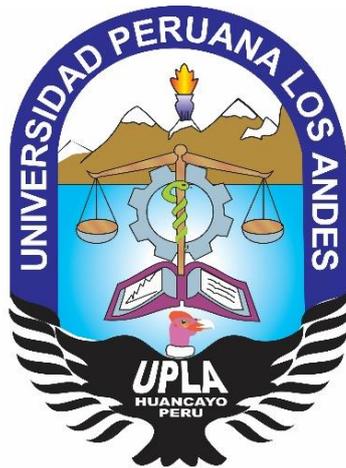


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MINI COMPACTACIÓN  
TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES**

Línea de investigación: Transportes y Urbanismo

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2018**

**ASESOR:**

**PH. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**

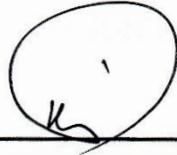
## DEDICATORIA:

El proyecto de investigación está dedicado.

A mis padres y hermanos.

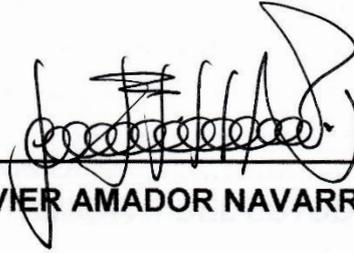
A mis maestros que me guiaron.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS



---

**Dr. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ**  
**PRESIDENTE**



---

**ING. JAVIER AMADOR NAVARRO VELIZ**



---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**



---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA**



---

**Mg. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
INDICE.....	V
INDICE DE TABLA.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XVII
ABSTRAT.....	XVIII
INTRODUCCION.....	XIX
ABREVIATURAS Y CRONIMOS.....	XX
1. CAPÍTULO I : PLANTAMIENTO DEL ESTUDIO .....	17
1.1. Planteamiento del Problema. ....	17
1.2. Formulación y Sistematización Del Problema. ....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos. ....	17
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Justificación Metodológica. ....	18
1.3.2. Justificación Práctica o Social.....	19
1.4. Delimitación de la Investigación. ....	19
1.4.1. Delimitación Temporal. ....	19
1.4.2. Delimitación Espacial.....	19
1.4.3. Delimitación Económica.....	19
1.5. Limitaciones. ....	20
1.6. Objetivos de la Investigación.....	20
1.6.1. Objetivo General. ....	20
1.6.2. Objetivos Específicos:.....	20
2. CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes De la Investigación. ....	22
2.1.1. Antecedentes Nacionales. ....	22
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	22
2.2. Marco Conceptual.....	31

2.2.1.	Comportamiento de los Suelos, Laterítico (L) y no Laterítico (N).	31
2.3.	Definición de Términos.....	33
2.4.	Hipótesis.....	34
2.4.1.	Hipótesis General. ....	34
2.4.2.	Hipótesis Específicas. ....	34
2.5.	Variables. ....	35
2.5.1.	Definición Conceptual de Variables. ....	35
2.5.2.	Definición Operacional de la Variable. ....	36
2.5.3.	Operacionalización de la Variable.....	36
3.	CAPÍTULO III : METODOLOGÍA .....	37
3.1.	Método de la Investigación.....	37
3.2.	Tipo de Investigación.....	37
3.3.	Nivel de Investigación.....	37
3.4.	Diseño de Investigación. ....	38
3.5.	Población y Muestra.....	38
3.5.1.	Población.....	38
3.5.2.	Muestra.....	38
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	38
3.7.	Procesamiento de la Información. ....	39
3.8.	Técnicas de Análisis de Datos .....	39
4.	CAPÍTULO IV : RESULTADOS .....	40
4.1.	Ubicación y Localización de la Zona de Estudio .....	40
4.1.1.	Ubicación Política: .....	40
4.1.2.	Ubicación Geográfica.....	41
4.1.3.	Condiciones Climáticas.....	42
4.1.4.	Vías de Acceso.....	42
4.1.5.	Distancias de Lima a Puerto Maldonado .....	43
4.1.6.	Ubicación Geográfica e Identificación de Canteras .....	46
4.1.7.	Imágenes de la Extracción de la Cantera Infierno .....	47
4.1.8.	Imágenes de la Extracción de la Cantera Tropezón. ....	50
4.1.9.	Imágenes de la Extracción de la Muestra Noaya.....	53

4.2.	Ejecución de la Metodología mini Compactación tropical (MCT) Para Fines Geotécnicos. ....	56
4.2.1.	Ensayo de Compactación Mini-Proctor (p-1). ....	59
4.2.2.	Ensayos de Mini – CBR y Expansión (P-2).....	98
4.2.3.	Ensayo de Contracción (P-3).....	134
4.2.4.	Ensayo de Infiltrabilidad y de Permeabilidad (P-4). ....	144
4.2.5.	Ensayo de Compactación Mini-MCV (P-5).....	170
4.2.6.	Ensayo de Penetración de La Imprimación (P-6).....	184
4.2.7.	Ensayo Mini-CBR de Campo Procedimiento Dinámico (Aplicación de Golpes de Martillo) (P-7). ....	199
4.2.8.	Ensayo de Pérdida de Masa por Inmersión (P-8). ....	201
4.2.9.	Clasificación Geotécnica (P-9).....	219
4.2.10.	Resultados Alternativos del Laboratorio. ....	225
4.3.	Análisis Estadístico.....	239
4.3.1.	Características de Ensayos: Area de Compactación y CBR. ....	239
4.3.2.	Conclusiones. ....	240
4.3.3.	Resultados Estadísticos.....	240
5.	CAPÍTULO V : DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	244
5.1.	CONCLUSIONES.....	245
5.2.	RECOMENDACIONES .....	247
5.3.	REFERENCIAS BILIOGRAFICAS.....	248
5.4.	ANEXOS .....	249

## INDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1:Cuadro de variables.....	36
Tabla 2:Características de las vías Infierno y Tropezón.....	44
Tabla 3:De medidas de cada cilindro existente.....	64
Tabla 4:De medidas de cada cilindro existente.....	65
Tabla 5:Valores para la cantidad de agua inicial.....	79
Tabla 6:Formato de ensayos de laboratorio para Mini-Proctor.....	92
Tabla 7:Datos y diferencias de CBR y Mini-CBR.....	99
Tabla 8:Para el cálculo de Mini-CBR.....	120
Tabla 9:Formato para laboratorio del ensayo de Mini-CBR y expansión...	121
Tabla 10:Para el ensayo de contracción.....	140
Tabla 11:Formato de ensayo para infiltrabilidad y permeabilidad.....	154
Tabla 12:Formato para laboratorio en ensayo mini-mcv.....	177
Tabla 13:Viscosidad y temperatura de aplicación.....	185
Tabla 14:Cantidades de materiales usados en el ensayo.....	188
Tabla 15:Características del MC-30.....	189
Tabla 16:Formato de laboratorio de penetración de bituminosas.....	195
Tabla 17:Suelos lateríticos.....	221
Tabla 18:Suelos saprolítico.....	222

## INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1:Diagrama de determinación del índice MCV	23
Figura 2:Esquema e imagen del MCA (Moisture Condition Apparatus).....	24
Figura 3:Procedimiento para determinar la densidad.....	25
Figura 4:Aparato para la prueba de Soporte en miniatura. ....	26
Figura 5:Esquema de equipos de Densidad y prueba de Soporte de Miniatura. ....	26
Figura 6:Distribución de suelos lateríticos alrededor del mundo. ....	30
Figura 7:Esquema del origen geológico de los suelos tropicales.....	30
Figura 8:Perfil de un corte de carreteras - parte superior suelo laterítico - parte inferior suelos saprolíticos. ....	31
Figura 9:Designación genética general de las capas de suelos, en las regiones tropicales	32
Figura 10:Plano de ubicación del departamento Madre de Dios.....	40
Figura 11:División política de Madre de Dios. ....	41
Figura 12:Ubicación de Tropezón e Infierno departamento Madre de Dios.....	41
Figura 13:Corredor vial interoceánica sur Perú-Brasil.....	43
Figura 14:Carretera Lima – Puerto Maldonado. ....	43
Figura 15:Imagen Satelital de la localización de la cantera.....	45
Figura 16:Imagen Satelital de la localización de la cantera.....	45
Figura 17:Localización de puntos de colección de muestras de suelo .....	46
Figura 18:Carretera a la comunidad nativa Infierno km 15+800. ....	47
Figura 19:Condición Actual de la cantera la Joya – Infierno Km 15+800.....	47
Figura 20:Extracción del material de la cantera de la carretera vecinal la Joya – Infierno Kilómetro 15+800.....	48
Figura 21:Identificación de la cantera la Joya -Infierno Km 15+800.....	48
Figura 22:El rápido crecimiento de la vegetación en la zona de cantera. ....	49
Figura 23:Vista panorámica de la cantera Infierno km 15+800. ....	49
Figura 24:Cantera de Tropezón.....	50
Figura 25:Cantera de Tropezón.....	50
Figura 26:Erosión de la subrasante por escorrentía.....	51
Figura 27:Erosión de la cantera por escorrentía.....	51
Figura 28:Vista panorámica de la Cantera Tropezón y crecimiento rápido de la vegetación km 10+680. ....	52
Figura 29:Estratos de la cantera Tropezón.....	52
Figura 30:Extracción y almacenamiento en sacos de 50 kg .....	53
Figura 31:Puerto Noaya ubicado en la carretera inter oceánica límite de Iberia y Iñapari ...	53
Figura 32:Vista desde el puente hacia el río Noaya .....	54
Figura 33:Vista desde la cantera, hacia el puente Noaya. ....	54
Figura 34:Extracción de la arena del río Noaya en sacos de 50 kg. ....	55
Figura 35:Arena del río Noaya .....	55
Figura 36:Cada elemento de una carretera está representado a cada ensayo que se requiere .....	57
Figura 37:Empujando la muestra con la ayuda del extractor .....	58
Figura 38:Muestra llevada a uno de los extremos para realizar el ensayo P2 y P4.....	58
Figura 39:Moldes de Mini-Proctor, Proctor modificado de 4" y 6" .....	61
Figura 40:Flujograma de la metodología MCT. ....	61

Figura 41: Croquis del ensayo de mini Proctor. ....	62
Figura 42: Medición de los moldes. ....	63
Figura 43: Equipo de MCT "Mini Compactación Tropical" .....	66
Figura 44: Anillos selladores. ....	66
Figura 45: Accesorio de acero bipartido. ....	67
Figura 46: Martillos para compactación de suelos tropicales. ....	67
Figura 47: Dial electrónico, posición para medición de cp mini Proctor. ....	68
Figura 48: Cilindro perforado para uso de calibración y guía de penetración Mini-CBR. ....	68
Figura 49: Cuchara de aluminio capacidad 1kg. ....	69
Figura 50: Espátula para acomodar la muestra echada en el molde. ....	69
Figura 51: Embudo de plástico. ....	70
Figura 52: Instrumento dental para la extracción del anillo de sellado. ....	70
Figura 53: Bandeja de acero inoxidable para el mezclado de muestras y agua .....	71
Figura 54: Repaso de los grumos de suelo por la malla número 10. ....	71
Figura 55: Asentador para las muestras de suelo y asentador de los discos de los ensayos bituminosos. ....	72
Figura 56: Discos de polietileno para uso en Mini Proctor y ensayos de mini MCV. ....	72
Figura 57: Colocación del sujetador de la barra vertical. ....	74
Figura 58: la modificación del soporte del dial. ....	74
Figura 59: Diagrama de flujo de la ejecución del ensayo de compactación Mini-Proctor. ....	75
Figura 60: Degradación de los terrones de arcilla. ....	76
Figura 61: Muestra cuarteada y pasada por la malla número 10. ....	76
Figura 62: Disgregado al aire libre de la muestra Tropezón. ....	77
Figura 63: Pesado de una porción de 30 Kg en bolsa de polietileno para protegerlo de la humedad. ....	77
Figura 64: Porciones de 15 kg, guardadas en bolsas de polietileno. ....	78
Figura 65: Porciones de la muestra Noaya con 2.5 kg cada uno. ....	78
Figura 66: Medición de la cantidad de agua inicial. ....	80
Figura 67: Muestra de 500 gr preparada para el primer punto del ensayo mini Proctor. ....	80
Figura 68: Muestra Tropezón lista para el primer punto de mini-Proctor. ....	81
Figura 69: Agua vertida en el primer punto del ensayo de mini-Proctor donde se procede a mezclar y homogenizar. ....	81
Figura 70: División de la muestra en cinco porciones. ....	82
Figura 71: Muestras húmedas que tengan grumos deberán ser repasados en el tamiz. ....	82
Figura 72: Muestras con diferentes cantidades de humedad de la muestra Tropezón y de Infierno, para su saturación se recomienda 12 horas con 500 g c/u. ....	83
Figura 73: Muestras con diferentes cantidades de humedad siendo esta muestra arenosa con limo con 500 g c/u. ....	83
Figura 74: Pesado de una porción para determinar el contenido de humedad. ....	84
Figura 75: Medición del cilindro patrón. ....	85
Figura 76: Posición del dial para empezar el ensayo Mini-Proctor. ....	87
Figura 77: Expulsión del cuerpo compactado (CP) con cada porcentaje en forme ascendente en 5%. ....	88
Figura 78: Expulsión del cuerpo prueba (Cp) con la palanca de extracción y retirada del anillo y el disco de polietileno. ....	89
Figura 79: Gráfico de la MEAS en función de hc. ....	91
Figura 80: Moldes de Mini-CBR y CBR. ....	100
Figura 81: Al no tener anillo dinamométrico se contaba con una celda S con capacidad de carga de 500kgm. ....	100
Figura 82: Pistón de penetración de 50 mm de Ø para CBR normal. ....	101
Figura 83: Colocación del accesorio DM 5016. ....	101

Figura 84:Instalación final del equipo con todos los sensores electrónicos penetración Mini-CBR de la muestra Tropezón.....	102
Figura 85:Instalación final del equipo con todos los sensores electrónicos penetración Mini-CBR de la muestra Infierno. ....	102
Figura 86:Recipiente para embebido de las muestras Fuente: Propia. ....	103
Figura 87:Armazón para determinar la expansión Conforme a la norma DER o la DNIT...	103
Figura 88:Sobre carga para el ensayo de expansión con carga .....	104
Figura 89:Sobrecarga perforada patrón de 50 mm de Ø la perforación es de diámetro es de 17 mm. ....	104
Figura 90:Plano diseño del adaptador del pistón modelo DM-5016.....	106
Figura 91:Instalación del pistón DM 5016.....	107
Figura 92:Certificado de calidad del acero VCL. ....	108
Figura 93:Especificaciones técnicas del acero VCL.....	109
Figura 94:Adquiriendo el acero VCL en la casa BOHLER. ....	110
Figura 95:Acero VCL en la casa del torno. ....	110
Figura 96:Torneado del acero VCL por el operario especialista. ....	111
Figura 97:Acabado final del accesorio DM 5016 con tornillos de bronce para el ajuste ....	111
Figura 98:Croquis de expansión para penetración de Mini-CBR. ....	113
Figura 99:Expiación sumergida con carga de 490 gramos para penetración en Mini-CBR.113	
Figura 100:Empezando por la izquierda vemos cp con contracción sin carga seguida por contracción con carga y lo que está sumergido es expansión con carga y expansión si carga. ....	114
Figura 101:Desacople del montaje antes de la penetración.....	115
Figura 102:Instalación y habilitación para la penetración del Mini-CBR. ....	115
Figura 103:Cp cuerpos de prueba penetrados con el pistón de 16 mm.....	116
Figura 104:Penetración Mini-CBR. ....	116
Figura 105:Cuerpo de prueba ya penetrado por el ensayo Mini-CBR. ....	117
Figura 106:Contracción de la muestra Tropezón sin sobre carga.....	136
Figura 107:Contracción de la muestra tropezón con sobrecarga con una pesa de 420 g. .	137
Figura 108:Ensayo de contracción en el horno. ....	138
Figura 109:Recipiente base de 50.0 mm de diámetro interior.....	145
Figura 110:Piedra porosa que se coloca entre el recipiente base y el molde con el cp. ....	146
Figura 111:Colocación de la regla metálica y de las grapas para asentar los tubos de vidrio. ....	146
Figura 112:Soporte de madera que nivela el tubo de vidrio con el cuerpo de prueba. ....	147
Figura 113:Equipos y materiales en el orden que se coloca antes del ensayo.....	148
Figura 114:La función del tubo de jebe ayuda a que sea más hermético. ....	148
Figura 115:Las lecturas se realizan con el menisco como se muestra en la figura donde las lecturas serán 88.5 cm y 80 cm. ....	149
Figura 116:Pegado de las bases que son tacos de madera. ....	151
Figura 117:Colocación de los tubos de jebe.....	152
Figura 118:Colocación de las sobre cargas de 490 g encima del Cp. ....	152
Figura 119:Ejecución de infiltrabilidad de la muestra Infierno. ....	153
Figura 120:Resultados de un ensayo de determinación de las características de infiltración de suelos. ....	153
Figura 121:Ejecución del ensayo de Permeabilidad con tubos de 5 mm Ø.....	161
Figura 122:Observación de los meniscos en tubos de 5 mm Ø.....	161
Figura 123:Preparación de un nuevo equipo de permeabilidad con tubo de 16 mm Ø.....	162
Figura 124:Instalación de la manguera de silicona de 16 mm de Ø interior. ....	162
Figura 125:Vista panorámica del equipo de permeabilidad con tubo de 16 mm Ø.....	163
Figura 126:Vista panorámica y la diferencia entre los que equipos de permeabilidad e infiltrabilidad. ....	164

Figura 127: Sellado de la manguera y el tapón de jebe con silicona gris. ....	165
Figura 128: Cálculo del coeficiente angular $c'$ que en el método MCT se le llama granulometría. ....	173
Figura 129: Cálculo del coeficiente angular $d'$ que es la variación de densidad entre la diferencia de la humedad a los 12 golpes. ....	174
Figura 130: Cálculo del $d'$ con el ramo seco del ensayo de compactación. ....	175
Figura 131: Posición del dial para empezar el ensayo Mini-MCV. ....	175
Figura 132: Equipo de compactación para ensayos de Mini-Proctor y Mini-MCV. ....	176
Figura 133: Posición del dial para la medición de los ensayos de Mini-MCV. ....	176
Figura 134: Colocación del disco espaciador de 35 mm de $\varnothing$ y 1.5 mm de espesor. ....	186
Figura 135: Disco espaciador, siempre al centro de cp cuero de prueba. ....	186
Figura 136: Compactación del Cp con el martillo intermedio. ....	187
Figura 137: Expulsión del disco espaciador. ....	187
Figura 138: Parafinado del Cp. ....	188
Figura 139: Humedecimiento de CP. ....	190
Figura 140: Reposo de los cp parafinados. ....	190
Figura 141: Reposo de los cp parafinados. ....	191
Figura 142: Muestra con imprimación bituminosa, mezcla de Tropezón. ....	191
Figura 143: Muestra con imprimación bituminosa, mezcla de Infierno. ....	192
Figura 144: Muestra con imprimación bituminosa a la izquierda Noaya a medio Tropezón y a la derecha Infierno. ....	192
Figura 145: Preparación para la penetración con cada punto de humedad de la muestra Noaya. ....	193
Figura 146: Penetración de la muestra de Noaya. ....	193
Figura 147: Medición de la penetración de la muestra de Tropezón. ....	194
Figura 148: Penetración de la muestra infierno. ....	194
Figura 149: Aparato portátil, Mini-CBR de campo. ....	199
Figura 150: Penetrómetro de campo. ....	200
Figura 151: Soporte que mantiene los molde en posición horizontal. ....	201
Figura 152: Tanque de inmersión de acero inoxidable. ....	202
Figura 153: Recipiente que capta toda la muestra desprendida por inmersión llamado capsula. ....	202
Figura 154: Representación gráfica para determinar la $P_i$ con intersección con Mini-MCV 15. ....	204
Figura 155: Procediendo a expulsar el cuerpo de prueba. ....	204
Figura 156: Se expulsa de tal modo de que sobresalga aproximadamente 1 cm. ....	205
Figura 157: Medición del cuerpo parcialmente expulsado con un vernier. ....	205
Figura 158: Expulsión de la muestra de la cantera Tropezón. ....	206
Figura 159: Medición con vernier de la muestra Tropezón. ....	206
Figura 160: Los 5 cuerpos de prueba del ensayo Mini-MCV con expulsión de 1 cm cada una con distintas humedades. ....	207
Figura 161: Cuerpos de prueba Infierno listas para sumergir. ....	207
Figura 162: Esquema de funcionamiento de la perdida por inmersión. ....	208
Figura 163: Primer cuerpo sumergido de la muestra Infierno. ....	208
Figura 164: Colocación de la totalidad de los cuerpos de prueba. ....	209
Figura 165: Erosión artificial después de 10 minutos de estar sumergido. ....	209
Figura 166: Muestras extraídas desprendidas después de estar sumergidas 24 horas. ....	210
Figura 167: Una vez extraídas ponerlas en el horno hasta que seque toda el agua. ....	210
Figura 168: Muestras salidas de horno y listas para calcular la $P_i$ . ....	211
Figura 169: Muestras salidas del horno listas para el cálculo $P_i$ . ....	211
Figura 170: Gráfico de Clasificador de suelos tropicales. ....	222
Figura 171: Esquema del sistema de clasificación de MCT. ....	224

## RESUMEN

La presente investigación debe responder al siguiente problema general: ¿De qué manera se realizaría los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos de origen tropical?, el objetivo es: Determinar la manera de realizar los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos de origen tropical, y la hipótesis general que debe verificarse es: “Con la implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se optimizará los recursos geológicos de origen tropical, para el uso en vías de transporte en la red vial vecinal Tropezón y red vecinal Infierno departamental de Madre de Dios”.

El método general de investigación es el científico y, como método específico se utilizará el analítico – sintético; el tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación, es descriptivo - explicativo, con un enfoque cuantitativo, el diseño de investigación es experimental, siendo la población conformada por las carreteras en las zonas tropicales de la Región Madre de Dios, y el tipo de muestra es no aleatoria o dirigido, eligiéndose muestras de la zona Tropezón e Infierno.

La conclusión fundamental de este estudio es que: Con la implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se optimizará los recursos geológicos de origen tropical, para el uso en vías de transporte en la red vial vecinal Tropezón y red vecinal Infierno departamental de Madre de Dios, sustentado en los siguientes resultados: Con esta metodología que se aplicó a los suelos tropicales obtenidas de las canteras, se identificó como suelos saprolíticos, tanto en la vía tropezón como en la vía Infierno y arena limosa saprolítica las muestras del río Noaya.

**Palabras clave:** Metodología Mini Compactación Tropical, recursos geológicos, red vecinal.

## **ABSTRAC**

The present investigation must answer the following general problem: In what way would Tropical Mini Compaction tests be carried out to execute the geotechnical studies ?, the objective is: To determine the way to carry out Tropical Mini Compaction tests for geotechnical studies, and The hypothesis that must be verified is: "With the implementation of the Tropical Mini Compaction methodology, geological resources of tropical origin will be optimized, for the use in transport routes in the neighbor road network Tropezón and neighborhood network Infierno departamental de Madre de Dios".

The general method of investigation is the scientific one and, as a specific method, the analytical - synthetic method will be used; the type of research is applied, the research level is descriptive - explanatory, with a quantitative approach, the research design is experimental, the population being made up of the roads in the tropical zones of the Madre de Dios Region, and the type sample is non-random or directed, choosing samples from the Tropezón and Infierno zone.

The fundamental conclusion of this study is that: With the implementation of the Tropical Mini Compaction methodology, geological resources of tropical origin will be optimized, for use on transport routes in the neighborhood road network Tropezón and the neighborhood network Infierno departamental de Madre de Dios, Based on the following results: With this methodology that was applied to tropical soils obtained from quarries, saprolitic soils were identified, both in the stump path and in the Infierno route and Saprolitic silty sand samples from the Noaya river.

Key words: Mini Tropical Compaction Methodology, geological resources, local network.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “ **IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES**” se ha desarrollado en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se trata del **Problema de Investigación**, planteamiento del problema, se formula el problema general y problema específicos y se considera la justificación social y metodológica considerando las delimitaciones, así como, espacial, temporal económico y delimitación tanto espacial, temporal y económico; las limitaciones y los objetivos general y específico.

Capítulo II: El **Marco Teórico**, donde se tiene presente los antecedentes nacionales e internacionales después está el marco conceptual seguido de la definición de términos, luego las hipótesis general y específico, también es importante porque aquí se identifican las variables, la definición conceptual y la definición operacional y operacionalización de las variables.

Capítulo III: **Metodología**, incluye el método de investigación, el tipo, nivel y el diseño, contiene la población y muestra las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: **Resultados de la investigación**, donde se desarrolla la metodología Mini Compactación Tropical, los procedimientos y gráficos los formatos de cada ensayo y los resultados del laboratorio.

Capítulo V: **Discusión de Resultados**,

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## ABREVIATURAS Y ACRONIMOS.

1. **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials.
2. **ABNT:** Asociación Brasileña de Normas Técnicas.
3. **ASTM:** American Society for Testing and Material.
4. **CBR:** California Bearing Ratio.
5. **DER:** Departamento de Carreteras.
6. **DNER:** Departamento Nacional de Carreteras.
7. **OCH:** Optimo Contenido de Humedad.
8. **MDS:** Máxima Densidad Seca.
9. **GC:** Grado de Compactación.
10. **IP:** índice de Plasticidad.
11. **L:** Suelos de Comportamiento Laterítico, de la Clasificación MCT.
12. **N:** Suelos de comportamiento no laterítico, de la Clasificación MCT.
13. **LL:** Límite de Liquidez.
14. **LP:** Límite de Plasticidad.
15. **MCT:** Miniatura, Compactado, Tropical.
16. **MCV:** Moisture Condition Value (evaluación de la condición de humedad).
17. **Mini-MCV:** Mini evaluación de la condición de humedad.
18. **ME:** Método de Ensayo.
19. **NBR:** Norma Brasileña Registrada.
20. **Sb:** Sub-miniatura.
21. **SAFL:** Suelo Arenoso Fino Laterítico.
22. **USCS:** Unified Soil Classification System.
23. **Cp:** Cuerpo de prueba.
24. **SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

# **CAPÍTULO I :**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento del Problema.**

El problema se ha identificado en la vida útil de las vías de transportes, debido a que la mayor parte de los recursos geológicos es de una formación tropical, por lo que surge la necesidad de aplicar los ensayos MCT “Mini Compactación Tropical” para optimizar los suelos en vías de transportes y hacer la clasificación de forma correcta, debido a que la clasificación convencional deja mucha incertidumbre y vacíos geotécnicos.

