.0			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	135.6			Peso Suelo Seco (gr.)	400.0			Contenido de Humedad (gr.)	33.9			Promedio (%)	33.9		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																						
Nº Tara																																									
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	535.6																																								
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	400.0																																								
Peso Tara (gr.)																																									
Peso Agua (gr.)	135.6																																								
Peso Suelo Seco (gr.)	400.0																																								
Contenido de Humedad (gr.)	33.9																																								
Promedio (%)	33.9																																								
Observaciones: 																																									
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA																																					
																																									

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Código: F-350 Versión 2.0				
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha : 28/06/2019				
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50		CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14) LADO : DER.					
Método "A"							
Número de Ensayo		1	2	3	4	5	
Peso suelo + molde	gr	5789	5985	6100	6035		
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1602	1798	1913	1848		
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.704	1.913	2.035	1.966		
Recipiente N°		-	-	-	-		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	396.60	348.70	425.80	258.60		
Peso del suelo seco + tara	gr	347.80	299.20	358.50	214.60		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	48.80	49.50	67.30	44.00		
Peso del suelo seco	gr	347.80	299.20	358.50	214.60		
Contenido de agua	%	14.03	16.54	18.77	20.50		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.495	1.641	1.713	1.631		
					Densidad máxima (gr/cm³)		1.714
					Humedad óptima (%)		18.7
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0													
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019													
I. Datos Generales																
PROCEDENCIA: Km. 10+200 CALICATA : C-1 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.00 - 1.50			CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14) LADO : DER.													
Molde Nº	14		15		16											
Capas Nº	5		5		5											
Golpes por capa Nº	56		25		12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO											
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12015		11943		11726											
Peso de molde (g)	7695		7870		7853											
Peso del suelo húmedo (g)	4320		4073		3873											
Volumen del molde (cm³)	2129		2116		2121											
Densidad húmeda (g/cm³)	2.029		1.925		1.826											
Tara (Nº)																
Peso suelo húmedo + tara (g)	450.60		357.10		436.90											
Peso suelo seco + tara (g)	379.70		301.40		368.20											
Peso de tara (g)																
Peso de agua (g)	70.90		55.70		68.70											
Peso de suelo seco (g)	379.70		301.40		368.20											
Contenido de humedad (%)	18.67		18.48		18.66											
Densidad seca (g/cm³)	1.710		1.625		1.539											
EXPANSION																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION								
				mm %		mm %		mm %								
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0								
23/04/2016	15:01	24	120.0	1.200 1.02	186.0	1.860 1.58	210.0	2.100 1.78								
24/04/2016	15:07	48	220.0	2.200 1.86	300.0	3.000 2.54	389.0	3.890 3.30								
25/04/2016	15:13	72	289.0	2.890 2.45	398.0	3.980 3.37	470.0	4.700 3.98								
26/04/2016	15:19	84	350.0	3.500 2.97	463.0	4.630 3.92	511.0	5.110 4.33								
PENETRACION																
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 14				MOLDE Nº 15				MOLDE Nº 16						
		CARGA Dial (div)	kg	kg	%	CARGA Dial (div)	kg	kg	%	CARGA Dial (div)	kg	kg	%			
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0					
0.635		57.2	57.2			31.5	31.5			8.0	8.0					
1.270		66.0	66.0			36.3	36.3			13.0	13.0					
1.905		77.8	77.8			42.8	42.8			14.8	14.8					
2.540	70.5	110.9	110.9	112.2	7.8	61.0	61.0	61.1	4.2	28.9	28.9	25.0	1.7			
3.810		158.3	158.3			87.1	87.1			35.3	35.3					
5.080	105.7	172.0	172.0	178.8	8.2	94.6	94.6	100.3	4.6	40.9	40.9	41.3	1.9			
6.350		208.5	208.5			114.7	114.7			45.7	45.7					
7.620		229.2	229.2			126.1	126.1			52.6	52.6					
10.160						130.8	130.8			60.1	60.1					
<table border="1"> <tr> <td> LABORATORIO  </td> <td> ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505 </td> <td> OBRAINSA  </td> </tr> </table>														LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 														

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 10+200

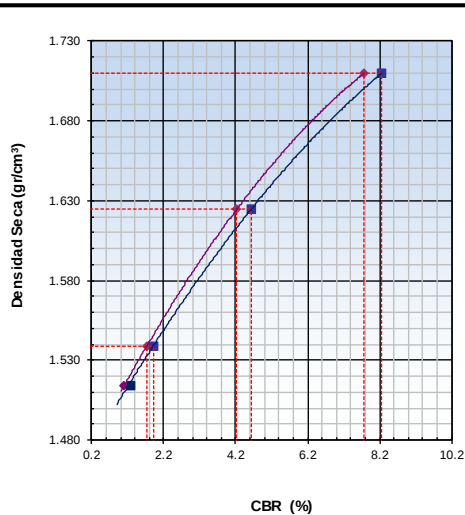
CLASF. (SUCS) : CL

CALICATA : C-1 / M-3

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)

MATERIAL : PLATAFORMA

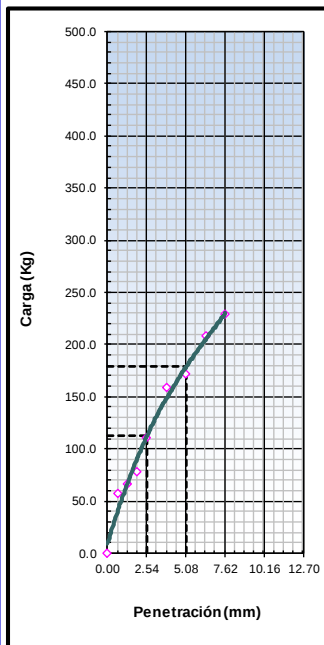
LADO : DER.

PROFUND. : 1.00 - 1.50

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.714
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 18.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.628
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.514

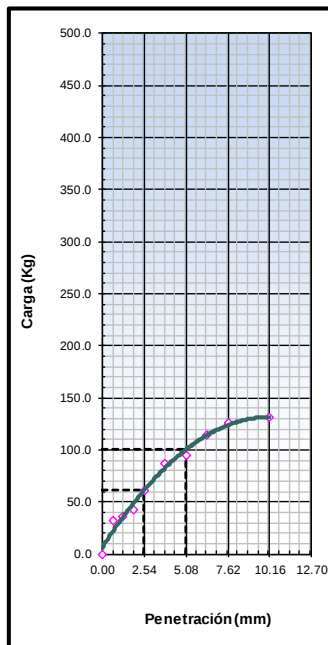
C.B.R. al 100% de M.D.S. (% 0.1")	7.9	0.2" : 8.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (% 0.1")	4.3	0.2" : 4.7
C.B.R. INSITU (%)	0.1"	1.1 0.2" : 1.3

RESULTADOS CBR a 1":

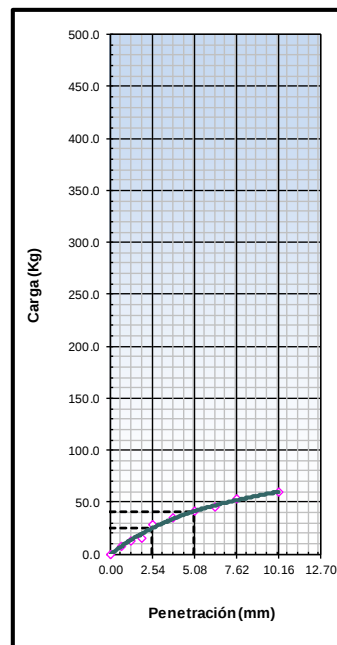
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.3 (%)
 CBR INSITU = 1.1 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1") 7.8%
 CBR (0.2") 8.2%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1") 4.2%
 CBR (0.2") 4.6%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1") 1.7%
 CBR (0.2") 1.9%

LABORATORIO

ASESOR

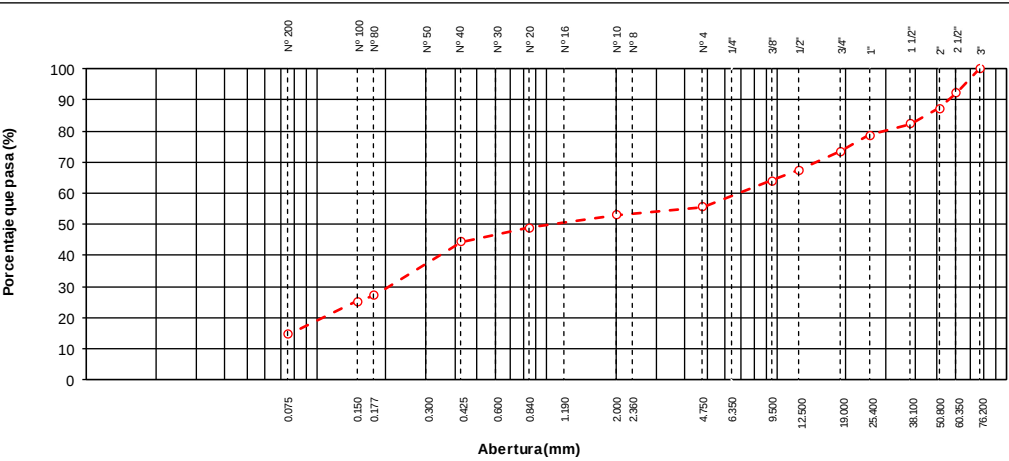
OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 10+200		LADO : DER.			
UBICACIÓN : C-1 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 1.00 - 1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	382.9	402.0	480.8
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	420.1	452.1	535.2
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	125.1	130.6	156.6
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	295.0	321.5	378.6
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	37.2	50.1	54.4
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	41.8	56.3	61.1
7	VOLUMEN MUESTRAPOR DESPLAZAMIENTO(4-6)	cc.	253.2	265.2	317.5
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.512	1.516	1.514
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.514		
10	HUMEDAD NATURAL	%	33.9	33.9	33.9
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+/100))	gr/cc.	1.129	1.132	1.131
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	1.131		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
					

7.1.2 *Resultado de ensayos a la calicata C-2 – Progresiva 10+400*

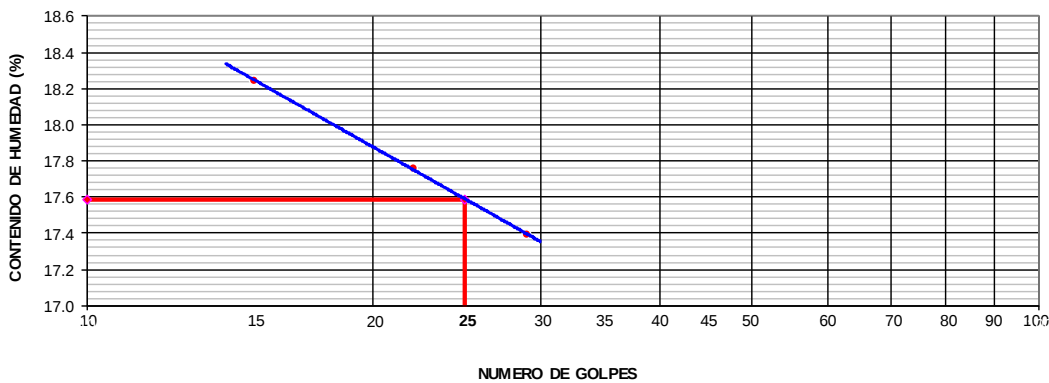
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+400			TAMANO MÁXIMO : 3"				
CALICATA : C-2 / M-1			LADO : IZQ.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 10653.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 720.1 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 5.9
2 1/2"	60.350	825.0	7.7	7.7	92.3		
2"	50.800	536.0	5.0	12.8	87.2		Límite Líquido (LL): 17.6
1 1/2"	38.100	520.0	4.9	17.7	82.3		Límite Plástico (LP): NP
1"	25.400	400.0	3.8	21.4	78.6		Índice Plástico (IP): NP
3/4"	19.000	535.0	5.0	26.4	73.6		Clasificación (SUCS) : GM
1/2"	12.500	653.0	6.1	32.6	67.4		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	365.0	3.4	36.0	64.0		Índice de Consistencia : NP
1/4"	6.350	653.0	6.1	42.1	57.9		
Nº 4	4.750	235.0	2.2	44.3	55.7		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limosa con arena
Nº 10	2.000	295.7	2.8	47.1	52.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	433.2	4.1	51.2	48.8		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	485.1	4.6	55.7	44.3		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 12.8
Nº 80	0.177	1816.1	17.0	72.8	27.2		Grava 2" - Nº 4 : 31.5
Nº 100	0.150	212.5	2.0	74.8	25.2		Arena Nº 4 - Nº 200 : 40.9
Nº 200	0.075	1119.3	10.5	85.3	14.7		Finos < Nº 200 : 14.7
< Nº 200	FONDO	1569.0	14.7	100.0			%>3" : 7.7%

CURVA GRANULOMETRICA



Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
75	100
4.75	55.7
2.36	52.9
1.18	48.8
0.60	44.3
0.30	27.2
0.15	25.2
0.075	14.7

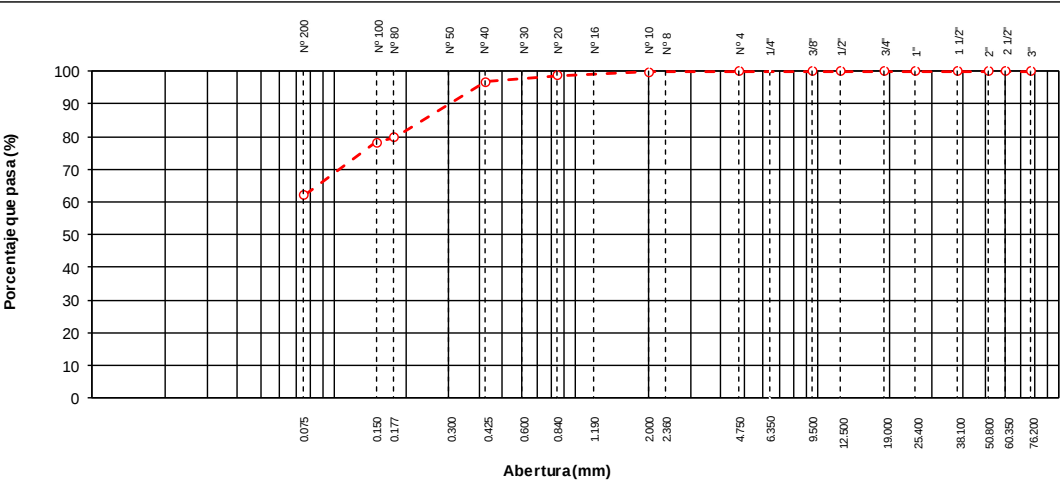
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.50 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	21	22	23	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.69	65.28	69.14	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	60.54	62.22	64.94	
PESO DE AGUA (g)	3.15	3.06	4.20	
PESO DEL TARRO (g)	42.43	44.99	41.92	
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.11	17.23	23.02	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.39	17.76	18.25	
NUMERO DE GOLPES	29	22	15	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NP				
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	17.6			
LIMITE PLASTICO	NP			
INDICE DE PLASTICIDAD	NP			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 10+400</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-2 / M-1</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.50</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 10+400	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-2 / M-1	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.50																													
PROCEDENCIA : Km. 10+400	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-2 / M-1	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.50																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>635.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>600.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>35.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>600.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>5.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">5.9</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	635.6			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	600.0			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	35.6			Peso Suelo Seco (gr.)	600.0			Contenido de Humedad (gr.)	5.9			Promedio (%)	5.9		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	635.6																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	600.0																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	35.6																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	600.0																																					
Contenido de Humedad (gr.)	5.9																																					
Promedio (%)	5.9																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
	 GIDER VELAZQUEZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133605																																					

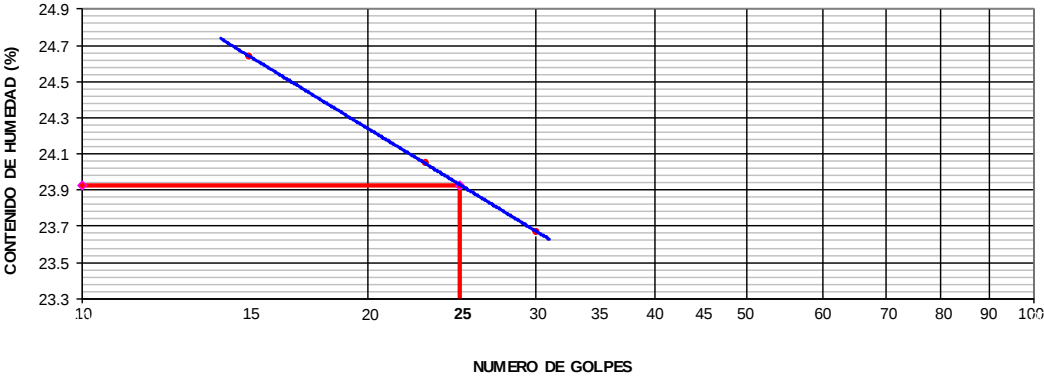
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+400		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-2 / M-2		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.50 - 0.70 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 653.6 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 653.6 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 26.8
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 23.9
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 18.6
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 5.3
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL - ML
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-4 (6)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : -0.54
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): REG-MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla limo arenoso de baja plasticidad
Nº 10	2.000	2.2	0.3	0.3	99.7		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	6.5	1.0	1.3	98.7		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	12.8	2.0	3.3	96.7		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	110.6	16.9	20.2	79.8		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	10.0	1.5	21.7	78.3		Arena Nº4 - Nº 200 : 38.0
Nº 200	0.075	106.3	16.3	38.0	62.0		Finos < Nº 200 : 62.0
< Nº 200	FONDO	405.2	62.0	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



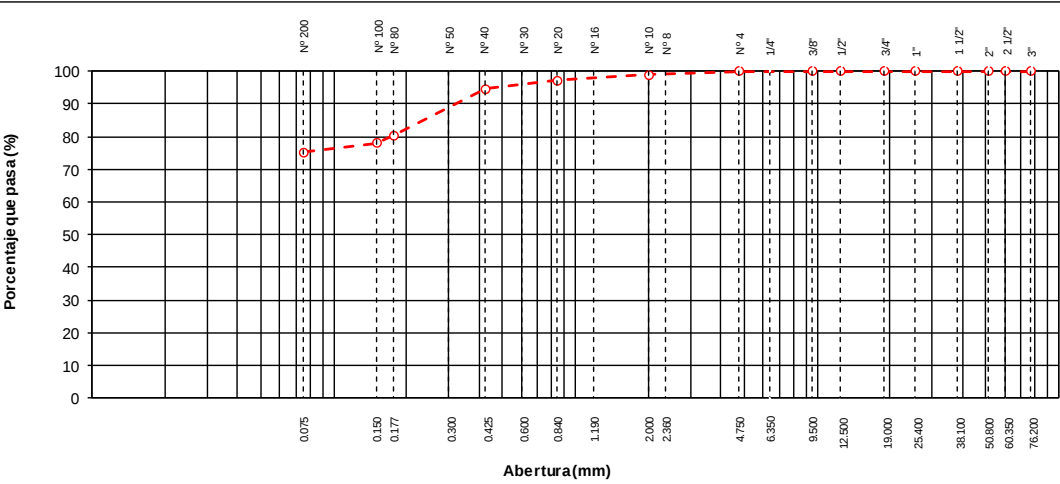
Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	62.0
0.150	78.3
0.177	79.8
0.300	96.7
0.425	98.7
0.600	99.7
0.840	100.0
1.190	100.0
1.600	100.0
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.50 - 0.70 m. TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	10	11	12	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	60.36	63.47	60.26	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	54.27	56.74	54.31	
PESO DE AGUA (g)	6.09	6.73	5.95	
PESO DEL TARRO (g)	28.54	28.76	30.16	
PESO DEL SUELO SECO (g)	25.73	27.98	24.15	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.67	24.05	24.64	
NUMERO DE GOLPES	30	23	15	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	20	21		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	62.69	63.63		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	57.43	60.30		
PESO DE AGUA (g)	5.26	3.33		
PESO DEL TARRO (g)	29.22	42.43		
PESO DEL SUELO SECO (g)	28.21	17.87		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.65	18.63		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	23.9			
LIMITE PLASTICO	18.6			
INDICE DE PLASTICIDAD	5.3			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

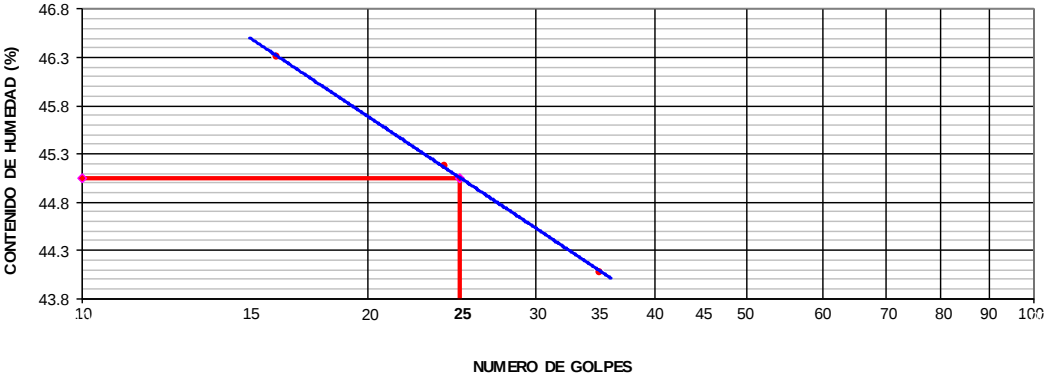
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+400		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-2 / M-3		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.70 - 1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 750.3 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 750.3 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 27.5
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 45.1
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 23.5
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 21.6
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (14)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.81
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	8.2	1.1	1.1	98.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	13.5	1.8	2.9	97.1		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	18.8	2.5	5.4	94.6		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	107.3	14.3	19.7	80.3		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	16.5	2.2	21.9	78.1		Arena Nº4 - Nº 200 : 24.8
Nº 200	0.075	21.7	2.9	24.8	75.2		Finos < Nº 200 : 75.2
< Nº 200	FONDO	564.3	75.2	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

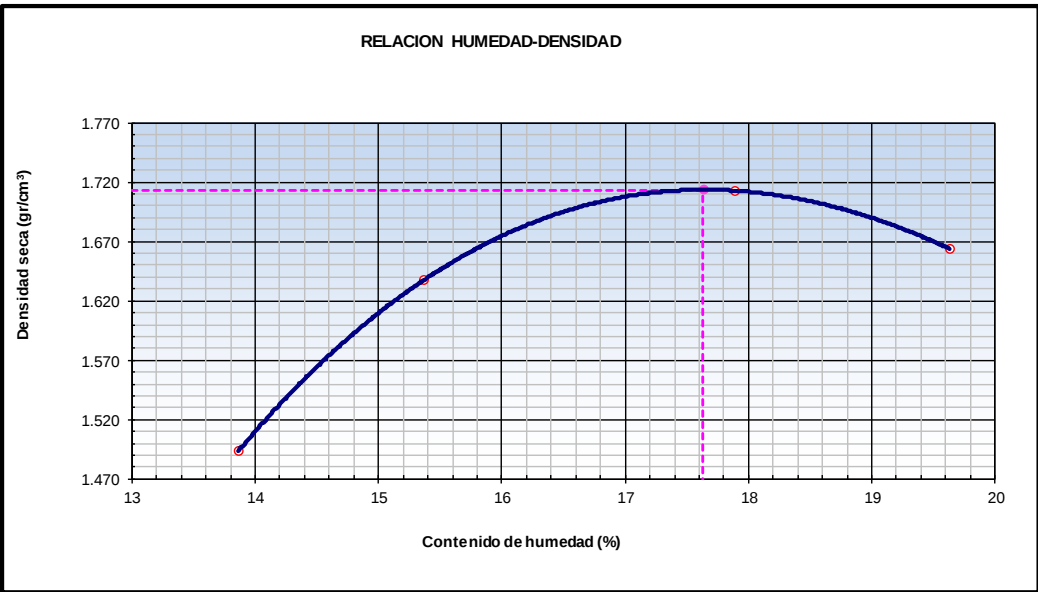


Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	75.2
0.150	78.1
0.300	80.3
0.600	94.6
1.190	97.1
2.000	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDECENCIA: Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.70 - 1.50 m. TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	16	17	18	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.22	63.69	64.40	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	54.27	52.90	53.53	
PESO DE AGUA (g)	10.95	10.79	10.87	
PESO DEL TARRO (g)	29.43	29.02	30.06	
PESO DEL SUELO SECO (g)	24.84	23.88	23.47	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	44.08	45.18	46.31	
NUMERO DE GOLPES	35	24	16	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	23	24		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	60.25	62.15		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	56.75	58.20		
PESO DE AGUA (g)	3.50	3.95		
PESO DEL TARRO (g)	41.92	41.33		
PESO DEL SUELO SECO (g)	14.83	16.87		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.60	23.41		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	45.1			
LIMITE PLASTICO	23.5			
INDICE DE PLASTICIDAD	21.6			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS			
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR	Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales			
PROCEDENCIA : Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.70 - 1.50		TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.	
Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	563.9		
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	442.3		
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	121.6		
Peso Suelo Seco (gr.)	442.3		
Contenido de Humedad (gr.)	27.5		
Promedio (%)	27.5		
Observaciones:			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA	
	 GIDER VELAZUELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133605		

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Código: F-350 Versión 2.0				
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha : 28/06/2019				
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.70 - 1.50		CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14) LADO : IZQ.					
Método "A"							
Número de Ensayo		1	2	3	4	5	
Peso suelo + molde	gr	5785	5963	6085	6058		
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1598	1776	1898	1871		
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.700	1.889	2.019	1.990		
Recipiente N°		-	-	-	-		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	563.60	469.90	435.60	425.90		
Peso del suelo seco + tara	gr	495.00	407.30	369.50	356.00		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	68.60	62.60	66.10	69.90		
Peso del suelo seco	gr	495.00	407.30	369.50	356.00		
Contenido de agua	%	13.86	15.37	17.89	19.63		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.493	1.638	1.713	1.664		
					Densidad máxima (gr/cm³)		1.714
					Humedad óptima (%)		17.6
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0										
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS												
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019										
I. Datos Generales													
PROCEDENCIA: Km. 10+400 CALICATA : C-2 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.70 - 1.50			CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14) LADO : IZQ.										
Molde Nº	7		8		9								
Capas Nº	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12802		12369		12283								
Peso de molde (g)	8534		8282		8412								
Peso del suelo húmedo (g)	4268		4087		3871								
Volumen del molde (cm³)	2125		2140		2136								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.008		1.910		1.812								
Tara (Nº)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	436.90		432.60		525.30								
Peso suelo seco + tara (g)	371.90		367.80		446.30								
Peso de tara (g)													
Peso de agua (g)	65.00		64.80		79.00								
Peso de suelo seco (g)	371.90		367.80		446.30								
Contenido de humedad (%)	17.48		17.62		17.70								
Densidad seca (g/cm³)	1.710		1.624		1.540								
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION					
				mm %		mm %		mm %					
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0					
23/04/2016	15:01	24	135.0	1.350 1.14	196.0	1.960 1.66	225.0	2.250 1.91					
24/04/2016	15:07	48	263.0	2.630 2.23	320.0	3.200 2.71	421.0	4.210 3.57					
25/04/2016	15:13	72	396.0	3.960 3.36	450.0	4.500 3.81	536.0	5.360 4.54					
26/04/2016	15:19	84	485.0	4.850 4.11	563.0	5.630 4.77	685.0	6.850 5.81					
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		91.9	91.9			38.6	38.6			17.3	17.3		
1.270		110.0	110.0			46.2	46.2			20.7	20.7		
1.905		128.0	128.0			53.8	53.8			24.2	24.2		
2.540	70.5	158.8	158.8	162.1	11.2	66.7	66.7	64.5	4.5	30.0	30.0	29.0	2.0
3.810		194.2	194.2			81.6	81.6			36.7	36.7		
5.080	105.7	257.8	257.8	249.6	11.5	108.3	108.3	115.8	5.3	48.7	48.7	52.1	2.4
6.350		321.6	321.6			135.1	135.1			60.7	60.7		
7.620		425.7	425.7			178.8	178.8			80.4	80.4		
10.160						198.3	198.3			89.2	89.2		
LABORATORIO  ASESOR  OBRAINSA 													

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 10+400

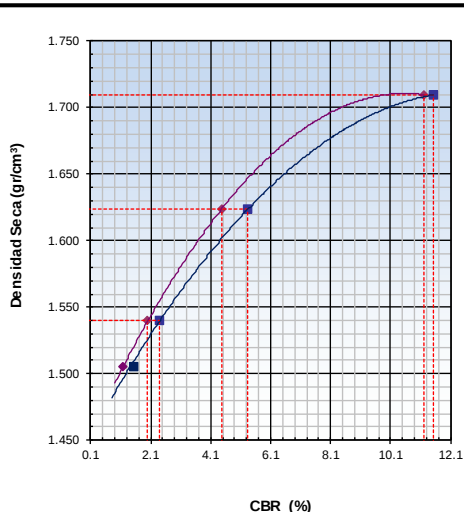
CALICATA : C-2 / M-3

MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 0.70 - 1.50

CLASF. (SUCS) : CL

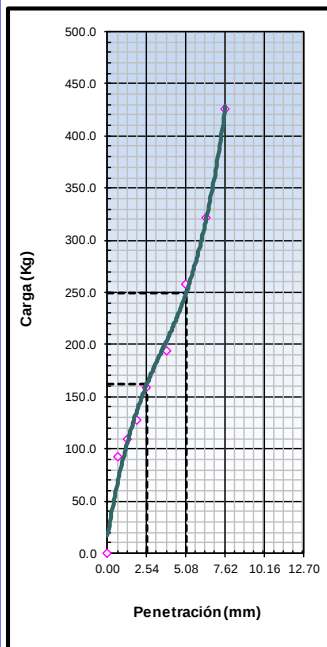
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)

LADO : IZQ.