### **1.2. Formulación y Sistematización Del Problema.**

#### **1.2.1. Problema General.**

¿De qué manera se realizaría los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos comprendidas, en la red vial departamental y vecinal de Tropezón e Infierno?

#### **1.2.2. Problemas Específicos.**

- a) ¿Cómo se implementaría la metodología Mini Compactación Tropical en los suelos tropicales en la red vial de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- b) ¿De qué manera se complementarían la identificación geotécnica con la metodología Mini Compactación Tropical para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal “Tropezón” y red vecinal de “Infierno”?

- c) ¿Cómo ejecutar los ensayos de Mini Compactación Tropical MCT en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- d) ¿Cómo se realizaría los ensayos de Mini-CBR y expansión en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- e) ¿Cómo se demostraría los ensayos de contracción en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- f) ¿Cómo determinar los ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- g) ¿Cómo se mostraría los ensayos de compactación Mini-MCV en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- h) ¿Cómo se especificaría los ensayos de penetración de imprimación los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- i) ¿Cómo se desarrollaría los ensayos de pérdida de masa por inmersión en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?
- j) ¿Cómo se indicaría la clasificación de suelos en el sistema Mini Compactación Tropical MCT en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”?

### **1.3. Justificación.**

#### **1.3.1. Justificación Metodológica.**

Se ha identificado la problemática en las carreteras de suelos tropicales de la selva del Perú y la falta de una clasificación geotécnica y una metodología de ensayo de materiales, según las necesidades a nuestra realidad, sobre dicha problemática se ha formulado las posibles soluciones a través de las hipótesis; luego, se ha establecido los propósitos que persigue el trabajo por intermedio de los objetivos. Todos estos elementos se han formado en base a

las variables e indicadores de la investigación. Todo lo anterior tiene el sustento en una metodología de investigación que identifica el tipo, nivel y diseño de investigación, la población y muestra a aplicar; así como también las técnicas e instrumentos para recopilar, analizar e interpretar la información, los mismos que deben ser utilizados para estudios similares en otros escenarios que presentan situaciones de esta índole.

### **1.3.2. Justificación Práctica o Social.**

La presente investigación permitirá incrementar información sobre el porcentaje de carreteras y caminos vecinales pavimentadas con niveles de servicio aceptables en zonas de suelos tropicales, que brinden seguridad, confort y prolonguen su vida útil, utilizar fuentes de materiales lateríticos de calidad y no alterar el medio ambiente, mejorar la clasificación geotécnica de los suelos en zonas tropicales.

## **1.4. Delimitación de la Investigación.**

### **1.4.1. Delimitación Temporal.**

Esta investigación se ha realizado en el periodo comprendido entre febrero del 2017 hasta junio del 2018, la recopilación de la información en si comprende al pasado, siendo enfocado al futuro, porque en ese periodo se busca utilizar y optimizar suelos de origen tropical.

### **1.4.2. Delimitación Espacial.**

El espacio que ha correspondido al estudio son las carreteras no pavimentadas de la selva del Perú en el departamento de Madre de Dios, en los caminos vecinales Tropezón e Infierno correspondiente al sector transportes.

### **1.4.3. Delimitación Económica.**

Los recursos económicos fueron financiados por el tesista y fueron en dos etapas:

Gastos en recolección de muestras.....S/	4320.00
Gastos de laboratorio y otros.....S/	5192.00
TOTAL: S/	9512.00

### **1.5. Limitaciones.**

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- a) La biblioteca de la dirección de laboratorio de la Dirección de Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene escasa información en suelos tropicales, solo se contaba con una traducción del libro de Villibor y Nogamy de 1995, por tanto fue necesario buscar más información actualizada.
- b) El equipo de mini compactación tropical existente que se encuentra instalado en la sala de CBR, fue fabricado de forma artesanal y por manos no calificadas, siendo necesario hacer correcciones y modificaciones, por lo que se requirió de trabajo de metal mecánica de calidad.
- c) En el desarrollo de todos y cada uno de los ensayos no se contaba con la información actualizada para los procedimientos.
- d) En cada uno de los ensayos, fue necesario fabricar accesorios que cumplan estrictamente los requisitos de la norma actualizada, para poder realizar los ensayos.

### **1.6. Objetivos de la Investigación.**

#### **1.6.1. Objetivo General.**

Determinar de qué manera se realizaría los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos comprendidas, en la red vial departamental y vecinal de Tropezón e Infierno.

#### **1.6.2. Objetivos Específicos:**

- a) Determinar de qué manera se hace la implementación de la metodología MCT (Mini Compactación Tropical) para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- b) Designar de qué manera se complementa la identificación geotécnica para la clasificación de suelos tropicales con la metodología MCT (Mini Compactación Tropical) para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal “Tropezón” y red vecinal de “Infierno”.
- c) Registrar de qué manera se ejecuta los ensayos de Mini Proctor en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”

- d) Establecer de qué manera se ejecuta los ensayos de Mini-CBR y expansión en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”
- e) Mostrar de qué manera se ejecuta los ensayos de contracción en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”
- f) Operacionalizar de qué manera se ejecuta los ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”.
- g) Especificar de qué manera se ejecuta los ensayos de compactación Mini-MCV en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”.
- h) Explicar de qué manera se ejecuta los ensayos de penetración de imprimación los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”.
- i) Indicar de qué manera se ejecuta los ensayos de pérdida de masa por inmersión en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”.
- j) Indicar de qué manera se ejecuta la clasificación de suelos en el sistema Mini Compactación Tropical en los suelos tropicales en la red vecinal de “Tropezón” y la red vecinal de “Infierno”.

## **CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. Antecedentes De la Investigación.**

#### **2.1.1. Antecedentes Nacionales.**

Según Carrillo G. A. es un reto la aplicación de la tecnología para pavimentos en la selva baja o región Omagua, que está por debajo de los 500 m, ubicado en la gran llanura amazónica y en los suelos tropicales no es posible hacer generalizaciones universales que sean válidas y no existe investigación, en suelos residuales en especial en su comportamiento mecánico, los métodos tradicionales no dan resultados satisfactorios y dificultan todo tipo de construcción, es indispensable investigar para aprovechar los suelos con fines de pavimentación. (Carrillo G., 2017, pág. 7)

El ministerio de Transportes y comunicaciones en el Manual de Carreteras – Sección Suelos Tropicales (No oficial) dice, los estudios de geotecnia para suelos tropicales requieren ajustes y adiciones como la metodología MCT Mini Compactación Tropical, como primera medida la aplicación adecuada de los ensayos de laboratorio, para luego profundizar los estudios de geotecnia, en consecuencia, introducir cambios apropiados harán las consideraciones sobre algunas propuestas para la solución del problema. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Seccion Suelos Tropicales, 2014)

#### **2.1.2. Antecedentes Internacionales.**

Según La Propuesta de A.W. Parsons: Inglaterra, en el Transport and Road Research Laboratory, laboratorio de transporte actualmente laboratorio de Geotecnia, el ensayo M.C.V. (Moisture Condition Value) que es Evaluación de la

condición de humedad, con este ensayo se evalúa el suelo ideal con su respectiva humedad siendo importante para construir carreteras y presas descartando suelos indeseables, determinando el límite superior de la cantidad de humedad máxima hasta que pueda llegar a su máxima viabilidad, el límite superior se halla según las pruebas a los suelos cohesivos y suelos granulares esta práctica tuvo mucho éxito , haciendo una relación entre la densidad aparente y el contenido de humedad, se necesita aproximadamente 2.5 kg de muestra que pase el tamiz  $\frac{3}{4}$  , se prepara 1.5 kg y se le hecha en el molde de 10 cm de diámetro y se realiza la compactación con un martillo de 7kg de masa con una caída de 250 mm, golpeando sobre un disco de fibra interpuesto entre la parte superior de la masa y la muestra durante el ensayo se mide el descenso de la muestra en mm y el número de golpes usando series crecientes 1,2,3,4,6,8,12,16,24,32,48,64,96,128,192 y 256 se calcula haciendo una resta entre los golpes 1 y 4, 2 y 8, 3 y 12 ... El grafico se representa entre la deformación en mm versus los golpes calculados. (A.W. Parson, 1992)

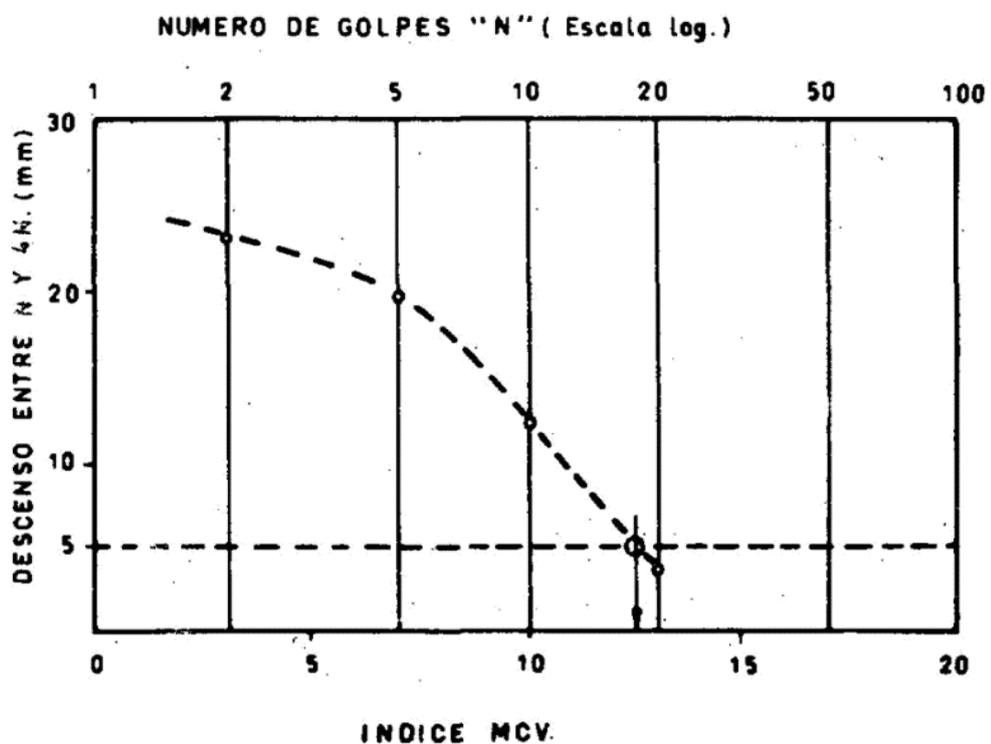


Figura 1:Diagrama de determinación del índice MCV  
Fuente: Ensayo del MCV Presa Barbate.

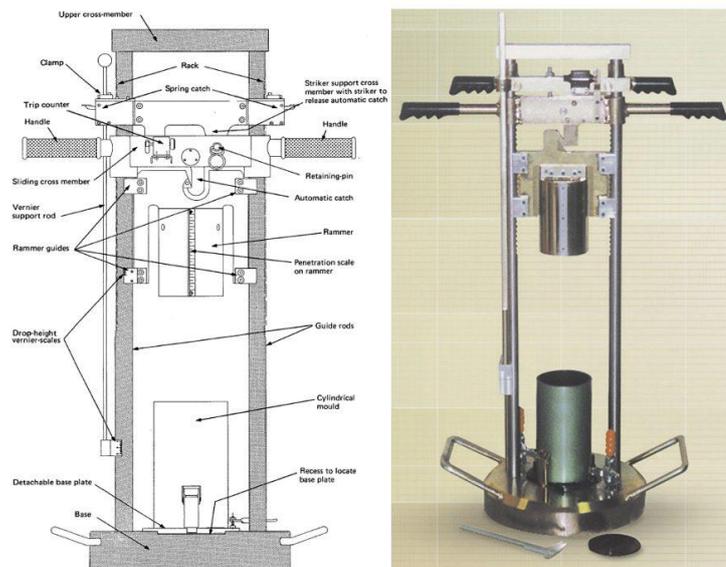


Figura 2: Esquema e imagen del MCA (Moisture Condition Apparatus).  
Fuente: TRL Report 273.

Según D.T. Davidson (IBV) : en el estado de Iowa en la Estación Experimental de Ingeniería de Iowa, la primera de su clase en el país (EUA), fue organizada en 1904 con el propósito de proporcionar investigación organizada del carácter necesario para desarrollar las industrias del Estado, como los recursos naturales y resolver los problemas de ingeniería desarrollando ensayos que son para suelos finos como con son los limosos y arcillosos y en la prueba de suelos estabilizados, los cuerpos de prueba que resultan ser muy pequeños ahorran tiempo y la cantidad de muestras y se logran cumplir con los objetivos deseados, al desarrollar los métodos se hicieron en limos y arcillas siendo las pruebas mas resaltantes de la densidad y soporte en miniatura.

La prueba de densidad que se hace con este método es la relación de densidad y humedad, en cuerpos de prueba de 2 pulgadas de diámetro por dos pulgadas de alto y con un martillo de 2.27 Kg y una caída de 30 cm, se prepara la muestra con la humedad deseada, pesar aproximando al volumen que deseamos conseguir y se vierte en el molde, dar 5 golpes con el martillo los otros 5 golpes se darán retirando el molde y volteándolo con la muestra compactada y exponiendo la cara inferior al martillo, terminada la compactación, presionar con el extractor el molde dejando al cuerpo de prueba que sea empujado por el pistón inferior hacia arriba, cortar y enrasar el exceso de muestra para que quede

con 2 pulgadas de altura, luego pesar el molde con la muestra y una porción de suelo para calcular la humedad y la densidad seca del espécimen, repetir el procedimiento para cada muestra variando la humedad de hasta 7 variaciones.

La prueba de soporte en miniatura es para evaluar la resistencia de los suelos en especial en suelos finos, que pasen la malla 10 mm, se usara en suelo natural o estabilizado, en espécimen de 2 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de altura, se prepara usando mismo equipo de densidad, dejando la muestra en el molde en todo el proceso de evaluación, esta metodología denominada IBV (Iowa Bearing Value) tiene relación con el CBR porque se basa en el mismo principio, pero con adaptaciones especiales, la prueba de IBV puede usarse como control en la construcción reduciéndose el tiempo y sea más completo, al ser una muestra más pequeña requiere menos tiempo en ser saturado por lo que solo requiere 24 horas saber la expansión, dejar en reposos por 15 minutos y luego empezar con la prueba de penetración a 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, y 0.50 pulgadas de penetración, la curva de penetración será la gráfica entre la carga y la penetración. (D.T.Davidson, 1960)

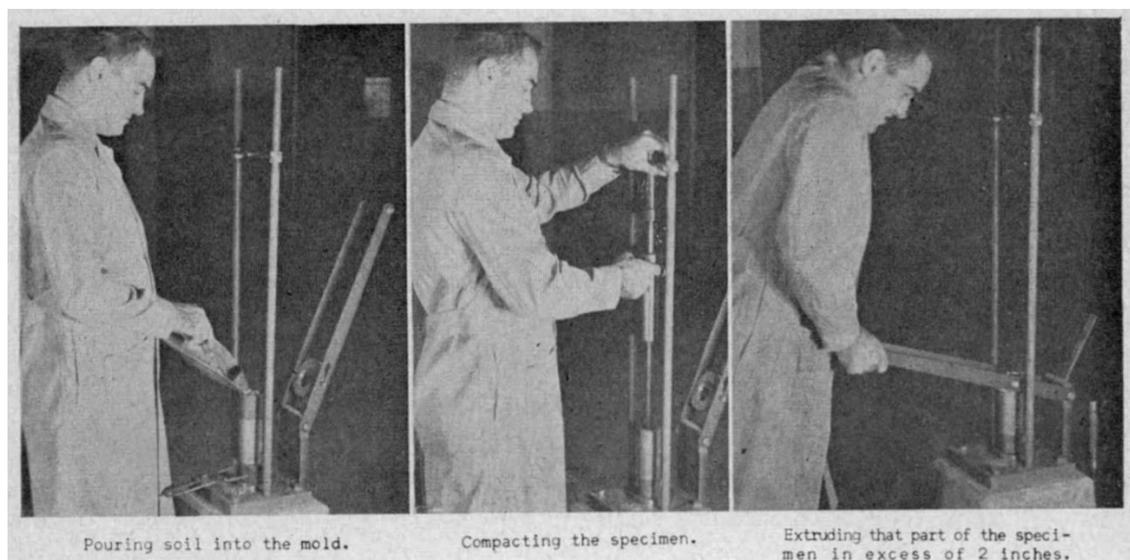


Figura 3:Procedimiento para determinar la densidad.

Fuente: Estación De Experimentos De Ingeniería De  
UNIVERSITY.

IOWA STATE

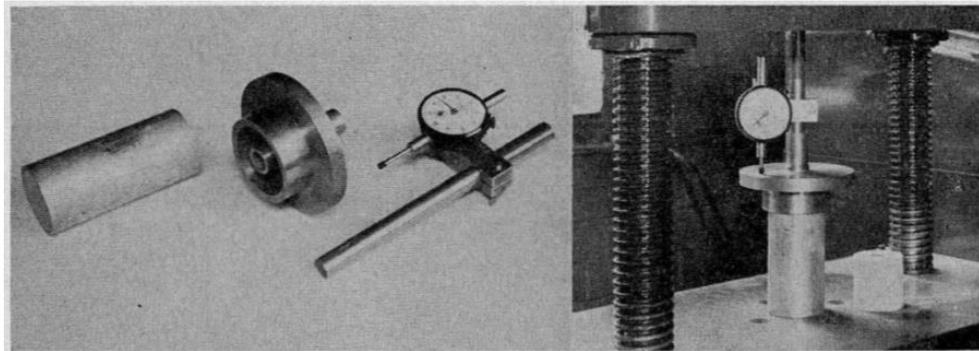


Figura 4:Aparato para la prueba de Soporte en miniatura.

Fuente: Estación de Experimentos de Ingeniería de IOWA STATE UNIVERSITY.

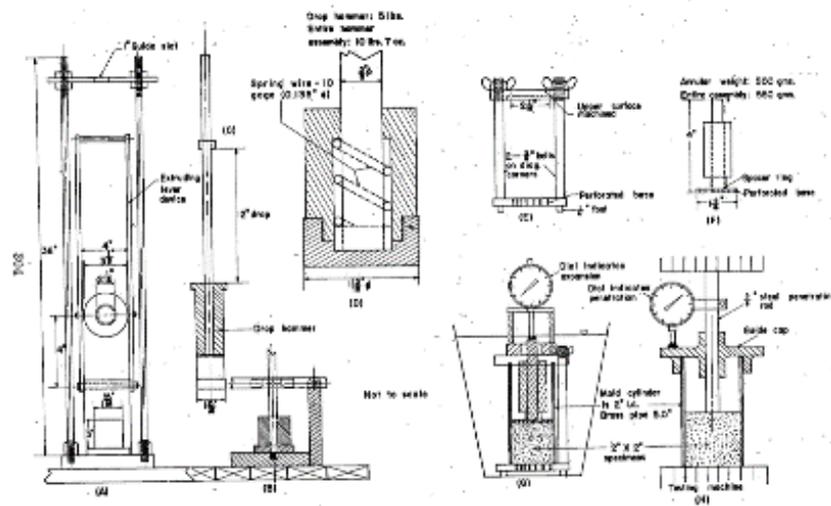


Fig. 5. 15<sup>0</sup> test apparatus. (A) molding frame, front view; (B) molding frame, side view; (C) drop hammer; (D) drop hammer head; (E) scale frame; (F) similar weight assembly; (G) specimen during soaking with expansion dial in place; (H) specimen during penetration test.

Figura 5:Esquema de equipos de Densidad y prueba de Soporte de Miniatura.

Fuente: Estación de Experimentos de Ingeniería de IOWA STATE UNIVERSITY.

Según Villibor y Nogamy: para un suelo pueda ser considerado como tropical debe haber mucha lluvia, evaporación intensa y elevadas temperaturas produciendo intemperismo físico en una roca inicial, esto produce fisuras y degradación molecular la aparición de plantas con abundante follaje, con esa incidencia de lluvias y las raíces de los follajes de los árboles presentan una condición de humus y en contacto con el agua forman aguas acidas formadas en la superficie penetrando ahora por las fisuras provocadas por el intemperismo físico, en simultaneo se produce un intemperismo químico ya sean rocas ígneas, metamórficas e incluso sedimentarias, cualquiera de esos rocas tiene elementos mineralógicos que pueden ser cuarzo, feldespato o mica entra en contacto con el agua acida y cuando en condiciones de roca maciza permite la percolación del

agua acida desmorona o desmenuza esos minerales haciendo que los elementos químicos que los componen y esos elementos químicos se comporten como si fuera una sopa de múltiples sustancias siempre que las sustancias sean los componentes químicos como Si, Al, Fe, Mg, Ca, K, Na estos componentes químicos fijan la masa en el proceso más intenso del intemperismo químico las aguas acidas van lixiviando y lavando los residuos de Mg, Ca, K, Na y dejando los químicos de Si, Fe, Al, a este proceso se le llama laterización, con esto se completa el proceso de intemperismo químico, formando una arcilla mineral neo formado llamado caolinita o arcilla de óxido de ferro aluminio hidratado y esto tenga la capacidad de cementar las capas de caolinita que fueron formados en la parte superior del macizo, esa cimentación produce una característica en la microestructura de ese suelo que es como una palomita de maíz de una serie de placas de caolinita, que cimentados una a la otra forman placas individualizadas como una palomita de maíz, en la parte inferior tenemos un material que no sufrió ese proceso pedológico de laterización este material no es como la caolinita oxi ferro de aluminio como la parte superior, en esta posición en una mineralogía de arcillas minerales generalmente expansivos denominados saprolíticos no son como las formadas en la parte superficial, aquí en la parte inferior, la microestructura de formación individualizada de sus partículas, así podremos tener un suelo laterítico y saprolítico en un mismo perfil de suelo donde los suelos lateríticos tienen un comportamiento excepcional cuando son compactados sus características expansivas bajas y el saprolítico todo lo contrario que presentan diversas características no recomendables para ser usadas en carreteras la gran mayoría de ellas, entonces se tuvo que hallar una tecnología que dentro de los suelos tropicales consiga diferenciar estos tipos de suelos, eso causa la fascinación en el estudio de suelos tropicales mostrando la tecnología de estudios de suelos lateríticos y saprolíticos y para los lateríticos considerar todo tipo de estudios posibles para el uso de pavimentos, hasta 1975 no existía una tecnología aplicada a suelo tropicales se usaba la tecnología americana para la ejecución la ejecución de bases, para refuerzos de pavimentos y por lo tanto se usaba materiales costosos, todo esto para obedecer las normas americanas, con la tecnología MCT "Mini Compactación Tropical" se vera la amplitud de usar materiales naturales para la pavimentación. (Douglas Fadul Villibor, 2009)

## **Por qué hacer la Implementación Mini Compactación Tropical**

Es muy necesario debatir las normas generales y adaptarlas a cada lugar según la naturaleza del suelo, las condiciones climáticas y las especificaciones de las capas de pavimentos que se adapte al lugar, en 1940 se impulsa la tecnología sobre pavimentos provenientes de los EUA, así como la clasificación de suelos y las especificaciones de las capas de los pavimentos, esto es considerado desde entonces como sistema tradicional teniendo consecuencias positivas y negativas, en cuanto a lo positivo, avance tecnológico para los años de 1940 como la difusión de una mentalidad en todos los estudiantes e ingenieros sobre la construcción de carreteras esto hizo que aparecieran precios para cada actividad y la creación de nuevas empresas de ingeniería todo esto gracias a la democratización de las normas de pavimentación, los aspectos negativos, como la aplicación de los sistemas tradicionales sin adaptaciones siendo las mismas desarrolladas para los EUA e incluso para su clima, siendo inadecuado para zonas tropicales, rechazando y menospreciando los materiales de origen tropical no se preocuparon en verificar los materiales tropicales de alta calidad que pueden servir para pavimentos, evidenciando que esta tecnología no fue desarrollada para clima tropicales fue desarrollado para solucionar problemas de su propio clima y lugar.

En 1970 se empieza la investigación con avances tecnológicos en cooperación de la DER-SP empezando las pruebas en los estudios y la construcción de pavimentos vecinales, impulsados por Nogami y Villibor crean el sistema MCT para estudios de suelos tropicales y clasificación MCT, en 1980 se consolida la metodología MCT y se oficializa como norma en conjunto con las especificaciones para carreteras.

## **Aspecto Técnico para la Implementación Mini Compactación Tropical**

Por sentido común se sabe que cuanto mayor volumen mayor es la representatividad de los ensayos, pero cuando los suelos son finos, esa representatividad es muy semejante si los CP son tan pequeñas como 50 mm de diámetro y de longitud del sistema MCT, que fue desarrollado para climas tropicales, en cuanto a la clasificación tradicional se usa muestras espatuladas

con la espatulado se destruye los enlaces de las microestructuras alterando su composición estructural, en el sistema tradicional con estos valores se asocia el comportamiento de una capa compactada para pavimentos, la granulometría está en función de la compactación aplicando la metodología Mini-MCV y pérdida por inmersión PI.

Para el diseño de capas de pavimentos en el sistema tradicional se usan los ensayos de CBR, expansión, granulometría, en cuanto al sistema MCT se usa las propiedades de granulometría en función de  $c'$ , Mini-CBR, expansión, contracción en CP de dimensión reducida que es un modelo pequeño que esta directamente asociado con el campo, en obra se trabaja con los equipos que sean necesarios para compactar cada tipo de suelo según su origen de clima tropical o zonas frías, en lo tradicional la identificación de los suelos tropicales tiene problemas geotécnicos, los procedimientos utilizados no tienen en cuenta las características de estos suelos tropicales, lo más usado para clasificar es la clasificación SUCS o AASHTO.

Los especialistas en geotecnia que trabajaban con suelos tropicales poco se han interesado en el desarrollo en un procedimiento adecuado, para trabajos con este tipo de suelo evidenciando siempre sus limitaciones, siempre para usos en obras civiles y la necesidad de que se disponga de una clasificación geotécnica adecuada, y otra perspectiva que se presenta como una alternativa es la clasificación MCT pudiéndose usar con fines geotécnicos.

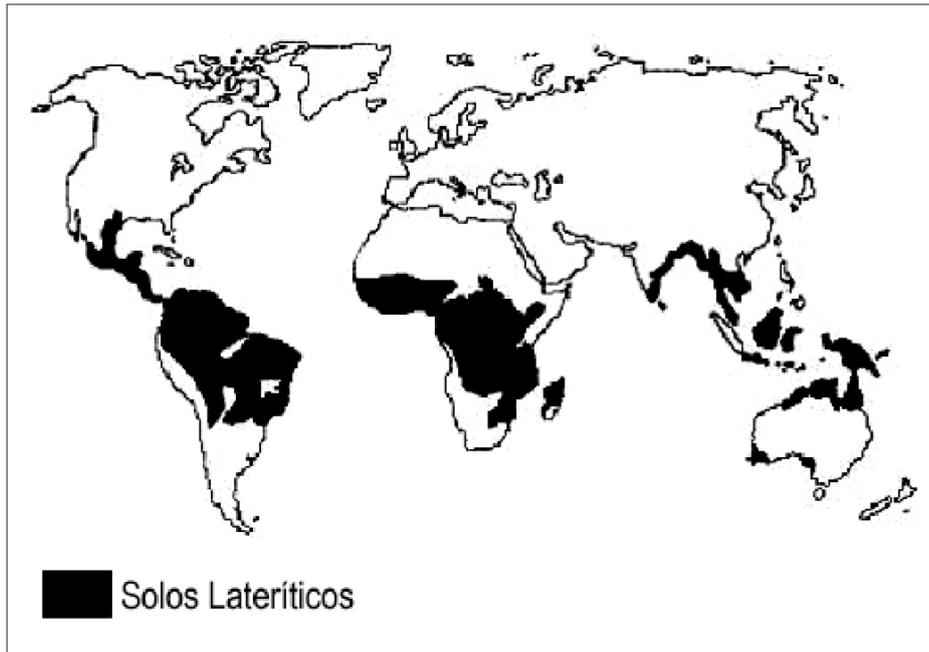


Figura 6: Distribución de suelos lateríticos alrededor del mundo.  
Fuente: Charman 1988.

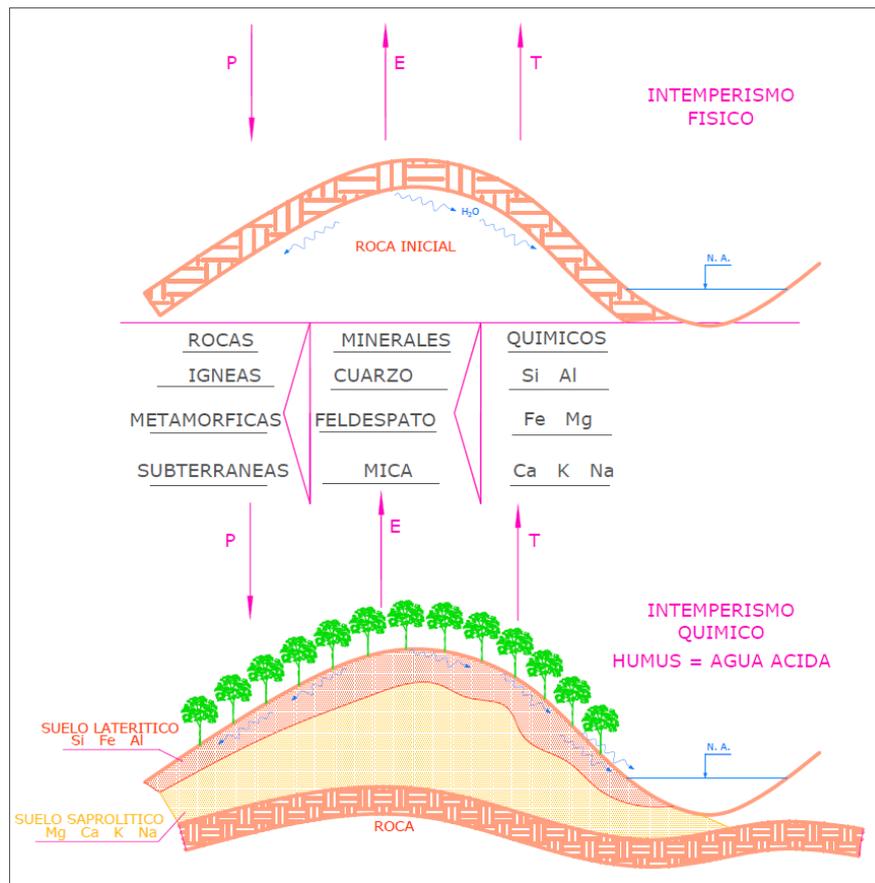


Figura 7: Esquema del origen geológico de los suelos tropicales.  
Fuente: Propia.

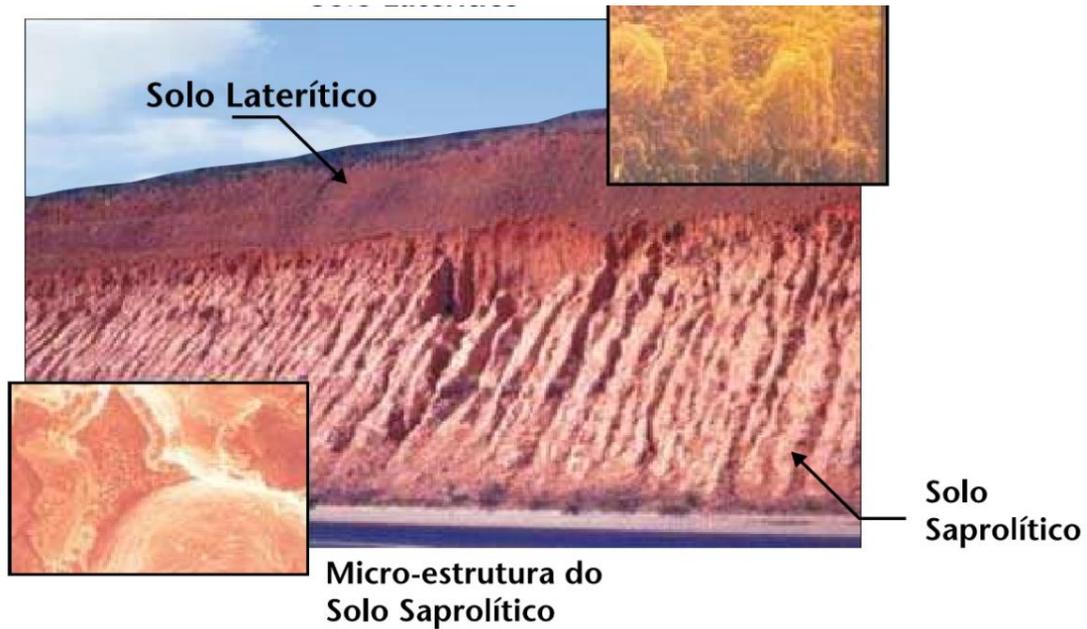


Figura 8: Perfil de un corte de carreteras - parte superior suelo laterítico - parte inferior suelos saprolíticos.

Fuente: Nogami y villibor 1985

## 2.2. Marco Conceptual.

### 2.2.1. Comportamiento de los Suelos, Laterítico (L) y no Laterítico (N).

El suelo es material natural no afianzado, es decir, constituido de partículas disgregables por tratamiento mecánicos e hidráulicas relativamente suaves, como diseminación en agua con uso de aparato dispersor de laboratorio, puede ser perforado con equipamientos comunes de movimiento de tierras.

En cuanto al suelo tropical es aquel que presenta características y propiedades de comportamiento muy particular con respecto a los suelos no tropicales, como resultado de un proceso geológico y/o pedológicos muy particular donde impera la alta temperatura, abundante evaporización y mucha precipitación propios de las regiones tropicales fijadas. Entre ellos, se destacan dos grandes clases los suelos lateríticos y los suelos saprolíticos.

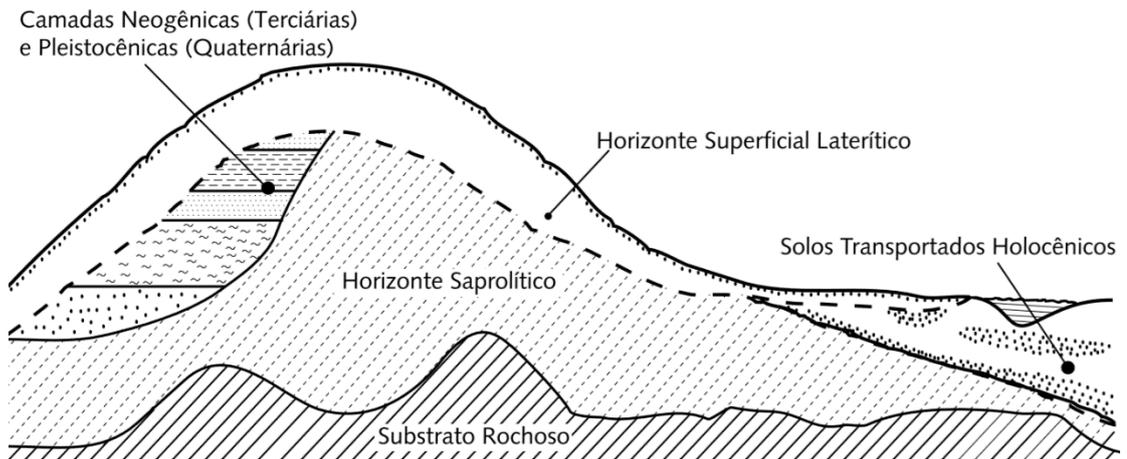


Figura 9: Designación genética general de las capas de suelos, en las regiones tropicales

Fuente: Nogami y Villibor (1995)

### **Suelo Laterítico:**

Se considerará como significando suelo de comportamiento geotécnico laterítico, a no ser que sea, específicamente, observado lo contrario, se caracteriza por poseer una serie de propiedades que conducen a clasificarlo como suelo de comportamiento laterítico, según la Clasificación MCT. Pedológicamente, el suelo laterítico es una variedad de suelo del horizonte superficial laterítico, típico de las partes bien drenadas de las regiones tropicales, tiene una excelente compactibilidad llegando al 100%, fácil acabado de la superficie de la base y bajo desgaste superficial al tráfico, baja contracción al secado, satisfactoria receptividad de la imprimación bituminosa, no se reblandece a la humedad buena resistencia a la erosión hídrica.

### **Suelo Saprólítico:**

Que se deriva de la descomposición y / o desagregación in situ de la roca (considerado material consolidado de la corteza terrestre), manteniendo, aún, de manera nítida, la estructura (o fabrica) de la roca que le dio origen. Y, por lo tanto, un suelo genuinamente residual, por lo que a menudo se denomina residual o, más específicamente, suelo residual joven. Las capas que los suelos saprolíticos constituyen en sus condiciones naturales se designan horizonte saprolítico. Generalmente presenta comportamiento no laterítico. Son susceptibles al

ablandamiento cuando está en contacto con el agua, un elevado grado de erosionabilidad hídrica excesiva contracción al secado.

### 2.3. Definición de Términos.

1. **Pavimento:** Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines: a) resistir y distribuir los esfuerzos por los vehículos; b) mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito. (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial MTC, febrero 2006).
2. **Laterítico:** Procedente de latín “later” que significa ladrillo duro, es un suelo de origen de clima tropical, de formación geológica de altas temperaturas fuertes lluvia y abundante evaporización, de formación pedológica con contenido de cuarzo, feldespato y mica con contenido de Si, Fe y Al.
3. **Saprolítico:** Procedente de latín “sapro” que significa pobre o roca pobre, es un suelo de origen de clima tropical, de formación geológica de altas temperaturas fuertes lluvia y abundante evaporización de formación pedológica con contenido de cuarzo, feldespato y mica con contenido de Mg, Ca, K y Na.
4. **Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial Resolución Ministerial N° 660-2008-MTC/02)
5. **Carretera no Pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial Resolución Ministerial N° 660-2008-MTC/02)
6. **Geomorfología:** Se trata de analizar la corteza de la tierra, incluida en la geología, estudia la forma de la superficie de nuestro planeta parte del origen de la tierra hasta la actualidad.

## **2.4. Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis General.**

Con la implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se optimizará los recursos geológicos de origen tropical, para el uso en vías de transporte en la red vial vecinal “Tropezón” y red vecinal “Infierno” de la Región Madre de Dios.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas.**

- a) La implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se determinará con la norma contemporánea y con los instrumentos y accesorios fabricados, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- b) La complementación geotécnica se hará clasificando los suelos tropicales con la metodología Mini Compactación Tropical para usos viales en suelos tropicales, en la red vial “Tropezón” y red vecinal de “Infierno”.
- c) Los ensayos de Mini Proctor se registrarán de acuerdo a la norma vigente y mejorando el equipo de mini compactación, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- d) La preparación de Mini-CBR y Expansión se establecerá de acuerdo a la norma actual, diseñando y construyendo el pistón de penetración DM 5016, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- e) La prueba de contracción se demostrará de acuerdo a la norma existente, usando hornos para recrear el clima tropical, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.

- f) La experimentación de la infiltrabilidad y permeabilidad se operacionalizará de acuerdo a la norma moderna, esbozando y fabricando los instrumentos, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- g) La investigación Mini-MCV se especificará de acuerdo a la norma flagrante, en el equipo de mini compactación mejorado, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- h) El estudio de penetración de imprimación se explicará de acuerdo a la norma reciente, esquematizando y confeccionando el disco espaciador, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- i) El test de pérdida de masa por inmersión se indicará de acuerdo a la nueva norma, proyectando y colocando nuevos accesorios, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
- j) Los análisis de clasificación en el sistema mini compactación tropical se indicará la clasificación con la norma contemporánea, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.

## **2.5. Variables.**

### **2.5.1. Definición Conceptual de Variables.**

#### **Variable Independiente (X):**

**Metodología Mini Compactación Tropical:** Creado en Brasil en 1970 por Villibor y Nogami para uso de pavimentos vecinales y para estudios de suelos tropicales y clasificación MCT, fue oficializada en 1980 DER-SP, se ejecutó 8000 kilómetros de vías con muy bajo costo, la designación proviene de las siglas.

M→ Miniatura- Cuerpos de ensayos de 50 mm de diámetro y altura.

C→ Compactación – Reproduce condiciones de suelos para pavimento.

T→ Tropical- Suelos finos de las regiones tropicales pasantes la malla ( $\emptyset < 2,0$  mm).

### Variable Dependiente (Y):

**Usos viales en suelos tropicales:** Consiste en la aplicación de la tecnología para la construcción de vías en suelos que sean de origen tropical.

### 2.5.2. Definición Operacional de la Variable.

(X) = Variable Independiente: Metodología Mini Compactación Tropical.

(Y) = Variable Dependiente: Usos viales en suelos tropicales.

$$Y \rightarrow f(X)$$

Usos viales en suelos tropicales.  $\rightarrow f$  (Metodología Mini Compactación Tropical.)

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable.

Tabla 1: Cuadro de variables.

VARIABLES	DENOMINACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable Independiente (X)	Metodología Mini Compactación Tropical	Implementación de la Metodología	Normas: DER-SP, DER-M
			Equipo de Mini Compactación
			Moldes de acero inoxidable 130mm X 50mm
			Diales de 0.001 mm precisión
			Pistón de Penetración 16 mm $\varnothing$
			Equipo de Infiltrabilidad
			Equipo de Permeabilidad
			Disco metalico de 1.5mm x 35 mm $\varnothing$
			Tipos de Ensayos
		Ensayo de Mini-CBR y expansion	
		Ensayo de Contracción	
		Ensayo de Infiltrabilidad y Permeabilidad	
		Ensayo de compactación Mini-MCV	
		Ensayo de Penetración de Imprimante de Bituminoso	
		Ensayo de Pérdida de Masa por Inmersión	
		Clasificación Geotécnica MCT.	
		Clasificación Geotécnica	L = Laterítico
			N = No laterítico
			A = Arena
A' = Arenoso			
G' = Arcilloso S' = Limoso			
Variable dependiente (Y)	Usos Viales en Suelos Tropicales	Geotecnia	Geomorfología
			Clima Tropical
			Tipo de suelos
		Suelos tropicales	Suelos Tropicales
			Suelos lateríticos
			Suelos saprolíticos

Fuente: Propia.

## **CAPÍTULO III : METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de la Investigación.**

El método general es el científico y como método específico se utilizará el analítico – sintético dado que se analizarán hechos sobre estructuras viales, para luego generalizar a las aplicaciones en suelos tropicales en distintos escenarios y realidades diferentes.

### **3.2. Tipo de Investigación.**

Según el objetivo que quiere conseguir, el tipo de investigación es aplicada, porque se desea lograr un objetivo en concreto, que es la aplicación e implementación de la metodología MCT “Mini Compactación Tropical” para el estudio de suelos de origen tropical en el Perú, puntualizado en los caminos vecinal Infierno y el camino vecinal Tropezón ubicados en el departamento Madre de Dios, también es un gran aporte para complementar estudios geotécnicos.

Este tipo de investigación permite procesar los datos en base a metodologías existentes para el estudio de suelos tropicales aplicando la metodología MCT y optimizará la toma de decisiones para plantear las alternativas de solución técnico-económicas.

### **3.3. Nivel de Investigación.**

Esta investigación es de nivel descriptivo - explicativo, descriptivo porque se describen los hechos; y explicativo, porque con la implementación de la Metodología Mini Compactación Tropical se explicará el uso en suelos tropicales en red vial, con un enfoque cuantitativo, porque se harán mediciones de laboratorio y la recolección de datos constará de pruebas objetivas, instrumentos de medición y otras de naturaleza variable.

### **3.4. Diseño de Investigación.**

El diseño es experimental, debido a que la manipulación de las variables en condiciones altamente controlados replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que las variables implicadas manipuladas producen un efecto determinado.

Los ensayos que se realizaran son:

P1 – Ensayo de compactación mini Proctor.

P2- Ensayo de Mini-CBR y expansión.

P3- Ensayo de contracción.

P4- Ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad.

P5- Ensayo de compactación Mini-MCV.

P6- Ensayo de penetración de imprimante bituminoso.

P7- Ensayo de Mini-CBR de campo – Procedimiento Dinámico.

P8- Ensayo de pérdida de masa por inmersión.

P9- Clasificación Geotécnica MCT.

### **3.5. Población y Muestra.**

#### **3.5.1. Población.**

La población para este estudio está constituida por todas las carreteras en zonas tropicales de la Región Madre de Dios que aproximadamente comprende 30.0 Km

#### **3.5.2. Muestra.**

El tipo de muestreo es el no probabilístico o dirigido o intencional, debido a la naturaleza del estudio, y otros factores se eligió a la carretera Vecinal Tropezón y la carretera Vecinal Infierno por las facilidades de acceso que presentan.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

**Toma de información.** - Dos evaluaciones en el mismo lugar en diferentes días.

**Planilla de datos:** Recopilación de datos de laboratorio de las mediciones que se realizó con la metodología MCT “Mini Compactación Tropical”.

**Muestreo de materiales:** Las muestras se tomaron en las localidades de la vía de Tropezón e Infierno y el puente Noaya Ubicados en la Carretera Interoceánica del departamento Madre de Dios, todos caracterizados por el mismo origen tropical, pero de diferente origen pedológico.

### **3.7. Procesamiento de la Información.**

**Proceso computarizado.** - Para determinar diversos cálculos matemáticos y estadísticos de utilidad para la investigación.

### **3.8. Técnicas de Análisis de Datos**

**Análisis documental.** - Esta técnica permitirá conocer, comprender, analizar e interpretar cada una de las normas, revistas, textos, libros, artículos de internet y se recurrió a la observación y también otras fuentes documentales.

## CAPÍTULO IV : RESULTADOS

### 4.1. Ubicación y Localización de la Zona de Estudio

#### 4.1.1. Ubicación Política:

Plano de ubicación del departamento Madre de Dios.



Figura 10: Plano de ubicación del departamento Madre de Dios.  
Fuente: Mapa vías Madre de Dios, MTC.



Figura 11: División política de Madre de Dios.  
Fuente: Wikipedia.

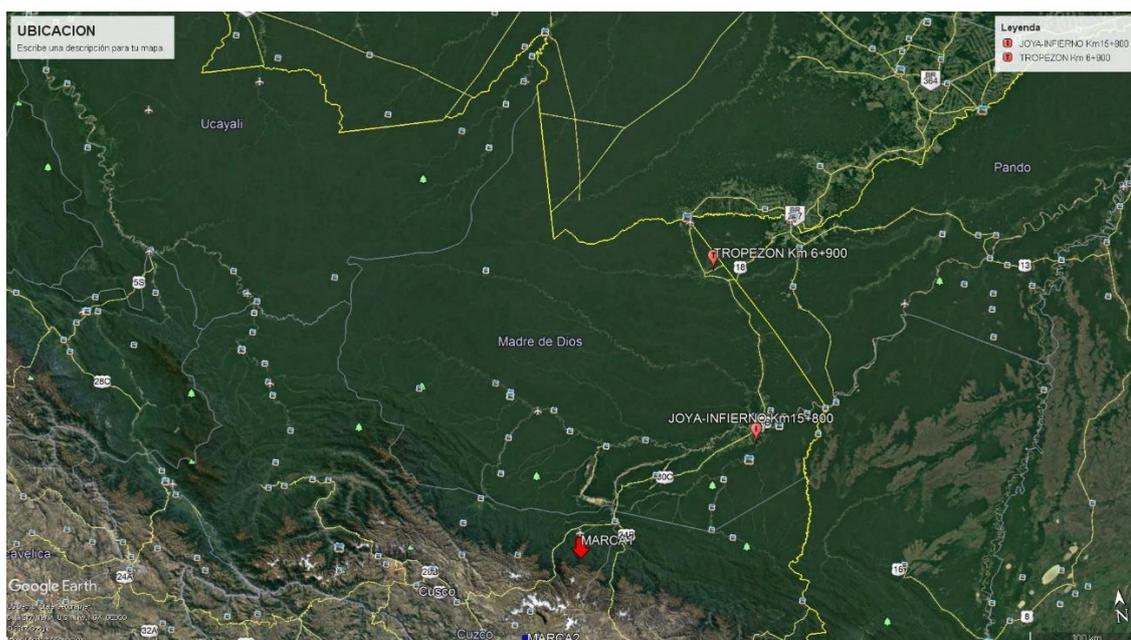


Figura 12: Ubicación de Tropezón e Infierno departamento Madre de Dios.  
Fuente: Google Earth.

#### 4.1.2. Ubicación Geográfica.

Departamento íntegramente selvático; tiene zonas de selva alta y selva baja. Limita al norte con Ucayali y Brasil; al este con Brasil y Bolivia; al oeste con Cusco; al sur con Cusco y Puno. Su capital Puerto Maldonado, está en la confluencia del río Madre de Dios y el río Tambopata. Su geografía es de las más difíciles para la construcción de carreteras, los Andes se precipitan hacia la selva formando abismos.

**Creación:** 26 de diciembre de 1912.

**Superficie:** 85.300,54 km<sup>2</sup>.

**Latitud sur:** 9° 55´ 3".

**Longitud oeste:** entre meridianos 70° 37´ 59" y 77° 22´ 27".

**Densidad demográfica:** 1,3 habitante/km<sup>2</sup>.

#### **4.1.3. Condiciones Climáticas.**

El clima de Madre de Dios es de tipo tropical; cálido, húmedo y con precipitaciones superiores a 1000 mm anuales. La temperatura media anual en Puerto Maldonado, , es de 38 °C. En los meses de agosto y setiembre el clima de Madre de Dios sufre a veces influencias de masas de aire frío que llegan desde el sureste del continente americano ocasionando sensibles bajas de temperatura que hacen bajar el termómetro hasta 8°C, que son conocidos localmente con los nombres de "surazo" o "friaje".

- La Cordillera Oriental-Faja Sub andina el clima es variado como por ejemplo zonas con clima perhúmedo y en otras con clima húmedo, caracterizado por su alta precipitación, que varía entre 3,000 y 6,000 mm anuales.
- La Llanura de Madre de Dios, el clima varía entre húmedo y subhúmedo, con precipitaciones que oscila entre 1,500 y 3,000 mm anuales.

#### **4.1.4. Vías de Acceso.**

Puerto Maldonado es accesible desde Lima o desde Cuzco por vía aérea o carretera, durante la época seca o de lluvia durante todo el año, porque ahora contamos con la Carretera Interoceánica que comprenden los tramos 2, 3 y 4



Figura 13: Corredor vial interoceánica sur Perú-Brasil.  
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### 4.1.5. Distancias de Lima a Puerto Maldonado

Lima – Cuzco - Puerto Maldonado consta de 1584 km (27 horas de viaje).

Lima – Arequipa – Puerto Maldonado consta de 1829 km (29 horas de viaje).