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.714
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.628
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.505

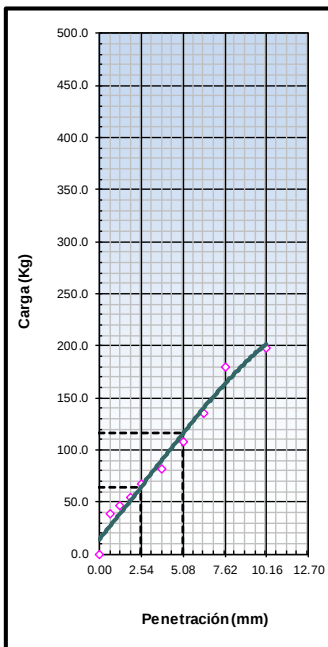
CBR al 100% de M.D.S. (0.1")	11.6	0.2" : 11.9
CBR al 95% de M.D.S. (0.1")	4.7	0.2" : 5.6
CBR INSITU (%)	1.2	0.2" : 1.6

RESULTADOS CBR a 1":

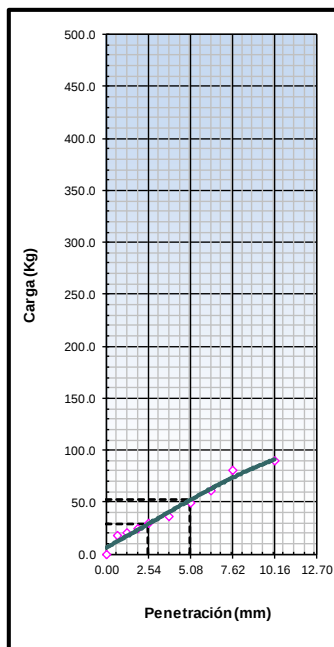
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.7 (%)
 CBR INSITU = 1.2 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1")	11.2%
CBR (0.2")	11.5%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1")	4.5%
CBR (0.2")	5.3%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1")	2.0%
CBR (0.2")	2.4%

LABORATORIO

ASESOR

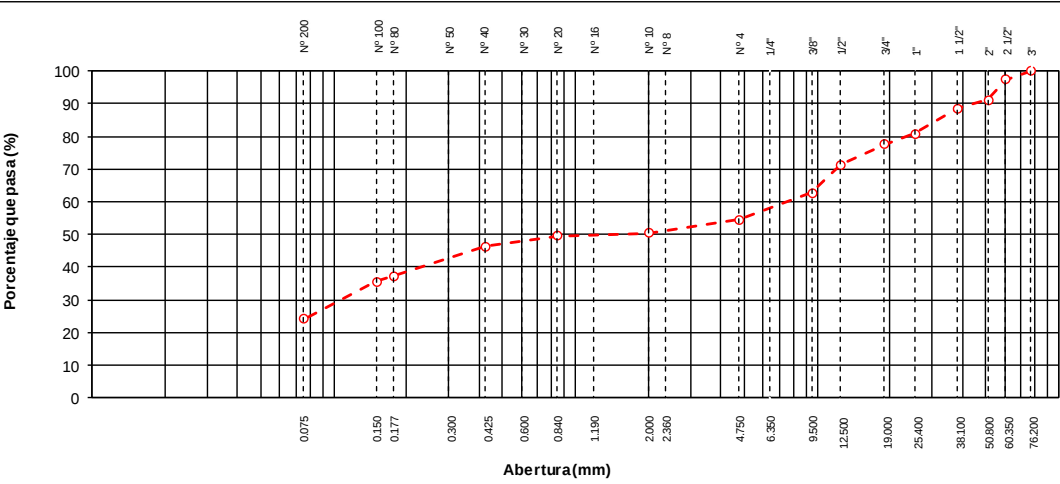
OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 10+400		LADO : IZQ.			
UBICACIÓN : C-2 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.70 - 1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	384.3	357.6	374.1
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	452.3	395.8	420.6
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	120.4	115.2	120.1
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	331.9	280.6	300.5
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	68.0	38.2	46.5
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	76.4	42.9	52.2
7	VOLUMEN MUESTRAPOR DESPLAZAMIENTO(4-6)	cc.	255.5	237.7	248.3
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.504	1.505	1.507
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.505		
10	HUMEDAD NATURAL	%	27.5	27.5	27.5
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+/100))	gr/cc.	1.180	1.180	1.182
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	1.181		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
					

7.1.3 *Resultado de ensayos a la calicata C-3 – Progresiva 10+750*

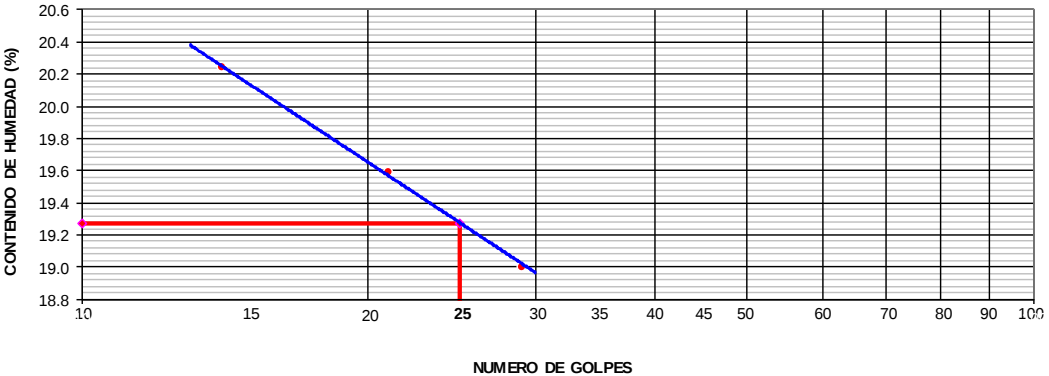
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+750		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-3 / M-1		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.30 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 21363.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 6.1
2 1/2"	60.350	563.0	2.6	2.6	97.4		
2"	50.800	1341.0	6.3	8.9	91.1		Límite Líquido (LL): 19.3
1 1/2"	38.100	525.0	2.5	11.4	88.6		Límite Plástico (LP): 15.0
1"	25.400	1685.0	7.9	19.3	80.7		Índice Plástico (IP): 4.3
3/4"	19.000	658.0	3.1	22.3	77.7		Clasificación (SUCS) : GC - GM
1/2"	12.500	1354.0	6.3	28.7	71.3		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	1854.0	8.7	37.4	62.6		Índice de Consistencia : 3.08
1/4"	6.350	1210.0	5.7	43.0	57.0		
Nº 4	4.750	536.0	2.5	45.5	54.5		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena
Nº 10	2.000	884.4	4.1	49.7	50.3		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	159.0	0.7	50.4	49.6		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	709.9	3.3	53.7	46.3		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 8.9
Nº 80	0.177	1902.6	8.9	62.6	37.4		Grava 2" - Nº 4 : 36.6
Nº 100	0.150	391.8	1.8	64.5	35.5		Arena Nº4 - Nº 200 : 30.3
Nº 200	0.075	2430.2	11.4	75.9	24.1		Finos < Nº 200 : 24.1
< Nº 200	FONDO	5159.1	24.1	100.0			%>3" 2.6%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	24.1
0.150	35.5
0.177	37.4
0.300	46.3
0.425	49.6
0.600	50.3
0.840	50.4
1.190	50.4
2.000	50.3
2.360	49.6
4.750	54.5
6.350	57.0
9.500	62.6
12.500	71.3
19.000	77.7
25.400	80.7
38.100	88.6
50.800	91.1
60.350	97.4
76.200	100.0

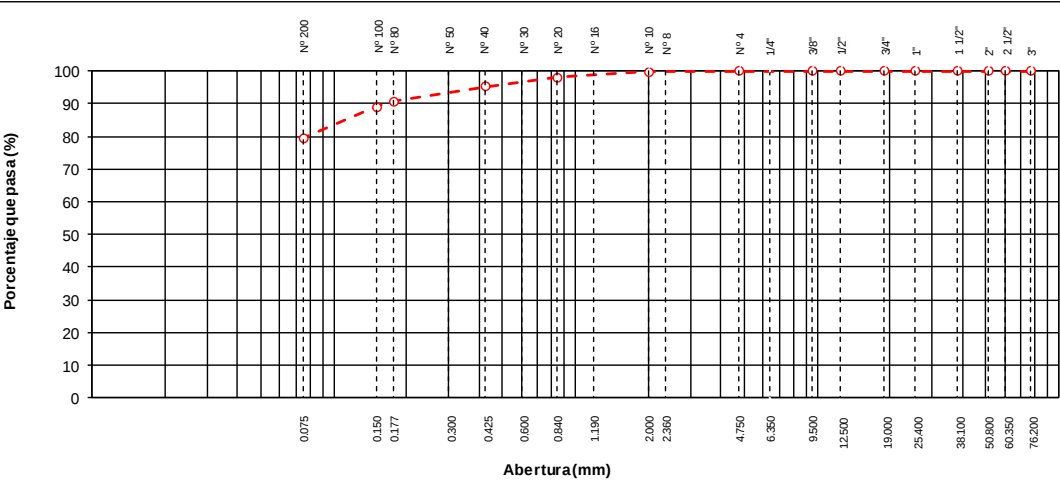
LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.30 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	12	13	14	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.47	62.25	63.62	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.15	56.99	57.77	
PESO DE AGUA (g)	5.32	5.26	5.85	
PESO DEL TARRO (g)	30.16	30.15	28.87	
PESO DEL SUELO SECO (g)	27.99	26.84	28.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.01	19.60	20.24	
NUMERO DE GOLPES	29	21	14	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	26	27		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.24	66.39		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	62.26	63.21		
PESO DE AGUA (g)	2.98	3.18		
PESO DEL TARRO (g)	41.38	42.92		
PESO DEL SUELO SECO (g)	20.88	20.29		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.27	15.67		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	19.3			
LIMITE PLASTICO	15.0			
INDICE DE PLASTICIDAD	4.3			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 10+750</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-3 / M-1</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.30</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 10+750	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-3 / M-1	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.30																													
PROCEDENCIA : Km. 10+750	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-3 / M-1	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.30																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>636.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>600.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>36.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>600.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>6.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">6.1</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	636.9			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	600.1			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	36.8			Peso Suelo Seco (gr.)	600.1			Contenido de Humedad (gr.)	6.1			Promedio (%)	6.1		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	636.9																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	600.1																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	36.8																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	600.1																																					
Contenido de Humedad (gr.)	6.1																																					
Promedio (%)	6.1																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

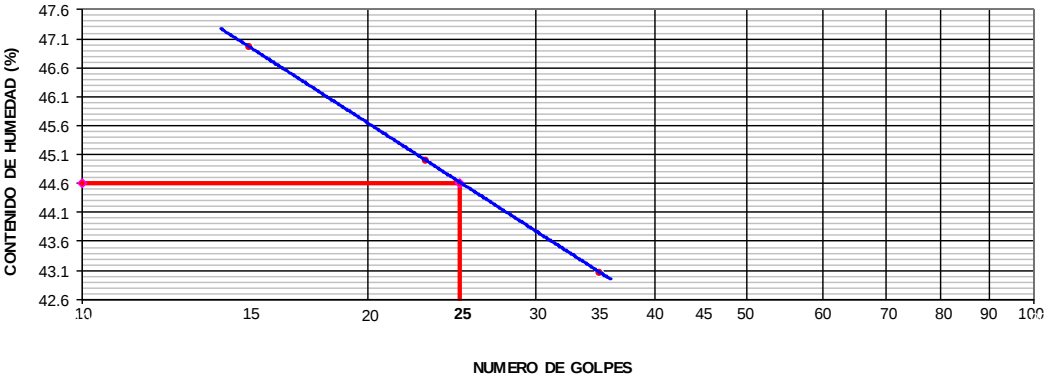
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 10+750		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-3 / M-2		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.30 - 1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 554.2 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 554.2 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 32.1
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 44.6
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 14.4
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 30.2
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (17)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.41
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	1.2	0.2	0.2	99.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	9.6	1.7	1.9	98.1		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	15.3	2.8	4.7	95.3		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	25.3	4.6	9.3	90.7		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	10.2	1.8	11.1	88.9		Arena Nº4 - Nº 200 : 20.5
Nº 200	0.075	52.1	9.4	20.5	79.5		Finos < Nº 200 : 79.5
< Nº 200	FONDO	440.5	79.5	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

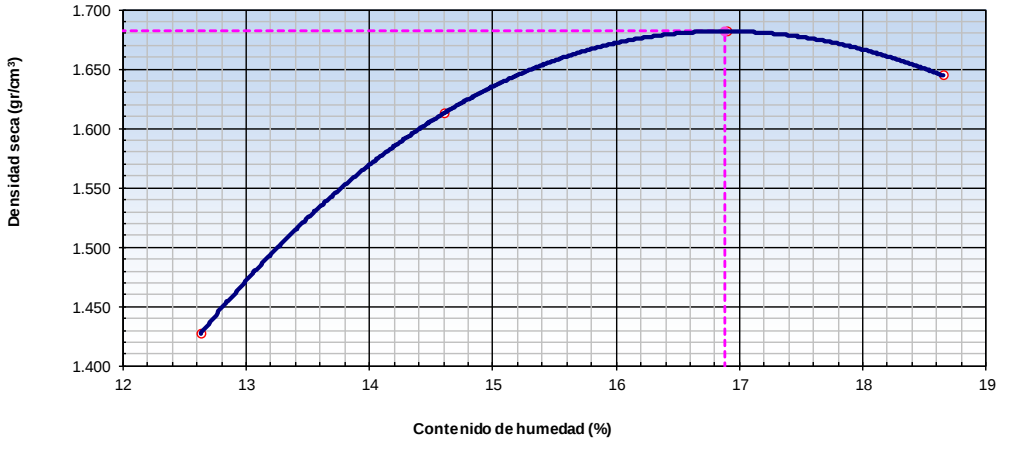


Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	79.5
0.150	88.9
0.177	90.7
0.300	95.3
0.425	98.1
0.600	99.8
0.840	100.0
1.190	100.0
1.600	100.0
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO 	ASESOR  GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0																																													
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																													
I. Datos Generales																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> PROCEDENCIA: Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.50 m. </td> <td style="width: 50%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.50 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																											
PROCEDENCIA: Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.50 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE LIQUIDO (MTCE110)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° TARRO</td> <td></td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td></td> <td>65.14</td> <td>63.11</td> <td>65.25</td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>58.15</td> <td>56.35</td> <td>58.46</td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td></td> <td>6.99</td> <td>6.76</td> <td>6.79</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td></td> <td>41.92</td> <td>41.33</td> <td>44.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>16.23</td> <td>15.02</td> <td>14.46</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td></td> <td>43.07</td> <td>45.01</td> <td>46.96</td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td></td> <td>35</td> <td>23</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LIQUIDO (MTCE110)					N° TARRO		23	24	25	PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.14	63.11	65.25	PESO TARRO + SUELO SECO (g)		58.15	56.35	58.46	PESO DE AGUA (g)		6.99	6.76	6.79	PESO DEL TARRO (g)		41.92	41.33	44.00	PESO DEL SUELO SECO (g)		16.23	15.02	14.46	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		43.07	45.01	46.96	NUMERO DE GOLPES		35	23	15
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)																																															
N° TARRO		23	24	25																																											
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.14	63.11	65.25																																											
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		58.15	56.35	58.46																																											
PESO DE AGUA (g)		6.99	6.76	6.79																																											
PESO DEL TARRO (g)		41.92	41.33	44.00																																											
PESO DEL SUELO SECO (g)		16.23	15.02	14.46																																											
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		43.07	45.01	46.96																																											
NUMERO DE GOLPES		35	23	15																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE PLASTICO (MTCE111)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° TARRO</td> <td></td> <td>26</td> <td>26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td></td> <td>65.24</td> <td>66.39</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>62.26</td> <td>63.21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td></td> <td>2.98</td> <td>3.18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td></td> <td>41.38</td> <td>41.38</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>20.88</td> <td>21.83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td></td> <td>14.27</td> <td>14.57</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLASTICO (MTCE111)					N° TARRO		26	26		PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.24	66.39		PESO TARRO + SUELO SECO (g)		62.26	63.21		PESO DE AGUA (g)		2.98	3.18		PESO DEL TARRO (g)		41.38	41.38		PESO DEL SUELO SECO (g)		20.88	21.83		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		14.27	14.57						
LIMITE PLASTICO (MTCE111)																																															
N° TARRO		26	26																																												
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.24	66.39																																												
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		62.26	63.21																																												
PESO DE AGUA (g)		2.98	3.18																																												
PESO DEL TARRO (g)		41.38	41.38																																												
PESO DEL SUELO SECO (g)		20.88	21.83																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		14.27	14.57																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES 																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>44.6</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>14.4</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>30.2</td> </tr> </tbody> </table>		CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		LIMITE LIQUIDO	44.6	LIMITE PLASTICO	14.4	INDICE DE PLASTICIDAD	30.2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </tbody> </table>	OBSERVACIONES																																				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA																																															
LIMITE LIQUIDO	44.6																																														
LIMITE PLASTICO	14.4																																														
INDICE DE PLASTICIDAD	30.2																																														
OBSERVACIONES																																															
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																													
																																															

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 10+750</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-3 / M-2</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.30 - 1.50</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 10+750	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-3 / M-2	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.30 - 1.50																													
PROCEDENCIA : Km. 10+750	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-3 / M-2	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.30 - 1.50																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>535.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>405.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>130.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>405.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>32.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">32.1</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	535.6			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	405.3			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	130.3			Peso Suelo Seco (gr.)	405.3			Contenido de Humedad (gr.)	32.1			Promedio (%)	32.1		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	535.6																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	405.3																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	130.3																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	405.3																																					
Contenido de Humedad (gr.)	32.1																																					
Promedio (%)	32.1																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
	 GIDER VELAZQUEZ INGENIERO CIVIL Reg/ CIP Nº 133605																																					

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)	Código: F-350 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.50		CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (17) LADO : DER.			
Método "A"					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5698	5925	6035	6021
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187
Peso suelo húmedo compactado	gr	1511	1738	1848	1834
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940
Peso volumétrico húmedo	gr	1.607	1.849	1.966	1.951
Recipiente N°		-	-	-	-
Peso del suelo húmedo+tara	gr	265.80	332.60	289.20	265.90
Peso del suelo seco + tara	gr	236.00	290.20	247.40	224.10
Tara	gr				
Peso de agua	gr	29.80	42.40	41.80	41.80
Peso del suelo seco	gr	236.00	290.20	247.40	224.10
Contenido de agua	%	12.63	14.61	16.90	18.65
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.427	1.613	1.682	1.644
Densidad máxima (gr/cm³)					1.682
Humedad óptima (%)					16.9
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD 					
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA			
					

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0										
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS												
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019										
I. Datos Generales													
PROCEDENCIA: Km. 10+750 CALICATA : C-3 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.50			CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (17) LADO : DER.										
Molde Nº	4		5		6								
Capas Nº	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11484		11491		11950								
Peso de molde (g)	7320		7512		8200								
Peso del suelo húmedo (g)	4164		3979		3750								
Volumen del molde (cm³)	2122		2136		2126								
Densidad húmeda (g/cm³)	1.962		1.863		1.764								
Tara (Nº)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	451.20		465.90		405.80								
Peso suelo seco + tara (g)	386.30		398.20		347.60								
Peso de tara (g)													
Peso de agua (g)	64.90		67.70		58.20								
Peso de suelo seco (g)	386.30		398.20		347.60								
Contenido de humedad (%)	16.80		17.00		16.74								
Densidad seca (g/cm³)	1.680		1.592		1.511								
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION					
				mm %		mm %		mm %					
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0					
23/04/2016	15:01	24	135.0	1.350 1.14	198.0	1.980 1.68	236.0	2.360 2.00					
24/04/2016	15:07	48	256.0	2.560 2.17	336.0	3.360 2.85	421.0	4.210 3.57					
25/04/2016	15:13	72	310.0	3.100 2.63	400.0	4.000 3.39	498.0	4.980 4.22					
26/04/2016	15:19	84	389.0	3.890 3.30	488.0	4.880 4.14	563.0	5.630 4.77					
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		65.8	65.8			34.8	34.8			16.7	16.7		
1.270		83.6	83.6			44.3	44.3			21.2	21.2		
1.905		98.6	98.6			52.2	52.2			25.0	25.0		
2.540	70.5	120.5	120.5	124.4	8.6	63.8	63.8	63.3	4.4	30.6	30.6	30.3	2.1
3.810		145.9	145.9			77.3	77.3			37.1	37.1		
5.080	105.7	215.6	215.6	196.4	9.1	114.2	114.2	111.9	5.2	54.8	54.8	53.7	2.5
6.350		238.9	238.9			126.6	126.6			60.7	60.7		
7.620		320.0	320.0			169.6	169.6			81.4	81.4		
10.160						198.3	198.3			95.1	95.1		
LABORATORIO  ASESOR  OBRAINSA 													

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 10+750

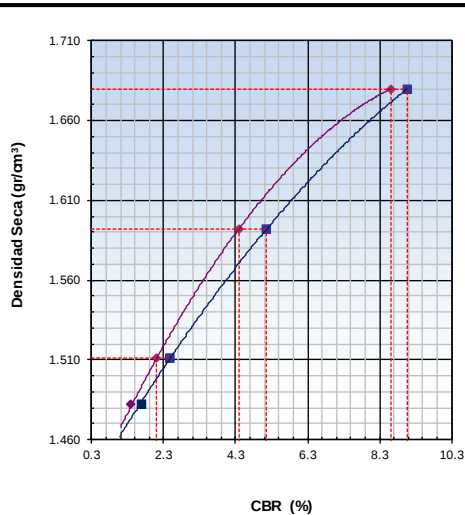
CLASF. (SUCS) : CL

CALICATA : C-3 / M-2

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (17)

MATERIAL : PLATAFORMA

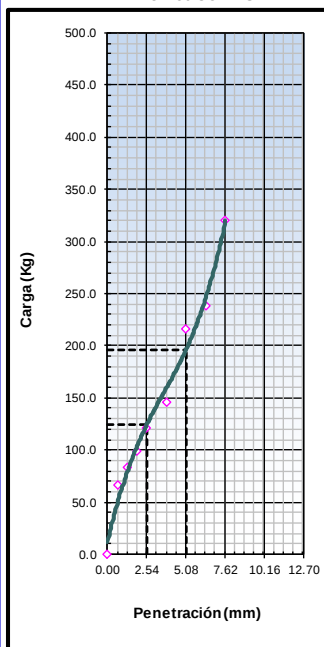
LADO : DER.

PROFUND. : 0.30 - 1.50

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.682
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.598
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.483

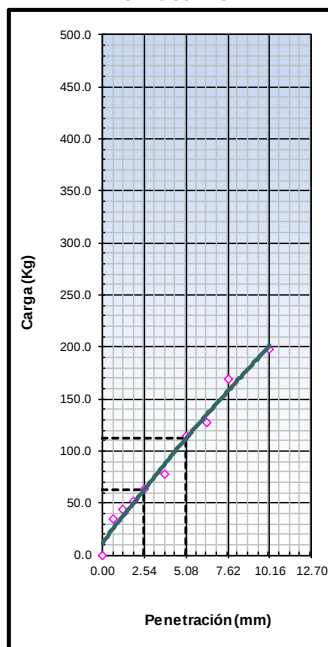
C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1")	8.7	0.2" : 9.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1")	4.6	0.2" : 5.4
C.B.R. INSITU (%)	0.1"	1.4 0.2" : 1.7

RESULTADOS CBR a 1":

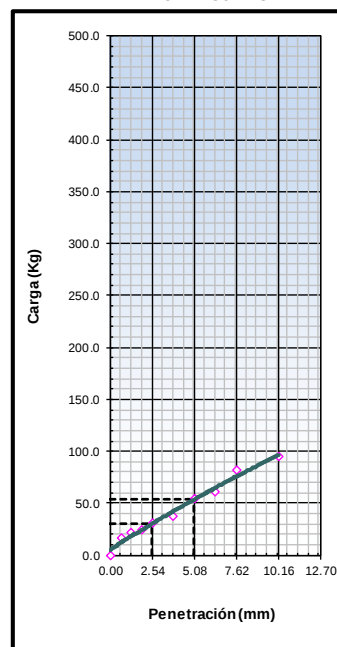
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.6 (%)
 CBR INSITU = 1.4 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1") 8.6%
 CBR (0.2") 9.3%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1") 4.4%
 CBR (0.2") 5.2%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1") 2.3%
 CBR (0.2") 2.5%

LABORATORIO

ASESOR

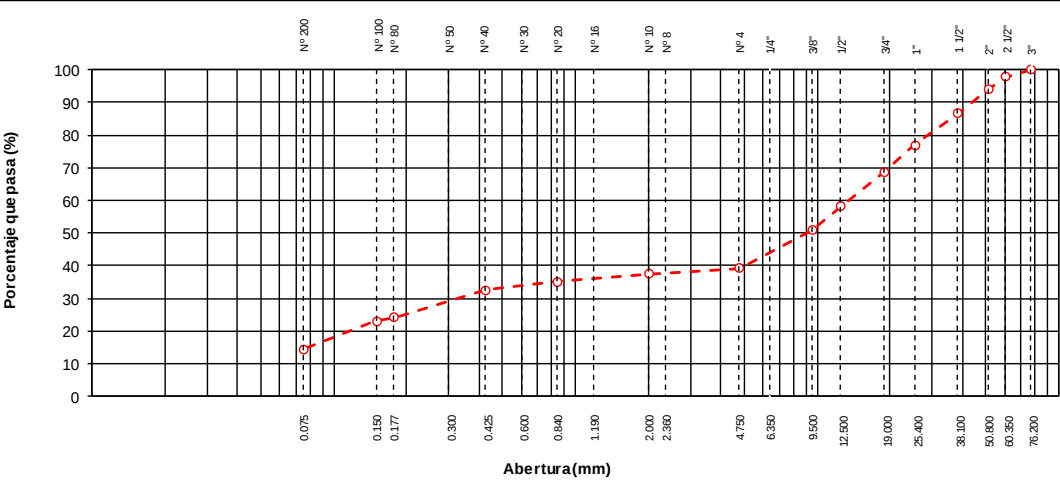
OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 10+750		LADO : DER.			
UBICACIÓN : C-3 / M-2					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.30 - 1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	421.0	340.9	406.4
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	510.3	425.9	509.3
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	125.6	100.3	120.1
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	384.7	325.6	389.2
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	89.3	85.0	102.9
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	100.3	95.5	115.6
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	284.4	230.1	273.6
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.481	1.482	1.485
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.483		
10	HUMEDAD NATURAL	%	32.1	32.1	32.1
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+100))	gr/cc.	1.120	1.121	1.124
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	1.122		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
					

7.1.4 *Resultado de ensayos a la calicata C-4 – Progresiva 11+000*

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+000		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-4 / M-1		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.20 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 16854.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 635.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 8.2
2 1/2"	60.350	365.0	2.2	2.2	97.8		
2"	50.800	652.0	3.9	6.0	94.0		Límite Líquido (LL): 19.9
1 1/2"	38.100	1247.0	7.4	13.4	86.6		Límite Plástico (LP): 15.6
1"	25.400	1635.0	9.7	23.1	76.9		Índice Plástico (IP): 4.3
3/4"	19.000	1384.0	8.2	31.3	68.7		Clasificación (SUCS) : GC - GM
1/2"	12.500	1754.0	10.4	41.8	58.2		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	1254.0	7.4	49.2	50.8		Índice de Consistencia : 2.72
1/4"	6.350	1141.0	6.8	56.0	44.0		
Nº 4	4.750	820.0	4.9	60.8	39.2		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena
Nº 10	2.000	300.5	1.8	62.6	37.4		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	368.0	2.2	64.8	35.2		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	469.9	2.8	67.6	32.4		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 6.0
Nº 80	0.177	1405.7	8.3	75.9	24.1		Grava 2" - Nº 4 : 54.8
Nº 100	0.150	189.2	1.1	77.0	23.0		Arena Nº4 - Nº 200 : 24.8
Nº 200	0.075	1448.3	8.6	85.6	14.4		Finos < Nº 200 : 14.4
< Nº 200	FONDO	2420.4	14.4	100.0			%>3" 2.2%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	14.4
0.150	23.0
0.177	24.1
0.300	32.4
0.425	35.2
0.600	37.4
0.840	39.2
1.190	44.0
2.000	50.8
2.360	58.2
4.750	76.9
6.350	86.6
9.500	94.0
12.500	97.8
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS		
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019

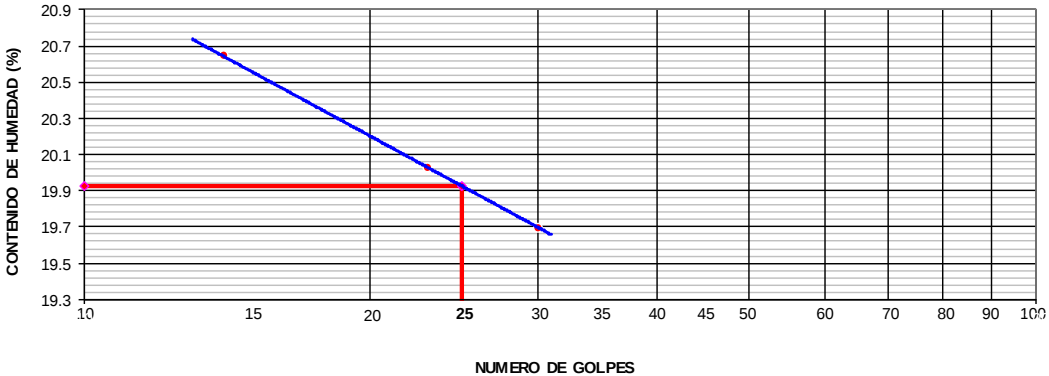
I. Datos Generales

PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.20 m.	TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : IZQ.
---	---

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
Nº TARRO		25	26	27
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	72.56	68.35	65.36
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	67.86	63.85	61.52
PESO DE AGUA	(g)	4.70	4.50	3.84
PESO DEL TARRO	(g)	44.00	41.38	42.92
PESO DEL SUELO SECO	(g)	23.86	22.47	18.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.70	20.03	20.65
NUMERO DE GOLPES		30	23	14

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
Nº TARRO		12	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	69.98	68.25	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	64.59	63.12	
PESO DE AGUA	(g)	5.39	5.13	
PESO DEL TARRO	(g)	30.16	30.15	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	34.43	32.97	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	15.65	15.56	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



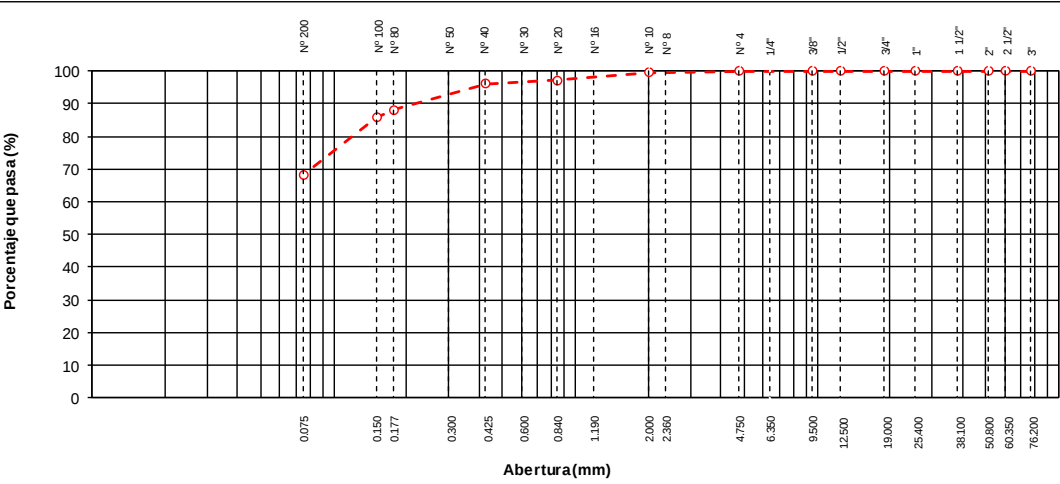
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES
LIMITE LIQUIDO	19.9	
LIMITE PLASTICO	15.6	
INDICE DE PLASTICIDAD	4.3	