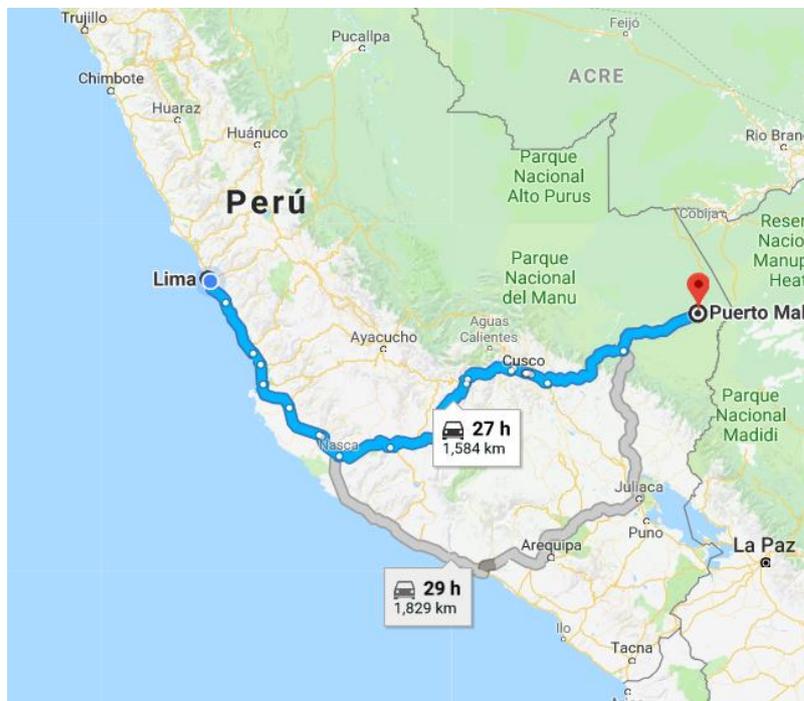


Figura 14: Carretera Lima – Puerto Maldonado.  
Fuente: Google Maps.

Tabla 2:Características de las vías Infierno y Tropezón.

<b>Descripción</b>	<b>Vía Infierno</b>	<b>Vía Tropezón</b>
Inicio de tramo	Centro poblado La Joya	Dv. Km 166 Interoceánica
Final de tramo	Centro Poblado Infierno	Km 10+6800
Longitud de tramo	18.300 km	10.680 Km
Altitud Promedio	632 msnm	325 msnm
Ancho de explanaciones	4.60 m	4.00 m
Ancho de superficie de rodadura	3.50 m	3.50 m
Velocidad de directriz Promedio	30 km/h	30 km/h
Superficie de rodadura	Suelo compactado	Suelo compactado
Clasificación Jurisdiccional	Camino Vecinal	Camino vecinal
Clasificación de servicio	Carretera de 3ra clase	Carretera de 3ra clase
Bermas	No proyectadas	No proyectadas
Clase de trafico	T2	T2

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles MTC.

Carretera Vecinal La Joya – Infierno 15+800 Km, tramo: Km 00+000-Km 18+300

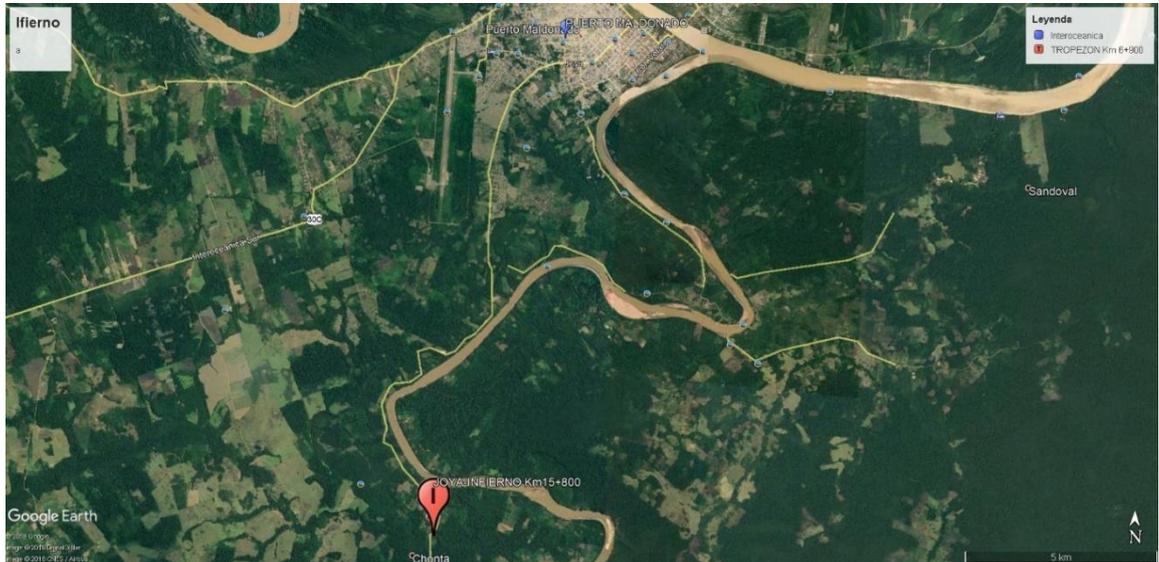


Figura 15: Imagen Satelital de la localización de la cantera.  
Fuente: Google Earth.

Carretera Vecinal Tropezón 6+900 Km, tramo: Km 00+000-Km 10+680



Figura 16: Imagen Satelital de la localización de la cantera.  
Fuente: Google Earth.

#### 4.1.6. Ubicación Geográfica e Identificación de Canteras

En la figura 36 de ubica la región Madre de Dios enumerado cada zona de extracción de muestras siendo las coordenadas UTM en la tabla 8

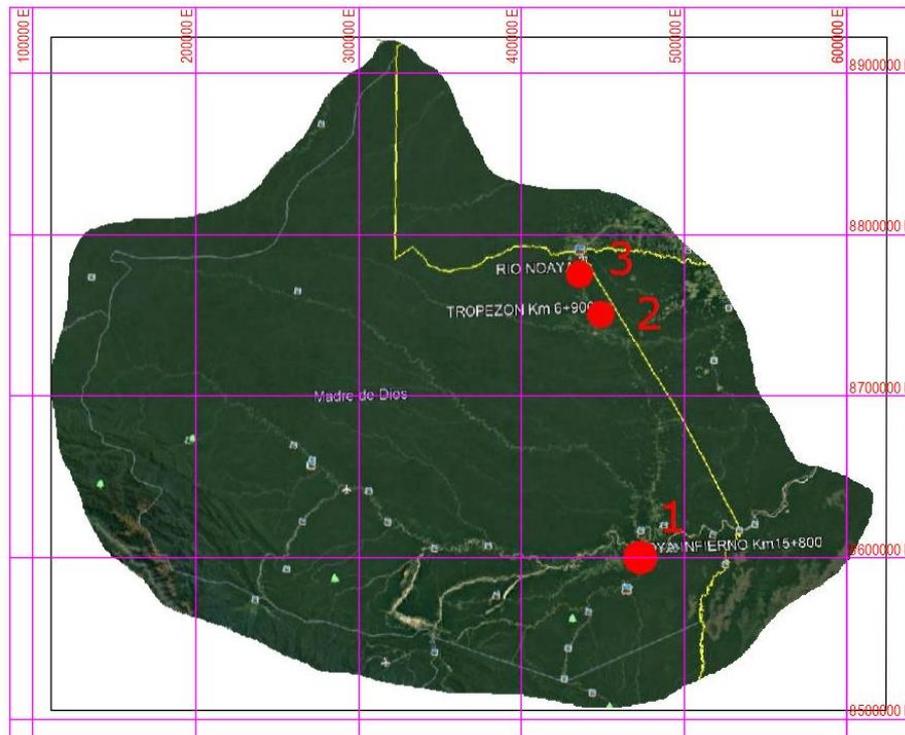


Figura 17: Localización de puntos de colección de muestras de suelo Fuente, Google earth

Ubicación de calicatas.

Puntos de colección de muestras		
Puntos de Colección	Coordenadas	
	Este	Norte
1	475197.00	8594722.00
2	454151.00	8743952.00
3	438339.00	8769984.00

Fuente: Propio

#### 4.1.7. Imágenes de la Extracción de la Cantera Infierno



Figura 18:Carretera a la comunidad nativa Infierno km 15+800.  
Fuente: Propia.

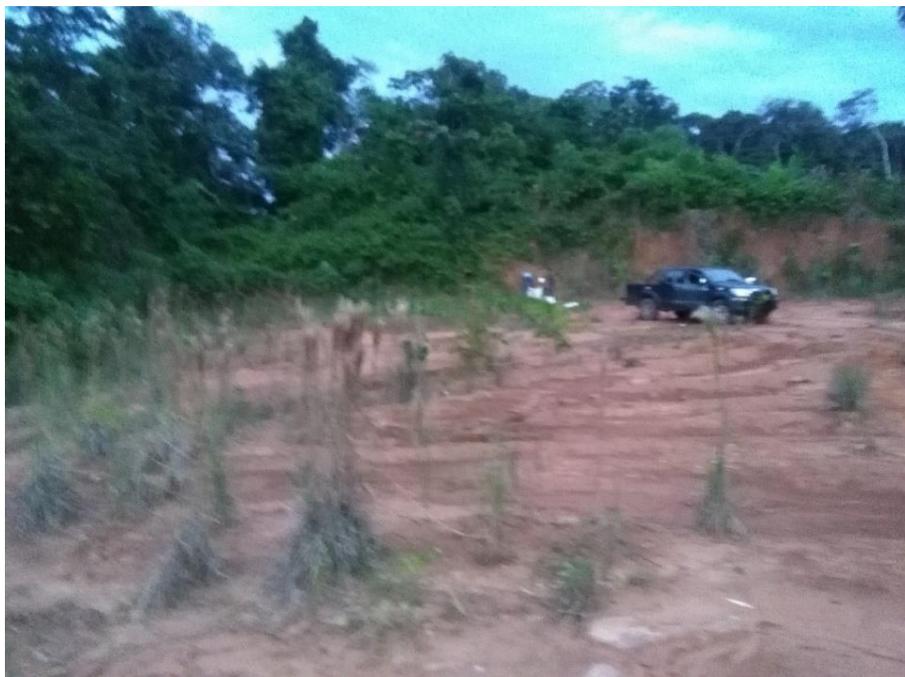


Figura 19:Condición Actual de la cantera la Joya – Infierno Km 15+800  
Fuente: Propia.



Figura 20: Extracción del material de la cantera de la carretera vecinal la Joya – Infierno Kilómetro 15+800.  
Fuente: Propia.

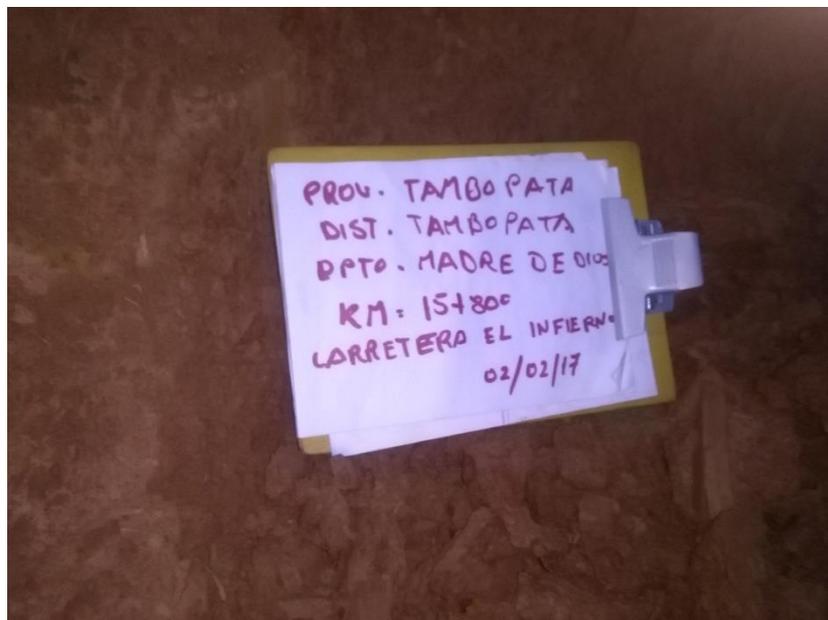


Figura 21: Identificación de la cantera la Joya -Infierno Km 15+800.  
Fuente: Propia.



Figura 22: El rápido crecimiento de la vegetación en la zona de cantera.  
Fuente: Propia.



Figura 23: Vista panorámica de la cantera Infierno km 15+800.  
Fuente: Propia.

#### 4.1.8. Imágenes de la Extracción de la Cantera Tropezón.

Carretera Vecinal El Tropezón DV. Km 166, tramo: Km 00+000-Km 10+680.



Figura 24:Cantera de Tropezón.  
Fuente: Propia.



Figura 25:Cantera de Tropezón.  
Fuente: Propia.



Figura 26:Erosión de la subrasante por escorrentía.  
Fuente: Propia.



Figura 27:Erosión de la cantera por escorrentía  
Fuente propia.



Figura 28: Vista panorámica de la Cantera Tropezón y crecimiento rápido de la vegetación km 10+680.  
Fuente: Propia.



Figura 29: Estratos de la cantera Tropezón  
Fuente: Propia.



Figura 30:Extracción y almacenamiento en sacos de 50 kg  
Fuente: Propia.

#### 4.1.9. Imágenes de la Extracción de la Muestra Noaya



Figura 31:Puerto Noaya ubicado en la carretera inter oceánica límite de  
Iberia y Iñapari  
Fuente: Propia.



Figura 32: Vista desde el puente hacia el río Noaya  
Fuente: Google Earth.



Figura 33: Vista desde la cantera, hacia el puente Noaya.  
Fuente: Propia.



Figura 34:Extracción de la arena del rio Noaya en sacos de 50 kg.  
Fuente Propia.

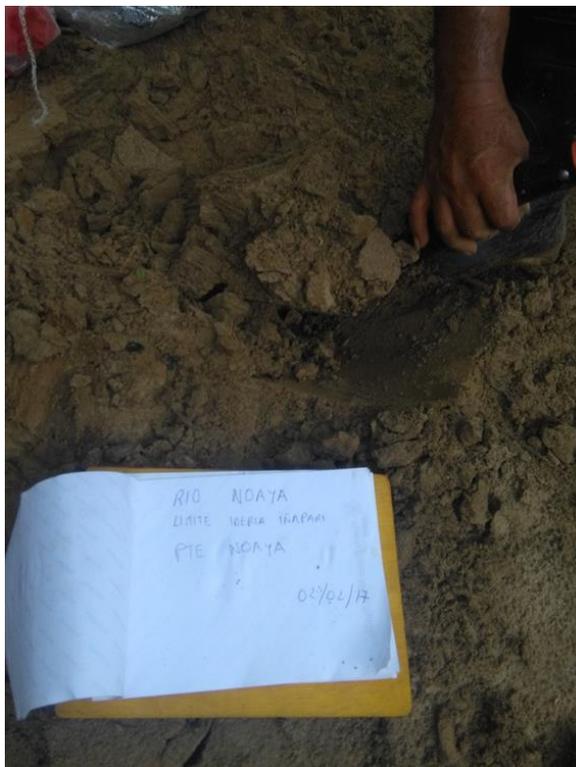


Figura 35:Arena del rio Noaya  
Fuente: Propia

## **4.2. Ejecución de la Metodología mini Compactación tropical (MCT) Para Fines Geotécnicos.**

### **Consideraciones Iniciales:**

Detectadas las deficiencias y limitaciones en los ensayos tradicionales, en su tesis de PhD de Villibor 1981 (DER-SP) propone la solución de un nuevo sistema para estudios tecnológicos de los SALF (Suelos Arenosos Lateríticos Finos), este sistema metodológico se enfoca en esclarecer las propiedades de mayor interés para el desempeño de este tipo de suelos como base de pavimentos, en las condiciones climáticas en suelos tropicales. aunque el enfoque principal de la investigación fue el SALF, el desarrollo de la nueva sistemática (MTC) permitió un amplio estudio geotécnico de los suelos finos (100% pasando en los tamices de 2.00 mm), que son de interés para diversas aplicaciones carreteras.

De acuerdo con los procedimientos ahora recomendados y utilizando la terminología vigente, además, se están introduciendo nuevos ensayos, a partir de 1981, se produjeron cambios tanto en la designación de los ensayos como en su forma de ejecución, por eso, se consideró útil presentarlos de acuerdo con los procedimientos, ahora recomendados y utilizando la terminología vigente, sobre todo, la clasificación geotécnica MTC. Se modificó, también, la forma de rehacer para proporcionar una mejor idea de los objetivos de los ensayos, desarrollados de una manera independiente, de acuerdo con lo vigente y enfocándose en la investigación el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se logró hacer los ensayos con las muestras, que fueron suelos tropicales de las vías de acceso ubicadas en el Departamento Madre de Dios empezando por la carretera vecinal del distrito de Iberia, Provincia de Tahuamanu, y la segunda la carretera a la Comunidad Nativa de Infierno, en la Provincia de Tambopata y muestras de arena fina del río Noaya, en la presente se desarrollaran los siguientes ensayos que se mencionan a continuación.

- P1- Ensayo de compactación mini Proctor.
- P2- Ensayo de Mini-CBR y expansión.
- P3- Ensayo de contracción.
- P4- Ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad.
- P5- Ensayo de compactación Mini-MCV.
- P6- Ensayo de penetración de imprimante bituminoso.
- P7- Ensayo de Mini-CBR de campo – Procedimiento Dinámico.
- P8- Ensayo de pérdida de masa por inmersión.
- P9- Clasificación Geotécnica MCT.

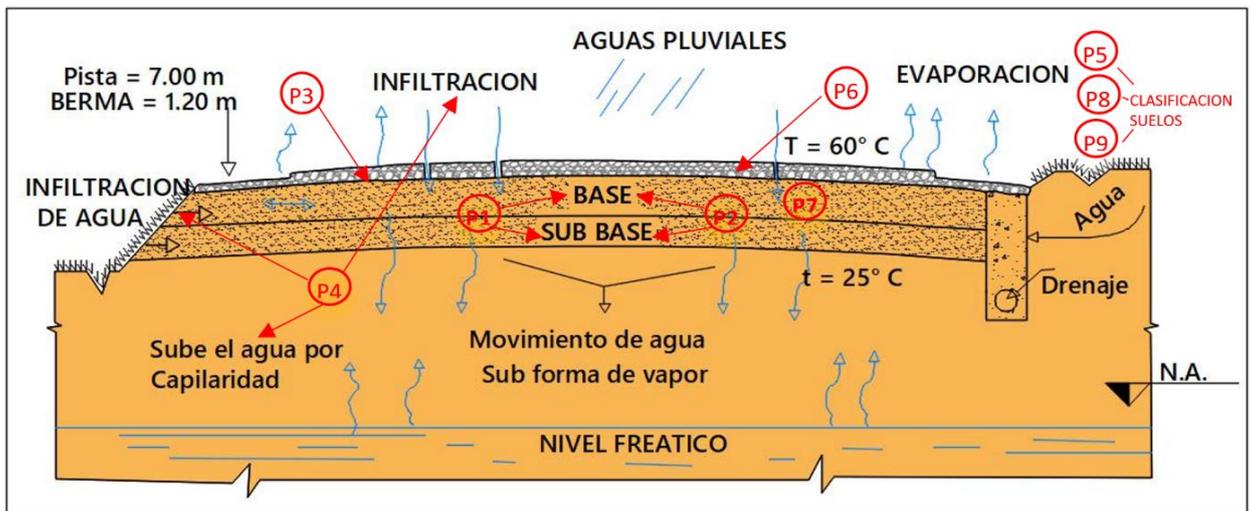


Figura 36: Cada elemento de una carretera está representado a cada ensayo que se requiere

Fuente: Propia.

El clima tropical hace que ocurran una serie de fenómenos, en una carretera pavimentada, y con estos ensayos se pretende representar las condiciones más difíciles que generalmente es común en las zonas de ambiente tropical.

### Consideraciones Importantes Antes de Empezar los Ensayos.

Llevar los cuerpos de prueba a un extremo del molde exclusivamente en los ensayos P2 y P4 como se muestra en la figura 38, también se tendrá que considerar la importancia de sobresalir 10 mm al cuerpo de prueba para el ensayo P8.



Figura 37:Empujando la muestra con la ayuda del extractor  
Fuente: Propia.

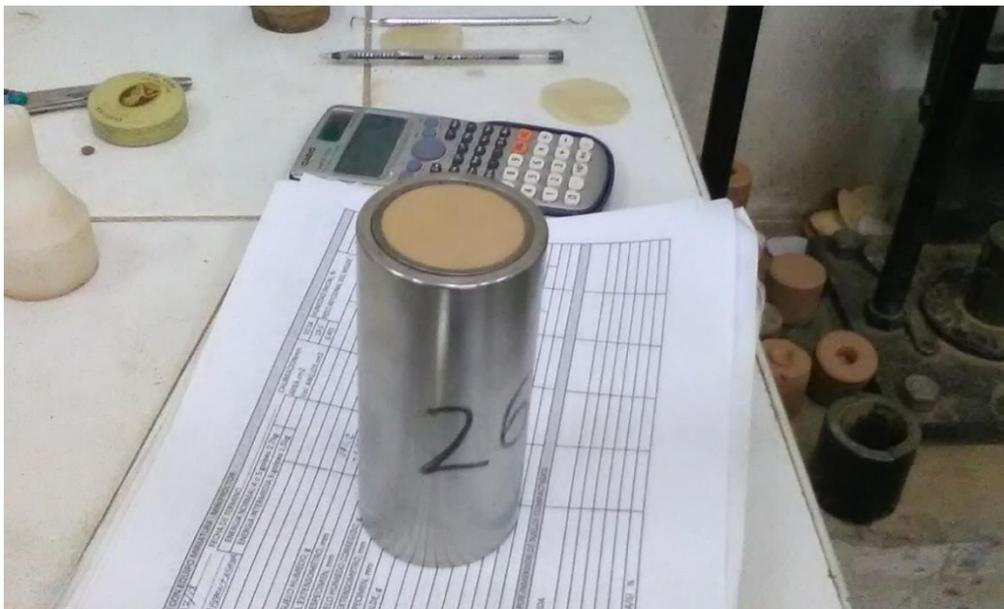


Figura 38:Muestra llevada a uno de los extremos para realizar el ensayo P2 y P4  
Fuente: Propia.

## **4.2.1. Ensayo de Compactación Mini-Proctor (p-1).**

---

### **4.2.1.1. Consideraciones Preliminares.**

Se basa en la norma DER-SP M-191/88. Como primer procedimiento se tiene que separar, disgregar los terrones de arcilla que posiblemente se forme por la humedad, y evitar secarlos al aire libre o bajo el sol, usar únicamente los suelos que pasa el tamiz N°10 y/o 2.00 mm, se usarán muestras vírgenes para cada Cp (cuerpo de prueba), la humedad de compactación que se debe preparar para cada punto de compactación, debe ser bien mezclada y homogenizada luego de agregar el agua en cada muestra de suelo, guardar en una bolsa o recipiente hermético y dejar en reposo un tiempo mínimo de 12 horas.

Se cuenta con dos tipos de martillos, un martillo ligero de (2.27 Kg) y el pesado de (4.5 kg.) el ligero para la norma (ASTM-D-698 o AASHTO-99), se darán 6 golpes de cada lado del CP en una sola capa de suelo mientras de igual manera, para una energía de compactación denominada intermedia aplicada en Brasil con la norma (DNER-ME-129-94) "Departamento Nacional de Estradas de Rodagem" Departamento Nacional de Carreteras también se aplican 6 golpes de cada lado en una sola capa de tierra, con un martillo de (4.5kg) el número de golpes a una altura de 30cm y con humedades variables para obtener la curva de compactación, denominado Mini Proctor.

Los CP compactados deberán tener una altura de 50mm  $\pm$ 1.00mm sin ser enrasado. Para poder cumplir con este requisito se tendrá de producir el primer CP que usualmente se desecha, pero antes se tendrá que hacer una medición con un dispositivo (dial), que pueda dar una tolerancia de 1.00 mm. Se usará dos anillos metálicos para cada Cp en el proceso de la compactación, que sirven para sellar.

En la investigación no hay diferencia significativa en cuanto al uso de los anillos ya que la variación en la ausencia de ellos, la densidad es de 0.08 gr/cm<sup>3</sup> no afecta en los resultados, si no se usan los anillos si se requiere

obligatoriamente cumplir con los diámetros entre el pistón del pie del martillo y el pistón inferior y el diámetro interior de los moldes utilizados.

El procedimiento Mini-Proctor es diferente al procedimiento conocido universalmente como "Proctor Modificado" o "AASHTO", las **diferencias** son las siguientes:

- a) Se usa solamente lo pasante de la malla o tamiz 2.00 mm y muestras que tienen un porcentaje bajo en la fracción retenida (<10%).
- b) El tipo de martillo es de sección completa, siendo el pie del martillo igual al del molde.
- c) Diámetro interno del molde es de 50.00 mm.
- d) La altura recomendable del molde es de 130 mm.

#### **4.2.1.2. Ventajas del Mini-Proctor.**

- a) Se puede medir con exactitud la altura del Cp (cuerpo de prueba), de hasta 0.1 mm de precisión, luego de dar los 12 golpes en ambos lados.
- b) La uniformidad en cada Cp (cuerpo de prueba) será de muy alta calidad.
- c) La muestra usada es muy reducida con respecto al Proctor convencional.

Es posible utilizar cada cuerpo de prueba desechado por no cumplir las tolerancias, para otros ensayos y determinar varias propiedades mecánicas e hídricas, por ejemplo, en la dosificación de aditivos estabilizadores, también se incluye la clasificación de los suelos.

#### **4.2.1.3. Desventajas del Mini-Proctor.**

No se puede aplicar a suelos que tienen alto porcentaje retenido en la malla Numero 2.00 mm, sus limitaciones similares al Proctor tradicional en cuanto a las arenas y suelos muy micáceos y similares que se consideran en el Proctor tradicional.



Figura 39: Moldes de Mini-Proctor, Proctor modificado de 4" y 6"  
Fuente: Propia.

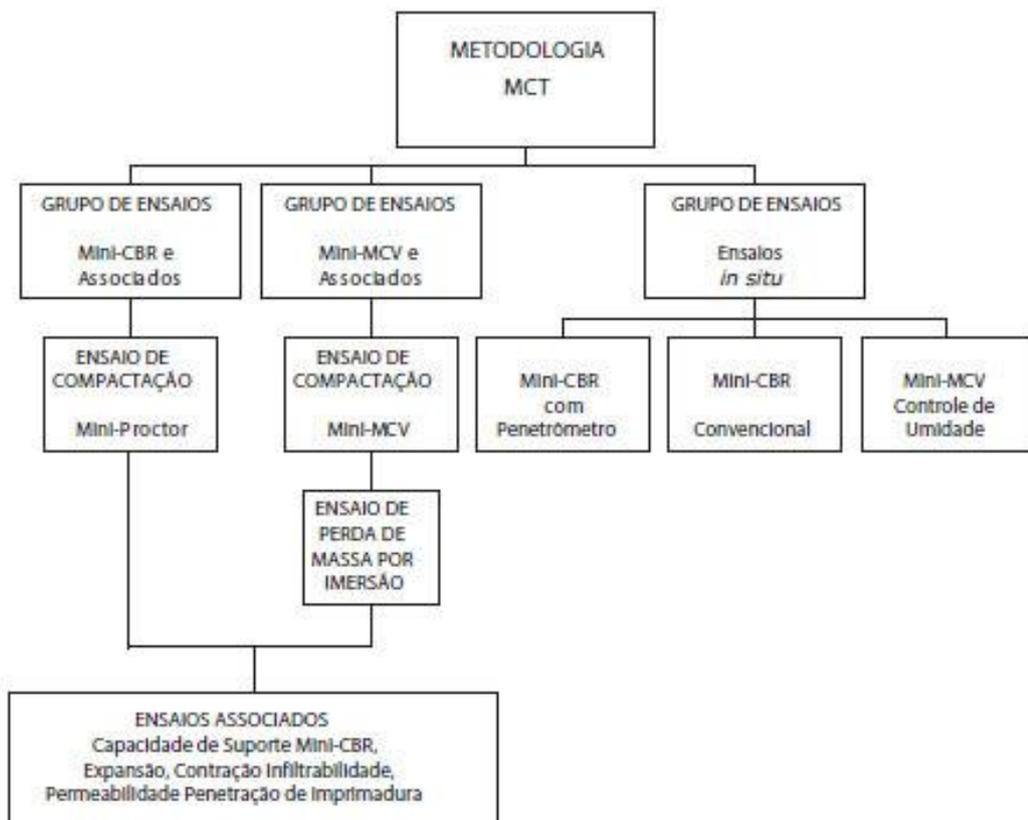


Figura 40:Flujograma de la metodología MCT.  
Fuente: Pavimentos de bajo costo para vías urbanas, Douglas Fadul Villibor, Nogami, Cincerre, Miranda Serra y Zuppolini, 2009, pág. 27.

#### 4.2.1.4. Materiales y equipos específicos.

Los materiales y los equipos serán según la norma (DER-SP) y la metodología a usarse según M-191-88.

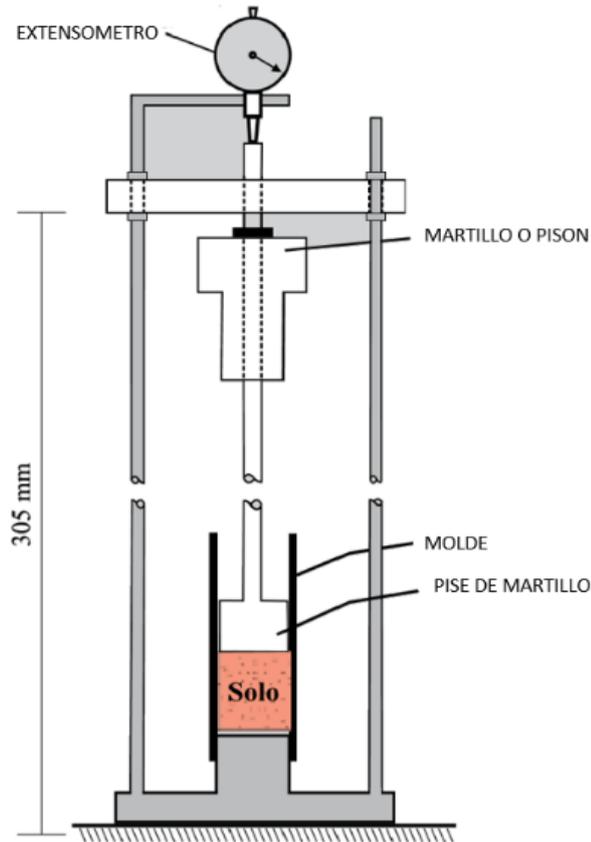


Figura 41: Croquis del ensayo de mini Proctor.

Fuente: libro de "Pavimentos Económicos", de Villibor y Nogami, 2009, Pág 43

#### Moldes.

Los moldes tienen 50.00 mm de diámetros interior y una altura de 130.00 mm de preferencia de acero inoxidable, los moldes deben ser inventariados y medidos, si cumplen con las medidas con respecto al diámetro interior, también existen en versiones de material acrílico para observar los cambios en los suelos cuando se realizan los diversos ensayos.



Figura 42: Medición de los moldes.  
Fuente: Propia.

Tabla 3:De medidas de cada cilindro existente

REGISTRO DE MOLDES PARA LA PREPARACION DE Cp ALTURA 13.00 cm					
N°	PESO kg	DIAMETRO Ø		DIAMETRO Ø PROMEDIO	
		SUPERIOR mm	INFERIOR mm	SUPERIOR mm	INFERIOR mm
1	897.000	50.130	50.020	50.050	49.960
		49.970	49.900		
2	894.000	50.000	50.190	50.275	50.195
		50.550	50.200		
3	897.700	49.950	49.900	50.255	49.965
		50.560	50.030		
4	896.800	50.040	49.740	49.960	49.385
		49.880	49.030		
5	896.000	50.410	50.290	50.205	50.210
		50.000	50.130		
6	894.000	50.020	50.000	50.010	49.985
		50.000	49.970		
7	892.400	50.100	50.240	50.315	50.365
		50.530	50.490		
8	894.500	50.060	50.010	50.250	50.270
		50.440	50.530		
9	895.300	50.020	50.010	50.125	50.070
		50.230	50.130		
10	894.200	49.910	50.080	50.060	49.975
		50.210	49.870		
11	887.300	50.550	49.990	50.325	50.330
		50.100	50.670		
12	895.500	50.110	50.020	50.165	50.265
		50.220	50.510		
13	896.400	50.240	50.040	50.060	50.010
		49.880	49.980		
14	900.900	50.070	49.860	49.960	49.990
		49.850	50.120		
15	889.800	49.990	50.290	50.050	50.135
		50.110	49.980		
16	900.000	50.120	50.130	50.020	50.065
		49.920	50.000		
17	895.400	50.280	50.260	50.390	50.260
		50.500	50.260		
18	895.200	50.450	50.420	50.275	50.145
		50.100	49.870		
19	901.800	50.160	49.930	50.005	49.940
		49.850	49.950		
20	899.900	49.950	50.060	50.050	50.010
		50.150	49.960		
21	887.800	50.010	49.980	49.980	50.005
		49.950	50.030		
22	897.900	50.030	50.210	49.975	50.100
		49.920	49.990		

Fuente: Propia

Tabla 4: De medidas de cada cilindro existente.

REGISTRO DE MOLDES PARA LA PREPARACION DE Cp ALTURA 13.00 cm					
N°	PESO kg	DIAMETRO Ø		DIAMETRO Ø PROMEDIO	
		SUPERIOR mm	INFERIOR mm	SUPERIOR mm	INFERIOR mm
23	901.800	49.910	50.150	49.940	50.025
		49.970	49.900		
24	897.000	50.000	50.150	50.065	50.105
		50.130	50.060		
25	893.800	49.980	49.990	50.090	50.010
		50.200	50.030		
26	873.000	49.860	49.980	49.920	49.965
		49.980	49.950		
27	897.200	49.930	49.920	49.965	49.990
		50.000	50.060		
28	891.300	50.000	50.060	50.080	50.180
		50.160	50.300		
29	902.200	50.030	49.960	50.000	50.060
		49.970	50.160		
30	895.600	50.000	49.930	49.955	49.965
		49.910	50.000		
31	898.500	50.250	50.210	50.095	50.080
		49.940	49.950		

Fuente: Propia.

### Compactador.

El tamaño del compactador se indica en la figura 43 y lo conforma lo siguiente.

- Dial electrónico u otro dispositivo para medir la altura del Cp (cuerpo de prueba), después de completar los golpes con el martillo. Tomar el dial electrónico o el dispositivo deberá tener un vástago de 2 pulgadas como mínimo y una precisión de 0.01 mm, para poder medir el Cp y debe ser extraíble con un soporte al armazón y no necesariamente soldado al armazón, para evitar los efectos de la violenta vibración que se produce cuando se compacta el CP.
- Debe contar con un extractor de palancas, según la figura N° 37.
- El pistón inferior debe tener un diámetro de 49.8 mm y una altura de 80.00 mm.
- Debe haber una base sólida, de concreto y muy bien nivelado.



Figura 43: Equipo de MCT “Mini Compactación Tropical”  
Fuente: Propia.

#### **Anillos de sellado.**

Deben ser de acero inoxidable, latón o bronce de sección triangular con unos catetos de 2.5 mm y diámetro externo de 49.9m



Figura 44: Anillos selladores.  
Fuente: Propia.

### **Espaciadores.**

Con una altura de 70.00 mm y diámetro interno de 50.00 mm debe estar partido a la mitad en forma longitudinal.



Figura 45: Accesorio de acero bipartido.  
Fuente: Propia.

### **Martillos.**

Podría ser del tipo leve de 2.27 Kg según la norma (ASTM-D-698 o AASHTO-99), o el martillo pesado de 4.50 Kg según la norma de Brasil (DNER-ME-129-94) con una altura de caída de 30.00 cm.



Figura 46: Martillos para compactación de suelos tropicales.  
Fuente: Propia.

### **Dispositivo de medida.**

Da la altura de los Cp cuerpos de prueba que están dentro del molde, la precisión del dispositivo o el extensómetro será de 0.01 mm de lectura directa y si es extensómetro será con un vástago de 2 pulgadas.



Figura 47: Dial electrónico, posición para medición de cp mini Proctor.  
Fuente: Propia.

### **Cilindro patrón.**

- a) Cilindro metálico (Patrón) que previamente debe ser calibrado con las medidas de 50.00 mm de altura y un diámetro de 49.8 mm.



Figura 48: Cilindro perforado para uso de calibración y guía de penetración Mini-CBR.  
Fuente: Propia.

### **Cuchara o pala.**

Debe ser de plástico o acero inoxidable para sacar la muestra preparada del envase hermético y echarlo en el molde.



Figura 49:Cuchara de aluminio capacidad 1kg.  
Fuente: Propia

### **Espátula.**

De metal o de plástico de 25.00 mm, para sacar los suelos sueltos introducido en el molde, también es para asentar la muestra.



Figura 50:Espátula para acomodar la muestra echada en el molde.  
Fuente: Propia

### **Embudo.**

De material de metal o plástico. Con un ángulo de abertura de 30° grados, para introducir las muestras preparadas en el molde de compactación.



Figura 51: Embudo de plástico.

Fuente: Propia

### **Extractor de anillos**

De material de acero inoxidable (Explorador) con un gancho a los extremos, sirve para extraer los anillos que están dentro del molde compactados con el cuerpo de prueba.



Figura 52: Instrumento dental para la extracción del anillo de sellado.

Fuente: Propia

### **Bandeja para el mezclado de las muestras**

De acero inoxidable para preparar las muestras con los distintos contenidos de humedad



Figura 53: Bandeja de acero inoxidable para el mezclado de muestras y agua  
Fuente: Propia.

### **Tamices de 2.00 mm o la Número 10.**

Tamiz número 10 para pasar la mezcla que se encuentre demasiada húmeda y grumosa toda la muestra que pase la presente malla.



Figura 54: Repaso de los grumos de suelo por la malla número 10.  
Fuente: Propia

### **Asentador**

Asentador de baquelita con un diámetro inferior de 49.8 mm, sirve para asentar la muestra colocada en el molde de compactación.



Figura 55:Asentador para las muestras de suelo y asentador de los discos de los ensayos bituminosos.  
Fuente: Propia.

### **Discos de polietileno.**

De material polietileno, con un diámetro de 50 mm y un espesor de 0.15 mm.



Figura 56:Discos de polietileno para uso en Mini Proctor y ensayos de mini MCV.  
Fuente: Propia.

#### **4.2.1.5. Mejoramiento del Compactador Mini Compactación Tropical.**

El equipo de Mini Compactación Tropical que están en los laboratorios del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del departamento de Dirección de Ensayos Especiales no contaba con los requisitos necesarios para producir CP (cuerpos de prueba), que cumplan con la norma DER-SP M-191, requeridos para la ejecución de todos los procedimientos siguientes, la tolerancia de los CP son de  $50.00 \pm 1.00$  mm, requiere que el equipo este en las condiciones de realizar un trabajo de calidad, se pudo observar que los CP, salían fuera de la tolerancia con una pseudo medida que no servían para realizar los ensayos, y se pudo comprobar con un vernier dicho error de los CP que ya se habían expulsados del molde, perjudica la calidad de los ensayos posteriores, para cumplir con los requisitos en los CP, hubo la necesidad de hacer modificaciones, pero antes se hizo una enumeración de cosas que requerían modificaciones los trabajos serian realizadas por una persona calificada para los trabajos de precisión.

1- El soporte del dial que se muestra en la figura 51, en la barra horizontal como el soporte perforado cilíndrico tenían un juego de soltura y no estaban fijos, y siempre se movía y estaba flojo y no servía para medir, no había un soporte adecuado para el dial, se fabricó un soporte exclusivo para el funcionamiento del dial, los beneficios fueron de inmediato como la estabilización del dial con una nivelación perfecta.

2- El eje de rotación que es el cilindro perforado vertical de color negro, que sostiene una barra horizontal, rota sobre su eje perforado en una barra vertical, este mecanismo simple, pero importante, tenía demasiado desgaste por la fricción directa, la solución fue la construcción de un rodaje hecho a la medida y colocación de grasa pesada, ideal para conservarse en temperaturas de hasta  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , los beneficios inmediatos fueron un giro más suave y con menos desgaste entre metales.

3- La barra vertical más larga tiene como función soportar todo el mecanismo que se usa para medir con el dial, su defecto se pudo notar cuando se realizaba los ensayos de Mini-MCV que requiere múltiples golpes de hasta 256, toda la barra se desplazaba hacia abajo porque estaba precariamente sujeta, afectando a las múltiples medidas del dial, la solución fue perforar con un torno y colocar un tornillo que lo sujete a presión tal como se muestra en la figura 57.



Figura 57: Colocación del sujetador de la barra vertical.  
Fuente: Propia.

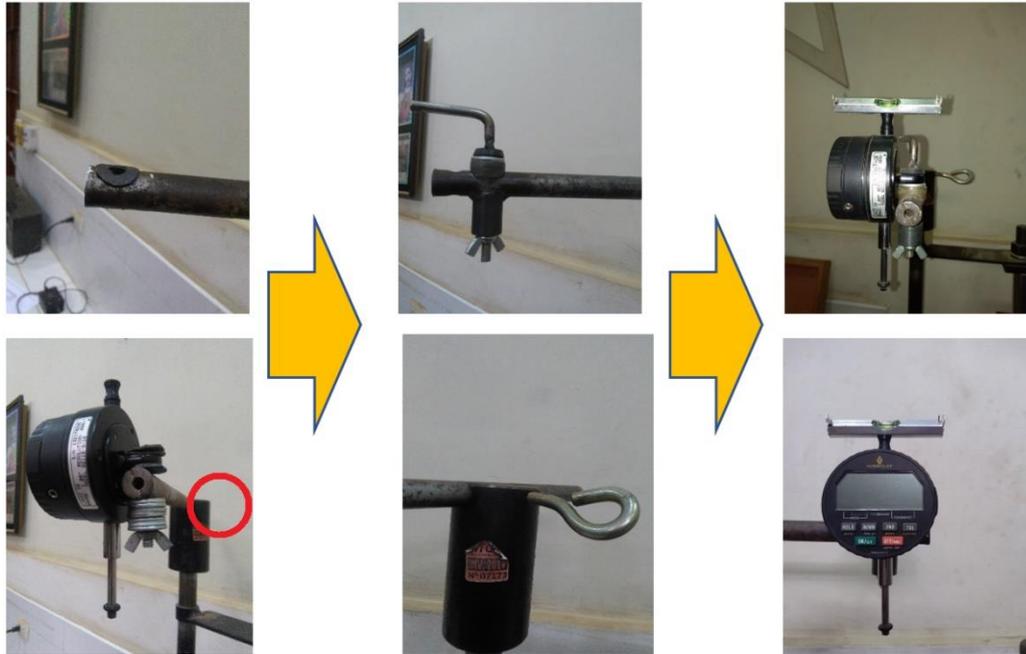


Figura 58: la modificación del soporte del dial.  
Fuente: Propia.

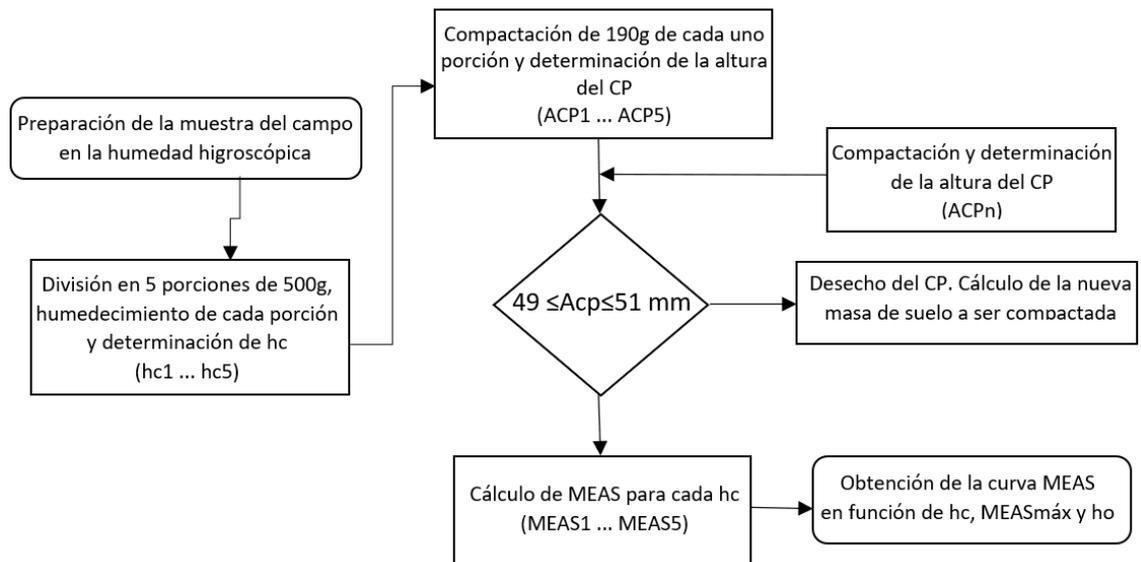


Figura 59: Diagrama de flujo de la ejecución del ensayo de compactación Mini-Proctor.

Fuente: Libro de “Aplicación de practica de Mini Proctor”, de Villibor y Nogami, 2014, Pág. 4.

#### 4.2.1.6. Preparación de la Muestra.

Secar la muestra en una estufa a una temperatura máxima de 60° C pasantes de los tamices No 10 o 2.00mm y romper los terrones que pudiera haber. Separar un mínimo de 2500 gramos de porción, uniformizar y luego obtener 5 porciones con una masa de 500g cada una, como se muestra en la figura 72 y 73, según se desarrolle el ensayo se agregará y usará un adicional en caso de ser necesario al preparar los CP.



Figura 60: Degradación de los terrones de arcilla.  
Fuente: Propia.



Figura 61: Muestra cuarteada y pasada por la malla número 10.  
Fuente: Propia.



Figura 62:Disgregado al aire libre de la muestra Tropezón.  
Fuente: Propia.



Figura 63:Pesado de una porción de 30 Kg en bolsa de polietileno para protegerlo de la humedad.  
Fuente: Propia.



Figura 64: Porciones de 15 kg, guardadas en bolsas de polietileno.  
Fuente: Propia.



Figura 65: Porciones de la muestra Noaya con 2.5 kg cada uno.  
Fuente: Propia.

### Humedecimiento y Curado.

Una vez que se tenga la muestra homogenizada, separarlas en bolsas herméticas para evitar la pérdida o ganancia de humedad, en cada una de las porciones agregar agua a diferentes cantidades, de tal manera que no quede seco el primer punto, homogenizar el agua agregada  $V_i$ , más el suelo, pasándolo siempre por el tamiz No 4 o 4.76 mm para minimizar los grumos y para uniformizar el contenido de humedad, luego procedes al guardarlos en una bolsa de plástico bien sellado y hermético para que no se pierda la humedad dosificada, debe saturar la muestra en tiempo mínimo de 8 horas.

$V_i + V$  ml,

$V_i + 2V$  ml,

$V_i + 3V$  ml,

$V_i + 4V$  ml,

De tal manera al menos dos de las humedades estén debajo y las otras dos por encima de  $H_o$ .

Se sugiere asumir como humedad inicial, los valores presentados en la siguiente tabla en función del porcentaje pasante el tamiz No 200 o 0.074 mm.

Tabla 5:Valores para la cantidad de agua inicial.

% QUE PASA EL TAMIZ 0.074 mm	VALORES DE CANTIDAD DE AGUA INICIAL $V_i$		VALORES DE AGUA EN cm <sup>3</sup>
	ENERGIA NORMAL	ENERGIA INTERMEDIA	
Menos de 40	50	40	7
Entre 40 y 60	60	50	10
Mayor que 60	80	70	13



Figura 66: Medición de la cantidad de agua inicial.  
Fuente: Propia



Figura 67: Muestra de 500 gr preparada para el primer punto del ensayo mini Proctor.  
Fuente: Propia.



Figura 68: Muestra Tropezón lista para el primer punto de mini-Proctor.

Fuente: Propia.



Figura 69: Agua vertida en el primer punto del ensayo de mini-Proctor donde se procede a mezclar y homogenizar.

Fuente: Propia



Figura 70: División de la muestra en cinco porciones.  
Fuente: Libro de “Aplicación de práctica de Mini Proctor”, de Villibor y Nogami, 2014, Pág. 4.



Figura 71: Muestras húmedas que tengan grumos deberán ser repasados en el tamiz.  
Fuente: Propia



Figura 72: Muestras con diferentes cantidades de humedad de la muestra Tropezón y de Infierno, para su saturación se recomienda 12 horas con 500 g c/u.  
Fuente: Propia.



Figura 73: Muestras con diferentes cantidades de humedad siendo esta muestra arenosa con limo con 500 g c/u.  
Fuente: Propia.

Después de 12 horas como mínimo, tomar cada uno de los bolsos plásticos que contiene las porciones de suelo pre-humedecidas vaciar, con una presión suficiente para que no haya pérdida de suelo y humedad. Sacudir la bolsa de plástico varias a veces, para que el agua, condensada y depositada en las paredes de la bolsa, sea nuevamente incorporada a la porción de suelo. A continuación, determinar el contenido de humedad de cada porción según lo descrito a continuación.



Figura 74:Pesado de una porción para determinar el contenido de humedad.  
Fuente: Propia.

### **Calculo del Contenido de Humedad de Compactación.**

Registrar los pesos de 10 taras, limpias y secas ( $M_t$ ), coger una porción mínima de 20 gramos de la mezcla homogenizada, y vaciar una porción representativa en dos taras, pesarlos inmediatamente para que no pierda humedad o talvez ocurra una evaporación de la humedad, pesar la tara más el suelo húmedo ( $M_h + M_t$ ), transferir el conjunto a un horno a una temperatura de  $110 \pm 1$  °C Por lo menos 8 horas o hasta constancia de peso. Una vez secado pesar el conjunto de suelo más tara ( $M_s + M_t$ ) a partir de estos datos ya se puede calcular el  $h_c$  de cada porción usando la siguiente expresión.

$$M_a = (M_h + M_t) - (M_s + M_t)$$

$$M_s = (M_s + M_t) - (M_t)$$

$$h_c = \frac{M_a \cdot 100}{M_s}$$

Mt : Peso de la tara [g];

Ms : Peso del suelo seco [g];

Ma: Peso del agua [g];

Mh: Peso de suelo húmedo [g];

hc : Humedad de compactación (%).

#### 4.2.1.7. Medición del Cilindro Patrón.

Medimos el cilindro espaciador. Medir el espesor del disco espaciador por varios lugares hasta un máximo de 7 medidas y un mínimo de 4, con un Pie de rey o un vernier, con una precisión de tres milímetros se tomó de referencia la norma NTP 339.034 o ASTM C39.



Figura 75: Medición del cilindro patrón.  
Fuente: Propia

50.190	+	50.190	+	50.170	+
50.040		50.070		50.040	
50.130		50.070		50.240	
50.170		50.170		50.130	
50.140		<u>200.500</u>		<u>200.580</u>	
50.220		Promedio 2		Promedio 3	
<u>50.060</u>		50.125		50.145	
350.950					
Promedio 1					
50.136					

$$\frac{50.136 + 50.125 + 50.145}{3} = 50.14 \text{ mm PROMEDIO (constante de calibracion)}$$

#### 4.2.1.8. Comprobación y Calibración del Dial Electrónico.

Posicionar el soporte espaciador bipartido, (tubo de acero partido) alrededor del pistón inferior del conjunto compactador. Sobre el espaciador, asentar el molde cilíndrico y colocar, dentro de él, el cilíndrico macizo estándar, y los dos discos de polietileno y, por último, el zócalo compactador, atornillando a la Guía del martillo. Posicionar el extensómetro electrónico sobre la parte superior de la guía del martillo del zócalo compactador y realizar la lectura del extensómetro.

Por ser dial electrónico se procede a hacer el tarado en cero una vez colocado sobre la guía del martillo quedando por lo general con una constante 0.000 mm,

Cuando se tiene un dial mecánico se toma la constante inicial  $K_a$  junto con el conjunto compactador y el martillo, anotar el valor  $K_a$

Calcular la constante de medición ( $K_a$ ) del conjunto compactador-zócalo y anotar su valor en la hoja de ensayo. El cálculo de  $K_a$ .

$$K_a = A_c \pm L_e$$

$A_c$  = Altura del cilindro estándar, con una precisión de 0,01 mm

$L_e$  = Lectura del extensómetro para la medición, con una precisión de 0,01 mm

### **Compactación.**

Antes de empezar la compactación el interior del molde debe estar libre de cualquier tipo de suciedad, que pudo quedar de otros ensayos, colocar el molde cilíndrico sobre el soporte espaciador, bipartido y colocar dentro el anillo y el disco de polietileno.