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
		

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+000</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-4 / M-1</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.20</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+000	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-4 / M-1	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.20																													
PROCEDENCIA : Km. 11+000	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-4 / M-1	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.20																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>525.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>485.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>39.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>485.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>8.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">8.2</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	525.6			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	485.9			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	39.7			Peso Suelo Seco (gr.)	485.9			Contenido de Humedad (gr.)	8.2			Promedio (%)	8.2		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	525.6																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	485.9																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	39.7																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	485.9																																					
Contenido de Humedad (gr.)	8.2																																					
Promedio (%)	8.2																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

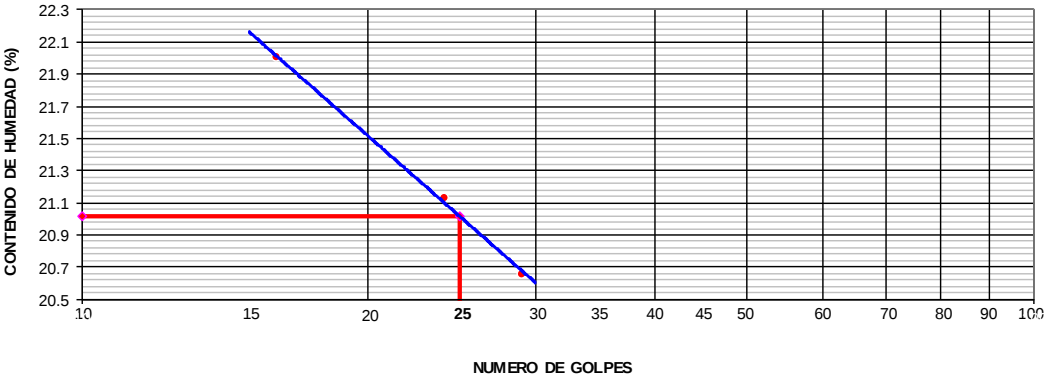
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+000			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-4 / M-2			LADO : IZQ.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.20 - 0.60 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 658.2 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 658.2 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 20.3
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 21.0
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 15.6
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 5.4
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL - ML
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-4 (7)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.12
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): REG-MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla limo arenoso de baja plasticidad
Nº 10	2.000	2.8	0.4	0.4	99.6		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	15.6	2.4	2.8	97.2		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	7.4	1.1	3.9	96.1		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	52.2	7.9	11.9	88.1		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	15.3	2.3	14.2	85.8		Arena Nº4 - Nº 200 : 31.7
Nº 200	0.075	115.6	17.6	31.7	68.3		Finos < Nº 200 : 68.3
< Nº 200	FONDO	449.3	68.3	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

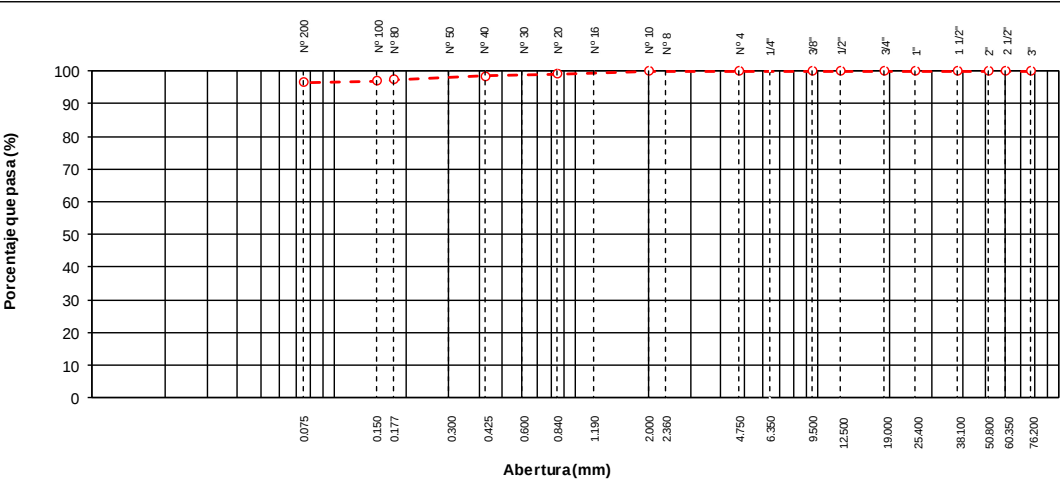


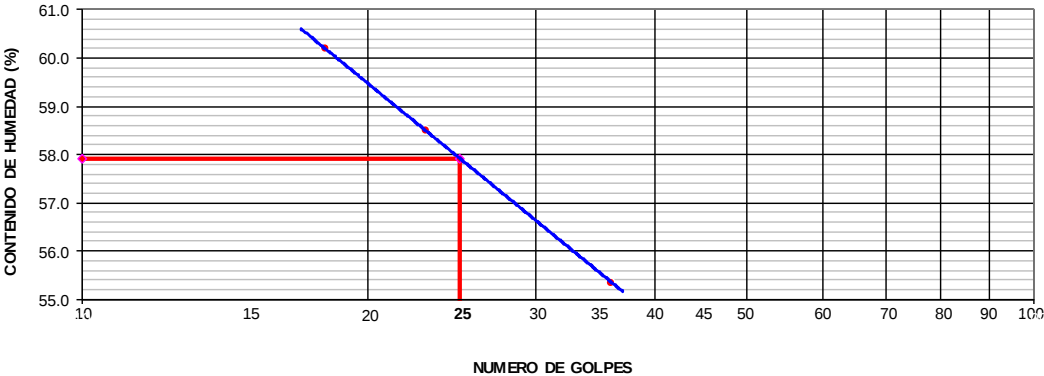
Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	68.3
0.150	15.3
0.177	52.2
0.300	2.3
0.425	7.9
0.600	11.9
0.840	14.2
1.190	15.3
2.000	85.8
2.360	96.1
4.750	97.2
6.350	99.6
9.500	99.6
12.500	99.6
19.000	99.6
25.400	99.6
38.100	99.6
50.800	99.6
60.350	99.6
76.200	99.6

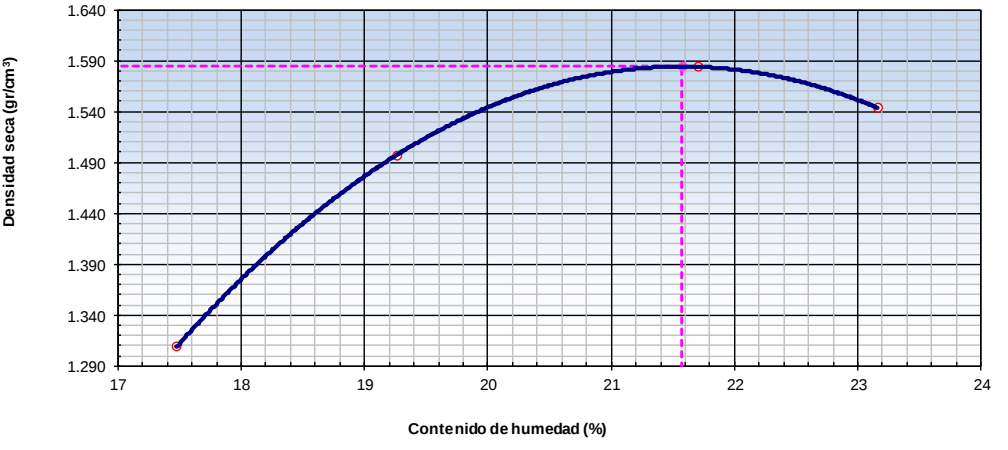
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0																																													
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																													
I. Datos Generales																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.20 - 0.60 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.20 - 0.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																											
PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.20 - 0.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE LIQUIDO (MTCE110)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>65.36</td> <td>66.74</td> <td>64.87</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>61.46</td> <td>62.61</td> <td>61.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>3.90</td> <td>4.13</td> <td>3.84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>42.58</td> <td>43.07</td> <td>43.58</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>18.88</td> <td>19.54</td> <td>17.45</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>20.66</td> <td>21.14</td> <td>22.01</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td>29</td> <td>24</td> <td>16</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LIQUIDO (MTCE110)					N° TARRO	28	29	30		PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.36	66.74	64.87		PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.46	62.61	61.03		PESO DE AGUA (g)	3.90	4.13	3.84		PESO DEL TARRO (g)	42.58	43.07	43.58		PESO DEL SUELO SECO (g)	18.88	19.54	17.45		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.66	21.14	22.01		NUMERO DE GOLPES	29	24	16	
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)																																															
N° TARRO	28	29	30																																												
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.36	66.74	64.87																																												
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.46	62.61	61.03																																												
PESO DE AGUA (g)	3.90	4.13	3.84																																												
PESO DEL TARRO (g)	42.58	43.07	43.58																																												
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.88	19.54	17.45																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.66	21.14	22.01																																												
NUMERO DE GOLPES	29	24	16																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE PLASTICO (MTCE111)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>12</th> <th>13</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>69.98</td> <td>68.25</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>64.59</td> <td>63.12</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>5.39</td> <td>5.13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>30.16</td> <td>30.15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>34.43</td> <td>32.97</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>15.65</td> <td>15.56</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLASTICO (MTCE111)					N° TARRO	12	13			PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	69.98	68.25			PESO TARRO + SUELO SECO (g)	64.59	63.12			PESO DE AGUA (g)	5.39	5.13			PESO DEL TARRO (g)	30.16	30.15			PESO DEL SUELO SECO (g)	34.43	32.97			CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.65	15.56							
LIMITE PLASTICO (MTCE111)																																															
N° TARRO	12	13																																													
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	69.98	68.25																																													
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	64.59	63.12																																													
PESO DE AGUA (g)	5.39	5.13																																													
PESO DEL TARRO (g)	30.16	30.15																																													
PESO DEL SUELO SECO (g)	34.43	32.97																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.65	15.56																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES 																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>21.0</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>15.6</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>5.4</td> </tr> </tbody> </table>		CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		LIMITE LIQUIDO	21.0	LIMITE PLASTICO	15.6	INDICE DE PLASTICIDAD	5.4	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </tbody> </table>	OBSERVACIONES																																				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA																																															
LIMITE LIQUIDO	21.0																																														
LIMITE PLASTICO	15.6																																														
INDICE DE PLASTICIDAD	5.4																																														
OBSERVACIONES																																															
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																													
																																															

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS			
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR	Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales			
PROCEDENCIA : Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.20 - 0.60	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	653.8		
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	543.3		
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	110.5		
Peso Suelo Seco (gr.)	543.3		
Contenido de Humedad (gr.)	20.3		
Promedio (%)	20.3		
Observaciones:			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA	
	 GIDER VELAZUELA INGENIERO CIVIL Reg./CIP N° 133605		

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+000		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-4 / M-3		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.60 - 1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 565.8 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 565.8 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 41.3
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 57.9
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 27.3
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 30.6
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (19)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.54
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de alta plasticidad
Nº 10	2.000	0.3	0.1	0.1	99.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	5.1	0.9	1.0	99.0		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	3.8	0.7	1.6	98.4		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	5.3	0.9	2.6	97.4		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	2.1	0.4	2.9	97.1		Arena Nº4 - Nº 200 : 3.4
Nº 200	0.075	2.9	0.5	3.4	96.6		Finos < Nº 200 : 96.6
< Nº 200	FONDO	546.3	96.6	100.0			%>3" 0.0%
CURVA GRANULOMÉTRICA							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50 m. TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	32	33	34	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	68.69	62.14	65.21	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.43	54.98	56.27	
PESO DE AGUA (g)	10.26	7.16	8.94	
PESO DEL TARRO (g)	39.91	42.74	41.42	
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.52	12.24	14.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	55.36	58.50	60.20	
NUMERO DE GOLPES	36	23	18	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	22	23		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.47	68.52		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.09	62.81		
PESO DE AGUA (g)	4.38	5.71		
PESO DEL TARRO (g)	44.99	41.92		
PESO DEL SUELO SECO (g)	16.10	20.89		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.20	27.33		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES 				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	57.9			
LIMITE PLASTICO	27.3			
INDICE DE PLASTICIDAD	30.6			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)	Código: F-350 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50		CLASF. (SUCS) : CH CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19) LADO : IZQ.			
Método "A"					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5632	5865	5999	5974
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187
Peso suelo húmedo compactado	gr	1445	1678	1812	1787
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940
Peso volumétrico húmedo	gr	1.537	1.785	1.928	1.901
Recipiente N°		-	-	-	-
Peso del suelo húmedo+tara	gr	563.40	452.10	389.70	420.10
Peso del suelo seco + tara	gr	479.60	379.10	320.20	341.10
Tara	gr				
Peso de agua	gr	83.80	73.00	69.50	79.00
Peso del suelo seco	gr	479.60	379.10	320.20	341.10
Contenido de agua	%	17.47	19.26	21.71	23.16
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.309	1.497	1.584	1.544
Densidad máxima (gr/cm³)					1.584
Humedad óptima (%)					21.6
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD 					
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA			
					

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0													
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019													
I. Datos Generales																
PROCEDENCIA: Km. 11+000 CALICATA : C-4 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50			CLASF. (SUCS) : CH CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19) LADO : IZQ.													
Molde Nº	5		6		7											
Capas Nº	5		5		5											
Golpes por capa Nº	56		25		12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO											
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11616		12082		12203											
Peso de molde (g)	7512		8200		8534											
Peso del suelo húmedo (g)	4104		3882		3669											
Volumen del molde (cm³)	2136		2126		2125											
Densidad húmeda (g/cm³)	1.921		1.826		1.727											
Tara (Nº)																
Peso suelo húmedo + tara (g)	352.20		412.20		302.10											
Peso suelo seco + tara (g)	289.80		339.00		248.60											
Peso de tara (g)																
Peso de agua (g)	62.40		73.20		53.50											
Peso de suelo seco (g)	289.80		339.00		248.60											
Contenido de humedad (%)	21.53		21.59		21.52											
Densidad seca (g/cm³)	1.581		1.502		1.421											
EXPANSION																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION								
				mm %		mm %		mm %								
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0								
23/04/2016	15:01	24	121.0	1.210 1.03	165.0	1.650 1.40	200.0	2.000 1.69								
24/04/2016	15:07	48	235.0	2.350 1.99	396.0	3.960 3.36	452.0	4.520 3.83								
25/04/2016	15:13	72	369.0	3.690 3.13	542.0	5.420 4.59	620.0	6.200 5.25								
26/04/2016	15:19	84	495.0	4.950 4.19	693.0	6.930 5.87	735.0	7.350 6.23								
PENETRACION																
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 7						
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION				
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%			
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0					
0.635		34.5	34.5			13.8	13.8			6.2	6.2					
1.270		45.2	45.2			18.1	18.1			8.1	8.1					
1.905		62.2	62.2			24.9	24.9			11.2	11.2					
2.540	70.5	78.7	78.7	83.9	5.8	31.5	31.5	33.0	2.3	14.1	14.1	14.8	1.0			
3.810		123.7	123.7			49.5	49.5			22.2	22.2					
5.080	105.7	153.0	153.0	149.5	6.9	61.2	61.2	61.6	2.8	27.5	27.5	27.7	1.3			
6.350		176.5	176.5			70.6	70.6			31.7	31.7					
7.620		223.5	223.5			89.4	89.4			40.2	40.2					
10.160						102.3	102.3			46.0	46.0					
<table border="1"> <tr> <td> LABORATORIO  </td> <td> ASESOR  </td> <td> OBRAINSA  </td> </tr> </table>														LABORATORIO 	ASESOR 	OBRAINSA 
LABORATORIO 	ASESOR 	OBRAINSA 														



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

Código: F-354
Versión 2.0

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 11+000

CALICATA : C-4 / M-3

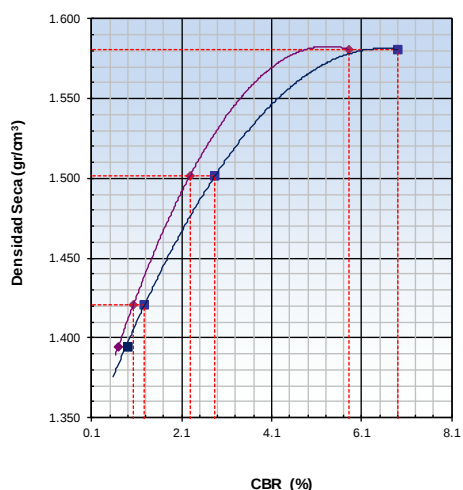
MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 0.60 - 1.50

CLASF. (SUCS) : CH

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19)

LADO : IZQ.



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.584
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 21.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.505
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.395

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	6.0	0.2"	7.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	2.4	0.2"	3.0
C.B.R. INSITU (%)	0.1"	0.7	0.2"	0.9

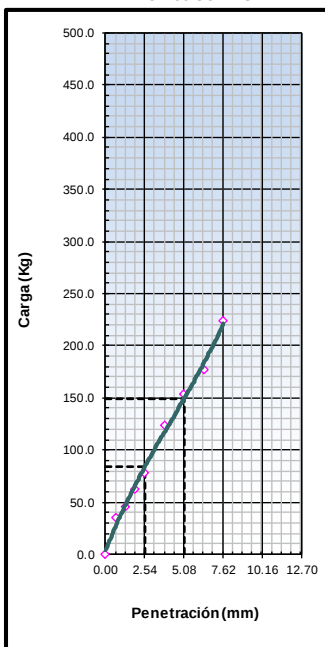
RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.4 (%)

CBR INSITU = 0.7 (%)

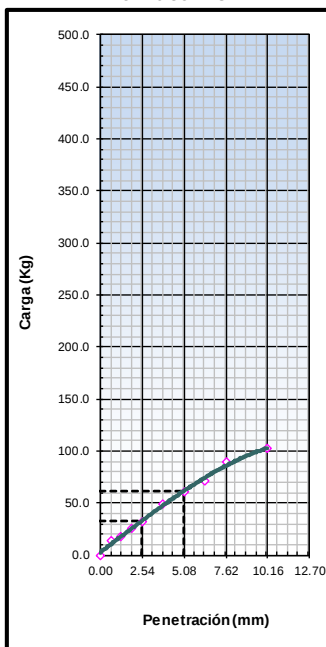
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



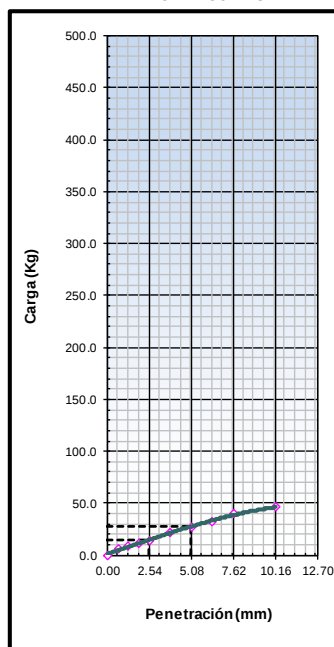
CBR (0.1")	5.8%
CBR (0.2")	6.9%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	2.3%
CBR (0.2")	2.8%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	10%
CBR (0.2")	13%

LABORATORIO



ASESOR

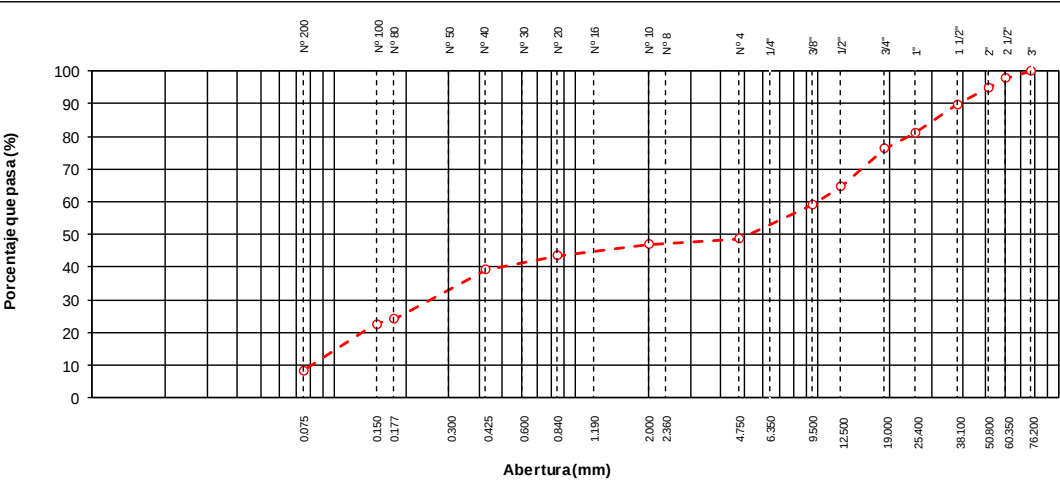


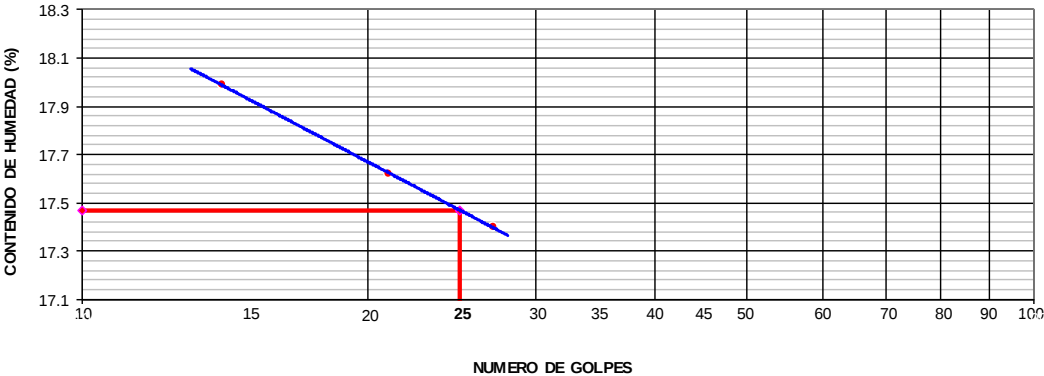
OBRAINSA



		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+000		LADO : IZQ.			
UBICACIÓN : C-4 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.60 - 1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	468.4	424.4	491.5
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	521.2	465.8	525.1
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	125.7	115.1	135.2
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	395.5	350.7	389.9
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	52.8	41.4	33.6
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	59.3	46.5	37.8
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	336.2	304.2	352.1
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.393	1.395	1.396
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.395		
10	HUMEDAD NATURAL	%	41.3	41.3	41.3
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+/100))	gr/cc.	0.986	0.987	0.988
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	0.987		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
					

7.1.5 *Resultado de ensayos a la calicata C-5 – Progresiva 11+250*

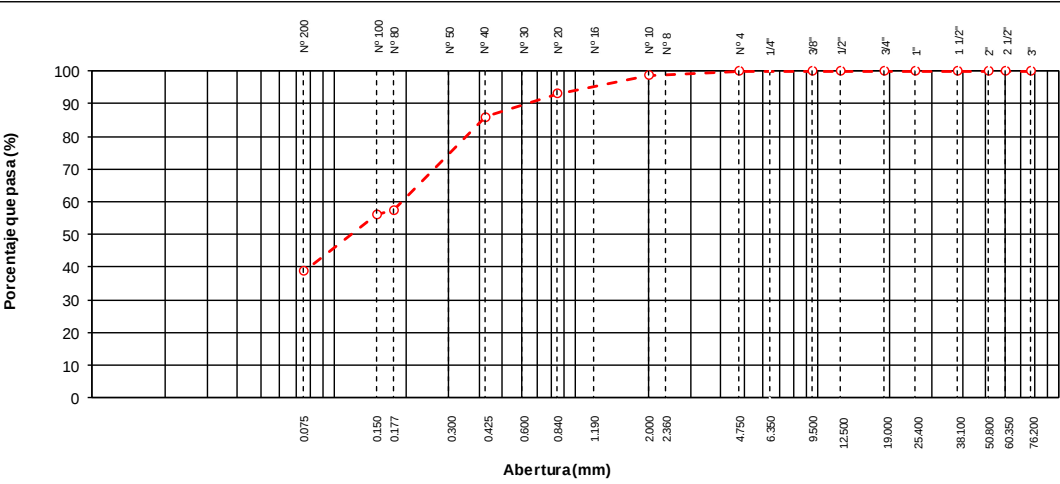
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+250		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-5 / M-1		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.30 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 20356.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 635.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 5.4
2 1/2"	60.350	425.0	2.1	2.1	97.9		
2"	50.800	636.0	3.1	5.2	94.8		Límite Líquido (LL): 17.5
1 1/2"	38.100	1025.0	5.0	10.2	89.8		Límite Plástico (LP): NP
1"	25.400	1765.0	8.7	18.9	81.1		Índice Plástico (IP): NP
3/4"	19.000	986.0	4.8	23.8	76.2		Clasificación (SUCS) : GP - GM
1/2"	12.500	2354.0	11.6	35.3	64.7		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	1162.0	5.7	41.0	59.0		Índice de Consistencia : NP
1/4"	6.350	1325.0	6.5	47.5	52.5		
Nº 4	4.750	785.0	3.9	51.4	48.6		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava pobremente gradada con limo y arena
Nº 10	2.000	316.3	1.6	53.0	47.0		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	702.6	3.5	56.4	43.6		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 122.945 CC : 0.070
Nº 40	0.425	877.1	4.3	60.7	39.3		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 5.2
Nº 80	0.177	3087.9	15.2	75.9	24.1		Grava 2" - Nº 4 : 46.2
Nº 100	0.150	319.4	1.6	77.5	22.5		Arena Nº4 - Nº 200 : 40.2
Nº 200	0.075	2885.3	14.2	91.6	8.4		Finos < Nº 200 : 8.4
< Nº 200	FONDO	1704.4	8.4	100.0			%>3" 2.1%
CURVA GRANULOMÉTRICA							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.30 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	20	21	22	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.36	62.52	60.14	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.30	59.51	57.83	
PESO DE AGUA (g)	5.06	3.01	2.31	
PESO DEL TARRO (g)	29.22	42.43	44.99	
PESO DEL SUELO SECO (g)	29.08	17.08	12.84	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.40	17.62	17.99	
NUMERO DE GOLPES	27	21	14	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NP				
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	17.5			
LIMITE PLASTICO	NP			
INDICE DE PLASTICIDAD	NP			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORIOTR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA : Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.30 TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : DER.				
Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	653.6		
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	620.1		
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	33.5		
Peso Suelo Seco	(gr.)	620.1		
Contenido de Humedad	(gr.)	5.4		
Promedio (%)		5.4		
Observaciones: 				
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
	 GIDER VELAZUELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133505			

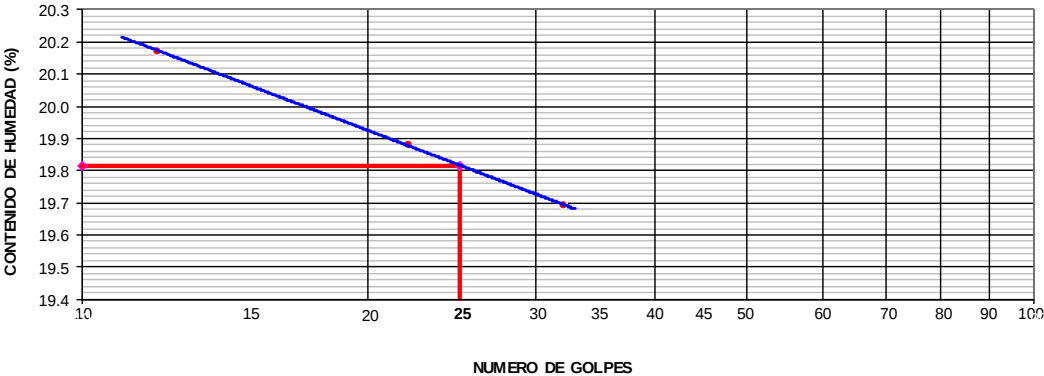
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+250			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-5 / M-2			LADO : DER.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.30 - 1.10 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 636.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 636.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 8.3
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 19.8
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 15.4
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 4.4
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : SC - SM
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-4 (1)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 2.60
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): REG-MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arena limo arcillosa
Nº 10	2.000	8.6	1.4	1.4	98.6		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	35.2	5.5	6.9	93.1		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	45.3	7.1	14.0	86.0		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	180.5	28.4	42.4	57.6		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	9.6	1.5	43.9	56.1		Arena Nº4 - Nº 200 : 61.2
Nº 200	0.075	110.2	17.3	61.2	38.8		Finos < Nº 200 : 38.8
< Nº 200	FONDO	246.6	38.8	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

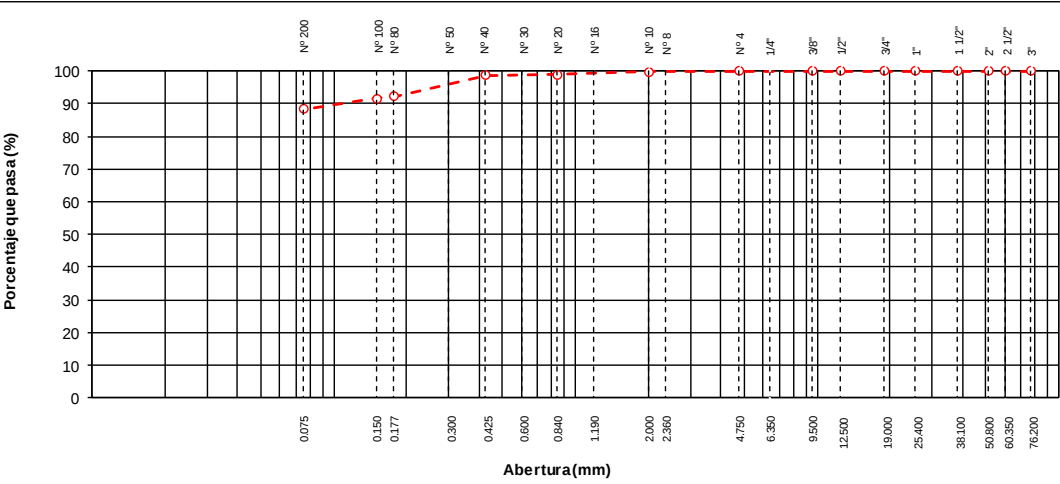


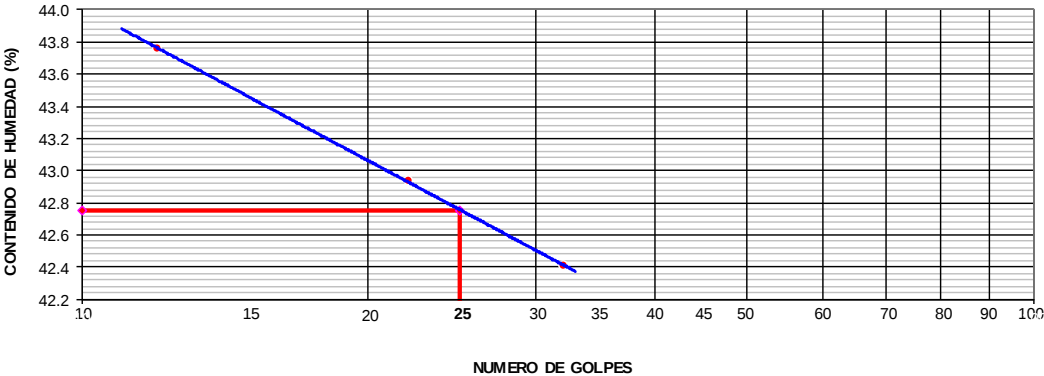
Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	38.8
0.150	56.1
0.177	57.6
0.300	61.2
0.425	71.3
0.600	86.0
0.840	93.1
1.190	98.6
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