Coger una de las bolsas herméticas mezclar y remover el contenido, y luego pesar 190 g de porción, colocar el embudo sobre el molde, y vaciar la porción de muestra al cilindro, con un asentador, presionar ligeramente y girar el suelo de manera que la muestra superior quede plana, colocar el disco de polietileno y presionar con el asentador, seguidamente colocar el segundo anillo sellador.

Colocar el martillo compactador sobre la muestra y dar el primer golpe. A continuación, retirar el soporte espaciador bipartido y completar los 5 golpes, invertir el molde cilíndrico y aplicar los 6 golpes, en la otra cara del CP.

### **Posición del dial electrónico para empezar la medición.**

Aprovechando las características del dial electrónico, que facilita la medición del cuerpo de prueba se coloca de la siguiente manera.



Figura 76: Posición del dial para empezar el ensayo Mini-Proctor.  
Fuente: Propia

### Determinación de la Altura de Cp (Cuerpo Prueba).

Para medir la altura del cuerpo prueba (Cp), se termina de dar los 12 golpes, usamos el dial electrónico y registramos (Le) en este caso debe tener una tolerancia de  $50.00 \pm 1$  mm de altura, se calcula de la siguiente manera.

Una vez que el dial ha sido tarado, y después de los golpes que se haya dado con el martillo se coloca como se muestra en la figura 76, ahí se podrá tener una lectura donde se vera la variación del CP. Cuando el valor de CP resulte fuera del intervalo aceptable, el CP debe ser descartado. Para la misma porción, proceder a la corrección de la masa de suelo (Mc), pesar y compactar, cuantas veces sea necesario, hasta alcanzar la ACP adecuada. Calcular a Mc por una simple proporción (regla de tres), de acuerdo con la siguiente formula.

$$Mc = \frac{Mi \cdot Ka}{Acp}$$

Mc: Masa de suelo húmedo corregido [gr];

Mi: Masa inicial compactada [gr];

Acp: Altura de Cuerpo de prueba [mm];



Figura 77: Expulsión del cuerpo compactado (CP) con cada porcentaje en forme ascendente en 5%.

Fuente: Propia.



Figura 78:Expulsión del cuerpo prueba (Cp) con la palanca de extracción y retirada del anillo y el disco de polietileno.  
Fuente: Propia.

Concluida la medición de la altura de CP, retirar el martillo compactador, también los discos de polietileno y los anillos de obturación.

Con ayuda de la palanca extractora, acoplada al conjunto del equipo de compactación, desplazar el CP compactado a una de las extremidades del molde, con la cara. Repetir el proceso para las cuatro porciones restantes, con diferentes niveles de humedad.

Calcular la  $M_{sc}$  con precisión de  $0,01 \text{ g / cm}^3$  y la MEAS con precisión de  $0,001 \text{ g / cm}^3$  para todos los CPs, en las diferentes humedades.

$$M_{sc} = \frac{M_{bc}}{1 + \frac{h_c}{100}}$$

$M_{sc}$  : Masa de suelo seco compactado [gr];

$M_{hc}$  : Masa del suelo húmedo compactado [gr];

$h_c$  : Contenido de humedad de compactación [%];

Con los datos de MEAS y  $h_o$ , trazar la curva de compactación. Si es necesario complementar la curva en la rama seca o húmeda.

El Ensayo de Compactación Mini-Proctor fue estandarizado por el DER-SP como el método de ensayo DER-SP M-191/88: "Ensayo de compactación en suelos con equipo miniatura".

Cálculo de la energía de compactación.

$$E = \frac{\text{N}^\circ \text{GOLPES POR CAPA} \times \text{N}^\circ \text{CAPAS} \times \text{MASA DEL MARTILLO} \times \text{ALT. DE CAIDA}}{\text{VOLUMEN DEL MOLDE}}$$

$$E = \frac{12 \times 1 \times (44.123 \times 10)^{-3} \times 0.30}{98 \times 10^{-6}} = 1624 \text{KN-m/m}^3$$

### Formato del ensayo y datos de compactación del Mini-Proctor.

ENSAYO DE COMPACTACION EN EL EQUIPO DE MINIATURA - MINI-PROCTOR												
CARRETERA: INFIERN		LUGAR: INFIERNO		OPERADOR: Julio		MUESTRA: 88/12		DATA: 1/10/2018				
ENERGIA: <input type="checkbox"/> Normal		MOLDES: Diámetro: 50 mm				AFECTACIÓN: Ka = Ac ± Le = 50 + 18,58 = 68,58 mm						
<input checked="" type="checkbox"/> Intermediarios		Sección: 19,63 cm <sup>2</sup>				ALTURA DO CP: ACP = Ka - Le						
CP nº		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5						
Cilindro nº		51	38	39	45	47						
Temperatura 35 3 3	1ª	Masa del suelo húmedo [g]: Mh	180,00	208,00	187,00	208,00	210,00					
		Lectura del extensómetro [mm]: Le	20,17	17,23	22,00	17,68	16,55					
		Altura del CP [mm]: ACP	48,41	51,35	46,58	50,90	52,03					
	2ª	Masa del suelo húmedo [g]: Mh2 (o Mc)	185,91	203,00	201,00		202,00					
		Lectura del extensómetro [mm]: Le	18,75	19,92	20,10		18,03					
		Altura del CP [mm]: ACP	49,83	49,66	48,48		50,55					
	3ª	Masa del suelo húmedo [g]: Mh3 (o Mc)			207,00							
		Lectura del extensómetro [mm]: Le			18,91							
		Altura del CP [mm]: ACP			49,67							
Volumen del CP [cm <sup>3</sup> ]: VCP		97,79	97,46	97,48	99,89	98,20						
Masa suelo compactado + molde [g]: Mhc + Mm		1189,40	1201,70	1203,30	1196,60	1222,70						
Tara del molde [g]: Mm		1003,50	999,40	996,80	988,90	1022,70						
Masa suelo húmedo compactado [g]: Mhc		185,90	202,30	206,50	207,70	200,00						
Unidades	Cápsula nº		49	69	22	67	11	105	52	56	25	21
	Masa suelo húmedo + Cápsula [g]: Mh + Mt		97,42	89,78	97,88	94,88	85,67	81,83	89,34	92,92	80,82	80,38
	Masa suelo seco + cápsula [g]: Ms + Mt		90,58	84,36	89,77	86,89	76,98	73,87	79,58	82,7	70,44	69,7
	Tara de la cápsula [g]: Mt		17,59	25,86	25,9	25,86	25,62	25,94	26,06	25,8	18,25	16,78
	Masa de agua [g]: Ma		6,84	5,42	8,11	7,99	8,69	7,96	9,76	10,22	10,38	10,68
	Masa suelo seco [g]: Ms		72,99	58,50	63,87	61,03	51,36	47,93	53,52	52,19	52,19	52,92
	Humedad (%): hc		9,37	9,26	12,70	13,09	16,92	16,61	18,24	19,58	19,89	20,18
	Humedad media (%): hc		9,31	12,89	16,76	18,91	20,04					
	Masa suelo seco compactado [g]: Msc		170,07	179,19	176,85	174,67	166,62					
	Masa específica apte. La sequía [g/cm <sup>3</sup> ]: MEAS		1,739	1,839	1,814	1,749	1,697					

Fuente: Fuente: del libro de "Aplicación de practica de Mini Proctor", de Villobor y Nogami, 2014, Pág. 25]

#### 4.2.1.9. Trazado de la Curva de Compactación.

Con los pares hc y MEAS, obtenidos para cada uno de los CPs ensayados con diferentes humedales, se trazó los puntos en un gráfico cartesiano, y la Y luego se trazó la curva que mejor se ajustaba, como se muestra en la Figura N° 79.

La MEAS<sub>máx</sub> y el  $h_o$  se obtienen a través de la intersección De las rectas de las ramas seco y húmedo, proyectándolos En los ejes de las ordenadas y abscisas, Respectivamente, resultando en MEAS<sub>máx</sub> = 1,900 g / cm<sup>3</sup> y  $h_o$  = 15,0%.

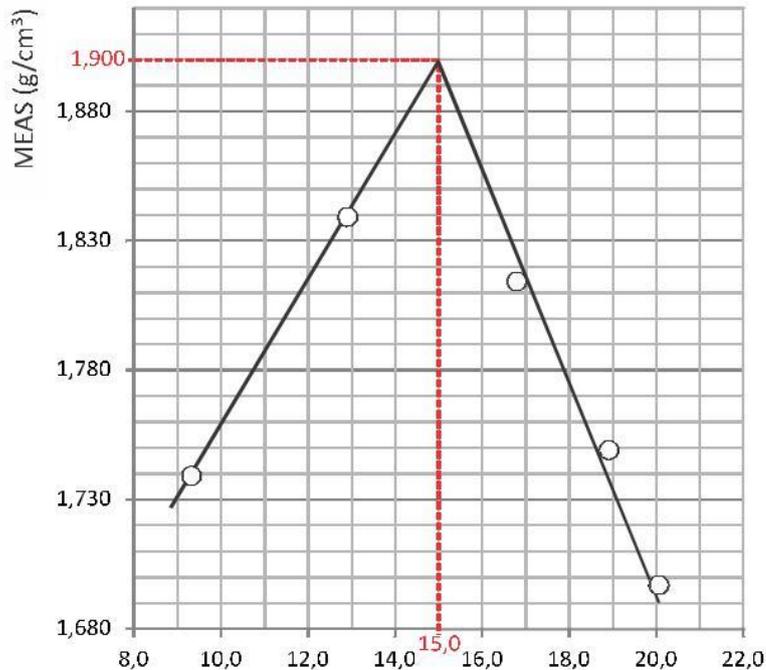


Figura 79: Gráfico de la MEAS en función de  $h_c$ .

Fuente: Libro de "Aplicación de práctica de Mini Proctor".

#### 4.2.1.10. Experimento Mini-Proctor con Multipunto de la Muestra Infierno y Noaya.

Se realizó un experimento donde se consideró una varianza de humedad de 1% tanto en la muestra Noaya como en la muestra Infierno, las razones que se tomaron solo estas dos muestras, es debido a que Infierno es muy limoso y Noaya es muy arenoso, donde se pudo comparar en el comportamiento en los ramos secos de la curva de compactación, como se muestra en la página 88 y la 89.

Tabla 6: Formato de ensayos de laboratorio para Mini-Proctor

ENSAYO DE COMPACTACION CON EQUIPO MINIATURA - MINIPROCTOR P-1									
FECHA DE INICIO: .....		FECHA DE TERMINO .....		CALIBRACIONmm		HUMEDAD INICIAL, % :			
ANALISA: .....		ENERGIA NORMAL 4 o 5 golpes 2.7kg		AREA cm2		19.6		PESO ADICIONAL DEL MOLDE	
NOMBRE DE LA MUESTRA : .....		ENERGIA INTERMEDIA 6 golpes 4.5kg		Vol. ANILLOS cm3		0.491		9.7 gramos	
CANTIDAD DE AGUA cc									
PESO DEL MOLDE, g									
NUMERO DEL MOLDE									
COMPACTACION S TENTATIVAS	1°	MASA DEL SUELO HUMEDO, g							
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm							
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm							
2°		MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g							
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm							
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm							
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE									
TARRO N°									
MASA DEL TARRO, g									
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO									
MASA DEL SUELO SECO + TARRO									
MASA DEL AGUA, g									
MASA DEL SUELO SECO, G									
CONTENIDO DE HUMEDAD, %									
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %									
ENSAYO DE COMPACTACION CON EQUIPO MINIATURA - MINIPROCTOR P-1									

Fuente: Propia

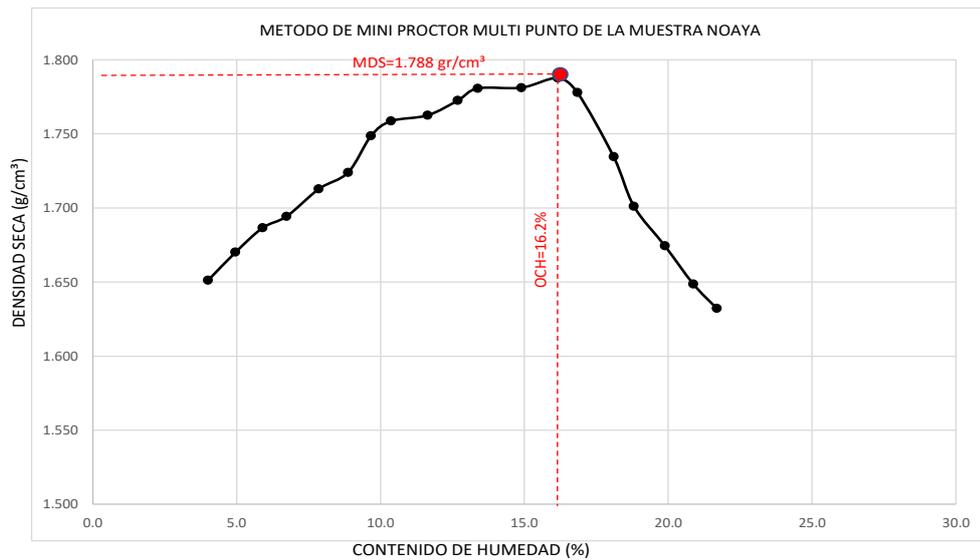
**METODO DE MINI PROCTOR CON MULTIPUNTO DE LA CANTERA NOAYA**

**MUESTRA DE ARENA**

NOAYA	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>
4.0	1.651
5.0	1.670
5.9	1.687
6.7	1.694
7.9	1.713
8.9	1.724
9.7	1.748
10.4	1.758
11.6	1.762
12.7	1.772
13.4	1.781
14.9	1.781
16.2	1.788
16.8	1.778
18.1	1.734
18.8	1.701
19.9	1.674
20.9	1.649
21.7	1.632

← Maxima Densidad seca

Cuerpos de prueba expulsados con distintas humedades



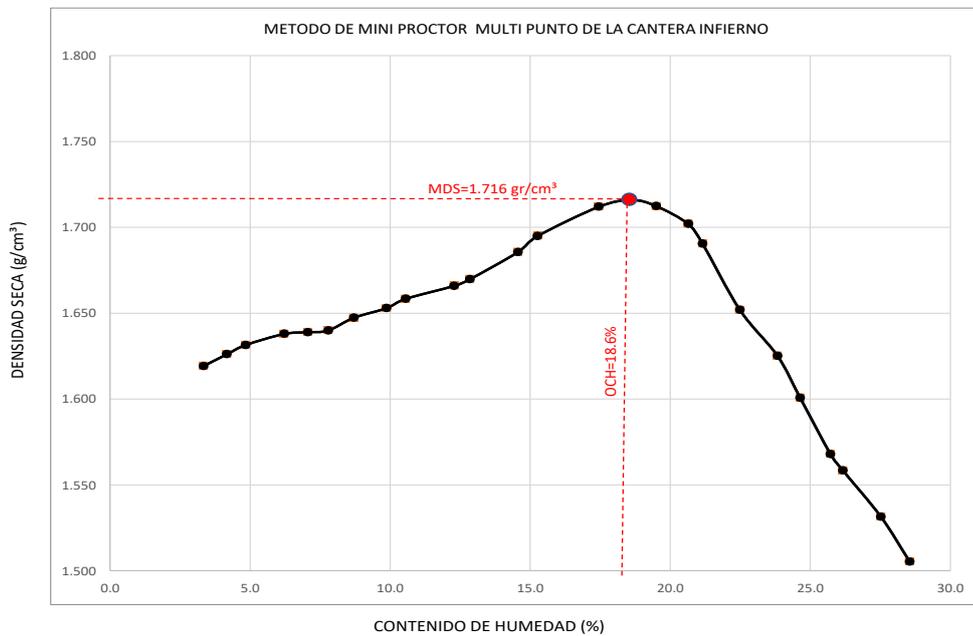
METODO DE MINI PROCTOR CON MULTIPUNTO DE LA CANTERA INFIERNO

MUESTRA DE ARCILLA

INFIERNO	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD %	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>
3.3	1.619
4.2	1.626
4.8	1.632
6.2	1.638
7.1	1.639
7.8	1.640
8.7	1.647
9.9	1.653
10.5	1.658
12.3	1.666
12.8	1.670
14.6	1.686
15.3	1.695
17.4	1.712
18.6	1.716
19.5	1.712
20.6	1.702
21.2	1.690
22.5	1.652
23.8	1.625
24.6	1.601
25.7	1.568
26.2	1.558
27.5	1.532
28.6	1.505

← Maxima Densidad seca

Cuerpos de prueba expulsados con distintas humedades



# ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE:  
PROYECTO:  
REFERENCIA:

Roberto Julio De la Cruz Medina  
IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES  
R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

DER-SP M-191/88

ENSAYO DE COMPACTACION MINI PROCTOR

ENERGIA DE COMPACTACION NORMAL (4 o 5 golpes/cara, pison de 2.7 kg)

INTERMEDIA (6 golpes/cara, pison de 4.5 kg)

DIÁMETRO (mm) 50.00

ÁREA (cm²) 19.63

CALIBRACION (Ka) 50.14

PESO ADICIONAL (gr) 9.7

• Máxima densidad seca, g/cm³ 1.852

• Óptimo cont. de humedad, % 14.7

MUESTRA:  
FECHA:  
CANTIDAD:  
MUESTRA:

CANTERA NOAYA  
18/02/2018  
1.3 Kg  
Arena

• Peso Especifico

2.613 gr/cm³

NA' Suelo arenoso no laterítico

SM

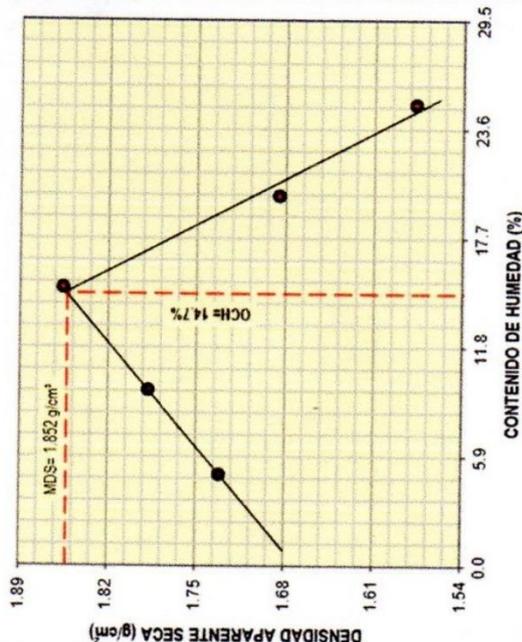
A-2-4 (0)

• Clasificación Tropical IUCT

• Clasificación SUCS

• Clasificación AASHTO

MOLDE N°	1					2					3					4					5																																																													
	MASA DEL SUELO HÚMEDO, g					LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm					ALTAURA DEL ESPÉCIMEN, mm					MASA CORREGIDA, g					LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm					ALTAURA DEL ESPÉCIMEN, mm																																																								
1ª	177.400	192.400	200.400	212.700	194.400	-0.414	-0.090	3.280	0.090	0.090	49.726	50.050	47.750	53.420	50.230	209.843	199.083	0.110	0.010	0.010	50.250	50.160	98.666	98.469	1082.000	1077.300	872.900	872.900	872.900	872.900	872.900																																																			
2ª	97.637	98.273	1075.300	1082.000	1077.300																																																																													
VOLUMEN DEL ESPÉCIMEN, cm³																																																																																		
MASA DEL SUELO COMPACTADO + MOLDE, g																																																																																		
MASA DEL MOLDE, g																																																																																		
MASA DEL SUELO COMPACTADO, g																																																																																		
N° DE TARRO		23	140	25	152	47	26	165	181	76	11	178.900	173.100	170.100	163.800	133.200	164.700	156.900	167.300	177.400	185.200	174.500	169.200	163.100	156.900	123.900	155.400	145.800	152.100	158.800	166.100	87.600	88.200	86.800	86.500	92.900	89.400	77.200	84.500	89.200	4.400	3.900	7.000	6.900	9.300	9.300	11.100	15.200	18.600	19.100	86.900	81.000	76.300	70.400	61.400	62.500	56.400	74.900	74.300	76.900	5.063	4.815	9.174	9.801	15.147	14.880	19.681	20.294	25.034	24.837	4.9	9.5	175.7	176.8	183.1	165.9	155.6	1.731	1.788	1.856	1.685	1.578
CONTENIDO DE HUMEDAD, %																																																																																		
CONT. DE HUMEDAD PROMEDIO, %																																																																																		
MASA DEL SUELO SECO COMPACTADO, g																																																																																		
DENSIDAD APARENTE SECA, g/cm³																																																																																		



ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
Coordinador de Estudios  
Dirección de Estudios Especiales  
INGENIERO RESPONSABLE

Lima, 2 de Febrero del 2018

# ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

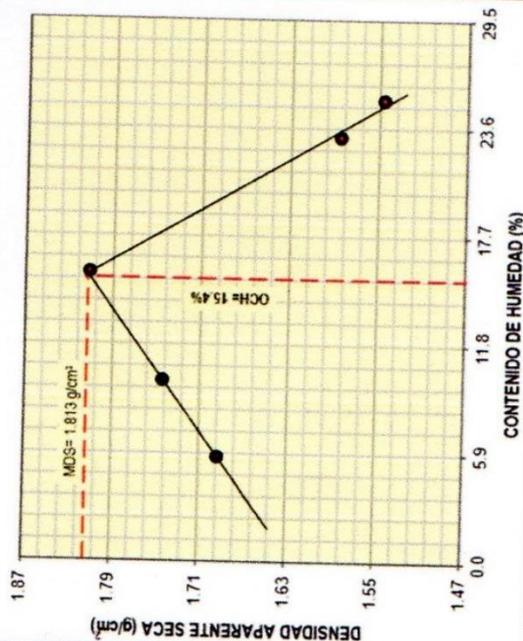
SOLICITANTE: Roberto Julio De la Cruz Medina  
 PROYECTO: IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES  
 REFERENCIA: R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

## DER-SP M-191/88 ENSAYO DE COMPACTACION MINI PROCTOR

ENERGIA DE COMPACTACION: NORMAL (4 o 5 golpes/cara, pison de 2.7 kg)  INTERMEDIA (6 golpes/cara, pison de 4.5 kg)   
 DIAMETRO (mm): 50.00  
 AREA (cm²): 19.63

CALIBRACION (Kg): 50.14  
 PESO ADICIONAL (gr): 9.7

• Máxima densidad seca, g/cm³: 1.813  
 • Óptimo cont. de humedad, %: 15.4



MUESTRA: CANTERA TROPEZON  
 FECHA: 13/06/2018  
 CANTIDAD: 1.5 Kg  
 MUESTRA: ARCILLA

• Peso Especifico: 2.714 gr/cm³

NS' Suelo limoso no laterítico

ML

- Clasificación Tropical MCT
- Clasificación SUCS
- Clasificación AASHTO

MOLDE N°		1	2	3	4	5
1ª	MASA DEL SUELO HÚMEDO, g	171.600	187.000	203.400	200.100	194.600
	LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm	-1.396	-0.462	-0.740	0.968	0.968
	ALTURA DEL ESPÉCIMEN, mm	48.744	49.678	49.400	52.230	51.138
2ª	MASA CORREGIDA, g	176.515			191.557	190.269
	LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm	0.066			-0.088	0.002
	ALTURA DEL ESPÉCIMEN, mm	50.206			50.052	50.142
	VOLUMEN DEL ESPÉCIMEN, cm³	98.579	97.543	96.967	98.277	98.454
	MASA DEL SUELO COMPACTADO + MOLDE, g	1059.400	1069.800	1086.300	1074.800	1073.500
	MASA DEL MOLDE, g	873.000	873.000	873.000	873.000	873.000
	MASA DEL SUELO COMPACTADO, g	176.400	186.800	203.300	191.800	190.500
HUMEDAD						
	N° DE TARRO	99	166	131	48	23
	MASA DEL SUELO HÚMEDO + TARRO	148.400	186.100	260.400	249.400	264.300
	MASA DEL SUELO SECO + TARRO	146.000	181.000	244.500	235.100	240.400
	MASA DE LA TARA, g	86.800	90.500	83.500	88.800	87.600
	MASA DEL AGUA, g	3.400	5.100	15.900	14.300	23.900
	MASA DEL SUELO SECO, g	59.200	90.500	161.000	146.300	152.800
	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	5.743	5.635	9.876	9.774	15.641
	CONT. DE HUMEDAD PROMEDIO, %					
		5.7	9.8	15.7	23.1	25.1
	MASA DEL SUELO SECO COMPACTADO, g	166.9	170.1	175.7	155.8	152.2
	DENSIDAD APAREENTE SECA, g/cm³	1.693	1.744	1.812	1.585	1.546

INC. CESAR FERREYROS CORQUEJA  
 Coordinador de Estudios  
 Director RESPONSABLE

Lima, 2 de Febrero del 2018

# ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

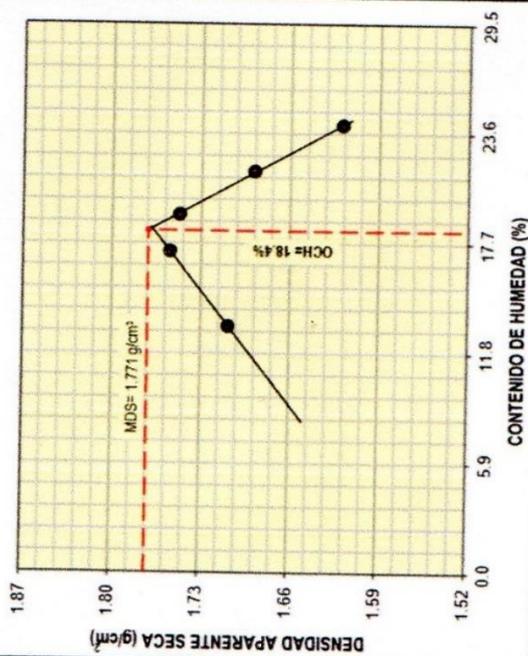
S

SOLICITANTE:  
PROYECTO:  
REFERENCIA:

Roberto Julio De la Cruz Medina  
IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES  
R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

DER-SP M-191/88 ENSAYO DE COMPACTACION MINI PROCTOR

ENERGIA DE COMPACTACION	NORMAL (4 o 5 golpes/cara, pison de 2.7 kg)	<input type="checkbox"/>
DIAMETRO (mm)	INTERMEDIA (6 golpes/cara, pison de 4.5 kg)	<input checked="" type="checkbox"/>
AREA (cm <sup>2</sup> )	50.00	
	19.63	
CALIBRACION (Kg)	50.14	1
PESO ADICIONAL (gr)	9.7	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima densidad seca, g/cm<sup>3</sup> 1.771</li> <li>• Óptimo cont. de humedad, % 18.4</li> </ul>



MUESTRA: CANTERA INFERNO  
FECHA: 13/06/2018  
CANTIDAD: 1.5 Kg  
MUESTRA: ARCILLA

• Peso Especifico 2.759 gr/cm<sup>3</sup>

NS' Suelo limoso no laterítico

ML

A-7-5(21)

MOLDE N°	1					2					3					4					5																									
	MASA DEL SUELO HÚMEDO, g					LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm					ALTIMETRO DEL ESPÉCIMEN, mm					MASA CORREGIDA, g					LECTURA DEL EXTENSÓMETRO, mm					ALTIMETRO DEL ESPÉCIMEN, mm																				
1ª	190.000	204.100	202.500	203.700	203.700	0.190	0.292	-0.740	0.304	0.304	49.950	50.432	49.400	50.444	50.444																															
2ª																																														
VOLUMEN DEL ESPÉCIMEN, cm <sup>3</sup>		98.077					99.023					96.997					99.047					96.922																								
MASA DEL SUELO COMPACTADO + MOLDE, g		1080.900					1086.100					1107.500					1107.800					1098.900																								
MASA DEL MOLDE, g		891.200					882.400					895.400					894.500					895.200																								
MASA DEL SUELO COMPACTADO, g		189.700					203.700					202.100					203.300					194.700																								
N° DE TARRO		163					166					144					144					165					57					23					11									
MASA DEL SUELO HÚMEDO + TARRO		138.700					197.600					116.900					126.100					133.200					118.500					143.300					143.300									
MASA DEL SUELO SECO + TARRO		131.600					185.200					112.000					119.900					123.900					113.300					132.500					132.500									
MASA DE LA TARA, g		81.300					84.900					83.600					87.700					87.700					81.300					88.900					87.600					87.600				
MASA DEL AGUA, g		7.100					12.400					4.900					6.200					9.300					5.200					10.800					10.800									
MASA DEL SUELO SECO, g		50.300					100.300					28.400					32.200					42.600					24.400					44.900					44.900									
CONTENIDO DE HUMEDAD, %		14.115					12.363					17.254					19.255					21.831					21.311					24.053					24.053									
CONT. DE HUMEDAD PROMEDIO, %		13.2					17.3					17.3					19.3					21.6					24.1					24.1														
MASA DEL SUELO SECO COMPACTADO, g		167.5					173.7					169.5					167.2					156.9					156.9																			
DENSIDAD APARENTE SECA, g/cm <sup>3</sup>		1.708					1.754					1.747					1.688					1.619					1.619																			

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
Coordinador de Estudios  
Dirección de Estudios Especiales

INGENIERO RESPONSABLE

Lima, 2 de Febrero del 2018

## **4.2.2. Ensayos de Mini – CBR y Expansión (P-2)**

---

### **4.2.2.1. Consideraciones Preliminares.**

El ensayo de Mini-CBR proporciona la capacidad de soporte que se usa en el tamaño de pavimentos y en la elección de suelos de base, refuerzo y sub-base y también, para caracterizar los suelos.

El procedimiento de ensayo es, en líneas generales, el mismo adoptado para el CBR tradicionales, sin embargo, se requieren más cuidado, razón por la cual serán presentados los detalles que an deben ser considerados.

Inicialmente fue propuesto por Nogami para energía Normal y por Villibor (1981) para energía intermedia, fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en el método DER M-192/88

### **4.2.2.2. Equipos y Material Específicos.**

a) Prensa hidráulica, capaz de aplicar carga de hasta 1000 kgf (9.8Kn), con una velocidad constante de 1,25 vueltas / min.

b) Anillo dinamométrico provisto de extensómetro que mida la carga aplicada en función de las lecturas en 0,01 mm, con capacidad de cerca de 500Kgf (4.9Kn); es deseable que se disponga también de anillos para cargas mayores y menores, todas aplicadas por medio de uno de pistón con 16,0 mm de diámetro.

c] Dispositivo que indica el valor de la penetración del pistón, generalmente constituido por un dial con graduación de 0,01 mm y un soporte, solidario al pistón al que se refiere el subíndice anterior, que permita controlar la velocidad de penetración del pistón.

d) Armar con rigidez y alineación adecuadas.

Generalmente los aparatos, fabricados para ejecutar adecuadamente el CBR tradicionales, pueden adaptarse fácilmente; en este caso, los cambios mayores se refieren al anillo dinamométrico (de menor capacidad) y al pistón, también de diámetro mucho menor 16 mm  $\varnothing$ .

Tabla 7: Datos y diferencias de CBR y Mini-CBR.

Datos de los ensayos		CBR	Mini-CBR	
Moldes	Diámetro	152 mm	50 mm	
	Volumen de cuerpo de prueba	2116 ml	100 ml	
Las muestras	Massa aproximada para 1 cp.	5000 g	250 g	
	Diámetro máximo de los granos	19 mm	2 mm	
compactación	Normal:	Masa del martillo	2.5 kg	2.27 Kg
		Altura de caída	348 mm	305 mm
		Golpes (total)	168	10
	Intermedia:	Masa del martillo	4.5 Kg	4.5 Kg
		Altura de caída	457 mm	305 mm
		Golpes (total)	130	12
Sobre carga estándar		4540 g	490 g	
Pistón de penetración diámetro		49.5 mm	16.0 mm	
Prensa para penetración capacidad		44.5 Kn	4.9 Kn	
Tiempo de inmersión estándar		96 h	24 h	

Fuente: Fuente: Pavimentos Económicos, Villibor y Nogami, Pág. 45.



Figura 80: Moldes de Mini-CBR y CBR.  
Fuente: Propia.



Figura 81: Al no tener anillo dinamométrico se contaba con una celda S con capacidad de carga de 500kgm.  
Fuente: Propia.



Figura 82: Pistón de penetración de 50 mm de  $\varnothing$  para CBR normal.

Fuente: Propia.



Figura 83: Colocación del accesorio DM 5016.

Fuente: Propia.



Figura 84: Instalación final del equipo con todos los sensores electrónicos penetración Mini-CBR de la muestra Tropezón.  
Fuente: Propia.



Figura 85: Instalación final del equipo con todos los sensores electrónicos penetración Mini-CBR de la muestra Infierno.  
Fuente: Propia



Figura 86: Recipiente para embebido de las muestras  
Fuente: Propia.



Figura 87: Armazón para determinar la expansión Conforme a la norma DER o la DNIT.  
Fuente: Propia.



Figura 88: Sobre carga para el ensayo de expansión con carga  
Fuente: Propia



Figura 89: Sobrecarga perforada patrón de 50 mm de  $\varnothing$  la perforación es de diámetro es de 17 mm.  
Fuente: Propia.

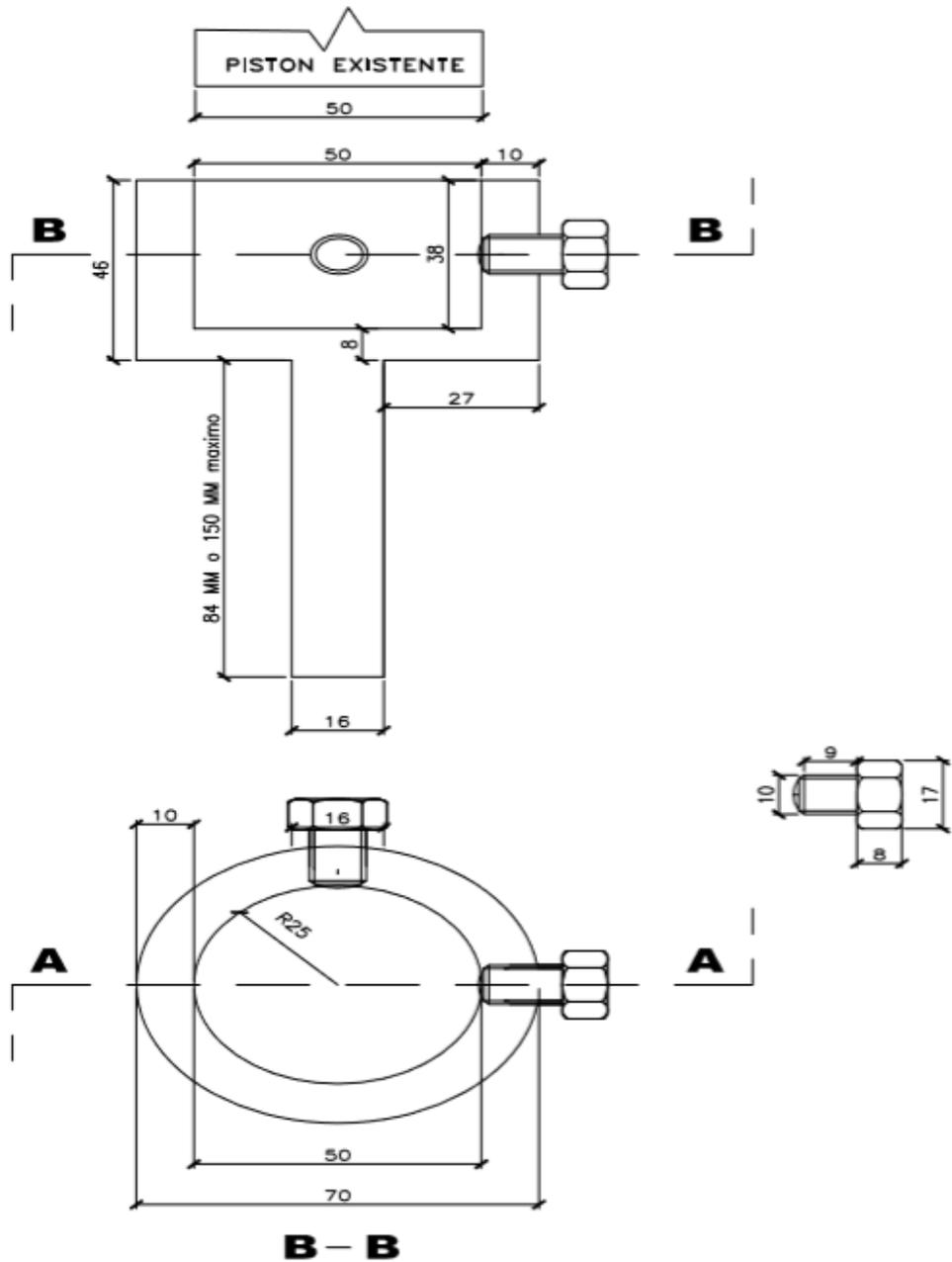
#### **4.2.2.3. Diseño del Pistón de Penetración DM5016 para Mini-CBR.**

En el laboratorio de la Dirección de Ensayos Especiales, del ministerio de transportes y comunicaciones, cuenta con un equipo de CBR marca ELE con un pistón de penetración de 49.6 mm de Ø y con una celda S de 5 KN, para aplicar los ensayos MCT “Mini Compactación Tropical” hubo la necesidad de diseñar un pistón de 16 mm en el programa AutoCAD según la figura 98, los requerimientos de la norma de MCT, ver tabla número 7, como alternativa para proseguir con las investigaciones se diseña un adaptador de pistón denominado con el nombre técnico de DM 5016, después de varios prototipos e intentos se definió uno muy adecuado para no alterar el funcionamiento del equipo CBR, fue necesario definir un buen acero, que supere la dureza de los pistones ya existentes de 49.6 mm, para cumplir estas expectativas se usó el acero VCL, acero especial de bonificación con aleación de cromo y molibdeno, ideal para maquinarias de alto rendimiento, resistencia ver página 104 , el acero VCL se adquirió en la Casa BOHLER con amplia experiencia en la diversificación de aceros de toda calidad, esta casa brindo la certificación de calidad ver la figura 100 se usó una barra de 70 mm de Ø y de largo 250 mm, como se puede ver en la página 103 el pistón con las dimensiones fue construido por profesionales y técnicos calificados para cumplir con el objetivo.

# PROTOTIPO PARA ADAPTADOR DE PISTON DE 50 MM A 16 MM

A - A

ESCALA 1/1000



(ACERO VCL ) O (ACERO H 1045)

TESISTA JULIO DE LA CRUZ

Figura 90: Plano diseño del adaptador del pistón modelo DM-5016.  
Fuente: Propia

**ESQUEMA DE INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO  
DEL ACCESORIO DM 5016 MINI-CBR  
ACOPLADO AL PISTON CBR ESTANDAR**

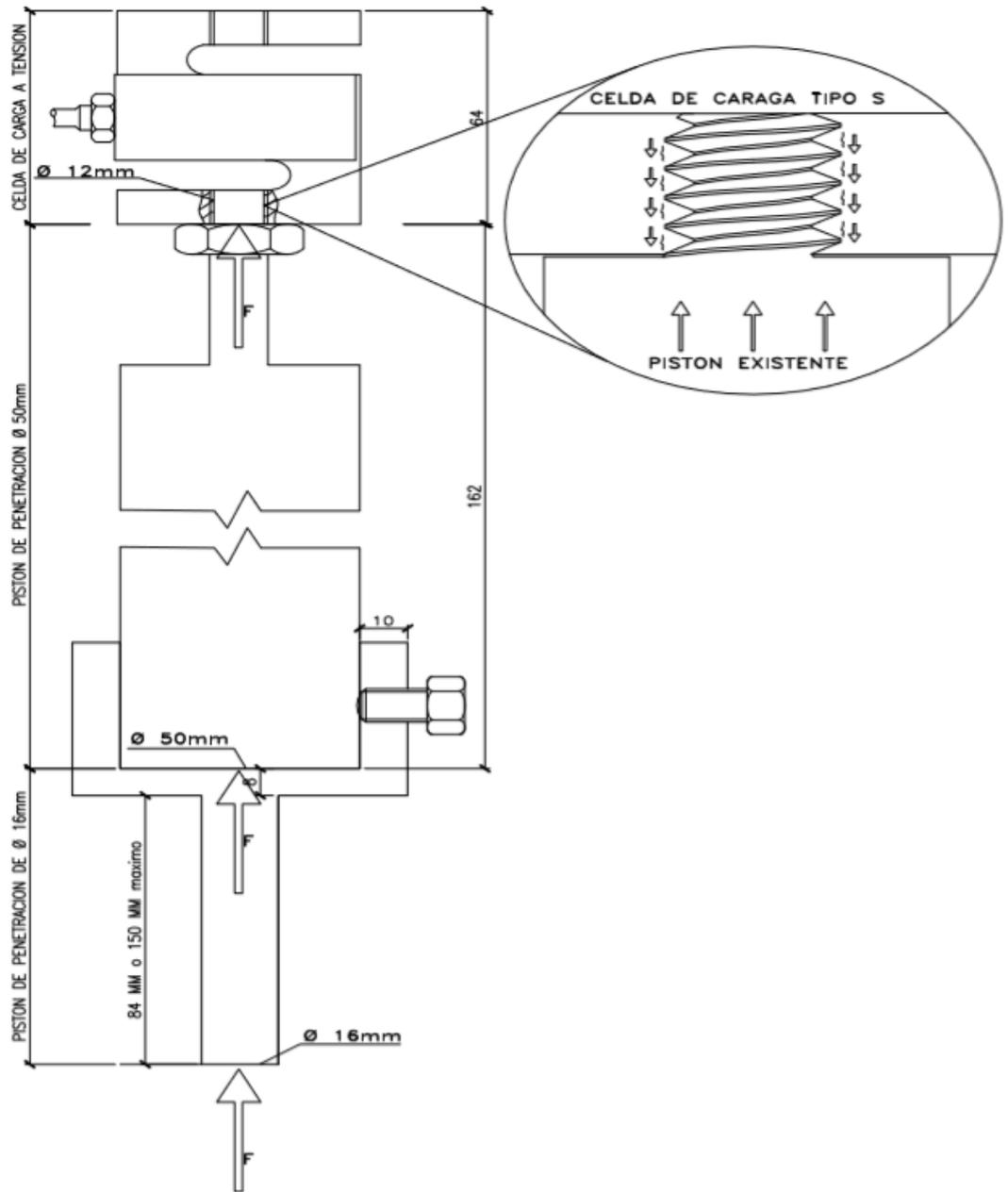


Figura 91: Instalación del pistón DM 5016.  
Fuente: Propia

	<b>Certificado de Calidad / Quality Certificate</b>	
	Código: CM-F-20	
	Rev.: 03	
	Fecha: 08/08/2012	

Fecha / Date:	06/12/2016
Calidad / Quality:	VCL Round Steel Bar (W.Nr. 1.7225) grade 42CrMo4 / hot rolled quenched & tempered - laminado en caliente, bonificado.
	LA 3967
	Nº Fact. 0002794E16
	Nota de Ingreso 32915

Certificamos que los resultados presentados corresponden a los certificados de ensayo de la fábrica de acuerdo a la norma EN 10204:2004. We hereby certify that for above mentioned material Mill Test Certificate(s) as per EN 10204:2004 with following contents are present.

Ensayo N° Test N°	Pieza ensayada mm Test piece	Longitud Length	Peso Kg. Weight	Colada N°		Ensayos Mecánicos / Mechanical Properties
				Heat N°	Heat N°	
1	32.0	-	9699	12074423	12074423	Límite de Fluencia: 957 N/mm <sup>2</sup> ; Resistencia a la Tracción: 1161 N/mm <sup>2</sup> ; Elongación: 16%; Dureza: 340 HB
2	35.0	-	11316	12074073	12074073	Límite de Fluencia: 917 N/mm <sup>2</sup> ; Resistencia a la Tracción: 1054 N/mm <sup>2</sup> ; Elongación: 17%; Dureza: 330 HB
3	45.0	-	8825	12074326	12074326	Límite de Fluencia: 899 N/mm <sup>2</sup> ; Resistencia a la Tracción: 1019 N/mm <sup>2</sup> ; Elongación: 18%; Dureza: 327 HB
4	52.0	-	5906	12074327	12074327	Límite de Fluencia: 746 N/mm <sup>2</sup> ; Resistencia a la Tracción: 927 N/mm <sup>2</sup> ; Elongación: 19%; Dureza: 285 HB
5	70.0	-	5552	12074564	12074564	Límite de Fluencia: 854 N/mm <sup>2</sup> ; Resistencia a la Tracción: 1023 N/mm <sup>2</sup> ; Elongación: 17%; Dureza: 334 HB

Colada N° Heat N°	Análisis Químico/ Chemical Composition (%)													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Sn	Cu	Nb	N	Pb %
12074423	0.41	0.23	0.85	0.016	0.022	0.99	0.10	0.18	0.013	0.012	0.19	0.003	0.0081	0.0010
12074073	0.40	0.24	0.79	0.014	0.026	0.97	0.10	0.19	0.012	0.017	0.23	0.003	0.0094	0.0010
12074326	0.41	0.24	0.88	0.013	0.023	1.00	0.09	0.16	0.013	0.011	0.18	0.004	0.0100	0.0010
12074327	0.41	0.23	0.81	0.017	0.023	0.94	0.12	0.17	0.014	0.011	0.17	0.004	0.0060	0.0010
12074564	0.40	0.27	0.81	0.013	0.023	0.94	0.08	0.18	0.013	0.012	0.15	0.004	0.0056	0.0010

Ensayo N° Test N°	Observaciones/ Observations

**ACEROS BOEHLER DEL PERÚ S.A.**

Luis Castro Roccos 717 Cofra, 20 Av. Argentina - Lima, Lima-Perú.  
Tel.: 619-3232 / Fax: 619-3230  
E-mail: control\_metal@bohlerperu.com / ventas@bohlerperu.com  
Web: <http://www.bohlerperu.com>

-----  
**RENZO ADOLFO  
HERRERA PORRAS**  
INGENIERO METALURGICO  
Reg. CIP N° 185856

*[Handwritten Signature]*  
Firma / Signature



Figura 92: Certificado de calidad del acero VCL.  
Fuente: Casa BOHLER.

VCL

AISI : 4140  
 DIN : 42 Cr Mo 4  
 W N° : 1.7223/25

Tipo de aleación promedio : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %  
 Color de identificación : Verde - Blanco  
 Estado de suministro : Bonificado, 250-310 HB Típico. Ver tabla inf.  
 Largo Standard : 3,5 - 5 metros

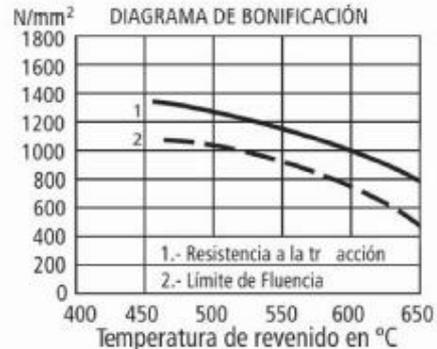
**Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.**

**Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.**

**APLICACIONES:** Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

### INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

**Forjado:** 1050 - 850 °C  
**Normalizado:** 840 - 880 °C  
**Recocido:** 690 - 720 °C  
 Enfriamiento lento en el horno  
**Temple:** al aceite 830 - 860 °C  
 al agua 820 - 850 °C  
**Dureza Obtenible:** 52 - 56 HRC  
**Revenido:** 540 - 680 °C  
**Nitrurar:** 580 °C



Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm²	Resistencia a la tracción N/mm²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241	16	16	835	1030 - 1250	10	40	34
		40	40	715	930 - 1130	11	45	41
		100	100	595	830 - 1030	12	50	41
		160	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

Figura 93: Especificaciones técnicas del acero VCL.  
 Fuente: Casa BOHLER.



Figura 94: Adquiriendo el acero VCL en la casa BOHLER.  
Fuente: Propia.



Figura 95: Acero VCL en la casa del torno.  
Fuente: Propia.



Figura 96: Torneado del acero VCL por el operario especialista.  
Fuente: Propia.



Figura 97: Acabado final del accesorio DM 5016 con tornillos de bronce para el ajuste  
Fuente: Propia.

#### **4.2.2.4. Procedimiento de Ensayo Mini-CBR.**

##### **4.2.2.4.1. Preparación de Cuerpos de Prueba.**

Los cuerpos de prueba se obtendrán según los métodos P1 o P4 y según la figura 38. Cuando se requieren resultados más precisos, se recomienda preparar los cuerpos de prueba para obtener una curva de variación del Mini-CBR. Esto es a menudo cierto para el estudio del aprovechamiento de "Suelos Arenosos Finos Lateríticos" en pavimentación.

##### **4.2.2.4.2. Expansión.**

Según el método MCT Mini Compactación Tropical en la rutina se efectúa los ensayos de penetración tanto en cuerpos de prueba embebidos como no embebidos, llevados previamente a un extremo del molde, todos ellos en la humedad de compactación determinada, en los cuerpos de prueba no embebidos determinar la penetración después de 1 hora, en los moldes que contienen el Cp y que tienen que ser embebidos poner papel filtro en la parte superior e inferior, introducir el soporte de la sobrecarga y la sobrecarga de 340 g, montar el conjunto de fijación del molde y del extensómetro, para medida de la Expansión.

Transferir el conjunto al tanque de inmersión y efectuar la lectura inicial del extensómetro, (Li). Llenar de agua del recipiente hasta que la altura quede algunos mm por encima del plano superior del fijador superior perforado, del molde. Anotar el horario de inicio de la embebida. Realizar lectura después de 12 horas, en el mínimo, y mayor tiempo hasta que la lectura del extensómetro se estabilice. Obtener la lectura (Lf), en mm, con precisión de 0,01 mm. Retirar el conjunto del baño de agua y dejarlo en reposo aproximadamente una hora, para proseguir la determinación de la penetración

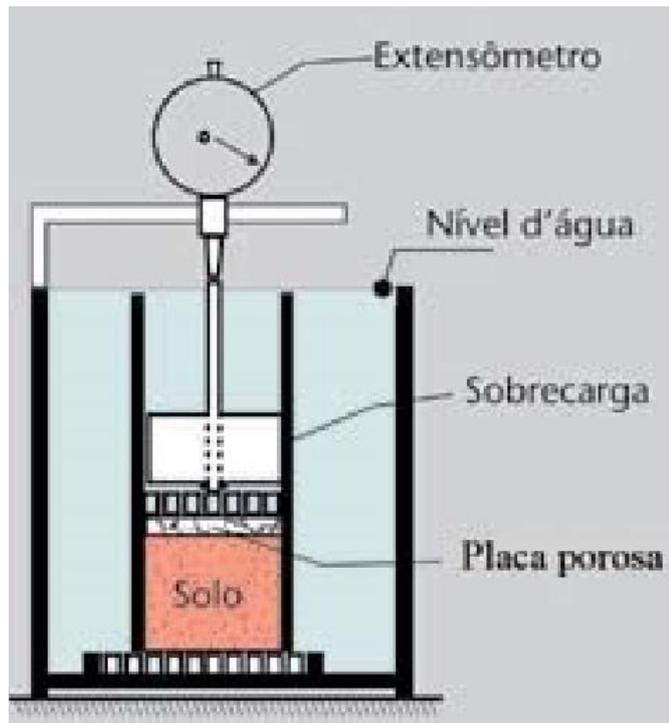


Figura 98: Croquis de expansión para penetración de Mini-CBR.  
Fuente: Pavimentos Económicos, Villibor y Nogami Pág. 47.