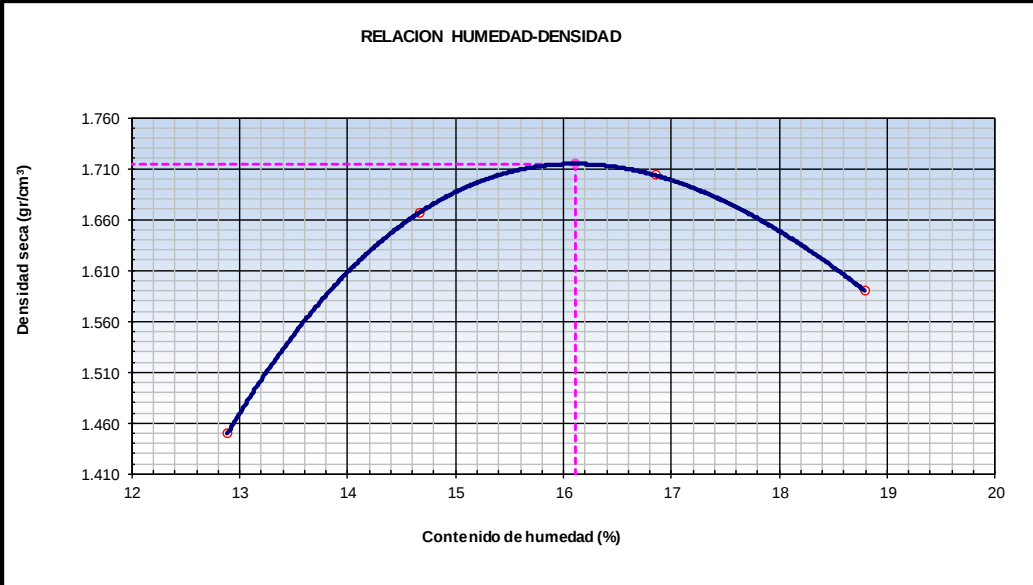
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.10 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.10 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.
PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.30 - 1.10 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.			
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	5	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	62.63	60.58	62.58	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	57.48	55.58	56.98	
PESO DE AGUA (g)	5.15	5.00	5.60	
PESO DEL TARRO (g)	31.33	30.43	29.22	
PESO DEL SUELO SECO (g)	26.15	25.15	27.76	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.69	19.88	20.17	
NUMERO DE GOLPES	32	22	12	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	35	39		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	68.98	72.15		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	65.40	68.08		
PESO DE AGUA (g)	3.58	4.07		
PESO DEL TARRO (g)	42.08	41.68		
PESO DEL SUELO SECO (g)	23.32	26.40		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.35	15.42		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LIMITE LIQUIDO	19.8			
LIMITE PLASTICO	15.4			
INDICE DE PLASTICIDAD	4.4			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+250</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-5 / M-2</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.30 - 1.10</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+250	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-5 / M-2	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.30 - 1.10																													
PROCEDENCIA : Km. 11+250	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-5 / M-2	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.30 - 1.10																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>563.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>520.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>43.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>520.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>8.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">8.3</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	563.3			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	520.1			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	43.2			Peso Suelo Seco (gr.)	520.1			Contenido de Humedad (gr.)	8.3			Promedio (%)	8.3		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	563.3																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	520.1																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	43.2																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	520.1																																					
Contenido de Humedad (gr.)	8.3																																					
Promedio (%)	8.3																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+250		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-5 / M-3		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 1.10 - 1.60 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 720.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 720.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 35.2
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 42.8
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 22.5
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 20.3
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (12)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.37
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad
Nº 10	2.000	1.0	0.1	0.1	99.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	6.3	0.9	1.0	99.0		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	2.8	0.4	1.4	98.6		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	45.6	6.3	7.7	92.3		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	5.1	0.7	8.4	91.6		Arena Nº4 - Nº 200 : 11.7
Nº 200	0.075	23.3	3.2	11.7	88.3		Finos < Nº 200 : 88.3
< Nº 200	FONDO	635.9	88.3	100.0			%>3" 0.0%
CURVA GRANULOMÉTRICA							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0																																													
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																													
I. Datos Generales																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																											
PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE LIQUIDO (MTCE110)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>63.36</td> <td>62.25</td> <td>70.14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>52.99</td> <td>52.19</td> <td>57.97</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>10.37</td> <td>10.06</td> <td>12.17</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>28.54</td> <td>28.76</td> <td>30.16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>24.45</td> <td>23.43</td> <td>27.81</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>42.41</td> <td>42.94</td> <td>43.76</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td>32</td> <td>22</td> <td>12</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LIQUIDO (MTCE110)					N° TARRO	10	11	12		PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.36	62.25	70.14		PESO TARRO + SUELO SECO (g)	52.99	52.19	57.97		PESO DE AGUA (g)	10.37	10.06	12.17		PESO DEL TARRO (g)	28.54	28.76	30.16		PESO DEL SUELO SECO (g)	24.45	23.43	27.81		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	42.41	42.94	43.76		NUMERO DE GOLPES	32	22	12	
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)																																															
N° TARRO	10	11	12																																												
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.36	62.25	70.14																																												
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	52.99	52.19	57.97																																												
PESO DE AGUA (g)	10.37	10.06	12.17																																												
PESO DEL TARRO (g)	28.54	28.76	30.16																																												
PESO DEL SUELO SECO (g)	24.45	23.43	27.81																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	42.41	42.94	43.76																																												
NUMERO DE GOLPES	32	22	12																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE PLASTICO (MTCE111)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>41</th> <th>42</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>63.96</td> <td>65.33</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>59.95</td> <td>61.47</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>4.01</td> <td>3.86</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>42.02</td> <td>44.46</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>17.93</td> <td>17.01</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>22.36</td> <td>22.69</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLASTICO (MTCE111)					N° TARRO	41	42			PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.96	65.33			PESO TARRO + SUELO SECO (g)	59.95	61.47			PESO DE AGUA (g)	4.01	3.86			PESO DEL TARRO (g)	42.02	44.46			PESO DEL SUELO SECO (g)	17.93	17.01			CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.36	22.69							
LIMITE PLASTICO (MTCE111)																																															
N° TARRO	41	42																																													
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.96	65.33																																													
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	59.95	61.47																																													
PESO DE AGUA (g)	4.01	3.86																																													
PESO DEL TARRO (g)	42.02	44.46																																													
PESO DEL SUELO SECO (g)	17.93	17.01																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.36	22.69																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES 																																															

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS			
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORIOTOR		Fecha: 28/06/2019	
I. Datos Generales			
PROCEDENCIA : Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60 TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.			
Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	386.6		
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	286.0		
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	100.6		
Peso Suelo Seco (gr.)	286.0		
Contenido de Humedad (gr.)	35.2		
Promedio (%)	35.2		
Observaciones:			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA	
	 GIDER VELAZQUEZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133505		

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Código: F-350 Versión 2.0			
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales						
PROCEDENCIA : Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60		CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (12) LADO : DER.				
Método "A"						
Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5725	5983	6058	5963	
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1538	1796	1871	1776	
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.636	1.911	1.990	1.889	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	360.10	452.10	400.10	369.90	
Peso del suelo seco + tara	gr	319.00	394.30	342.40	311.40	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	41.10	57.80	57.70	58.50	
Peso del suelo seco	gr	319.00	394.30	342.40	311.40	
Contenido de agua	%	12.88	14.66	16.85	18.79	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.449	1.666	1.703	1.591	
					Densidad máxima (gr/cm³)	
					Humedad óptima (%)	
					1.715 16.1	
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD						
						
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA		
						

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0													
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019													
I. Datos Generales																
PROCEDENCIA: Km. 11+250 CALICATA : C-5 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 1.10 - 1.60			CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (12) LADO : DER.													
Molde Nº	1		2		3											
Capas Nº	5		5		5											
Golpes por capa Nº	56		25		12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO											
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12377		10580		12110											
Peso de molde (g)	8172		6653		8314											
Peso del suelo húmedo (g)	4205		3927		3796											
Volumen del molde (cm³)	2115		2083		2122											
Densidad húmeda (g/cm³)	1.988		1.885		1.789											
Tara (Nº)																
Peso suelo húmedo + tara (g)	452.60		536.90		521.80											
Peso suelo seco + tara (g)	389.70		462.20		449.40											
Peso de tara (g)																
Peso de agua (g)	62.90		74.70		72.40											
Peso de suelo seco (g)	389.70		462.20		449.40											
Contenido de humedad (%)	16.14		16.16		16.11											
Densidad seca (g/cm³)	1.712		1.623		1.541											
EXPANSION																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION								
				mm %		mm %		mm %								
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0								
23/04/2016	15:01	24	142.0	1.420 1.20	198.0	1.980 1.68	210.0	2.100 1.78								
24/04/2016	15:07	48	215.0	2.150 1.82	289.0	2.890 2.45	363.0	3.630 3.08								
25/04/2016	15:13	72	300.0	3.000 2.54	421.0	4.210 3.57	520.0	5.200 4.41								
26/04/2016	15:19	84	369.0	3.690 3.13	563.0	5.630 4.77	605.0	6.050 5.13								
PENETRACION																
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3						
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION				
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%			
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0					
0.635		56.9	56.9			34.0	34.0			15.2	15.2					
1.270		70.1	70.1			42.3	42.3			26.3	26.3					
1.905		96.3	96.3			57.7	57.7			38.4	38.4					
2.540	70.5	125.3	125.3	125.6	8.7	75.1	75.1	72.3	5.0	46.9	46.9	45.2	3.1			
3.810		165.8	165.8			99.4	99.4			58.2	58.2					
5.080	105.7	210.0	210.0	201.1	9.3	126.0	126.0	133.7	6.2	73.3	73.3	77.6	3.6			
6.350		235.6	235.6			159.1	159.1			96.9	96.9					
7.620		310.2	310.2			192.0	192.0			105.6	105.6					
10.160						205.3	205.3			135.6	135.6					
<table border="1"> <tr> <td> LABORATORIO  </td> <td> ASESOR  </td> <td> OBRAINSA  </td> </tr> </table>														LABORATORIO 	ASESOR 	OBRAINSA 
LABORATORIO 	ASESOR 	OBRAINSA 														



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

Código: F-354
Versión 2.0

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 11+250

CALICATA : C-5 / M-3

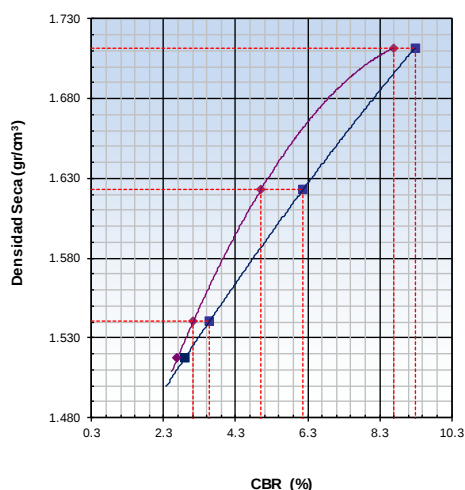
MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 1.10 - 1.60

CLASF. (SUCS) : CL

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (12)

LADO : DER.



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.715
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.629
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.517

C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1") :	8.8	0.2" : 9.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1") :	5.2	0.2" : 6.4
C.B.R. INSITU (%) :	2.7	0.2" : 2.9

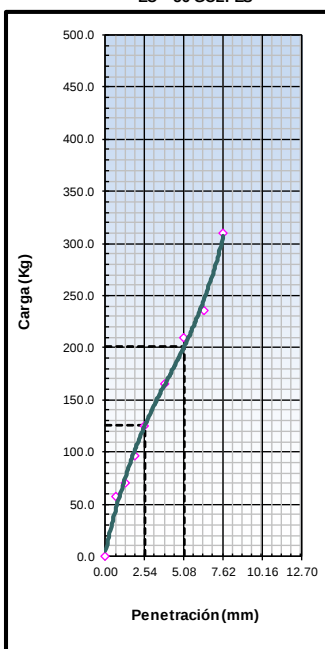
RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.2 (%)

CBR INSITU = 2.7 (%)

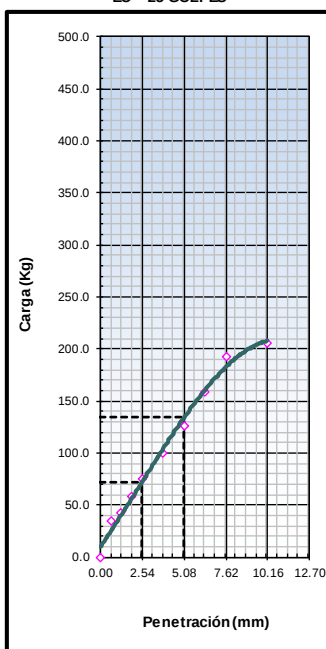
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



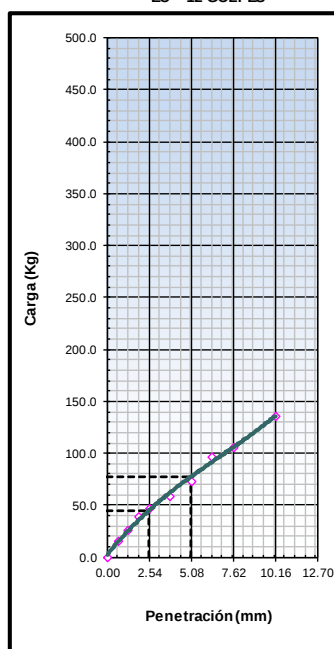
CBR (0.1")	8.7%
CBR (0.2")	9.3%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	5.0%
CBR (0.2")	6.2%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	3.3%
CBR (0.2")	3.6%

LABORATORIO



ASESOR



OBRAINSA

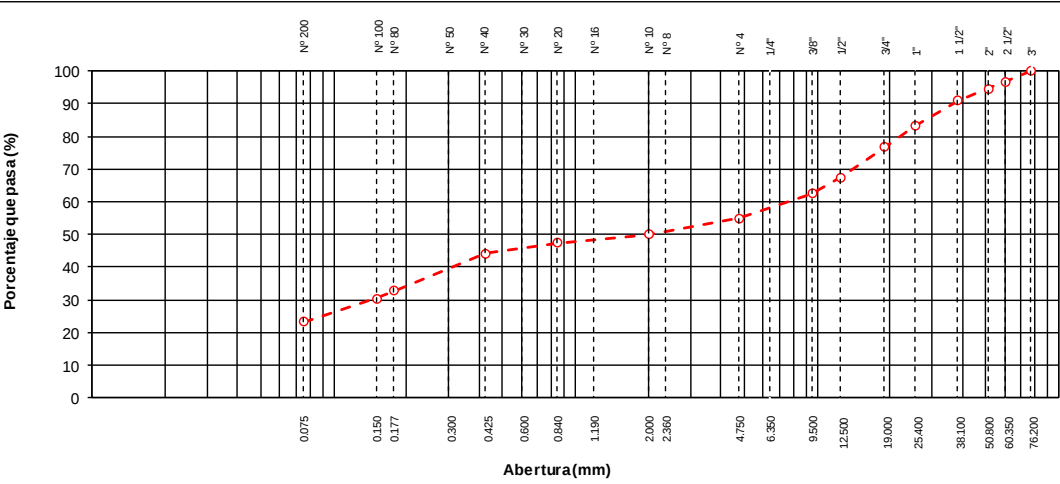


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+250		LADO : DER.			
UBICACIÓN : C-5 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 1.10 - 1.60					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	302.5	378.8	450.0
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	320.5	452.1	598.3
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	100.8	120.1	135.3
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	219.7	332.0	463.0
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	18.0	73.3	148.3
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	20.2	82.4	166.6
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	199.5	249.6	296.4
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.516	1.517	1.518
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.517		
10	HUMEDAD NATURAL	%	35.2	35.2	35.2
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+/100))	gr/cc.	1.122	1.123	1.123
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	1.123		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
		 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133505			

7.1.6 *Resultado de ensayos a la calicata C-6 – Progresiva 11+500*

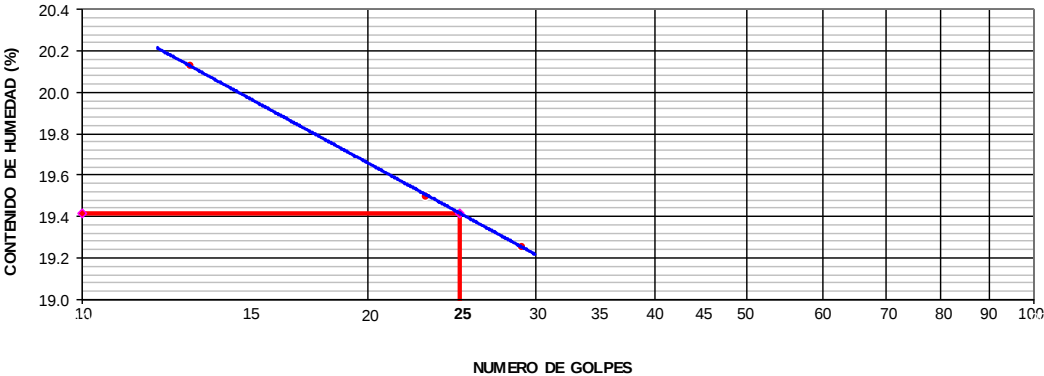
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+500		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-6 / M-1		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 -0.40 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 20253.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 7.0
2 1/2"	60.350	655.0	3.2	3.2	96.8		
2"	50.800	436.0	2.2	5.4	94.6		Límite Líquido (LL): 19.4
1 1/2"	38.100	750.0	3.7	9.1	90.9		Límite Plástico (LP): 14.2
1"	25.400	1563.0	7.7	16.8	83.2		Índice Plástico (IP): 5.2
3/4"	19.000	1325.0	6.5	23.3	76.7		Clasificación (SUCS) : GC - GM
1/2"	12.500	1864.0	9.2	32.6	67.4		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	1005.0	5.0	37.5	62.5		Índice de Consistencia : 2.39
1/4"	6.350	984.0	4.9	42.4	57.6		
Nº 4	4.750	563.0	2.8	45.2	54.8		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena
Nº 10	2.000	975.7	4.8	50.0	50.0		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	523.9	2.6	52.6	47.4		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	651.7	3.2	55.8	44.2		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 5.4
Nº 80	0.177	2319.7	11.5	67.2	32.8		Grava 2" - Nº 4 : 39.8
Nº 100	0.150	473.9	2.3	69.6	30.4		Arena Nº4 - Nº 200 : 31.6
Nº 200	0.075	1445.9	7.1	76.7	23.3		Finos < Nº 200 : 23.3
< Nº 200	FONDO	4717.2	23.3	100.0			%>3" 3.2%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	23.3
0.150	30.4
0.177	32.8
0.300	37.5
0.425	44.2
0.600	50.0
0.840	52.6
1.190	55.8
2.000	57.6
2.360	59.6
4.750	62.5
6.350	67.4
9.500	76.7
12.500	83.2
19.000	90.9
25.400	94.6
38.100	96.8
50.800	98.8
60.350	99.8
76.200	100.0

LABORATORIO 	ASESOR  CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	OBRAINSA 
---	---	--

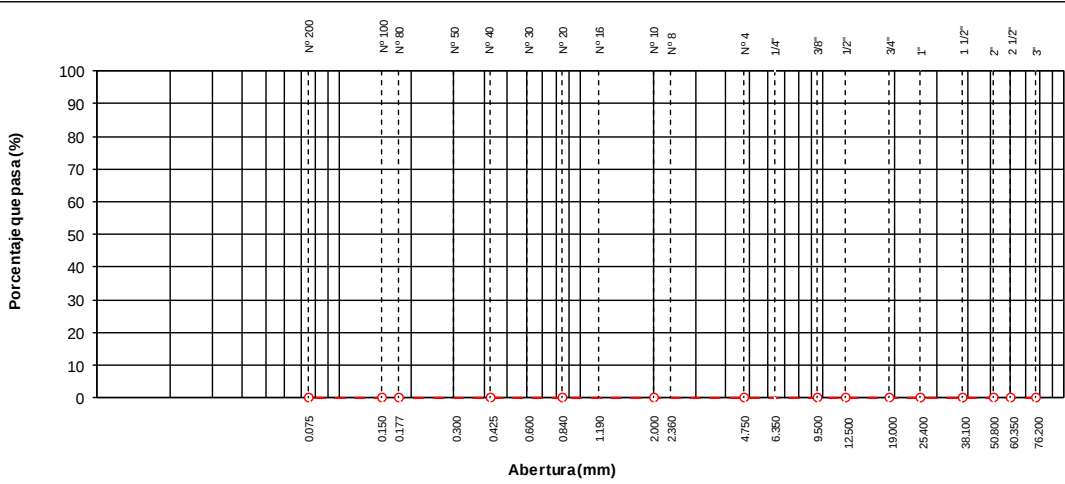
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+500 CALICATA : C-6 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 -0.40 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	8	9	10	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	62.54	59.69	60.11	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	57.15	54.80	54.82	
PESO DE AGUA (g)	5.39	4.89	5.29	
PESO DEL TARRO (g)	29.16	29.71	28.54	
PESO DEL SUELO SECO (g)	27.99	25.09	26.28	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.26	19.50	20.13	
NUMERO DE GOLPES	29	23	13	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	10	11		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	55.25	58.47		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	51.92	54.79		
PESO DE AGUA (g)	3.33	3.68		
PESO DEL TARRO (g)	28.54	28.76		
PESO DEL SUELO SECO (g)	23.38	26.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.24	14.14		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	19.4			
LIMITE PLASTICO	14.2			
INDICE DE PLASTICIDAD	5.2			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+500</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-6 / M-1</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 -0.40</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+500	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-6 / M-1	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 -0.40																													
PROCEDENCIA : Km. 11+500	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-6 / M-1	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 -0.40																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>520.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>486.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>33.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>486.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>7.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">7.0</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	520.1			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	486.3			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	33.8			Peso Suelo Seco (gr.)	486.3			Contenido de Humedad (gr.)	7.0			Promedio (%)	7.0		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	520.1																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	486.3																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	33.8																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	486.3																																					
Contenido de Humedad (gr.)	7.0																																					
Promedio (%)	7.0																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+500			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-6 / M-2			LADO : IZQ.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.40 -0.80 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco :
6"	152.400						Peso fracción :
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : --
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL):
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP):
1"	25.400						Índice Plástico (IP):
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : ✓
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : ✓
3/8"	9.500						Índice de Consistencia :
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): ✓
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): ✓
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840						Turba : --
Nº 30	0.600						CU : CC :
Nº 40	0.425						OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : ✓
Nº 80	0.177						Grava 2" - Nº 4 : ✓
Nº 100	0.150						Arena Nº4 - Nº 200 : ✓
Nº 200	0.075						Finos < Nº 200 : ✓
< Nº 200	FONDO						%>3" ✓

OVER

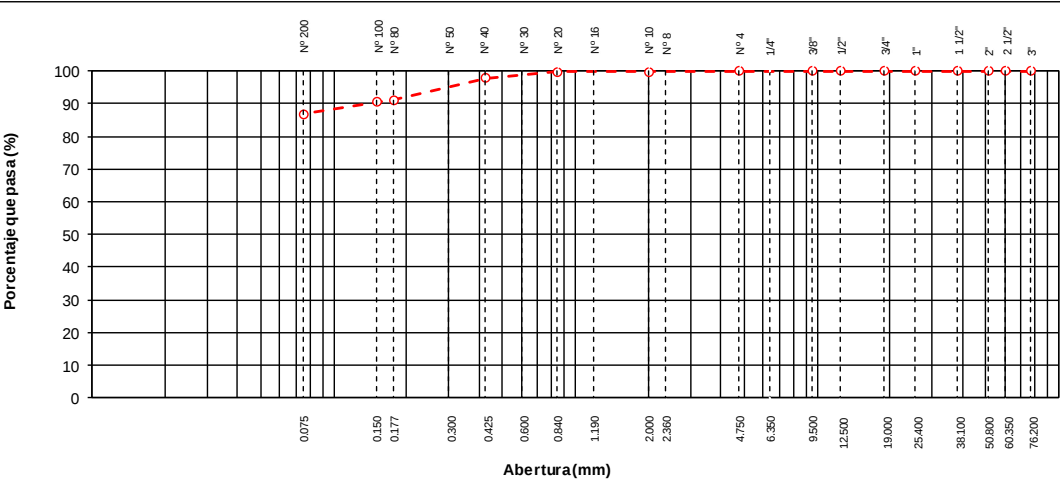
CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
		

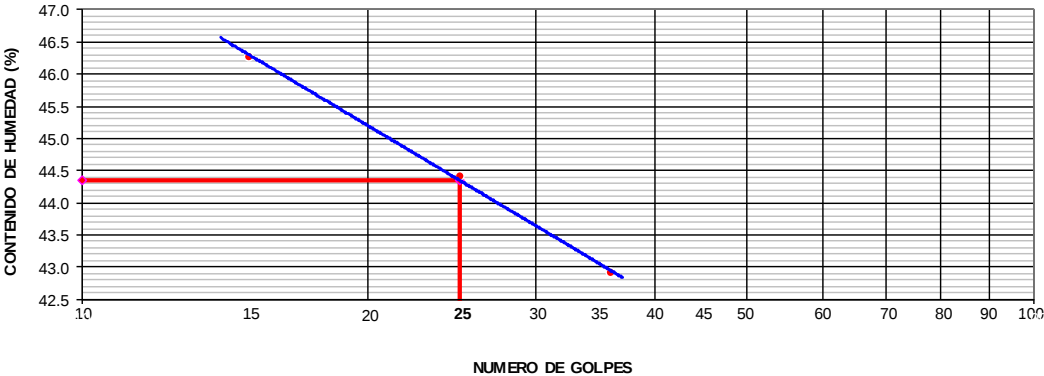
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+500			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-6 / M-3			LADO : IZQ.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.80 -1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 750.2 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 750.2 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 31.6
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 44.3
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 20.7
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 23.6
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (14)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.54
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad
Nº 10	2.000	1.2	0.2	0.2	99.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	0.5	0.1	0.2	99.8		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	15.3	2.0	2.3	97.7		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	49.0	6.5	8.8	91.2		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	5.3	0.7	9.5	90.5		Arena Nº4 - Nº 200 : 13.3
Nº 200	0.075	28.2	3.8	13.3	86.7		Finos < Nº 200 : 86.7
< Nº 200	FONDO	650.8	86.7	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

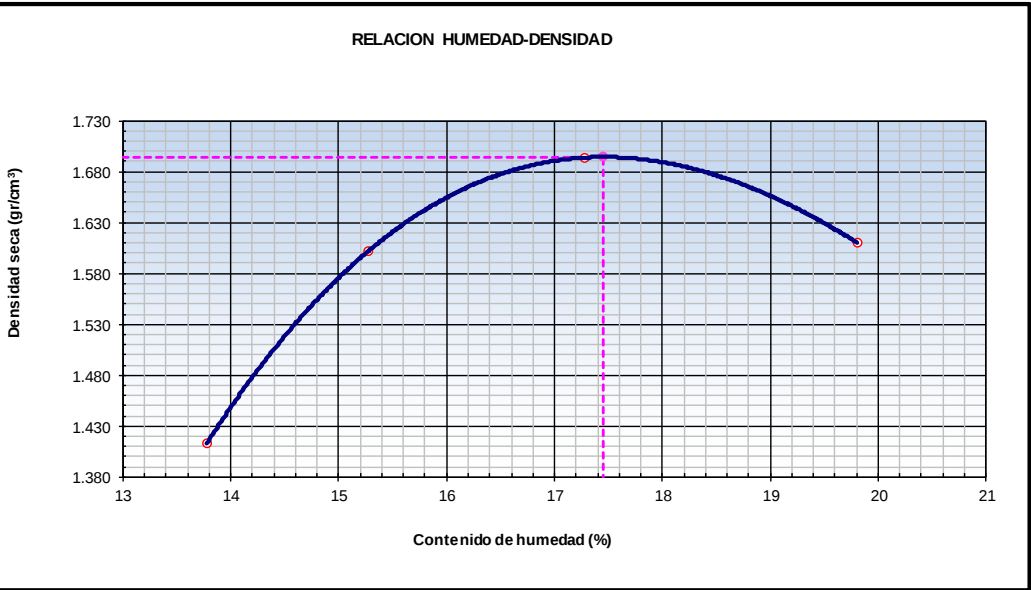


Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	86.7
0.150	90.5
0.177	91.2
0.300	97.7
0.425	99.8
0.600	100.0
0.840	100.0
1.190	100.0
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0																																													
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																													
I. Datos Generales																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 11+500 CALICATA : C-6 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 -1.50 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 11+500 CALICATA : C-6 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 -1.50 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																											
PROCEDENCIA: Km. 11+500 CALICATA : C-6 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 -1.50 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE LIQUIDO (MTCE110)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° TARRO</td> <td></td> <td>35</td> <td>36</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td></td> <td>65.56</td> <td>64.12</td> <td>65.74</td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>58.51</td> <td>57.61</td> <td>58.17</td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td></td> <td>7.05</td> <td>6.51</td> <td>7.57</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td></td> <td>42.08</td> <td>42.95</td> <td>41.81</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>16.43</td> <td>14.66</td> <td>16.36</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td></td> <td>42.91</td> <td>44.41</td> <td>46.27</td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td></td> <td>36</td> <td>25</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LIQUIDO (MTCE110)					N° TARRO		35	36	37	PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.56	64.12	65.74	PESO TARRO + SUELO SECO (g)		58.51	57.61	58.17	PESO DE AGUA (g)		7.05	6.51	7.57	PESO DEL TARRO (g)		42.08	42.95	41.81	PESO DEL SUELO SECO (g)		16.43	14.66	16.36	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		42.91	44.41	46.27	NUMERO DE GOLPES		36	25	15
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)																																															
N° TARRO		35	36	37																																											
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.56	64.12	65.74																																											
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		58.51	57.61	58.17																																											
PESO DE AGUA (g)		7.05	6.51	7.57																																											
PESO DEL TARRO (g)		42.08	42.95	41.81																																											
PESO DEL SUELO SECO (g)		16.43	14.66	16.36																																											
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		42.91	44.41	46.27																																											
NUMERO DE GOLPES		36	25	15																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE PLASTICO (MTCE111)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° TARRO</td> <td></td> <td>15</td> <td>16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td></td> <td>65.36</td> <td>63.36</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>59.31</td> <td>57.52</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td></td> <td>6.05</td> <td>5.84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td></td> <td>29.91</td> <td>29.43</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td>29.40</td> <td>28.09</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td></td> <td>20.58</td> <td>20.79</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLASTICO (MTCE111)					N° TARRO		15	16		PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.36	63.36		PESO TARRO + SUELO SECO (g)		59.31	57.52		PESO DE AGUA (g)		6.05	5.84		PESO DEL TARRO (g)		29.91	29.43		PESO DEL SUELO SECO (g)		29.40	28.09		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		20.58	20.79						
LIMITE PLASTICO (MTCE111)																																															
N° TARRO		15	16																																												
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		65.36	63.36																																												
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		59.31	57.52																																												
PESO DE AGUA (g)		6.05	5.84																																												
PESO DEL TARRO (g)		29.91	29.43																																												
PESO DEL SUELO SECO (g)		29.40	28.09																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		20.58	20.79																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES																																															
																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>44.3</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>20.7</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>23.6</td> </tr> </tbody> </table>		CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		LIMITE LIQUIDO	44.3	LIMITE PLASTICO	20.7	INDICE DE PLASTICIDAD	23.6	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </tbody> </table>	OBSERVACIONES																																				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA																																															
LIMITE LIQUIDO	44.3																																														
LIMITE PLASTICO	20.7																																														
INDICE DE PLASTICIDAD	23.6																																														
OBSERVACIONES																																															
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																													
																																															

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+500</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-6 / M-3</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.80 -1.50</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+500	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-6 / M-3	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.80 -1.50																													
PROCEDENCIA : Km. 11+500	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-6 / M-3	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.80 -1.50																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>658.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>500.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>158.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>500.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>31.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">31.6</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	658.2			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	500.0			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	158.2			Peso Suelo Seco (gr.)	500.0			Contenido de Humedad (gr.)	31.6			Promedio (%)	31.6		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	658.2																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	500.0																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	158.2																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	500.0																																					
Contenido de Humedad (gr.)	31.6																																					
Promedio (%)	31.6																																					
Observaciones:																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Código: F-350 Versión 2.0			
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales						
PROCEDENCIA : Km. 11+500		CLASF. (SUCS) : CL				
CALICATA : C-6 / M-3		CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)				
MATERIAL : PLATAFORMA		LADO : IZQ.				
PROFUND. : 0.80 -1.50						
Método "A"						
Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5698	5922	6054	6000	
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1511	1735	1867	1813	
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.607	1.846	1.986	1.929	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	452.60	521.70	469.20	500.80	
Peso del suelo seco + tara	gr	397.80	452.60	400.10	418.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	54.80	69.10	69.10	82.80	
Peso del suelo seco	gr	397.80	452.60	400.10	418.00	
Contenido de agua	%	13.78	15.27	17.27	19.81	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.413	1.601	1.694	1.610	
					Densidad máxima (gr/cm³)	
					Humedad óptima (%)	
					1.694	
					17.5	
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD						
						
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA		
						

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0										
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS												
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019										
I. Datos Generales													
PROCEDENCIA: Km. 11+500 CALICATA : C-6 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 -1.50			CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14) LADO : IZQ.										
Molde Nº	1		2		3								
Capas Nº	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12369		10583		12096								
Peso de molde (g)	8172		6653		8314								
Peso del suelo húmedo (g)	4197		3930		3782								
Volumen del molde (cm³)	2115		2083		2122								
Densidad húmeda (g/cm³)	1.984		1.887		1.782								
Tara (Nº)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	285.10		358.70		336.90								
Peso suelo seco + tara (g)	242.92		305.64		287.08								
Peso de tara (g)													
Peso de agua (g)	42.18		53.06		49.82								
Peso de suelo seco (g)	242.92		305.64		287.08								
Contenido de humedad (%)	17.36		17.36		17.35								
Densidad seca (g/cm³)	1.691		1.608		1.519								
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION					
				mm %		mm %		mm %					
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0					
23/04/2016	15:01	24	120.0	1.200 1.02	185.0	1.850 1.57	205.0	2.050 1.74					
24/04/2016	15:07	48	235.0	2.350 1.99	298.0	2.980 2.53	321.0	3.210 2.72					
25/04/2016	15:13	72	296.0	2.960 2.51	336.0	3.360 2.85	399.0	3.990 3.38					
26/04/2016	15:19	84	320.0	3.200 2.71	378.0	3.780 3.20	436.0	4.360 3.69					
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		75.1	75.1			33.9	33.9			12.2	12.2		
1.270		90.2	90.2			40.5	40.5			14.5	14.5		
1.905		102.3	102.3			46.0	46.0			16.5	16.5		
2.540	70.5	150.1	150.1	143.5	9.9	67.5	67.5	63.6	4.4	24.3	24.3	22.8	1.6
3.810		189.3	189.3			85.1	85.1			30.6	30.6		
5.080	105.7	205.9	205.9	225.2	10.4	92.6	92.6	104.2	4.8	33.3	33.3	37.5	1.7
6.350		286.3	286.3			128.8	128.8			46.3	46.3		
7.620		300.2	300.2			135.0	135.0			48.6	48.6		
10.160						155.9	155.9			56.1	56.1		
LABORATORIO  ASESOR  OBRAINSA 													

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 11+500

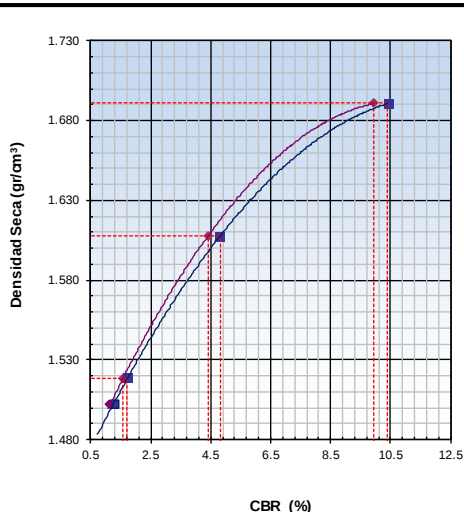
CLASF. (SUCS) : CL

CALICATA : C-6 / M-3

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)

MATERIAL : PLATAFORMA

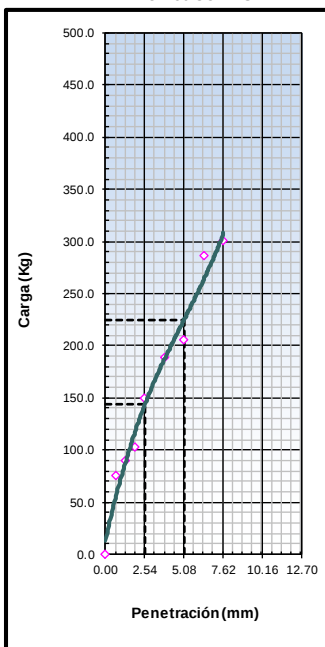
LADO : IZQ.

PROFUND. : 0.80 -1.50

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.694
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.610
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.502

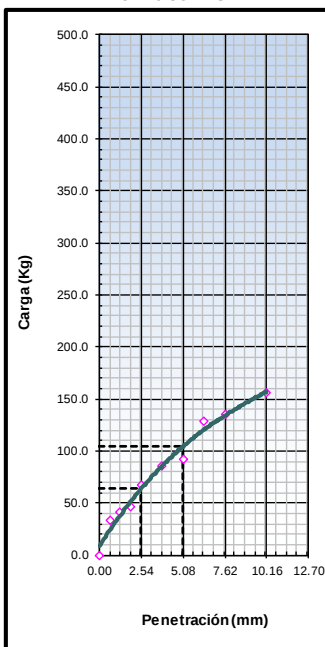
CB.R. al 100% de M.D.S. (0.1")	10.2	0.2" : 10.7
CB.R. al 95% de M.D.S. (0.1")	4.5	0.2" : 4.9
CB.R. INSITU (%)	0.1"	1.1 0.2": 1.3

RESULTADOS CBR a 1":

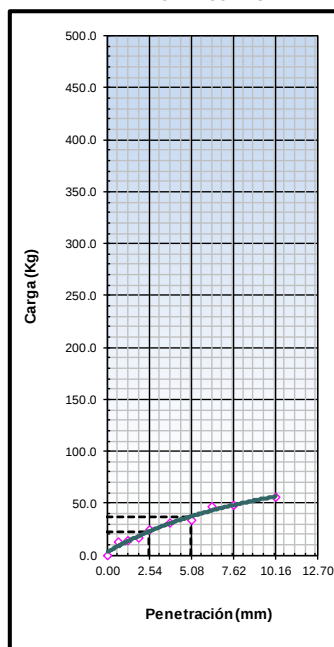
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.5 (%)
 CBR INSITU = 1.1 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1")	9.9%
CBR (0.2")	10.4%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1")	4.4%
CBR (0.2")	4.8%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1")	16%
CBR (0.2")	17%

LABORATORIO

ASESOR

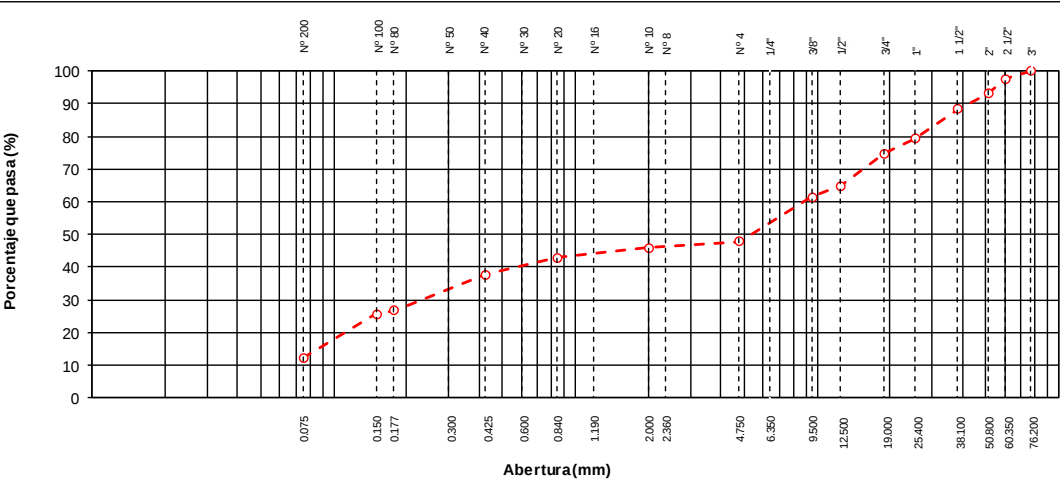
OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+500		LADO : IZQ.			
UBICACIÓN : C-6 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.80 -1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	267.0	327.8	322.9
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	351.1	405.1	420.2
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	78.9	100.2	95.8
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	272.2	304.9	324.4
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	84.1	77.3	97.3
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	94.5	86.9	109.3
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	177.7	218.0	215.1
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.502	1.503	1.501
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.502		
10	HUMEDAD NATURAL	%	31.6	31.6	31.6
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+100))	gr/cc.	1.141	1.142	1.140
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	1.141		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
					

7.1.7 *Resultado de ensayos a la calicata C-7 – Progresiva 11+700*

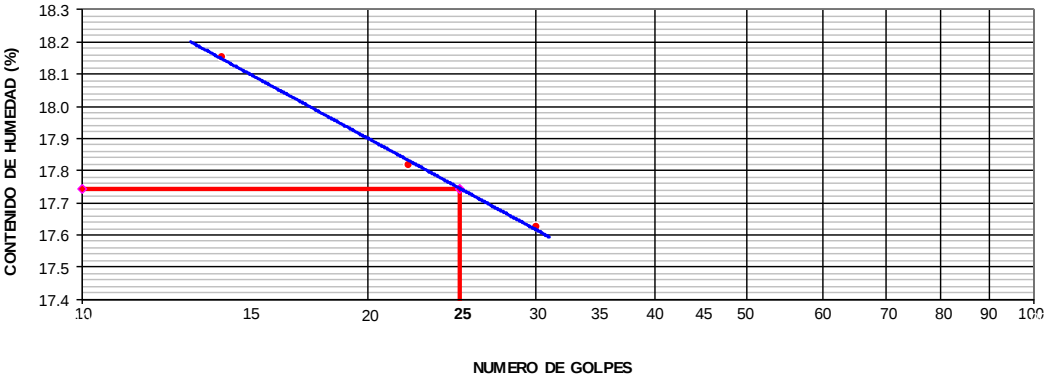
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+700		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-7 / M-1		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.40 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 21536.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 9.5
2 1/2"	60.350	536.0	2.5	2.5	97.5		
2"	50.800	952.0	4.4	6.9	93.1		Límite Líquido (LL): 17.7
1 1/2"	38.100	1000.0	4.6	11.6	88.4		Límite Plástico (LP): NP
1"	25.400	1985.0	9.2	20.8	79.2		Índice Plástico (IP): NP
3/4"	19.000	963.0	4.5	25.2	74.8		Clasificación (SUCS) : GM
1/2"	12.500	2136.0	9.9	35.2	64.8		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	720.0	3.3	38.5	61.5		Índice de Consistencia : NP
1/4"	6.350	1754.0	8.1	46.6	53.4		
Nº 4	4.750	1200.0	5.6	52.2	47.8		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limosa con arena
Nº 10	2.000	397.9	1.8	54.1	45.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	662.0	3.1	57.1	42.9		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	1130.2	5.2	62.4	37.6		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 6.9
Nº 80	0.177	2330.7	10.8	73.2	26.8		Grava 2" - Nº 4 : 45.3
Nº 100	0.150	272.7	1.3	74.5	25.5		Arena Nº4 - Nº 200 : 35.4
Nº 200	0.075	2833.2	13.2	87.6	12.4		Finos < Nº 200 : 12.4
< Nº 200	FONDO	2663.4	12.4	100.0			%>3" 2.5%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	12.4
0.150	25.5
0.177	26.8
0.300	37.6
0.425	45.9
0.600	53.4
0.840	61.5
1.190	64.8
2.000	74.5
2.360	79.2
4.750	88.4
6.350	93.1
9.500	97.5
12.500	99.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

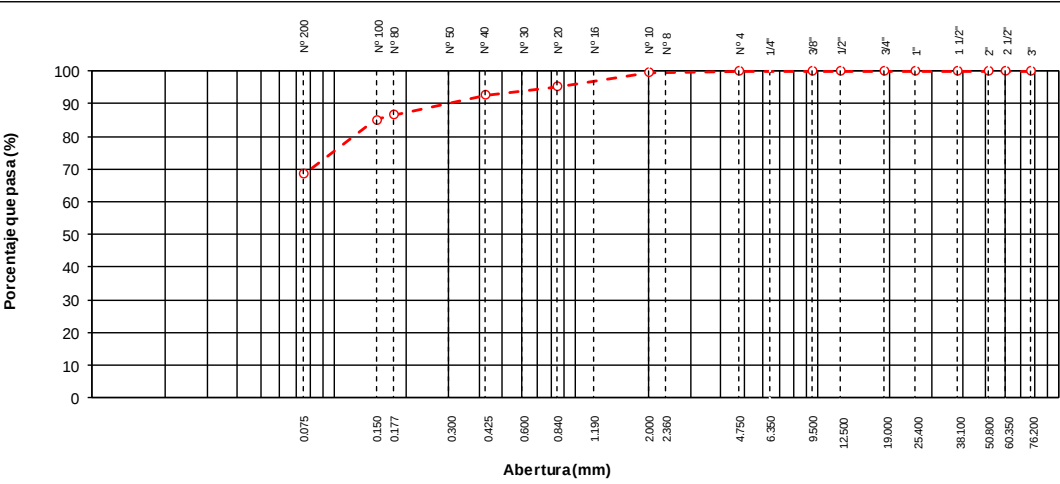
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+700 CALICATA : C-7 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.40 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	4	5	6	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.63	65.98	63.36	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.64	60.74	58.30	
PESO DE AGUA (g)	4.99	5.24	5.06	
PESO DEL TARRO (g)	30.33	31.33	30.43	
PESO DEL SUELO SECO (g)	28.31	29.41	27.87	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.63	17.82	18.16	
NUMERO DE GOLPES	30	22	14	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NP				
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	17.7			
LIMITE PLASTICO	NP			
INDICE DE PLASTICIDAD	NP			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+700</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-7 / M-1</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.40</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-7 / M-1	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.40																													
PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-7 / M-1	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.40																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>569.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>520.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>49.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>520.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>9.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">9.5</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	569.3			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	520.0			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	49.3			Peso Suelo Seco (gr.)	520.0			Contenido de Humedad (gr.)	9.5			Promedio (%)	9.5		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	569.3																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	520.0																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	49.3																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	520.0																																					
Contenido de Humedad (gr.)	9.5																																					
Promedio (%)	9.5																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

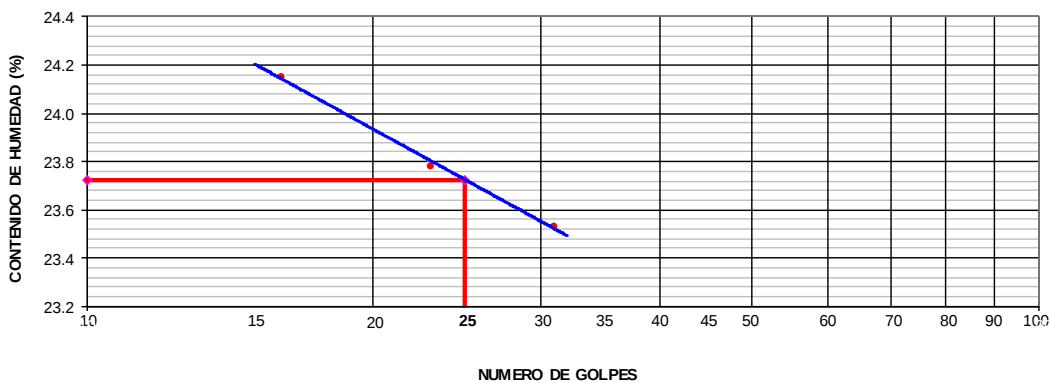
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+700			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-7 / M-2			LADO : DER.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.40 - 0.60 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 600.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 21.2
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 23.7
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 18.6
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 5.1
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL - ML
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-4 (7)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.49
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): REG-MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla limo arenoso de baja plasticidad
Nº 10	2.000	3.2	0.5	0.5	99.5		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	25.3	4.2	4.8	95.3		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	15.6	2.6	7.4	92.7		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	36.3	6.1	13.4	86.6		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	8.4	1.4	14.8	85.2		Arena Nº4 - Nº 200 : 31.6
Nº 200	0.075	100.6	16.8	31.6	68.4		Finos < Nº 200 : 68.4
< Nº 200	FONDO	410.6	68.4	100.0			%>3" : 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

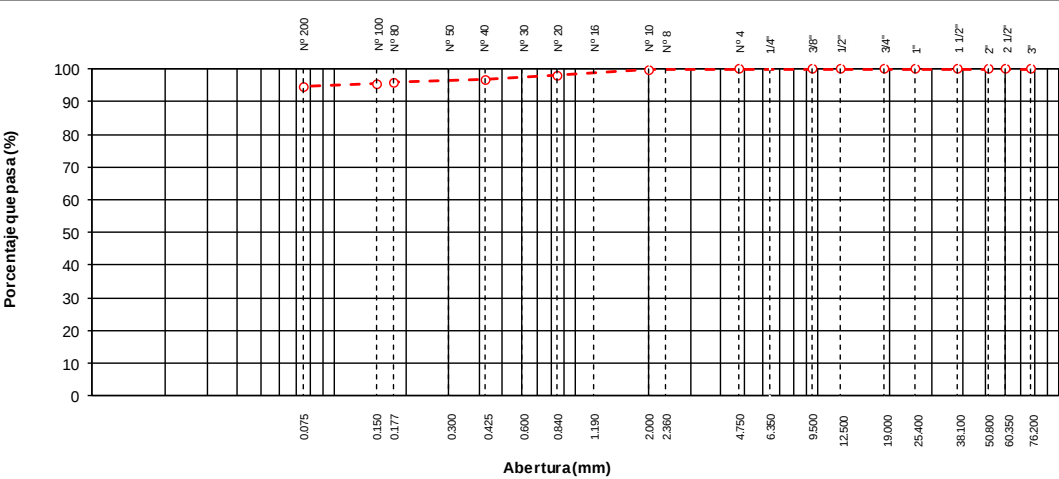


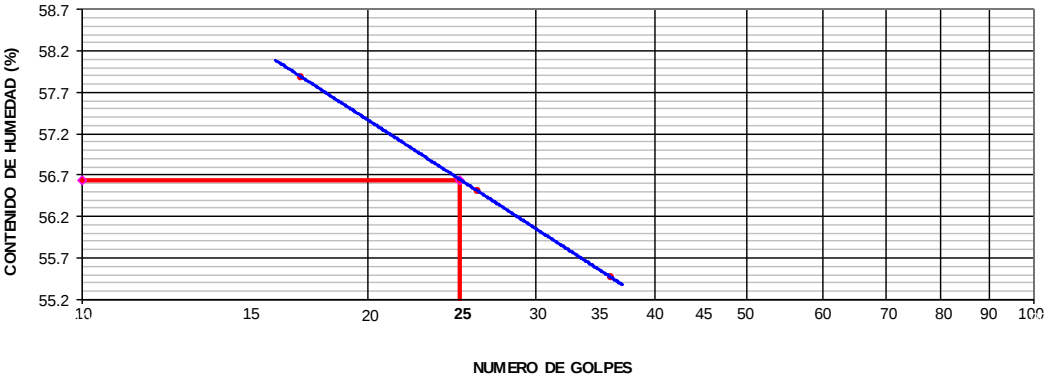
Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	68.4
0.150	8.4
0.177	36.3
0.300	14.8
0.425	7.4
0.600	4.8
0.840	25.3
1.190	6.1
1.600	13.4
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

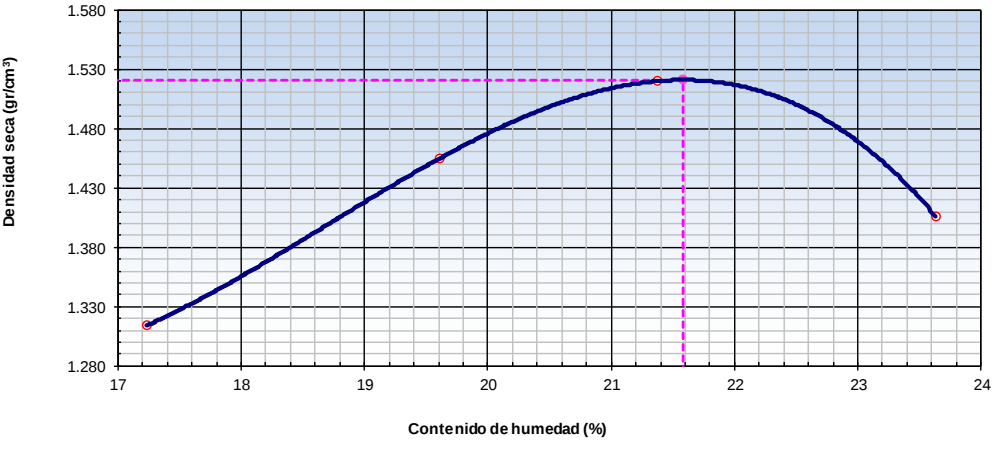
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+700 CALICATA : C-7 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.40 - 0.60 m. TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	8	9	10	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.96	66.14	65.14	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.95	59.14	58.02	
PESO DE AGUA (g)	7.01	7.00	7.12	
PESO DEL TARRO (g)	29.16	29.71	28.54	
PESO DEL SUELO SECO (g)	29.79	29.43	29.48	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.53	23.79	24.15	
NUMERO DE GOLPES	31	23	16	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	33	34		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.14	68.69		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.61	64.45		
PESO DE AGUA (g)	3.53	4.24		
PESO DEL TARRO (g)	42.74	41.42		
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.87	23.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71	18.41		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LIMITE LIQUIDO	23.7			
LIMITE PLASTICO	18.6			
INDICE DE PLASTICIDAD	5.1			
LABORATORIO	ASESOR		OBRAINSA	
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+700</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-7 / M-2</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.40 - 0.60</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-7 / M-2	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.40 - 0.60																													
PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-7 / M-2	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.40 - 0.60																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>685.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>565.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>120.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>565.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>21.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">21.2</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	685.2			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	565.2			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	120.0			Peso Suelo Seco (gr.)	565.2			Contenido de Humedad (gr.)	21.2			Promedio (%)	21.2		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	685.2																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	565.2																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	120.0																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	565.2																																					
Contenido de Humedad (gr.)	21.2																																					
Promedio (%)	21.2																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 11+700		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-7 / M-3		LADO : DER.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.60 - 1.50 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 600.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 33.8
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 56.6
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 26.6
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 30.0
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (19)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.76
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de alta plasticidad
Nº 10	2.000	1.2	0.2	0.2	99.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	10.5	1.8	2.0	98.1		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	8.3	1.4	3.3	96.7		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	4.6	0.8	4.1	95.9		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	3.1	0.5	4.6	95.4		Arena Nº4 - Nº 200 : 5.5
Nº 200	0.075	5.2	0.9	5.5	94.5		Finos < Nº 200 : 94.5
< Nº 200	FONDO	567.1	94.5	100.0			%>3" 0.0%
CURVA GRANULOMÉTRICA							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 11+700 CALICATA : C-7 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50 m. TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : DER.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	15	16	17	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	66.88	67.87	63.63	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	53.69	53.99	50.94	
PESO DE AGUA (g)	13.19	13.88	12.69	
PESO DEL TARRO (g)	29.91	29.43	29.02	
PESO DEL SUELO SECO (g)	23.78	24.56	21.92	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	55.47	56.51	57.89	
NUMERO DE GOLPES	36	26	17	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	45	46		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.69	64.85		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	59.09	59.83		
PESO DE AGUA (g)	4.60	5.02		
PESO DEL TARRO (g)	41.67	41.07		
PESO DEL SUELO SECO (g)	17.42	18.76		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.41	26.76		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	56.6			
LIMITE PLASTICO	26.6			
INDICE DE PLASTICIDAD	30.0			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 11+700</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-7 / M-3</td> <td>LADO : DER.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.60 - 1.50</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-7 / M-3	LADO : DER.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.60 - 1.50																													
PROCEDENCIA : Km. 11+700	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-7 / M-3	LADO : DER.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.60 - 1.50																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>963.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>720.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>243.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>720.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>33.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">33.8</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	963.5			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	720.1			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	243.4			Peso Suelo Seco (gr.)	720.1			Contenido de Humedad (gr.)	33.8			Promedio (%)	33.8		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	963.5																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	720.1																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	243.4																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	720.1																																					
Contenido de Humedad (gr.)	33.8																																					
Promedio (%)	33.8																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)	Código: F-350 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+700 CALICATA : C-7 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50		CLASF. (SUCS) : CH CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19) LADO : DER.			
Método "A"					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5635	5822	5921	5821
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187
Peso suelo húmedo compactado	gr	1448	1635	1734	1634
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940
Peso volumétrico húmedo	gr	1.540	1.739	1.845	1.738
Recipiente N°		-	-	-	-
Peso del suelo húmedo+tara	gr	436.50	521.70	362.10	420.30
Peso del suelo seco + tara	gr	372.34	436.20	298.34	339.96
Tara	gr				
Peso de agua	gr	64.16	85.50	63.76	80.34
Peso del suelo seco	gr	372.34	436.20	298.34	339.96
Contenido de agua	%	17.23	19.60	21.37	23.63
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.314	1.454	1.520	1.406
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.521
Humedad óptima (%)					21.6
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD 					
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA			
					

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0										
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS												
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019										
I. Datos Generales													
PROCEDENCIA: Km. 11+700 CALICATA : C-7 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.60 - 1.50			CLASF. (SUCS) : CH CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19) LADO : DER.										
Molde Nº	4		5		6								
Capas Nº	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11240		11258		11731								
Peso de molde (g)	7320		7512		8200								
Peso del suelo húmedo (g)	3920		3746		3531								
Volumen del molde (cm³)	2122		2136		2126								
Densidad húmeda (g/cm³)	1.847		1.754		1.661								
Tara (Nº)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	326.60		452.10		326.60								
Peso suelo seco + tara (g)	268.70		371.70		268.80								
Peso de tara (g)													
Peso de agua (g)	57.90		80.40		57.80								
Peso de suelo seco (g)	268.70		371.70		268.80								
Contenido de humedad (%)	21.55		21.63		21.50								
Densidad seca (g/cm³)	1.520		1.442		1.367								
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION					
				mm %		mm %		mm %					
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0	0.0	0.000 0.0					
23/04/2016	15:01	24	185.0	1.850 1.57	226.0	2.260 1.92	298.0	2.980 2.53					
24/04/2016	15:07	48	296.0	2.960 2.51	385.0	3.850 3.26	436.0	4.360 3.69					
25/04/2016	15:13	72	378.0	3.780 3.20	452.0	4.520 3.83	585.0	5.850 4.96					
26/04/2016	15:19	84	420.0	4.200 3.56	536.0	5.360 4.54	720.0	7.200 6.10					
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		44.8	44.8			13.0	13.0			6.5	6.5		
1.270		55.9	55.9			16.7	16.7			8.3	8.3		
1.905		65.7	65.7			25.6	25.6			12.8	12.8		
2.540	70.5	78.8	78.8	79.5	5.5	35.3	35.3	33.1	2.3	17.6	17.6	16.5	1.1
3.810		90.1	90.1			42.5	42.5			21.2	21.2		
5.080	105.7	125.2	125.2	122.8	5.7	55.6	55.6	53.5	2.5	27.8	27.8	26.7	1.2
6.350		165.2	165.2			60.1	60.1			30.0	30.0		
7.620		210.7	210.7			70.5	70.5			35.2	35.2		
10.160						89.9	89.9			44.9	44.9		
LABORATORIO  ASESOR  OBRAINSA 													

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 11+700

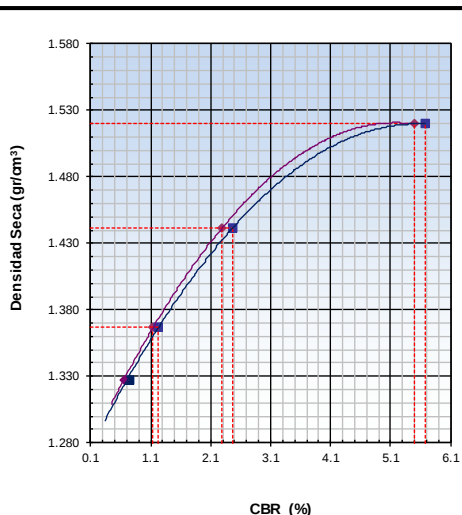
CALICATA : C-7 / M-3

MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 0.60 - 1.50

CLASF. (SUCS) : CH

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (19)

LADO : DER.

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.521

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 21.6

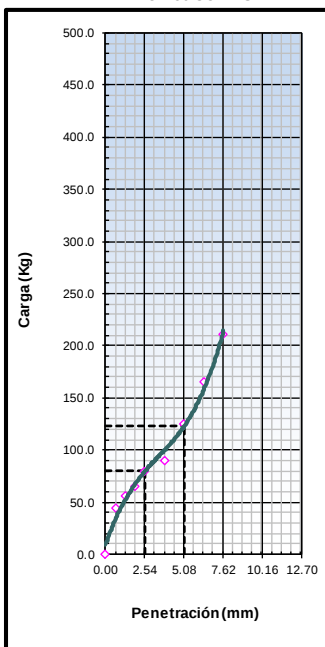
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.445

DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.327

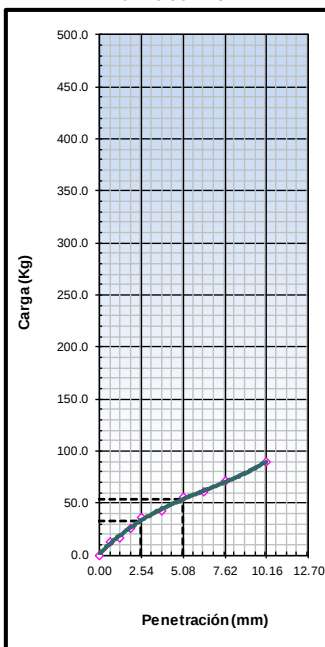
C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1")	5.6	0.2" : 5.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1")	2.4	0.2" : 2.6
C.B.R. INSITU (%)	0.1"	0.7
	0.2"	0.8

RESULTADOS CBR a 1":
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.4 (%)

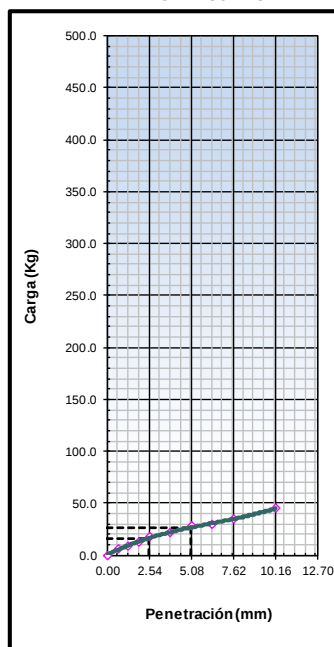
CBR INSITU = 0.7 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1")	5.5%
CBR (0.2")	5.7%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1")	2.3%
CBR (0.2")	2.5%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1")	1.8%
CBR (0.2")	12%

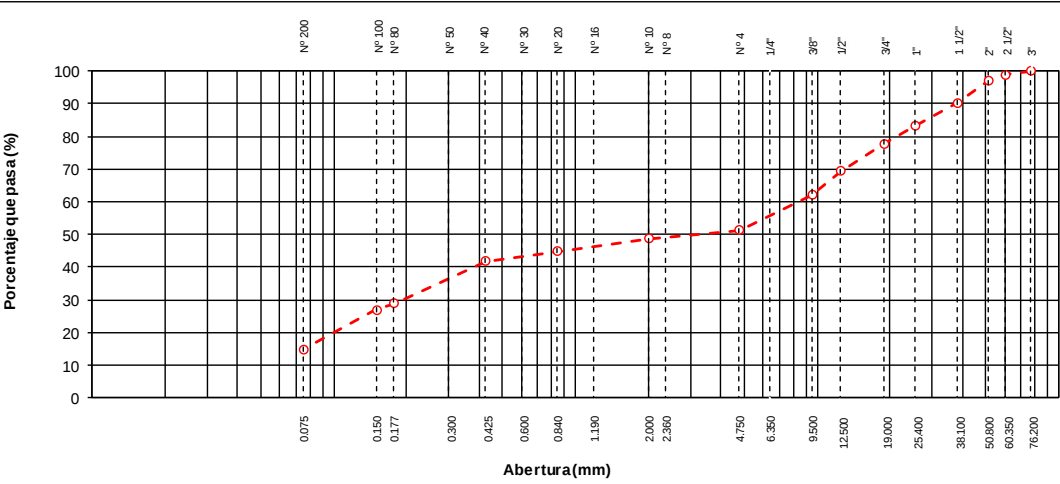
LABORATORIO

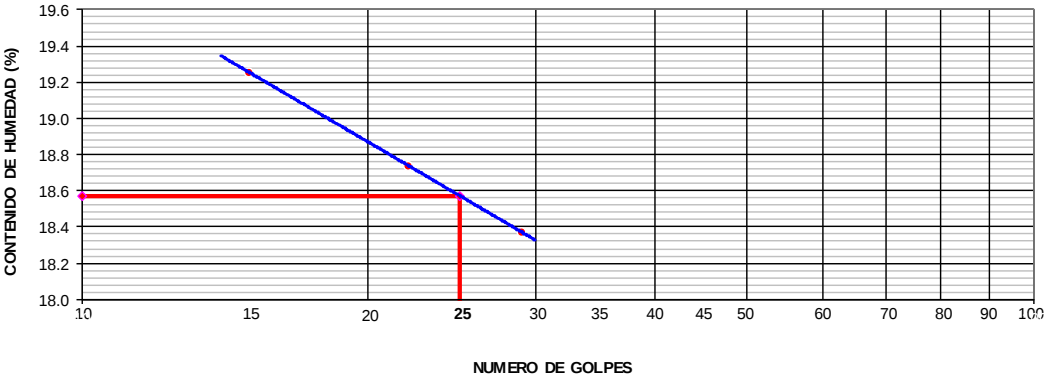
ASESOR

OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 11+700		LADO : DER.			
UBICACIÓN : C-7 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.60 - 1.50					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	505.5	481.8	466.9
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	512.5	536.5	545.2
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	123.2	112.5	105.6
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	389.3	424.0	439.6
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	7.0	54.7	78.3
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	7.9	61.5	88.0
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	381.4	362.5	351.6
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.325	1.329	1.328
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.327		
10	HUMEDAD NATURAL	%	33.8	33.8	33.8
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+100))	gr/cc.	0.990	0.993	0.992
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	0.992		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
		 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505			

7.1.8 *Resultado de ensayos a la calicata C-8 – Progresiva 12+200*

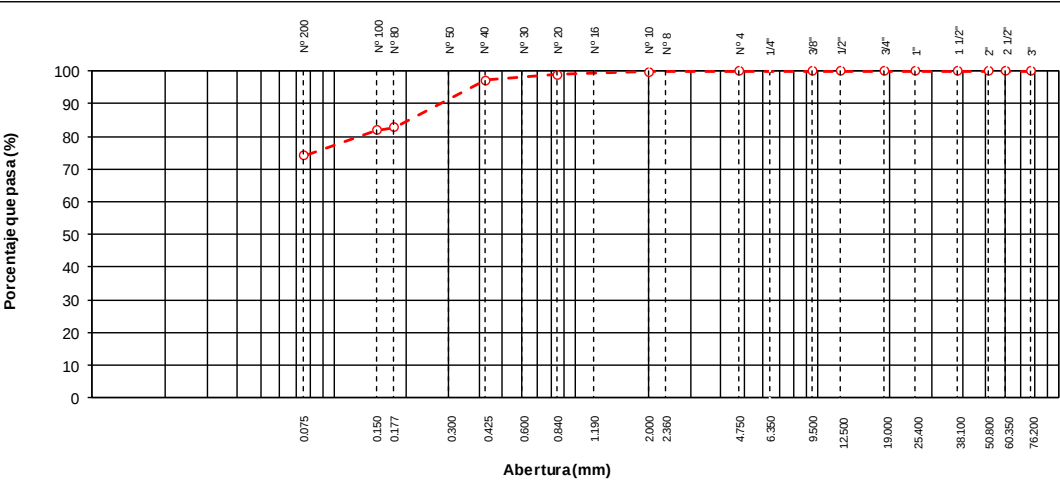
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 12+000		TAMANO MÁXIMO : 3"					
CALICATA : C-8 / M-1		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.00 - 0.10 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 18635.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 600.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 6.3
2 1/2"	60.350	212.0	1.1	1.1	98.9		
2"	50.800	365.0	2.0	3.1	96.9		Límite Líquido (LL): 18.6
1 1/2"	38.100	1252.0	6.7	9.8	90.2		Límite Plástico (LP): 15.3
1"	25.400	1320.0	7.1	16.9	83.1		Índice Plástico (IP): 3.3
3/4"	19.000	1008.0	5.4	22.3	77.7		Clasificación (SUCS) : GM
1/2"	12.500	1536.0	8.2	30.6	69.4		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	1365.0	7.3	37.9	62.1		Índice de Consistencia : 3.76
1/4"	6.350	1274.0	6.8	44.7	55.3		
Nº 4	4.750	752.0	4.0	48.7	51.3		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava limosa con arena
Nº 10	2.000	464.8	2.5	51.2	48.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	717.9	3.9	55.1	44.9		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	566.7	3.0	58.1	41.9		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 3.1
Nº 80	0.177	2421.2	13.0	71.1	28.9		Grava 2" - Nº 4 : 45.7
Nº 100	0.150	369.3	2.0	73.1	26.9		Arena Nº4 - Nº 200 : 36.3
Nº 200	0.075	2231.8	12.0	85.1	14.9		Finos < Nº 200 : 14.9
< Nº 200	FONDO	2779.3	14.9	100.0			%>3" 1.1%
CURVA GRANULOMÉTRICA							
							
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA			
							

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-1 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.00 - 0.10 m. TAMAÑO MAXIMO : 3" LADO : IZQ.				
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	30	31	32	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.87	69.21	66.85	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	62.41	65.09	62.50	
PESO DE AGUA (g)	3.46	4.12	4.35	
PESO DEL TARRO (g)	43.58	43.10	39.91	
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.83	21.99	22.59	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.37	18.74	19.26	
NUMERO DE GOLPES	29	22	15	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	14	15		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	70.24	75.32		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	64.77	69.27		
PESO DE AGUA (g)	5.47	6.05		
PESO DEL TARRO (g)	28.87	29.91		
PESO DEL SUELO SECO (g)	35.90	39.36		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.24	15.37		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO	18.6			
LIMITE PLASTICO	15.3			
INDICE DE PLASTICIDAD	3.3			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 12+000</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : 3"</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-8 / M-1</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.00 - 0.10</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : 3"	CALICATA : C-8 / M-1	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.00 - 0.10																													
PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : 3"																																					
CALICATA : C-8 / M-1	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.00 - 0.10																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>653.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>615.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>38.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>615.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>6.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">6.3</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	653.6			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	615.1			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	38.5			Peso Suelo Seco (gr.)	615.1			Contenido de Humedad (gr.)	6.3			Promedio (%)	6.3		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	653.6																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	615.1																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	38.5																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	615.1																																					
Contenido de Humedad (gr.)	6.3																																					
Promedio (%)	6.3																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

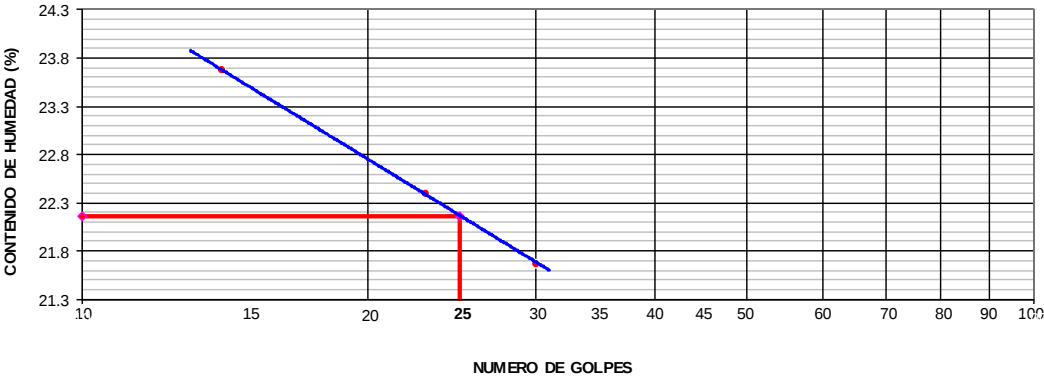
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 12+000		TAMANO MÁXIMO : --					
CALICATA : C-8 / M-2		LADO : IZQ.					
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.10 - 0.80 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 615.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 615.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 19.7
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 22.2
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 16.2
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 6.0
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL - ML
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-4 (8)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.41
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): REG-MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla limosa de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	1.5	0.2	0.2	99.8		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : --
Nº 20	0.840	5.6	0.9	1.2	98.8		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	10.3	1.7	2.8	97.2		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	89.2	14.5	17.3	82.7		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	5.2	0.8	18.2	81.8		Arena Nº4 - Nº 200 : 25.8
Nº 200	0.075	46.9	7.6	25.8	74.2		Finos < Nº 200 : 74.2
< Nº 200	FONDO	456.3	74.2	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	74.2
0.150	5.2
0.177	89.2
0.300	18.2
0.425	97.2
0.600	99.8
0.840	98.8
1.190	100.0
2.000	100.0
2.360	100.0
4.750	100.0
6.350	100.0
9.500	100.0
12.500	100.0
19.000	100.0
25.400	100.0
38.100	100.0
50.800	100.0
60.350	100.0
76.200	100.0

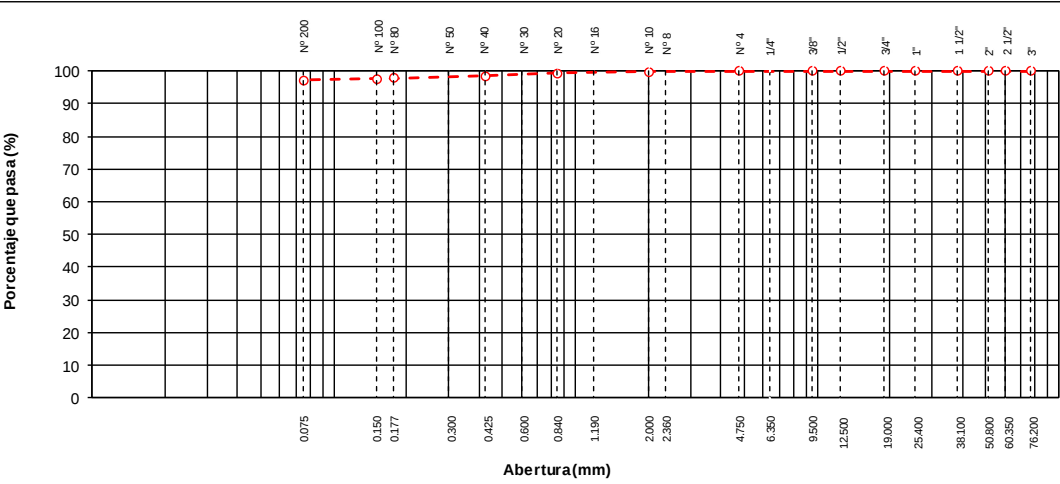
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0																																													
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																															
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																													
I. Datos Generales																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.10 - 0.80 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.10 - 0.80 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																											
PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-2 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.10 - 0.80 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE LIQUIDO (MTCE110)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>33</th> <th>34</th> <th>35</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>65.25</td> <td>66.28</td> <td>68.98</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>61.24</td> <td>61.73</td> <td>63.83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>4.01</td> <td>4.55</td> <td>5.15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>42.74</td> <td>41.42</td> <td>42.08</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>18.50</td> <td>20.31</td> <td>21.75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>21.68</td> <td>22.40</td> <td>23.68</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td>30</td> <td>23</td> <td>14</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LIQUIDO (MTCE110)					N° TARRO	33	34	35		PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.25	66.28	68.98		PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.24	61.73	63.83		PESO DE AGUA (g)	4.01	4.55	5.15		PESO DEL TARRO (g)	42.74	41.42	42.08		PESO DEL SUELO SECO (g)	18.50	20.31	21.75		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.68	22.40	23.68		NUMERO DE GOLPES	30	23	14	
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)																																															
N° TARRO	33	34	35																																												
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	65.25	66.28	68.98																																												
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	61.24	61.73	63.83																																												
PESO DE AGUA (g)	4.01	4.55	5.15																																												
PESO DEL TARRO (g)	42.74	41.42	42.08																																												
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.50	20.31	21.75																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.68	22.40	23.68																																												
NUMERO DE GOLPES	30	23	14																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="5">LIMITE PLASTICO (MTCE111)</th> </tr> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th>N° TARRO</th> <th>18</th> <th>19</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)</td> <td>63.69</td> <td>66.14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO (g)</td> <td>58.99</td> <td>61.65</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA (g)</td> <td>4.70</td> <td>4.49</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO (g)</td> <td>30.06</td> <td>34.02</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>28.93</td> <td>27.63</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>16.25</td> <td>16.25</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLASTICO (MTCE111)					N° TARRO	18	19			PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.69	66.14			PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.99	61.65			PESO DE AGUA (g)	4.70	4.49			PESO DEL TARRO (g)	30.06	34.02			PESO DEL SUELO SECO (g)	28.93	27.63			CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.25	16.25							
LIMITE PLASTICO (MTCE111)																																															
N° TARRO	18	19																																													
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	63.69	66.14																																													
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.99	61.65																																													
PESO DE AGUA (g)	4.70	4.49																																													
PESO DEL TARRO (g)	30.06	34.02																																													
PESO DEL SUELO SECO (g)	28.93	27.63																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.25	16.25																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES 																																															

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 12+000</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-8 / M-2</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.10 - 0.80</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-8 / M-2	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.10 - 0.80																													
PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-8 / M-2	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.10 - 0.80																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>525.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>438.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>86.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>438.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>19.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">19.7</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	525.2			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	438.6			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	86.6			Peso Suelo Seco (gr.)	438.6			Contenido de Humedad (gr.)	19.7			Promedio (%)	19.7		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	525.2																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	438.6																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	86.6																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	438.6																																					
Contenido de Humedad (gr.)	19.7																																					
Promedio (%)	19.7																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

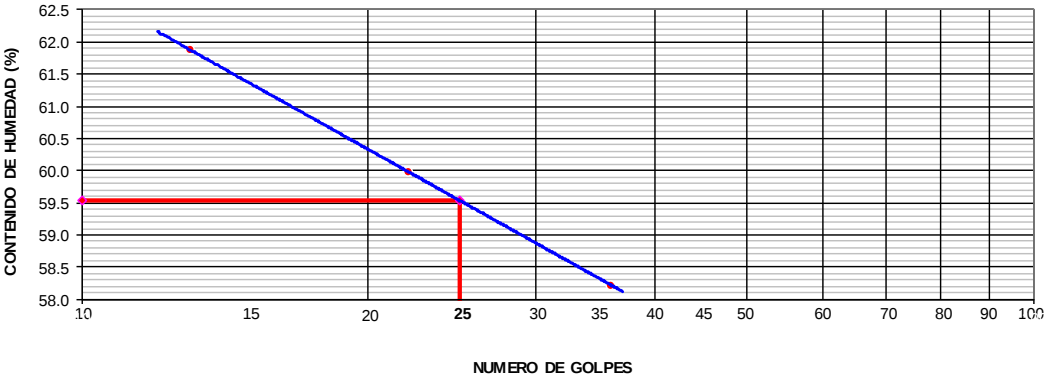
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		Código: F-346 Versión 2.0			
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS							
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales							
PROCEDENCIA : Km. 12+000			TAMANO MÁXIMO : --				
CALICATA : C-8 / M-3			LADO : IZQ.				
MATERIAL : PLATAFORMA							
PROFUND. : 0.80 - 1.60 m.							
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 585.3 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 585.3 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 37.9
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 59.5
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 28.9
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 30.6
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (16)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 0.71
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de alta plasticidad
Nº 10	2.000	0.8	0.1	0.1	99.9		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	3.1	0.5	0.7	99.3		Turba : --
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	5.1	0.9	1.5	98.5		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.0
Nº 80	0.177	3.8	0.6	2.2	97.8		Grava 2" - Nº 4 : 0.0
Nº 100	0.150	1.2	0.2	2.4	97.6		Arena Nº4 - Nº 200 : 2.8
Nº 200	0.075	2.5	0.4	2.8	97.2		Finos < Nº 200 : 97.2
< Nº 200	FONDO	568.8	97.2	100.0			%>3" 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA

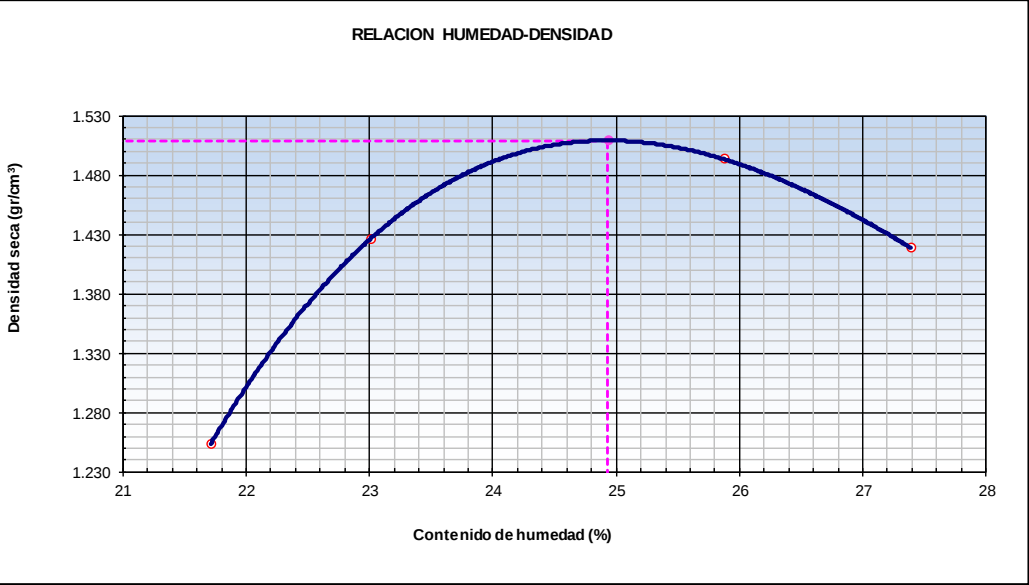


Sieve Size (mm)	Percentage passing (%)
0.075	97.2
0.150	97.6
0.177	97.8
0.300	99.3
0.425	98.5
0.600	97.8
0.840	97.6
1.190	97.2
2.000	97.2
2.360	97.2
4.750	97.2
6.350	97.2
9.500	97.2
12.500	97.2
19.000	97.2
25.400	97.2
38.100	97.2
50.800	97.2
60.350	97.2
76.200	97.2

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 CIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	Código: F-352 Versión 2.0		
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS				
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019		
I. Datos Generales				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 - 1.60 m. </td> <td style="width: 40%; text-align: right;"> TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ. </td> </tr> </table>			PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 - 1.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.
PROCEDENCIA: Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 - 1.60 m.	TAMAÑO MAXIMO : -- LADO : IZQ.			
LIMITE LIQUIDO (MTCE110)				
N° TARRO	37	38	39	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	68.25	69.68	65.25	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	58.52	59.79	56.24	
PESO DE AGUA (g)	9.73	9.89	9.01	
PESO DEL TARRO (g)	41.81	43.30	41.68	
PESO DEL SUELO SECO (g)	16.71	16.49	14.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	58.23	59.98	61.88	
NUMERO DE GOLPES	36	22	13	
LIMITE PLASTICO (MTCE111)				
N° TARRO	20	21		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	73.21	68.21		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	63.33	62.44		
PESO DE AGUA (g)	9.88	5.77		
PESO DEL TARRO (g)	29.22	42.43		
PESO DEL SUELO SECO (g)	34.11	20.01		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.97	28.84		
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LIMITE LIQUIDO	59.5			
LIMITE PLASTICO	28.9			
INDICE DE PLASTICIDAD	30.6			
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA		
				

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Código: F-347 Versión 2.0																																				
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRAS ANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS																																						
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR		Fecha: 28/06/2019																																				
I. Datos Generales																																						
<table border="1"> <tr> <td>PROCEDENCIA : Km. 12+000</td> <td>TAMAÑO MAXIMO : --</td> </tr> <tr> <td>CALICATA : C-8 / M-3</td> <td>LADO : IZQ.</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL : PLATAFORMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUND. : 0.80 - 1.60</td> <td></td> </tr> </table>			PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : --	CALICATA : C-8 / M-3	LADO : IZQ.	MATERIAL : PLATAFORMA		PROFUND. : 0.80 - 1.60																													
PROCEDENCIA : Km. 12+000	TAMAÑO MAXIMO : --																																					
CALICATA : C-8 / M-3	LADO : IZQ.																																					
MATERIAL : PLATAFORMA																																						
PROFUND. : 0.80 - 1.60																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)</td> <td>365.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Suelo Seco (gr.)</td> <td>265.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr.)</td> <td>100.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr.)</td> <td>265.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (gr.)</td> <td>37.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio (%)</td> <td colspan="3">37.9</td> </tr> </tbody> </table>			Nº DE ENSAYOS	1	2	3	Nº Tara				Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	365.8			Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	265.3			Peso Tara (gr.)				Peso Agua (gr.)	100.5			Peso Suelo Seco (gr.)	265.3			Contenido de Humedad (gr.)	37.9			Promedio (%)	37.9		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3																																			
Nº Tara																																						
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	365.8																																					
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	265.3																																					
Peso Tara (gr.)																																						
Peso Agua (gr.)	100.5																																					
Peso Suelo Seco (gr.)	265.3																																					
Contenido de Humedad (gr.)	37.9																																					
Promedio (%)	37.9																																					
Observaciones: 																																						
LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA																																				
																																						

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Código: F-350 Versión 2.0			
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha : 28/06/2019			
I. Datos Generales						
PROCEDENCIA : Km. 12+000 CALICATA : C-8 / M-3 MATERIAL : PLATAFORMA PROFUND. : 0.80 - 1.60		CLASF. (SUCS) : CH CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (16) LADO : IZQ.				
Método "A"						
Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	5621	5836	5954	5886	
Peso molde	gr	4187	4187	4187	4187	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1434	1649	1767	1699	
Volumen del molde	cm ³	940	940	940	940	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.526	1.754	1.880	1.807	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	330.20	396.20	436.90	385.10	
Peso del suelo seco + tara	gr	271.30	322.10	347.10	302.30	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	58.90	74.10	89.80	82.80	
Peso del suelo seco	gr	271.30	322.10	347.10	302.30	
Contenido de agua	%	21.71	23.01	25.87	27.39	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.253	1.426	1.493	1.419	
					Densidad máxima (gr/cm³)	
					Humedad óptima (%)	
					1.509 24.9	
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD						
						
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA		
						

	RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Código: F-354 Versión 2.0										
	TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS												
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR			Fecha: 28/06/2019										
I. Datos Generales													
PROCEDENCIA: Km. 12+000		CLASF. (SUCS) : CH											
CALICATA : C-8 / M-3		CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (16)											
MATERIAL : PLATAFORMA		LADO : IZQ.											
PROFUND. : 0.80 - 1.60													
Molde Nº	10	11	12										
Capas Nº	5	5	5										
Golpes por capa Nº	56	25	12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12610	12051	11877										
Peso de molde (g)	8614	8286	8294										
Peso del suelo húmedo (g)	3996	3765	3583										
Volumen del molde (cm³)	2122	2110	2122										
Densidad húmeda (g/cm³)	1.883	1.784	1.689										
Tara (Nº)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	452.10	352.60	369.40										
Peso suelo seco + tara (g)	362.00	282.90	295.70										
Peso de tara (g)													
Peso de agua (g)	90.10	69.70	73.70										
Peso de suelo seco (g)	362.00	282.90	295.70										
Contenido de humedad (%)	24.89	24.64	24.92										
Densidad seca (g/cm³)	1.508	1.432	1.352										
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION									
				mm %									
22/04/2016	14:55	0	0.0	0.000 0.0									
23/04/2016	15:01	24	158.0	1.580 1.34									
24/04/2016	15:07	48	269.0	2.690 2.28									
25/04/2016	15:13	72	356.0	3.560 3.02									
26/04/2016	15:19	84	421.0	4.210 3.57									
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 10				MOLDE Nº 11				MOLDE Nº 12			
		CARGA Dial (div)	CORRECCION kg	CORRECCION kg	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg	CORRECCION kg	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg	CORRECCION kg	CORRECCION %
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		30.9	30.9			16.1	16.1			4.8	4.8		
1.270		35.7	35.7			18.6	18.6			9.8	9.8		
1.905		49.0	49.0			25.5	25.5			15.4	15.4		
2.540	70.5	57.5	57.5	60.3	4.2	29.9	29.9	30.7	2.1	18.5	18.5	17.8	1.2
3.810		78.0	78.0			40.6	40.6			23.8	23.8		
5.080	105.7	95.1	95.1	94.9	4.4	49.5	49.5	51.4	2.4	27.9	27.9	29.3	1.4
6.350		114.2	114.2			59.4	59.4			32.1	32.1		
7.620		132.6	132.6			69.0	69.0			38.7	38.7		
10.160						75.2	75.2			40.2	40.2		
LABORATORIO													
ASESOR													
OBRAINSA													
													

TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR

Fecha: 28/06/2019

I. Datos Generales
PROCEDENCIA : Km. 12+000

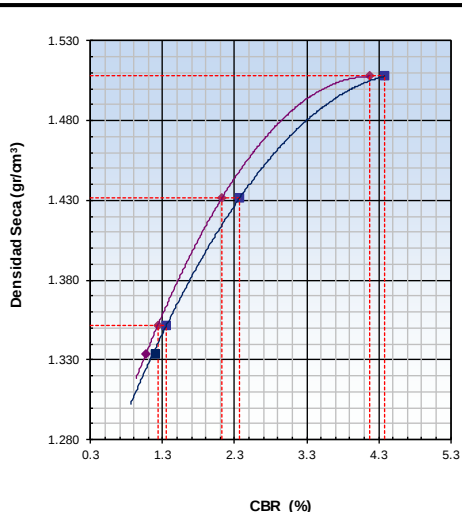
CALICATA : C-8 / M-3

MATERIAL : PLATAFORMA

PROFUND. : 0.80 - 1.60

CLASF. (SUCS) : CH

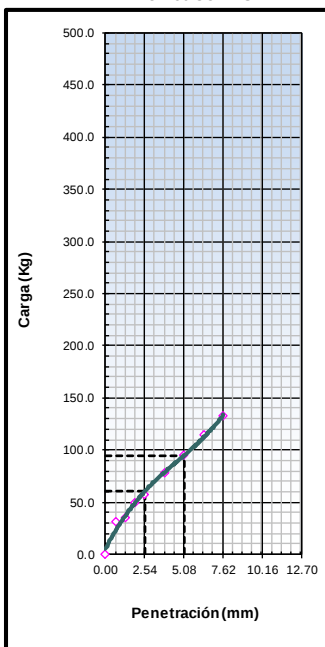
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (16)

LADO : IZQ.

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.509
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 24.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.434
DENSIDAD INSITU (g/cm³) : 1.334

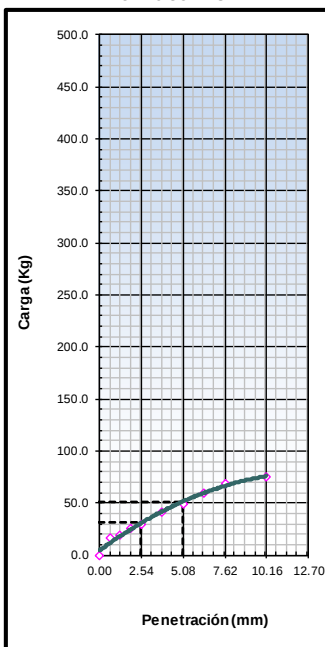
C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1")	4.2	0.2" : 4.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1")	2.2	0.2" : 2.4
C.B.R. INSITU (%)	0.1"	1.1 0.2" : 1.2

RESULTADOS CBR a 1":

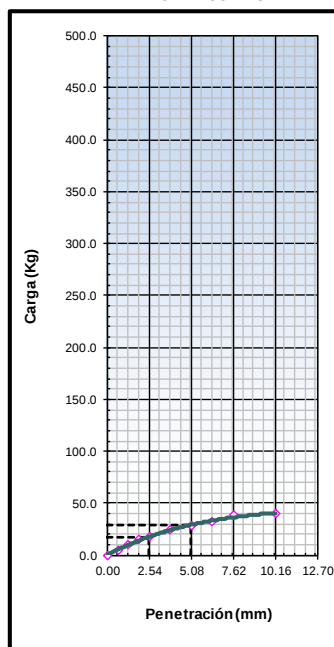
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.2 (%)
 CBR INSITU = 1.1 (%)

OBSERVACIONES:
EC = 56 GOLPES


CBR (0.1") 4.2%
 CBR (0.2") 4.4%

EC = 25 GOLPES


CBR (0.1") 2.2%
 CBR (0.2") 2.4%

EC = 12 GOLPES


CBR (0.1") 1.2%
 CBR (0.2") 1.4%

LABORATORIO

ASESOR

OBRAINSA


		DENSIDAD NATURAL DEL SUELO (MÉTODO DE LA PARAFINA)		Código: N/A Versión 0.0	
TESIS : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS					
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, PROVINCIA MOYOBAMBA, DISTRITO SORITOR				Fecha:	28/06/2019
I. Datos Generales					
PROCEDENCIA : Km. 12+000		LADO : IZQ.			
UBICACIÓN : C-8 / M-3					
MATERIAL : PLATAFORMA					
MUESTRA : 0.80 - 1.60					
DENSIDAD NATURAL DEL SUELO					
Nº	ITEM		1	2	3
1	PESO MUESTRA AL AIRE	gr.	413.3	415.7	446.2
2	PESO MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	gr.	410.2	450.2	496.2
3	PESO MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	gr.	103.5	100.1	105.6
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA (3-2)	cc.	306.7	350.1	390.6
5	PESO DE LA PARAFINA (2-1)	gr.	-3.1	34.5	50.0
6	VOLUMEN PARAFINA (5/P.E. DELA PARAFINA)	cc.	-3.5	38.8	56.2
7	VOLUMEN MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO (4-6)	cc.	310.2	311.3	334.4
8	DENSIDAD NATURAL MUESTRA HUMEDA (1/7)	gr/cc.	1.332	1.335	1.334
9	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL HUMEDA	gr/cc.	1.334		
10	HUMEDAD NATURAL	%	37.9	37.9	37.9
11	DENSIDAD NATURAL MUESTRA SECA (8/(1+100))	gr/cc.	0.966	0.968	0.968
12	PROMEDIO DENSIDAD NATURAL SECA	gr/cc.	0.967		
LABORATORIO		ASESOR		OBRAINSA	
		 GIDER VELA VELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505			

7.1.9 *Resultado de ensayos de Corte Directo*

ASTM D3080, AASHTO T236
PRUEBA DE CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS BAJO
CONDICIONES NO DRENADO NO CONSOLIDADO

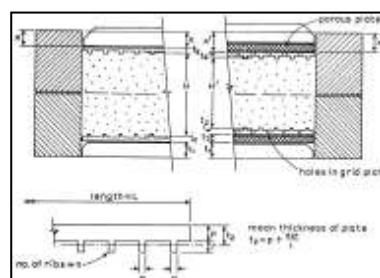
Proyecto: TESIS Fecha: jul.-19
 Ubicación: Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín.
 Perforac. Nº. SUELO "CL" Muestr Nº M - 01 Profund. 1.5
 Descripción del Suelo: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad.

Preparación de la Muestra

Sin Pertubar ☐ Remoldeado ☒ Compactado ☐ Otros ☐
 Compact. De Energía Nº de Capas Golpes / Capa Pisón Kgf Caida cm
 Molde Nº Contén. de hum. Compactación % Diam. Mold. cm Alt. del Suel cm
 Preparación de Muest

Clasificación de Suelos

Grava 0 % Limit. Líquido 35.45 %
 Arena 20.4 % Limite Plástico 19.78 %
 Finos 79.6 % S.U.C.S. CL



Caja de Corte

Área 31.42 cm² Profund. Total: 2.555 cm

Ejemplo de Altura

t₁ cm t₂ cm t₃ cm x cm

Mediciones Iniciales

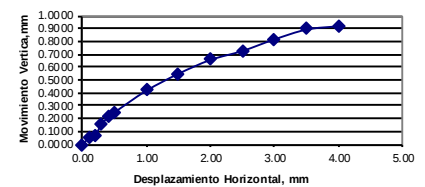
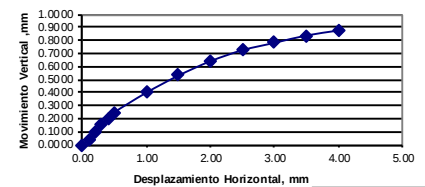
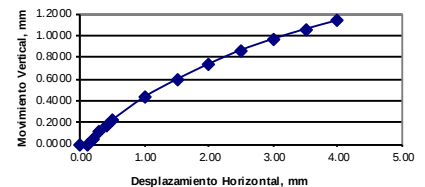
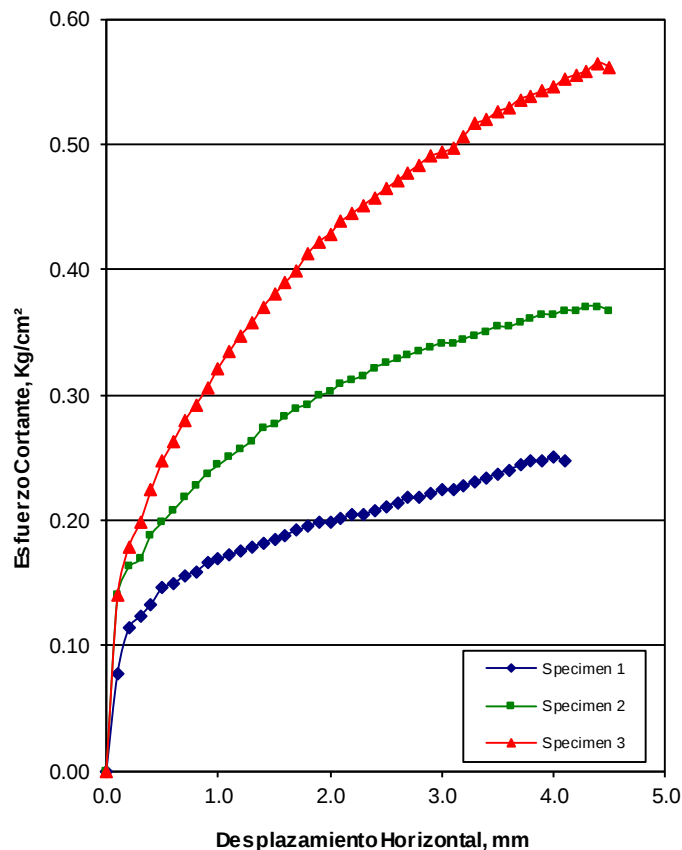
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Tensión Normal <u>0.25</u> kgf/cm ²	Tensión Normal <u>0.50</u> kgf/cm ²	Tensión Normal <u>1.00</u> kgf/cm ²
x <u> </u> cm	x <u> </u> cm	x <u> </u> cm
H = <u>2.555</u> cm	H = <u>2.555</u> cm	H = <u>2.555</u> cm
Volumen <u>80.278</u> cm ³	Volume <u>80.278</u> cm ³	Volume <u>80.278</u> cm ³
Tara Nº. <u>10</u>	Tara Nº. <u>5</u>	Tara Nº. <u>6</u>
P. Tara <u>41.58</u> gr	P. Tara <u>43.01</u> gr	P. Tara <u>39.83</u> gr
P. Muestra hum. + Tara <u>192.0</u> gr	P. Muestra hum. + Tara <u>193.8</u> gr	P. Muestra hum. + Tara <u>190.5</u> gr
P. Muestra Seca + Tara <u>171.5</u> gr	P. Muestra Seca + Tara <u>173.7</u> gr	P. Muestra Seca + Tara <u>170.6</u> gr
P. Muestra Hum. <u>150.42</u> gr	P. Muestra Hum. <u>150.79</u> gr	P. Muestra Hum. <u>150.67</u> gr
P. Muestra Seca <u>129.92</u> gr	P. Muestra Seca <u>130.69</u> gr	P. Muestra Seca <u>130.770</u> gr
P. Agua <u>20.5</u> gr	P. Agua <u>20.10</u> gr	P. Agua <u>19.90</u> gr
Cont. Agua <u>15.78</u> %	Cont. Agua <u>15.38</u> %	Cont. Agua <u>15.22</u> %
Densidad Hum <u>1.874</u> gr/cm ³	Densidad Hum <u>1.878</u> gr/cm ³	Densidad Hum <u>1.877</u> gr/cm ³
Densidad Seca <u>1.618</u> gr/cm ³	Densidad Seca <u>1.628</u> gr/cm ³	Densidad Seca <u>1.629</u> gr/cm ³
Peso Específico <u>2.245</u>	Peso Específico <u>2.245</u>	Peso Específico <u>2.245</u>
Volumen de Suelo <u>57.871</u> cm ³	Volumen de Suelo <u>58.214</u> cm ³	Volumen de Suelo <u>58.249</u> cm ³
Relación de Vacíos <u>0.387</u>	Relación de Vacíos <u>0.379</u>	Relación de Vacíos <u>0.378</u>
Saturación Inicial <u>91.49</u> %	Saturación Inicial <u>91.10</u> %	Saturación Inicial <u>90.34</u> %

LABORATORIO	ASESOR	OBRASINSA
		



ASTM D3080, AASHTO T236
PRUEBA DE CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS BAJO
CONDICIONES NO DRENADO NO CONSOLIDADO

Proyecto: TESIS Fecha jul.-19
Ubicación: Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín.
Perforac. Nº. SUELO "CL" Muestr Nº M - 01 Profund. 1.5
Descripción del Suelo: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad.



MUESTRA 1	
Tensión Normal	0.25 kgf/cm ²
$H_c =$	2.520 cm ($H_i - dt + defl.$)
Volumen	79.178 cm ³
Tara Nº.	27
P. Tara	39.6 gr
P. Muestra hum. + Tara	178.0 gr
P. Muestra Seca + Tara	146.3 gr
P. Muestra Hum.	138.4 gr
P. Muestra Seca	106.700 gr
P. Agua	31.7 gr
Cont. Agua	29.71 %
Peso Específico	2.245
Volumen de Suelo	47.528 cm ³
Relación de Vacíos	0.666
Saturación Final	100.156 %

MUESTRA 2	
Tensión Normal	0.50 kgf/cm ²
$H_c =$	2.510 in ($H_i - dt + defl.$)
Volumen	78.864 cm ³
Tara Nº.	25
P. Tara	36.8 gr
P. Muestra hum. + Tara	171.6 gr
P. Muestra Seca + Tara	143.1 gr
P. Muestra Hum.	134.8 gr
P. Muestra Seca	106.300 gr
P. Agua	28.5 gr
Cont. Agua	26.81 %
Peso Específico	2.245
Volumen de Suelo	47.350 cm ³
Relación de Vacíos	0.666
Saturación Final	90.434 %

MUESTRA 3	
Tensión Normal	1.00 kgf/cm ²
$H_c =$	2.500 in ($H_i - dt + defl.$)
Volumen	78.550 cm ³
Tara Nº.	26
P. Tara	35.6 gr
P. Muestra hum. + Tara	167.5 gr
P. Muestra Seca + Tara	142.4 gr
P. Muestra Hum.	131.9 gr
P. Muestra Seca	106.800 gr
P. Agua	25.1 gr
Cont. Agua	23.50 %
Peso Específico	2.245
Volumen de Suelo	47.572 cm ³
Relación de Vacíos	0.651
Saturación Final	81.026 %

LABORATORIO



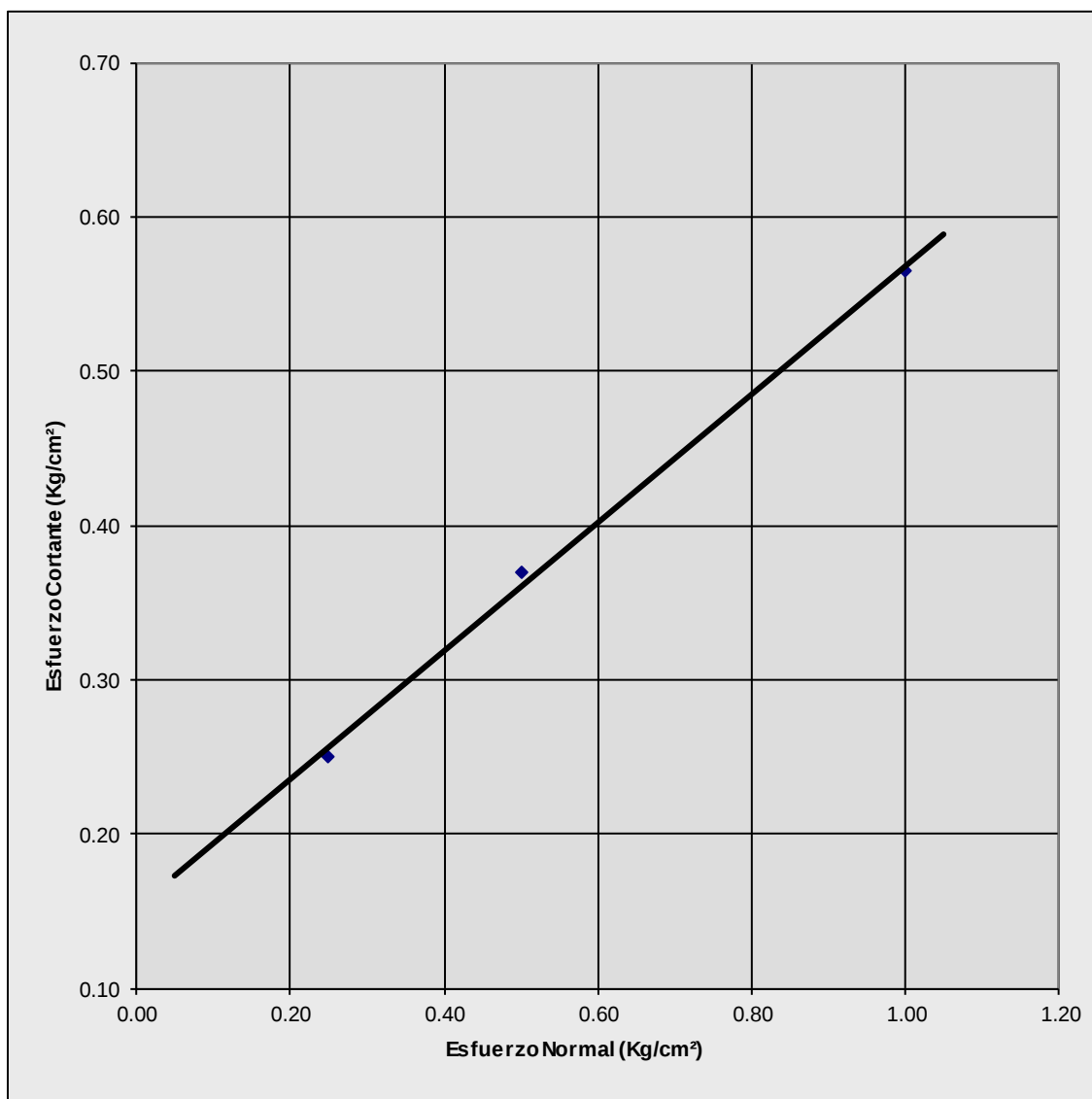
ASESOR



OBRAINSA



Proyecto: _____ TESIS _____ Fecha: _____ jul.-19 _____
 Ubicación: _____ Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín. _____
 Perforac. Nº. _____ SUELO "CL" _____ Muestr Nº _____ M - 01 _____ Profund. _____ 1.5 _____
 Descripción del Suelo: _____ Arcilla inorgánica de mediana plasticidad. _____



Muestra	Esf. Normal kg/cm²	Esf. Corte kg/cm²
1	0.25	0.250
2	0.50	0.370
3	1.00	0.565

Parametros de Resistencia al Corte

Cohesion = 0.153 kgf/cm²

Angulo de Fricción Interna 22.56 (°)

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
	 GIDER VELAMELA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133505	

ASTM D3080, AASHTO T236

**PRUEBA DE CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS BAJO
CONDICIONES NO DRENADO NO CONSOLIDADO**

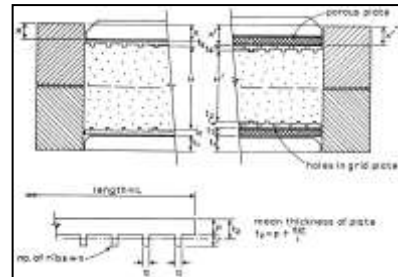
Proyecto:	TESIS	Fecha	jul.-19
Ubicación:	Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín.		
Perforac. Nº.	SUELO "CH"	Muestr Nº	M - 02
		Profund.	1,50
Descripción del Suelo:	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		

Preparación de la Muestra

Sin Perturbar ☐ Remoldeado ☒ Compactado ☐ Otros ☐
 Compact. De Energía Nº de Capas _____ Golpes / Capa _____ Pisón _____ Kg/ Caída _____ cm
 Molde Nº _____ Contén. de hum. Compactación _____ % Diam. Mold. _____ cm Alt. del Suel _____ cm
 Preparación de Muest

Clasificación de Suelos

Grava	<u>0</u>	%	Limit. Líquido	<u>50,93</u>	%
Arena	<u>0,3</u>	%	Limite Plástico	<u>35,77</u>	%
Finos	99,7	%	S.U.C.S.	CH	



Caja de Corte

Área 31,42 cm² Profund. Total: 2,555 cm

Ejemplo de Altura

t_1 _____ cm	t_2 _____ cm	t_3 _____ cm	x _____ cm
----------------	----------------	----------------	--------------

Mediciones Iniciales

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Tensión Normal <u>0,25</u> kgf/cm ²	Tensión Normal <u>0,50</u> kgf/cm ²	Tensión Normal <u>1,00</u> kgf/cm ²
x <u> </u> cm	x <u> </u> cm	x <u> </u> cm
H = <u>2,555</u> cm	H = <u>2,555</u> cm	H = <u>2,555</u> cm
Volumen <u>80,278</u> cm ³	Volume <u>80,278</u> cm ³	Volume <u>80,278</u> cm ³
Tara Nº. <u>4</u>	Tara Nº. <u>5</u>	Tara Nº. <u>6</u>
P. Tara <u>42,21</u> gr	P. Tara <u>43,01</u> gr	P. Tara <u>41,33</u> gr
P. Muestra hum. + Tara <u>193,2</u> gr	P. Muestra hum. + Tara <u>194,5</u> gr	P. Muestra hum. + Tara <u>194,1</u> gr
P. Muestra Seca + Tara <u>182,4</u> gr	P. Muestra Seca + Tara <u>183,5</u> gr	P. Muestra Seca + Tara <u>182,9</u> gr
P. Muestra Hum. <u>150,99</u> gr	P. Muestra Hum. <u>151,49</u> gr	P. Muestra Hum. <u>152,77</u> gr
P. Muestra Seca <u>140,19</u> gr	P. Muestra Seca <u>140,49</u> gr	P. Muestra Seca <u>141,570</u> gr
P. Agua <u>10,8</u> gr	P. Agua <u>11,00</u> gr	P. Agua <u>11,20</u> gr
Cont. Agua <u>7,70</u> %	Cont. Agua <u>7,83</u> %	Cont. Agua <u>7,91</u> %
Densidad Hum <u>1,881</u> gr/cm ³	Densidad Hum <u>1,887</u> gr/cm ³	Densidad Hum <u>1,903</u> gr/cm ³
Densidad Seca <u>1,746</u> gr/cm ³	Densidad Seca <u>1,750</u> gr/cm ³	Densidad Seca <u>1,763</u> gr/cm ³
Peso Especifico <u>2,298</u>	Peso Especifico <u>2,298</u>	Peso Especifico <u>2,298</u>
Volumen de Suelo <u>61,005</u> cm ³	Volumen de Suelo <u>61,136</u> cm ³	Volumen de Suelo <u>61,606</u> cm ³
Relación de Vacios <u>0,316</u>	Relación de Vacios <u>0,313</u>	Relación de Vacios <u>0,303</u>
Saturación Inicial <u>56,04</u> %	Saturación Inicial <u>57,46</u> %	Saturación Inicial <u>59,98</u> %

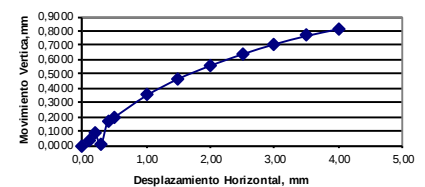
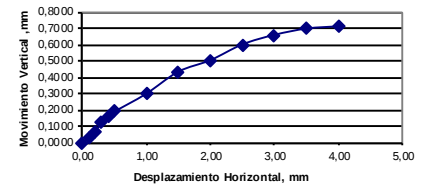
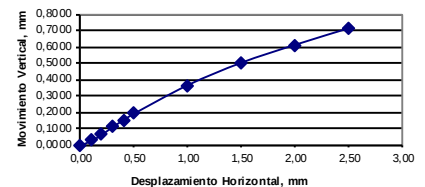
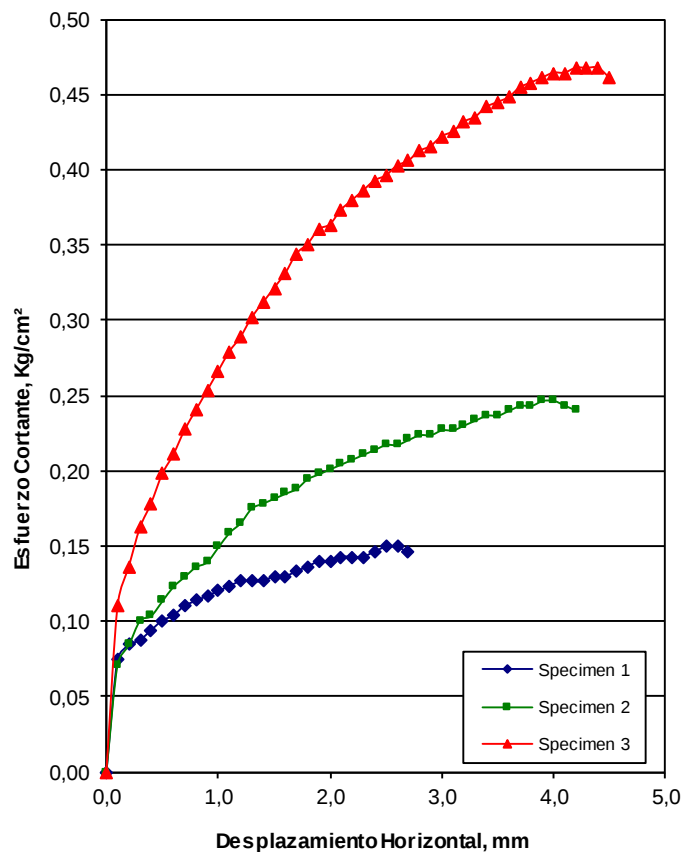
LABORATORIO 	ASESOR  GILDA VILLALBA INGENIERO CIVIL Izag/ CIP Nº 133805	OBRAINSA 
---	--	--



ASTM D3080, AASHTO T236

PRUEBA DE CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS BAJO
CONDICIONES NO DRENADO NO CONSOLIDADO

Proyecto: TESIS Fecha: jul.-19
Ubicación: Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín.
Perforac. N°. SUELO "CH" Muestr N° M - 02 Profund. 1,5
Descripción del Suelo: Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.



MUESTRA 1	
Tensión Normal	0,25 kgf/cm²
H _c =	2,520 cm (H _i - dt + defl.)
Volumen	79,178 cm³
Tara N°.	7
P. Tara	40,4 gr
P. Muestra hum. + Tara	189,5 gr
P. Muestra Seca + Tara	160,5 gr
P. Muestra Hum.	149,1 gr
P. Muestra Seca	120,1 gr
P. Agua	29 gr
Cont. Agua	24,15 %
Peso Específico	2,298
Volumen de Suelo	52,263 cm³
Relación de Vacíos	0,515
Saturación Final	107,744 %

MUESTRA 2	
Tensión Normal	0,50 kgf/cm²
H _c =	2,510 cm (H _i - dt + defl.)
Volumen	78,864 cm³
Tara N°.	8
P. Tara	41,1 gr
P. Muestra hum. + Tara	188,9 gr
P. Muestra Seca + Tara	165,5 gr
P. Muestra Hum.	147,8 gr
P. Muestra Seca	124,4 gr
P. Agua	23,4 gr
Cont. Agua	18,81 %
Peso Específico	2,298
Volumen de Suelo	54,134 cm³
Relación de Vacíos	0,457
Saturación Final	94,621 %

MUESTRA 3	
Tensión Normal	1,00 kgf/cm²
H _c =	2,500 cm (H _i - dt + defl.)
Volumen	78,550 cm³
Tara N°.	9
P. Tara	40,9 gr
P. Muestra hum. + Tara	188,7 gr
P. Muestra Seca + Tara	170,6 gr
P. Muestra Hum.	147,8 gr
P. Muestra Seca	129,7 gr
P. Agua	18,1 gr
Cont. Agua	13,96 %
Peso Específico	2,298
Volumen de Suelo	56,440 cm³
Relación de Vacíos	0,392
Saturación Final	81,865 %

LABORATORIO



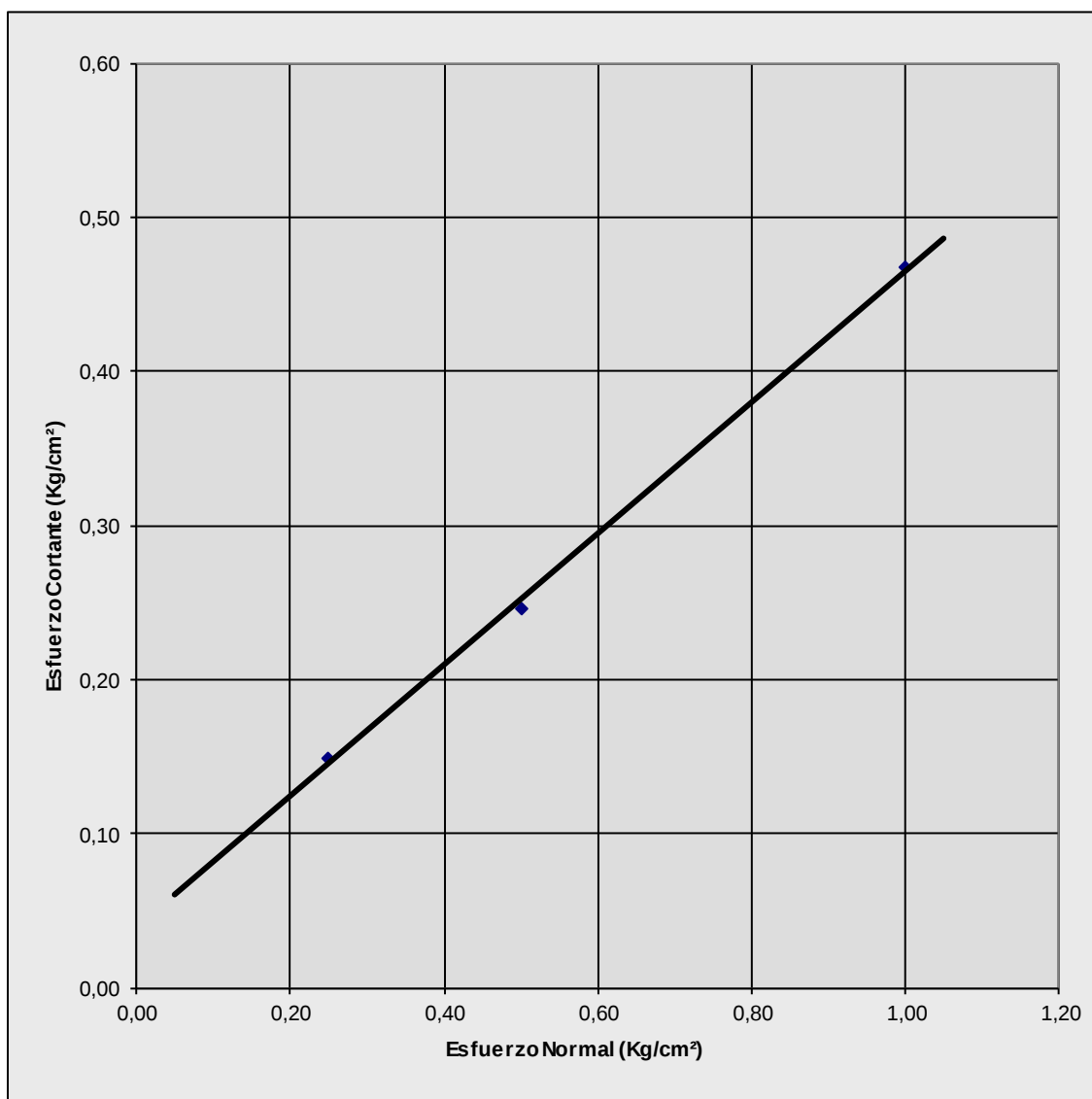
ASESOR



OBRAINSA



Proyecto: _____ TESIS _____ Fecha: jul.-19
 Ubicación: _____ Dist. Soritor, Prov. Moyobamba, Dpto. de San Martín.
 Perforac. N°. _____ SUELO "CH" _____ Muestr N° M - 02 Profund. 1,5
 Descripción del Suelo: _____ Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.



Muestra	Esf. Normal kg/cm²	Esf. Corte kg/cm²
1	0,25	0,149
2	0,50	0,247
3	1,00	0,467

Parametros de Resistencia al Corte

Cohesion = 0,039 kgf/cm²

Angulo de Fricción Interna 23,10 (°)

LABORATORIO	ASESOR	OBRAINSA
		

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (ASTM D 2435)

INFORME : TCP - 111 - LG -100-2019
SOLICITANTE : JORGE DAVID SANTA CRUZ MARIN
DIRECCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS
UBICACIÓN : SORITOR - MOYOBAMBA - SAN MARTÍN
SONDAJE : C-6
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50 m
CLASIFICACIÓN : --
ESTADO : Remoldeado
Fecha de recepción : 17/07/2019 **Realizado :** E.G.I.
Fecha de ensayo : 18/07/2019 **Revisado :** P.T.C.
Fecha de emisión : 3/08/2019

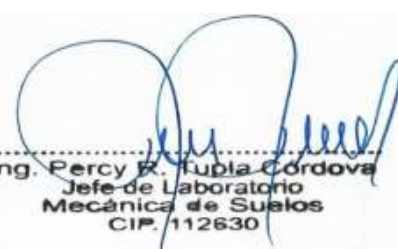
DATOS DEL ESPÉCIMEN	
Altura (h)	2.540 cm
Diámetro (ϕ)	6.350 cm
Grav. Esp. Rel. Sól. (Gs)	2.760
Grado de Sat. Inicial (Gwo)	86.698 %
Grado de Sat. final (Gwf)	99.237 %
Humedad inicial (wo)	24.559 %
Humedad final (wf)	22.713 %

ETAPA DE CARGA							
TIEMPO (min)	0.12 kg/cm ²	0.25 kg/cm ²	0.50 kg/cm ²	1.00 kg/cm ²	2.00 kg/cm ²	4.00 kg/cm ²	8.00 kg/cm ²
0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1300	0.050	0.064	0.128	0.214	0.360	0.384	0.350
0.2500	0.064	0.072	0.138	0.230	0.390	0.410	0.372
0.5000	0.066	0.080	0.146	0.252	0.424	0.440	0.402
1.0000	0.068	0.084	0.156	0.270	0.446	0.472	0.440
2.0000	0.074	0.090	0.164	0.284	0.474	0.514	0.490
4.0000	0.078	0.094	0.172	0.296	0.502	0.558	0.554
8.0000	0.081	0.100	0.178	0.310	0.522	0.610	0.632
15.000	0.084	0.103	0.184	0.318	0.542	0.650	0.704
30.000	0.086	0.107	0.192	0.328	0.556	0.686	0.768
60.00	0.089	0.110	0.202	0.332	0.568	0.706	0.810
120.00	0.092	0.112	0.206	0.338	0.580	0.718	0.830
240.00	0.096	0.114	0.210	0.350	0.594	0.730	0.854
480.00	0.101	0.118	0.216	0.356	0.604	0.732	0.880
960.00	0.106	0.122	0.220	0.358	0.604	0.736	0.880
1440.0	0.106	0.124	0.222	0.362	0.606	0.744	0.880
2880.0	-	-	-	-	-	-	-

Observaciones: La muestra fue proporcionada por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).


ERICK GRANDEZ IBERICO
 Técnico de Laboratorio
 Mecánica de Suelos


Ing. Percy R. Tupla Cordova
 Jefe de Laboratorio
 Mecánica de Suelos
 CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655

ingenieria@tcinge.com

tcinge_sac@yahoo.es

www.tcinge.com

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (ASTM D 2435)

INFORME : TCP - 111 - LG -100-2019
SOLICITANTE : JORGE DAVID SANTA CRUZ MARIN
DIRECCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS
UBICACIÓN : SORITOR - MOYOBAMBA - SAN MARTÍN
SONDAJE : C-6
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50 m
CLASIFICACIÓN : --
ESTADO : Remoldeado
Fecha de recepción : 17/07/2019
Fecha de ensayo : 18/07/2019
Fecha de emisión : 3/08/2019

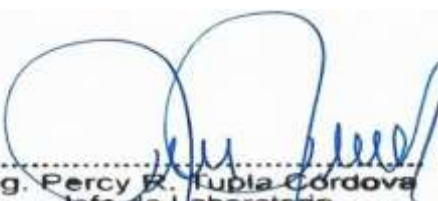
Realizado : E.G.I.
Revisado : P.T.C.

Carga Aplicada (kg/cm2)	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura Promedio (mm)	Altura Drenada (mm)	Densidad Seca (g/cm3)	Relación de Vacíos (‘e’)	Consolidación (%)	Coef. de Consol. (cm2/min)
0.00	10.606	0.000	25.400	12.700	1.549	0.782	0.000	0.000
0.12	10.500	0.106	25.294	12.647	1.555	0.774	0.417	1.995
0.25	10.376	0.230	25.170	12.585	1.563	0.766	0.904	0.480
0.50	10.154	0.452	24.948	12.474	1.577	0.750	1.780	0.733
1.00	9.792	0.814	24.586	12.293	1.600	0.725	3.205	0.915
2.00	9.186	1.420	23.980	11.990	1.641	0.682	5.591	0.787
4.00	8.442	2.164	23.236	11.618	1.693	0.630	8.520	0.337
8.00	7.562	3.044	22.356	11.178	1.760	0.568	11.984	0.221
4.00	7.810	2.796	22.604	11.302	1.741	0.586	11.008	-
2.00	7.948	2.658	22.742	11.371	1.730	0.595	10.465	-
1.00	8.062	2.544	22.856	11.428	1.721	0.603	10.016	-
0.50	8.170	2.436	22.964	11.482	1.713	0.611	9.591	-
0.25	8.251	2.355	23.045	11.523	1.707	0.617	9.272	-
0.12	8.366	2.240	23.160	11.580	1.699	0.625	8.819	-
0	8.466	2.140	23.260	11.630	1.691	0.632	8.425	-

Observaciones: La muestra fue proporcionado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).


ERICK GRANDEZ IBERICO
 Técnico de Laboratorio
 Mecánica de Suelos

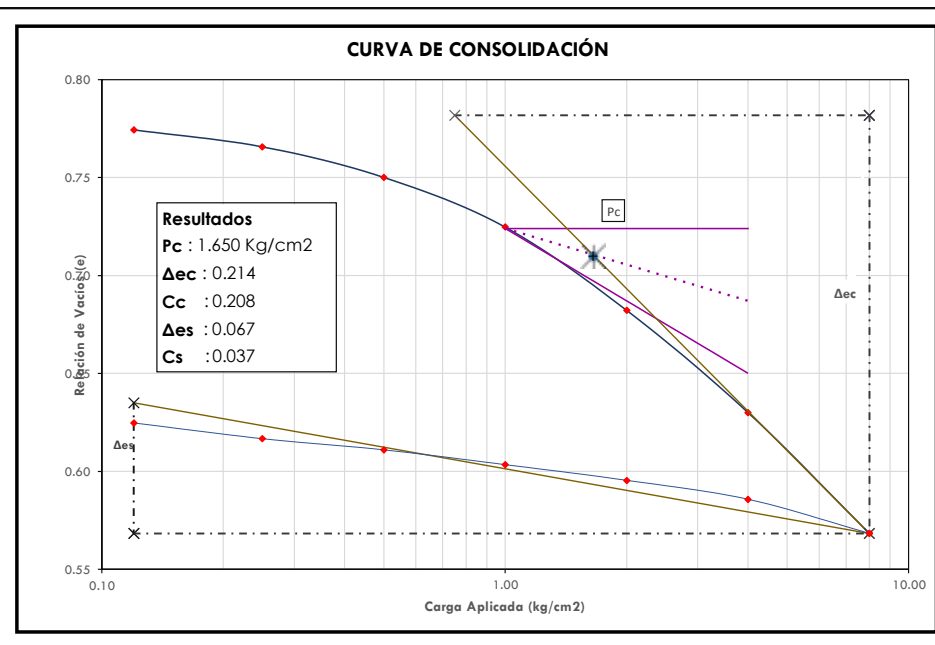
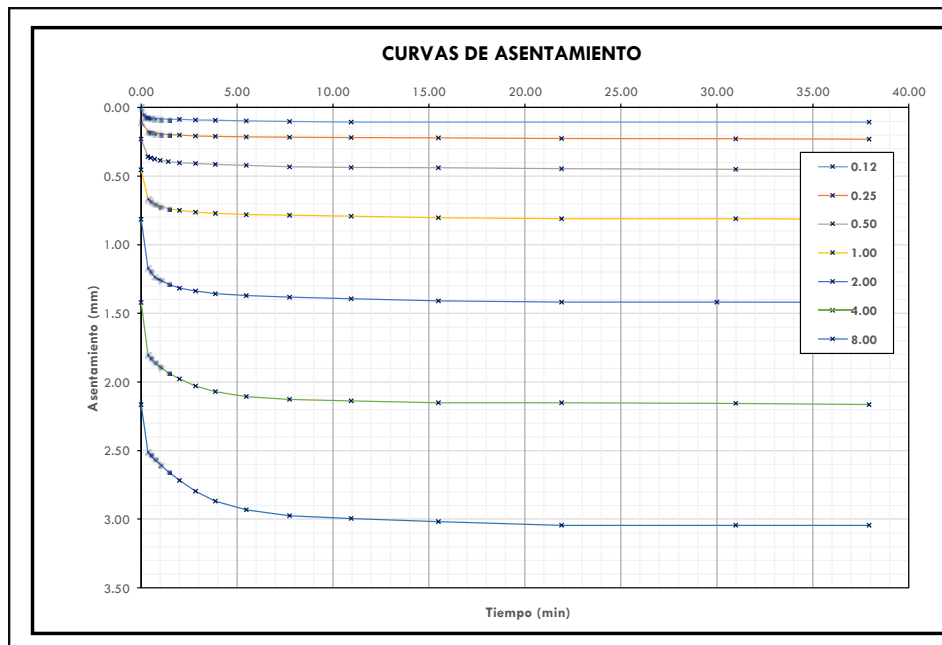

Ing. Percy R. Tupia Cordova
 Jefe de Laboratorio
 Mecánica de Suelos
 CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN
(ASTM D 2435)**

INFORME : TCP - 111 - LG -100-2019
SOLICITANTE : JORGE DAVID SANTA CRUZ MARIN
DIRECCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS
UBICACIÓN : SORITOR - MOYOBAMBA - SAN MARTÍN
SONDAJE : C-6
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50 m

CLASIFICACIÓN : --
ESTADO : Remoldeado
Fecha de recepción : 17/07/2019
Fecha de ensayo : 18/07/2019
Fecha de emisión : 3/08/2019
Realizado : E.G.I.
Revisado : P.T.C.



Observaciones: La muestra fue proporcionada por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

ERICK GRANDE IBERICO
 Técnico de Laboratorio
 Mecánica de Suelos

Ing. Percy R. Tupia Cordova
 Jefe de Laboratorio
 Mecánica de Suelos
 CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655

ingenieria@tcinge.com

tcinge_sac@yahoo.es

www.tcinge.com

7.2 ANEXO II. Anexo fotográfico



Apertura de calicata C-1 (Fecha de exploración 27/06/2019)



Apertura de calicata C-2 (Fecha de exploración 27/06/2019)



Apertura de calicata C-3 (Fecha de exploración 27/06/2019)



Apertura de calicata C-4 – Presencia de arcilla (Fecha de exploración 27/06/2019)



Apertura de calicata C-5 – Presencia de arcilla gris oscuro (Fecha de exploración
27/06/2019)



Apertura de calicata C-6 – Presencia de arcilla amarillenta (Fecha de exploración
27/06/2019)



Apertura de calicata C-7 con Retroexcavadora (Fecha de exploración 27/06/2019)



Apertura de calicata C-8 presencia de arcilla oscura (Fecha de exploración 27/06/2019)



Muestreo en calicata C-1 Presencia de material grava limo arcillosa en el primer metro de profundidad (Fecha de exploración 27/06/2019)



Muestreo en calicata C-8 Presencia de material arcilloso oscuro (Fecha de exploración 27/06/2019)



Muestra llevada a laboratorio



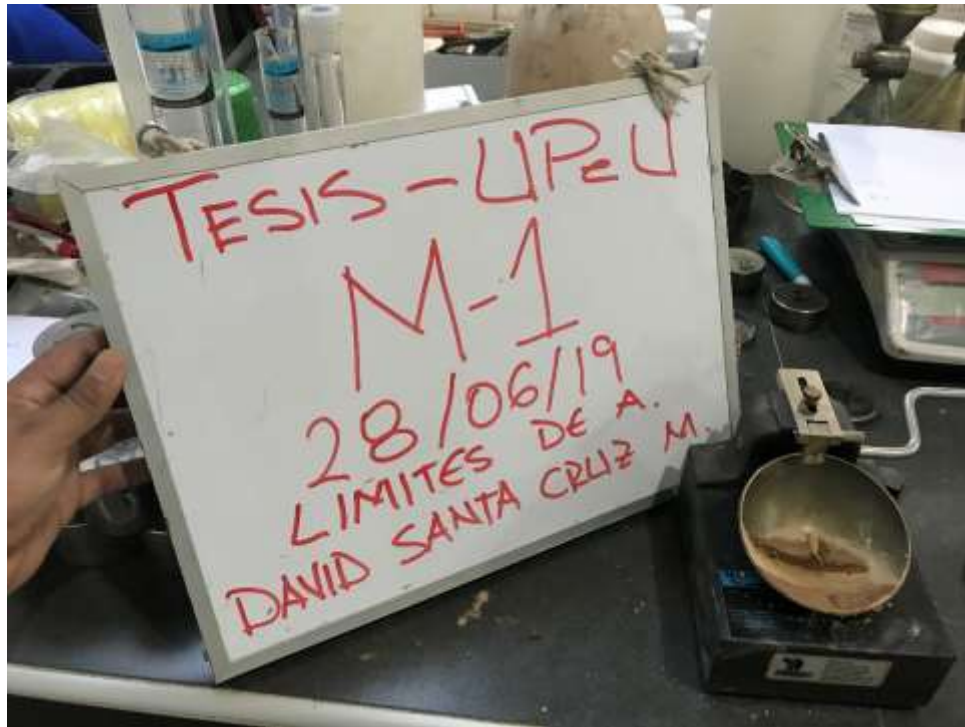
Muestra destinada al ensayo del CBR



Realización del ensayo de Corte directo (fecha de ensayo 28/06/2019)



Ensayo de Corte directo (fecha de ensayo 28/06/2019)



Ensayo de límites de Consistencia para la Muestra 01

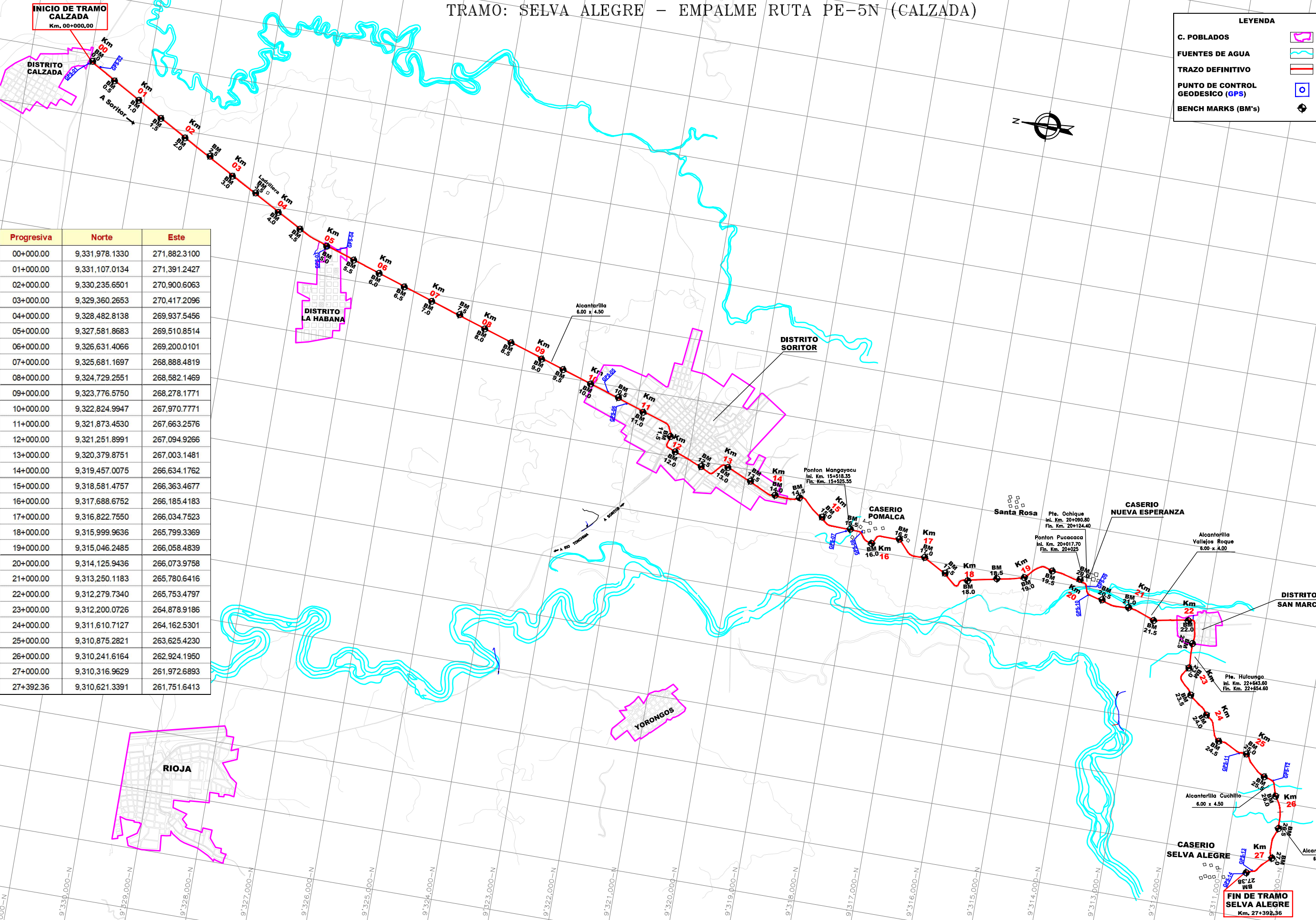




Realización del ensayo de Proctor a la Muestra 01 (Fecha de ensayo 28/06/2019)

7.3 *ANEXO III. Anexo de Planos*

CARRETERA RODRIGUEZ DE MENDOZA – EMPALME RUTA PE-5N
TRAMO: SELVA ALEGRE – EMPALME RUTA PE-5N (CALZADA)



Progresiva	Norte	Este
00+000.00	9.331.978.1330	271.882.3100
01+000.00	9.331.107.0134	271.391.2427
02+000.00	9.330.235.6501	270.900.6063
03+000.00	9.329.360.2653	270.417.2096
04+000.00	9.328.482.8138	269.937.5456
05+000.00	9.327.581.8683	269.510.8514
06+000.00	9.326.631.4066	269.200.0101
07+000.00	9.325.681.1697	268.888.4819
08+000.00	9.324.729.2551	268.582.1469
09+000.00	9.323.776.5750	268.278.1771
10+000.00	9.322.824.9947	267.970.7771
11+000.00	9.321.873.4530	267.663.2576
12+000.00	9.321.251.8991	267.094.9266
13+000.00	9.320.379.8751	267.003.1481
14+000.00	9.319.457.0075	266.634.1762
15+000.00	9.318.581.4757	266.363.4677
16+000.00	9.317.688.6752	266.185.4183
17+000.00	9.316.822.7550	266.034.7523
18+000.00	9.315.999.9636	265.799.3369
19+000.00	9.315.046.2485	266.058.4839
20+000.00	9.314.125.9436	266.073.9758
21+000.00	9.313.250.1183	265.780.6416
22+000.00	9.312.279.7340	265.753.4797
23+000.00	9.312.200.0726	264.878.9186
24+000.00	9.311.610.7127	264.162.5301
25+000.00	9.310.875.2821	263.625.4230
26+000.00	9.310.241.6164	262.924.1950
27+000.00	9.310.316.9629	261.972.6893
27+392.36	9.310.621.3391	261.751.6413



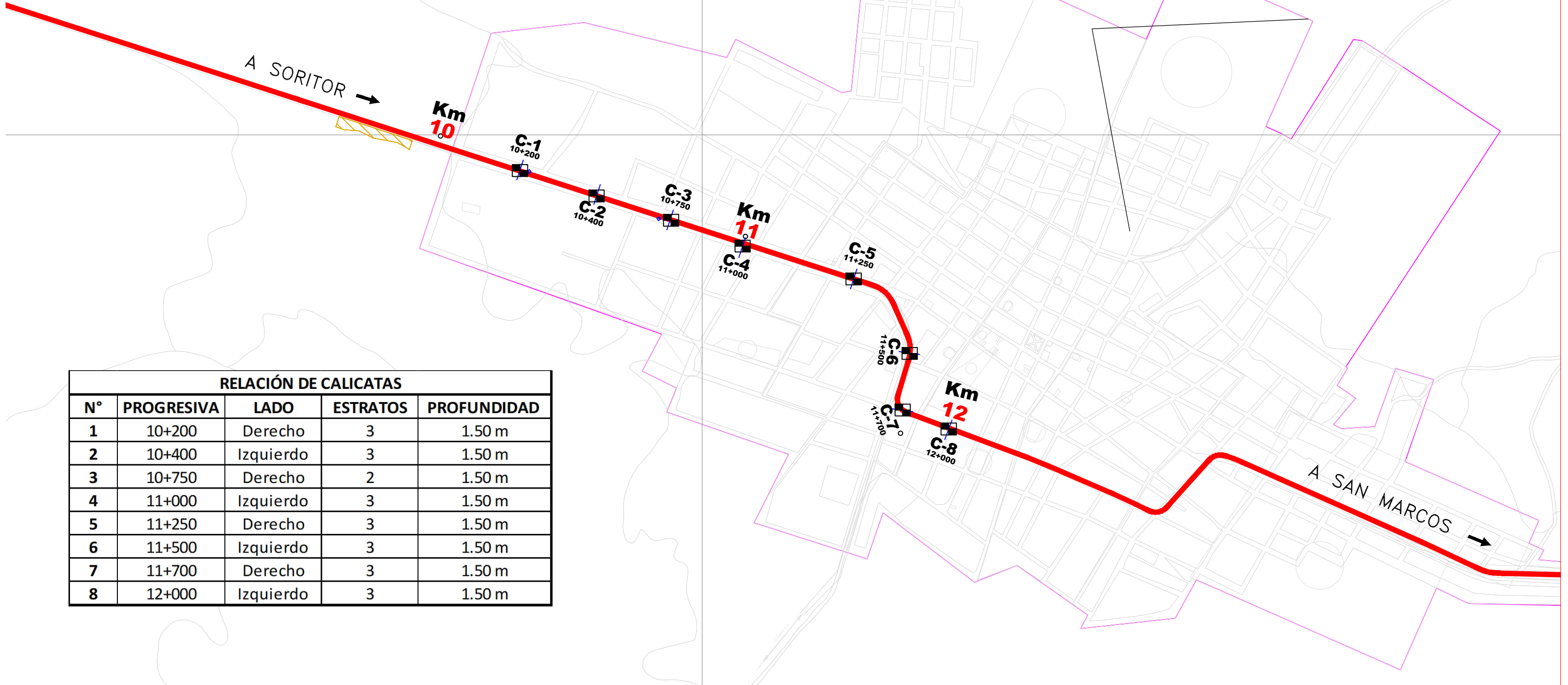
UNIVERSIDAD PERUANA UNION	
PLANO:	PLANO CLAVE
DETALLE:	PLANO GENERAL DE CARRETERA CALZADA - SELVA ALEGRE
ASESOR:	ING. GIDER VELA VELA

Distrito:	SORITOR	Lámina:	PC-1
Provincia:	MOYOBAMBA		
Dpto:	SAN MARTIN		
Escala:	S/E		
TESISTA:	Bach. David Santa Cruz Marín	Fecha:	OCTUBRE 2019

PLANO DE CALICATAS

S/ESCALA

DISTRITO SORITOR



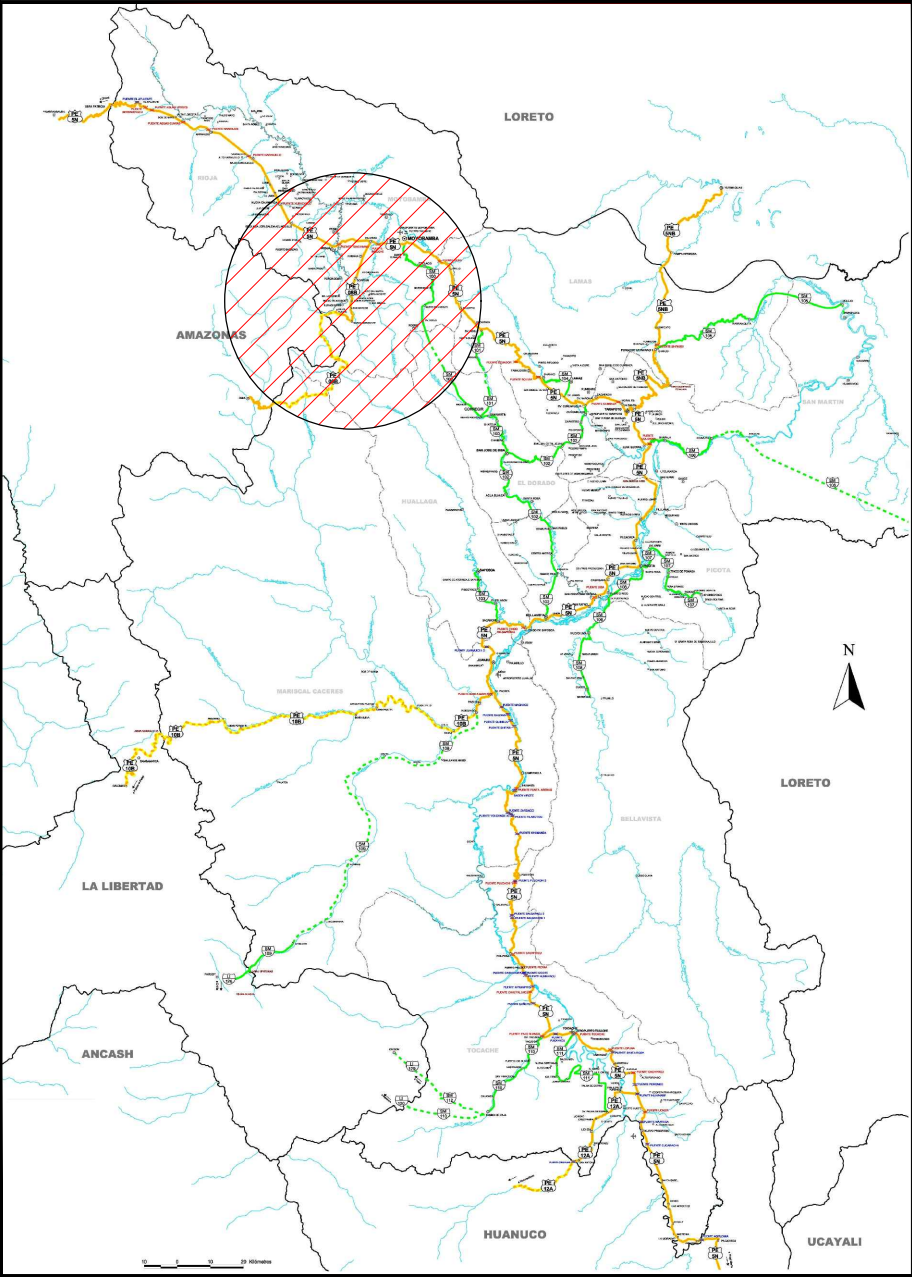
RELACIÓN DE CALICATAS				
N°	PROGRESIVA	LADO	ESTRATOS	PROFUNDIDAD
1	10+200	Derecho	3	1.50 m
2	10+400	Izquierdo	3	1.50 m
3	10+750	Derecho	2	1.50 m
4	11+000	Izquierdo	3	1.50 m
5	11+250	Derecho	3	1.50 m
6	11+500	Izquierdo	3	1.50 m
7	11+700	Derecho	3	1.50 m
8	12+000	Izquierdo	3	1.50 m

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS BLANDOS



UNIVERSIDAD PERUANA UNION		Distrito:	SORITOR	Lámina: PC-2
PLANO:	PLANO CLAVE	Provincia:	MOYOBAMBA	
DETALLE:	PLANO DE CALICATAS	Dpto:	SAN MARTIN	
ASESOR:	ING. GIDER VELA VELA	Escala:	S/E	
		TESISTA	Bach. David Santa Cruz Marin	Fecha: OCTUBRE 2019

CARRETERA RODRIGUEZ DE MENDOZA – EMPALME RUTA PE-5N
TRAMO: SELVA ALEGRE – EMPALME RUTA PE-5N (CALZADA)

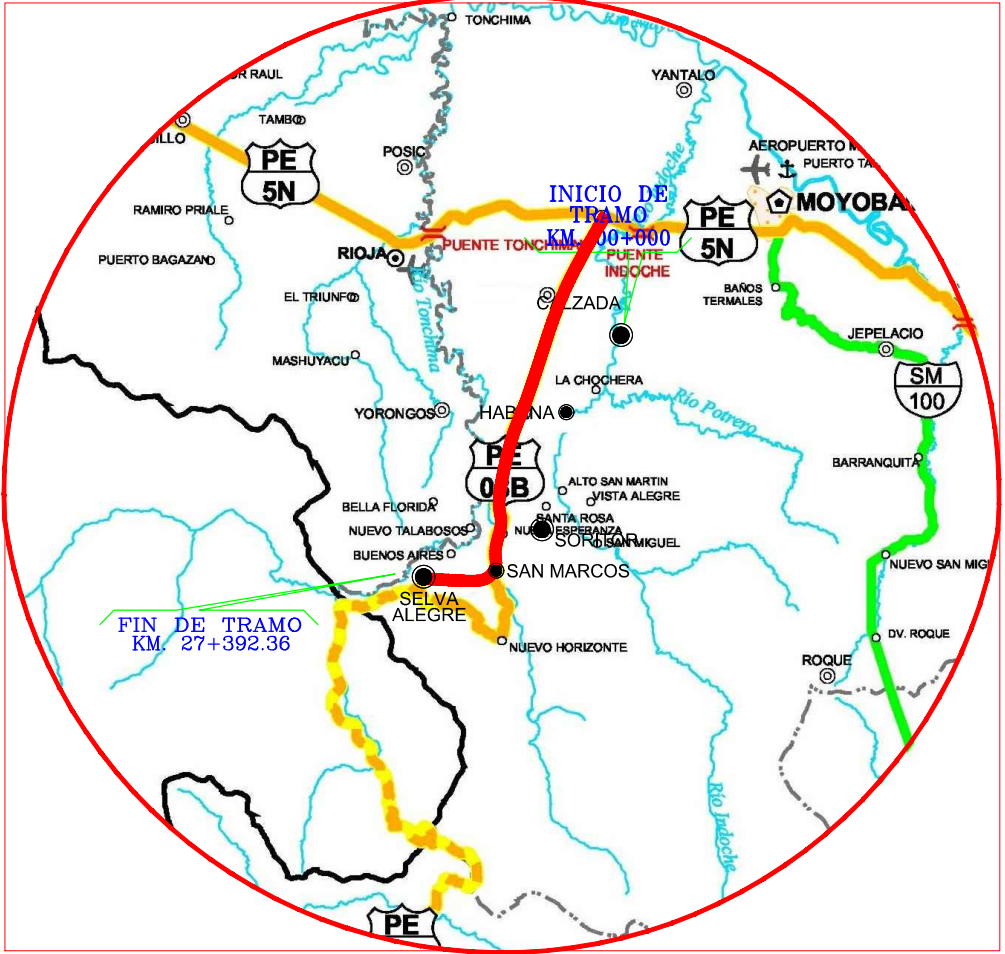


2.- UBICACIÓN REGIONAL

LEYENDA	
	Asfaltada
	Afirmada
	Sin Afirmar
	Tramo en Estudio
	Ruta
	Capital Provincial
	Distritos
	Limite Departamental
	Limite Provincial



1.- UBICACIÓN NACIONAL



3.- UBICACIÓN LOCAL



UNIVERSIDAD PERUANA UNION	
PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN
DETALLE:	PLANO GENERAL DE UBICACIÓN
ASESOR:	ING. GIDER VELA VELA

Distrito:	SORITOR
Provincia:	MOYOBAMBA
Dpto:	SAN MARTIN
Escala:	S/E
TESISTA:	Bach. David Santa Cruz Marín

Lámina:	PU-1
Fecha:	OCTUBRE 2019