Figura 99: Expiación sumergida con carga de 490 gramos para penetración en Mini-CBR.  
Fuente: Propia

#### 4.2.2.4.3. Ejecución de la Penetración.

Transferir el conjunto, molde con cuerpo de prueba, sometido o no a la embebida, para el plato de la prensa; retirar, en su caso, el papel de cierre u otro disco presente en la parte superior del cuerpo de prueba. Introducir, de conformidad en el caso, la sobrecarga anular patrón. Encaje la punta del pistón de 16 mm en la parte superior del cuerpo de prueba, lo que puede ser verificado por el movimiento de la variación de carga del dinamómetro.

Ajustar el extensómetro para que el cursor marque cero de desplazamiento, regulando de manera apropiada el dispositivo de fijación del extensómetro a la pista de penetración. Accionar el reloj, debidamente calibrado para dar 1,25 vueltas / min, y mantener el extensómetro del medidor de la penetrándose coincidente con el puntero del reloj calibrado; hacer las lecturas en el dinamómetro, correspondientes a las siguientes penetraciones: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; (...), o antes, de exceder la capacidad del dinamómetro o la celda S. En los suelos de soporte elevado, efectuar lecturas a 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1.25, ... 3,0, o antes, a fin de no exceder la capacidad del dinamómetro. Repetir la penetración hacia los demás cuerpos de prueba.



Figura 100: Empezando por la izquierda vemos cp con contracción sin carga seguida por contracción con carga y lo que está sumergido es expansión con carga y expansión si carga.

Fuente: Propia.



Figura 101:Desacople del montaje antes de la penetración.  
Fuente: Propia.



Figura 102:Instalación y habilitación para la penetración del Mini-CBR.  
Fuente: Propia.



Figura 103: Cp cuerpos de prueba penetrados con el pistón de 16 mm.  
Fuente: Propia.



Figura 104: Penetración Mini-CBR.  
Fuente: Propia.



Figura 105: Cuerpo de prueba ya penetrado por el ensayo Mini-CBR.  
Fuente: Propia.

#### **Observaciones.**

Conviene anotar el aspecto de la parte superior del cuerpo de prueba, sobre todo la ocurrencia de grietas radiales, hinchazones o aún una depresión mucho menor, lo que, si se constata, es indicar que el material es muy resistente.

#### **4.2.2.4.4. Calculo de Mini-CBR.**

Trazado de las curvas CARGA – PENETRACION

Graficar las curvas Carga-Penetración, en tamaño adecuado para la escala, con los datos obtenidos según la velocidad de penetración (1.25 vueltas/minuto) y la penetración 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; (...), o a 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1.25, ... 3,0, si es muy elevado el soporte; realizar correcciones en los siguientes casos:

a) Eliminación de curvas, tanto cóncavas como convexas, en relación la tendencia general.

b) Cambio de origen, para la intersección de la tangente del punto de inflexión con el eje horizontal (o las penetraciones).

c] Prolongar la curva cuando se produzca una disminución de la carga, antes de la penetración alcanza el valor de 2mm.

#### **4.2.2.4.5. Método para la Determinación de Mini-CBR.**

Método de correlaciones utilizando las siguientes expresiones.

$$\mathit{Log}(\mathit{Mini} - \mathit{CBR}) = 0.896 \times \mathit{Log}C_1 - 0.254$$

$$\mathit{Log}(\mathit{Mini} - \mathit{CBR}) = 0.937 \times \mathit{Log}C_2 - 0.256$$

$C_1$  y  $C_2$ = Cargas [Kgf];

Donde  $C_1$  y  $C_2$  son, respectivamente, las cargas [kgf] correspondientes a las penetraciones 2,00 y 2,50 mm, obtenidas de las curvas corregidas según el subíndice.

Adoptar el mayor de los Mini-CBR obtenidos. La aplicación de estas las fórmulas se facilitan por el uso de tablas apropiadas.

#### **Presentación de los Resultados.**

Presentar los valores obtenidos, de las Expansiones y de los Mini-CBR, siempre en función de su curva de Compactación, de manera que se pueda determinar fácilmente la variación del Mini-CBR en las diversas condiciones de compactación. Para ello, los representa en la misma hoja, usando la misma escala horizontal y coincidente, para el contenido de humedad y, de preferencia, el Mini-CBR en la parte superior y la Expansión en la parte más baja.

Como ya se ha señalado, el uso de la escala de los valores de la MEAS proporcional a su inverso presenta la ventaja de rectificar las ramas de la curva de Compactación, siendo también rectilíneas las líneas del mismo grado de saturación de los cuerpos de prueba.

Adoptar, para escala de los Mini-CBR, la escala logarítmica, por cuanto la variación del Mini-CBR a lo largo de la curva de Compactación es, casi siempre, también rectilínea. La curva de variación de la Expansión puede ser trazada en el mismo gráfico del Mini CBR.

### **Variantes De Ensayo.**

Diversas variantes son posibles, de las cuales se destacan:

- 1) Debajo de la lámina de agua: útil en las zonas sujetas a inundaciones.
- 2) Con sobrecarga mayor: para reproducir los efectos de las espesas las capas de sobrecarga.
- 3) Penetración dinámica: para determinaciones expedidas tanto en laboratorio como en el campo (véase la determinación del Mini-CBR en campo).

### **4.2.2.5. Cálculos de Expansión.**

$$Exp = \frac{Lf - Li}{Lo} \times 100 (\%)$$

Lf = Lectura Final [mm];

Li = Lectura Inicial [mm];

Lo = Lectura inicial del cuerpo compactado dentro del molde [mm];

Cuando (Lo) es igual a 50 mm

$$Exp = (Lf - Li) \times 2 (\%)$$

Tabla 8: Para el cálculo de Mini-CBR.

CARGA kgf	Mini - CBR		CARGA kgf	Mini - CBR		CARGA kgf	Mini - CBR		CARGA kgf	Mini-CBR	
	2,0	2,5		2,0	2,5		2,0	2,5		2,0	2,5
000	0000	0000	50	18,4	17,1	150	49,1	48,2	550	159	163
1	0,5	0,4	51	18,7	17,4	155	50,8	49,7	560	161	166
2	1,0	0,8	52	19,1	17,7	160	52,0	51,2	570	164	168
3	1,5	1,2	53	19,4	18,8	165	53,6	52,7	580	167	171
4	1,9	1,6	54	19,8	18,4	170	55,1	54,2	590	169	174
5	2,4	2,0	55	20,1	18,7	175	57,0	55,7	600	172	177
6	2,8	2,3	56	20,5	19,0	180	58,3	57,1	610	174	180
7	3,2	2,7	57	20,8	19,3	185	59,7	58,6	620	177	182
8	3,6	3,1	58	21,2	19,7	190	61,1	60,1	630	180	185
9	4,0	3,4	59	21,5	20,0	195	62,5	61,7	640	182	188
10	4,4	3,8	60	21,8	20,3	200	64,0	63,1	650	185	191
11	4,7	4,1	61	22,1	20,6	205	65,5	64,6	660	187	193
12	5,1	4,5	62	22,4	20,9	210	67,0	66,4	670	190	196
13	5,5	4,8	63	22,7	21,3	215	68,6	67,6	680	192	199
14	5,9	5,2	64	23,1	21,6	220	70,1	69,0	690	195	201
15	6,3	5,5	65	23,4	21,9	225	71,3	70,5	700	197	204
16	6,7	5,9	66	23,7	22,2	230	72,6	71,9	710	200	207
17	7,0	6,2	67	24,0	22,5	235	73,8	73,5	720	202	210
18	7,4	6,6	68	24,4	22,9	240	75,2	74,8	730	205	212
19	7,8	6,9	69	24,7	23,2	245	76,9	76,4	740	207	215
20	8,2	7,3	70	25,1	23,5	250	79	78	750	210	218
21	8,5	7,6	71	25,4	23,8	260	82	81	760	212	220
22	8,9	8,0	72	25,8	24,1	270	84	83	770	215	223
23	9,2	8,3	73	26,0	24,4	280	87	86	780	217	226
24	9,6	8,6	74	26,3	24,7	290	89	89	790	220	229
25	10,0	8,9	75	26,6	25,0	300	92	92	800	222	231
26	10,3	9,3	76	26,9	25,4	310	95	95	820	228	237
27	10,7	9,6	77	27,2	25,7	320	97	98	840	232	242
28	11,0	9,9	78	27,6	25,9	330	100	101	860	237	247
29	11,4	10,3	79	27,9	26,2	340	103	104	880	242	253
30	11,7	10,6	80	28,3	26,4	350	106	107	900	247	258
31	12,0	10,9	82	28,6	27,4	360	109	109	920	252	264
32	12,4	11,3	84	29,4	28,1	370	111	112	940	257	269
33	12,8	11,6	86	30,0	28,7	380	114	115	960	262	274
34	13,1	11,9	88	30,6	29,2	390	117	118	980	267	280
35	13,5	12,2	90	31,3	29,8	400	119	121	1000	272	285
36	13,8	12,6	92	31,9	30,5	410	122	124			
37	14,1	12,9	94	32,0	31,1	420	125	127			
38	14,5	13,3	96	33,0	31,7	430	127	129			
39	14,8	13,6	98	33,7	32,4	440	130	132			
40	15,1	13,9	100	34,3	33,0	450	133	135			
41	15,4	14,2	105	36,0	34,5	460	136	138			
42	15,8	14,5	110	37,2	36,1	470	138	141			
43	16,1	14,8	115	39,0	37,6	480	141	143			
44	16,4	15,2	120	40,4	39,1	490	143	146			
45	16,8	15,5	125	41,8	40,6	500	146	149			
46	17,1	15,8	130	42,9	42,2	510	149	152			
47	17,4	16,1	135	44,8	43,7	520	151	155			
48	17,7	16,4	140	46,3	45,2	530	154	157			
49	18,1	16,7	145	47,4	46,7	540	156	160			
50	18,4	17,1	150	49,1	48,2	550	159	163			

Fuente: DER Brasil

Tabla 9: Formato para laboratorio del ensayo de Mini-CBR y expansión.

ENSAYO DE SUELOS TROPICALES (MINI-CBR Y EXPANSION P2) (CONTRACCION P3)										
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....		CALIBRACION: 50.14		METODOS DE ENSAYOS		P2-P3				
ANALISA:.....		TOLERANCIA: 49.14-50.14		QUE SE REALIZARAN :						
NOMBRE DE LA MUESTRA : .....		P. ADICIONAL: 9.7 gr		HUMEDAD OPTIMA, % :						
TIPO DE ENSAYO		INMEDIATO		SUMERGIDO 24 HORAS CONCARAGA		SUMERGIDO 24 HORAS SIN CARAGA		CONTRACCION CON / CARGA		
CANTIDAD DE AGUA, ml										
NUMERO DE MOLDE										
PESO DEL MOLDE SOLO, g										
COMPACTACIONES TENTATIVAS	1°	MASA DEL SUELO HUMEDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
	2°	MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE+PESO ADICIONAL										
TARRO N°										
MASA DEL TARRO, g										
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO										
MASA DEL SUELO SECO + TARRO										
MASA DEL AGUA, g										
MASA DEL SUELO SECO, G										
CONTENIDO DE HUMEDAD, %										
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %										
DENSIDAD APARENTE, g/cm3										
ENSAYO DE, EXPANSION Y CONTRACCION P2 - P3										
LECTURA DEL EXTENSOMETRO	TIEMPO		PERIODO EN MINUTOS							
	MES	DIA	HORA	MINUTOS						
					0					
					60					
					120					
					180					
					240					
					300					
					360					
					420					
				480						
ABSORCION DE AGUA (Moide + Muestra sumergida), gr										
ENSAYO DE PENETRACION MINI-CBR										
CONSTANTE DEL ANILLO ○  CELDA S ○	PENETRACION	mm	PENETRACION INMEDIATA		PENETRACION DESPUES DE 24 HORAS					
			Lectura dial	Carga Kg	SUMERGIDO CON CARGA		SUMERGIDO SIN CARGA			
				Lectura dial	Carga Kg	Lectura dial	Carga Kg	Lectura dial	Carga Kg	
		0.25								
		0.50								
		0.75								
		1.00								
		1.25								
		1.50								
		2.00								
		2.50								
		3.00								
		3.50								
		4.00								
		4.50								
5.00										
5.50										

Fuente: Propia.

# RESULTADOS DE LA CANTERA TROPEZON

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

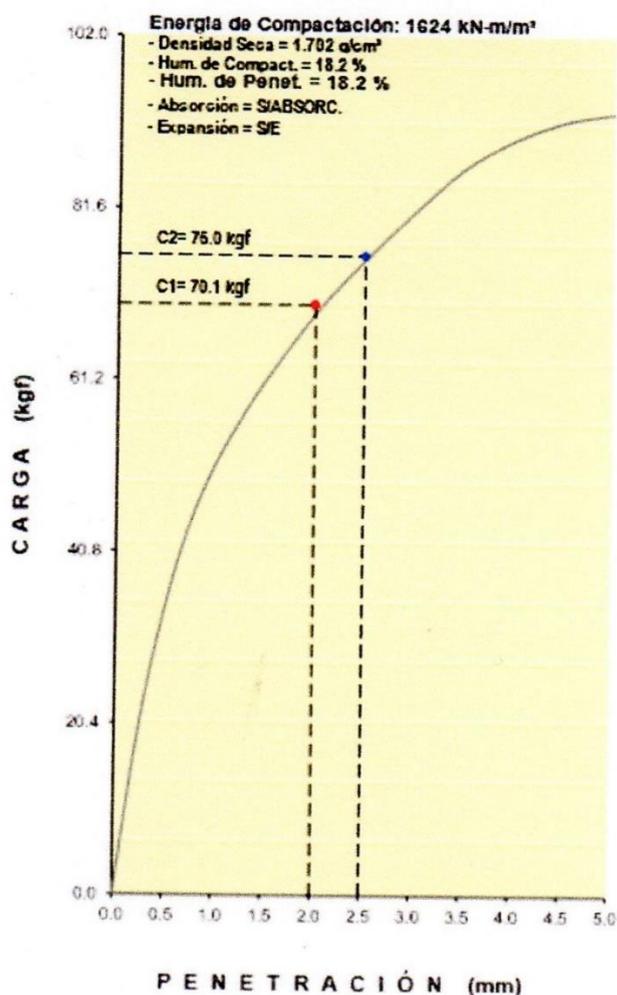
SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEOROLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 10 - 000 - Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.05.13

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.06.14 al 2018.06.15

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION INMEDIATA



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 25.1 %
- CBR a 2.5 mm 25.5 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

INGENIERO RESPONSABLE

Lima, 14 de Junio del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Jufo De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA UBOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

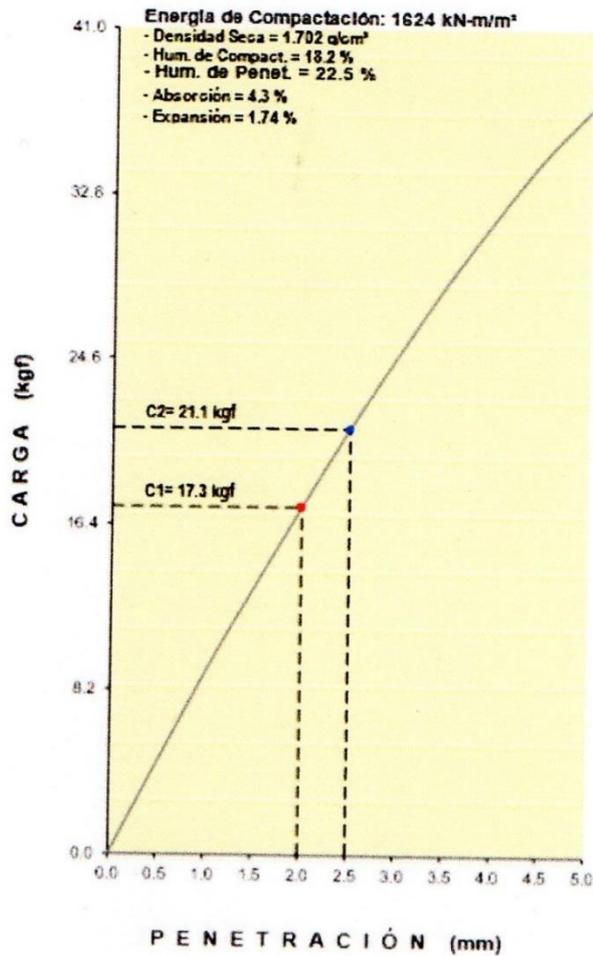
MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 10 + 000 - Tropezon-Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.06.13

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.06.14 al 2018.06.15

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion

#### PENETRACION CON INMERSION Y CON SOBRE CARGA



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm
- CBR a 2.5 mm

7.2 %  
7.7 %

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**

Lima, 14 de Junio del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

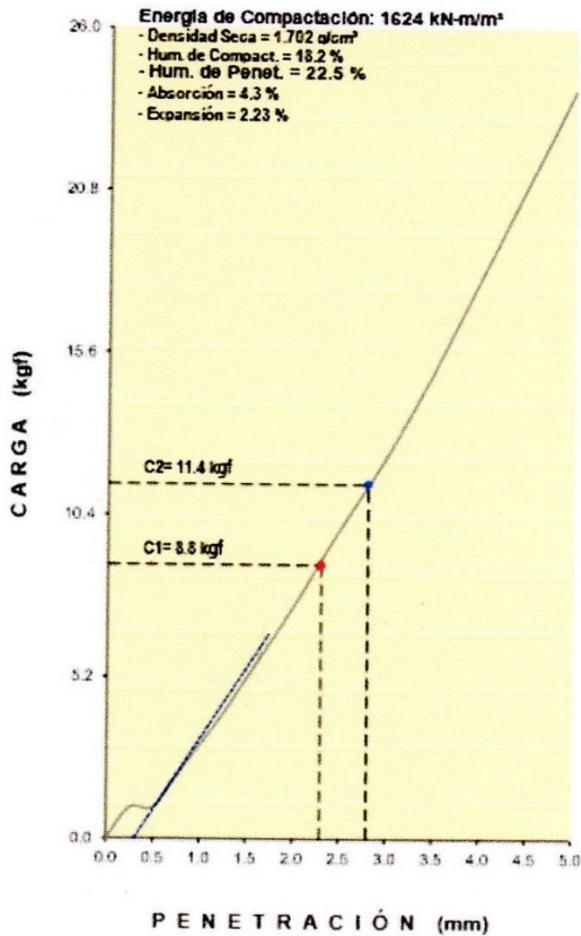
SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MINI COMPACTACIÓN TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACIÓN : Arcilla  
 Km. 10 + 000 - Arcilla

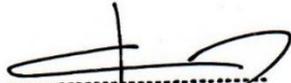
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.06.13

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.06.14 al 2018.06.15

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION CON INMERSION



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 3.9 %
- CBR a 2.5 mm 4.3 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  


---

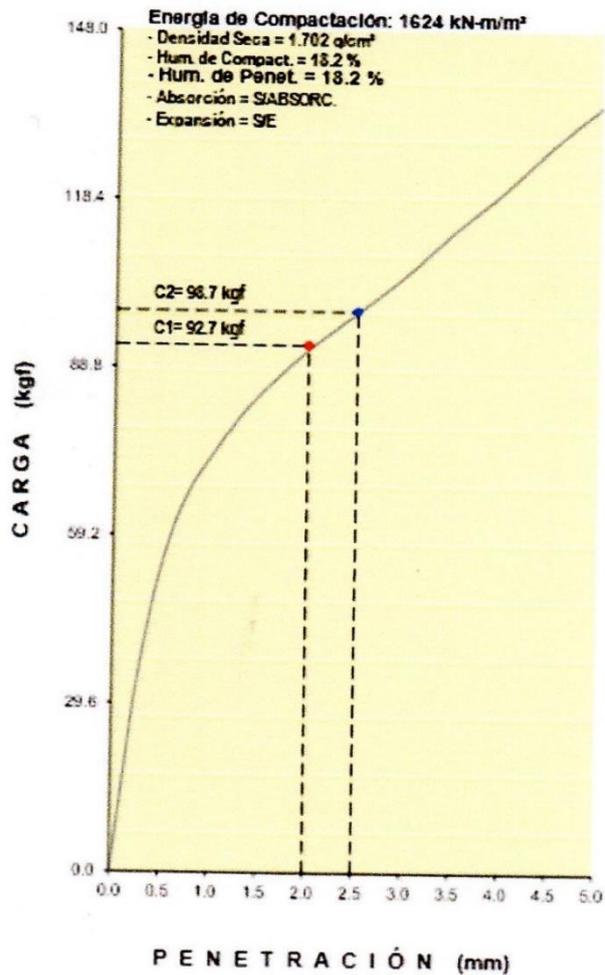
 INGENIERO RESPONSABLE  
 Lima, 14 de Junio del 2018

# RESULTADOS DE LA CANTERA INFIERNO

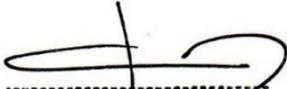
## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina	MUESTRA : Cantera Inferno
DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja	IDENTIFICACIÓN : Aroña
PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	Km. 15 - 000 - Inferno
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA	CANTIDAD : 25 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017.06.13	PRESENTACIÓN : Saco de polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2018.01.29 al 2018.02.01

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION INMEDIATA



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 32.2 %
- CBR a 2.5 mm 32.6 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCHERO  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 2 de Febrero del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEOROLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

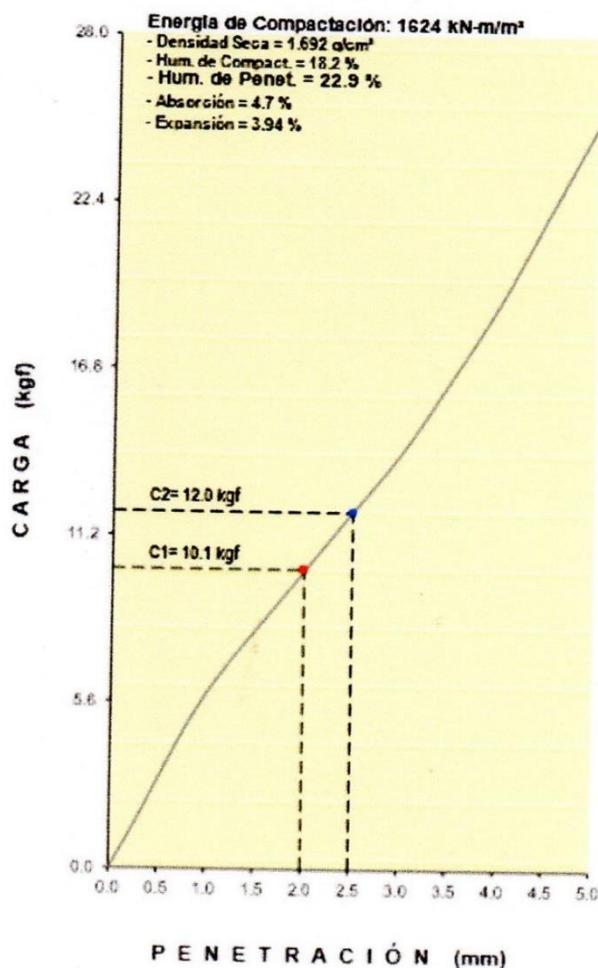
MUESTRA : Cantera Infierno  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 15 + 000 - Infierno

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2017.06.13

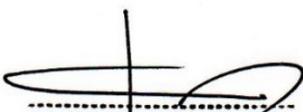
CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.01.29 al 2018.02.01

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion

#### PENETRACION CON INMERSION Y CON CARGA



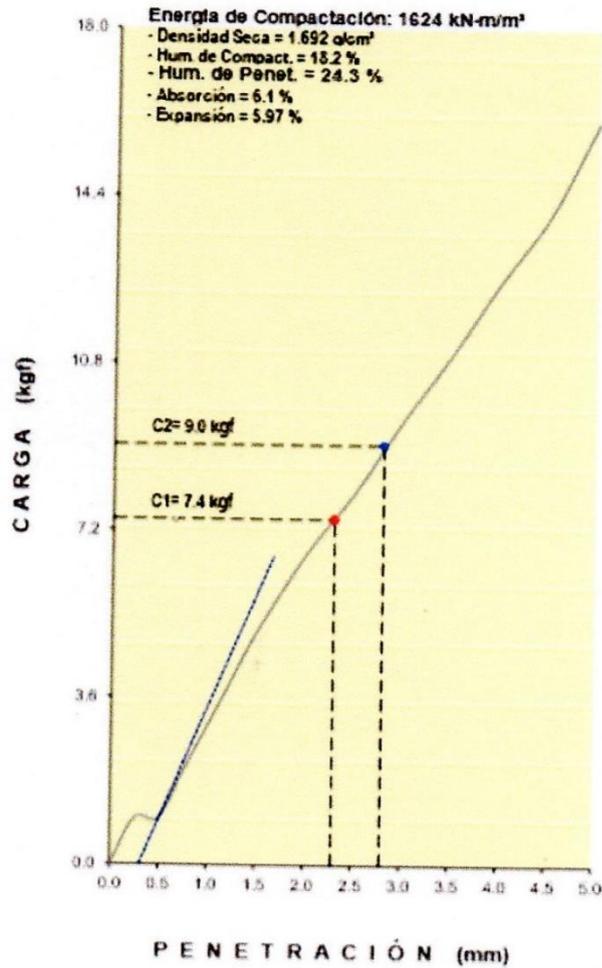
- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 4.4 %
- CBR a 2.5 mm 4.5 %

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 2 de Febrero del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	MUESTRA : Cantera Infierno IDENTIFICACION : Arcilla Km. 15 + 000 - Infierno CANTIDAD : 25 kg PRESENTACION : Saco de polietileno FECHA DE ENSAYO : 2018.01.29 al 2018.02.01
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA FECHA DE RECEPCION : 2018.06.13	

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION CON INMERSION



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 3.4 %
- CBR a 2.5 mm 3.5 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
 INGENIERO RESPONSABLE  
 Lima, 2 de Febrero del 2018

# MUESTRAS DE EL RIO NOAYA

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

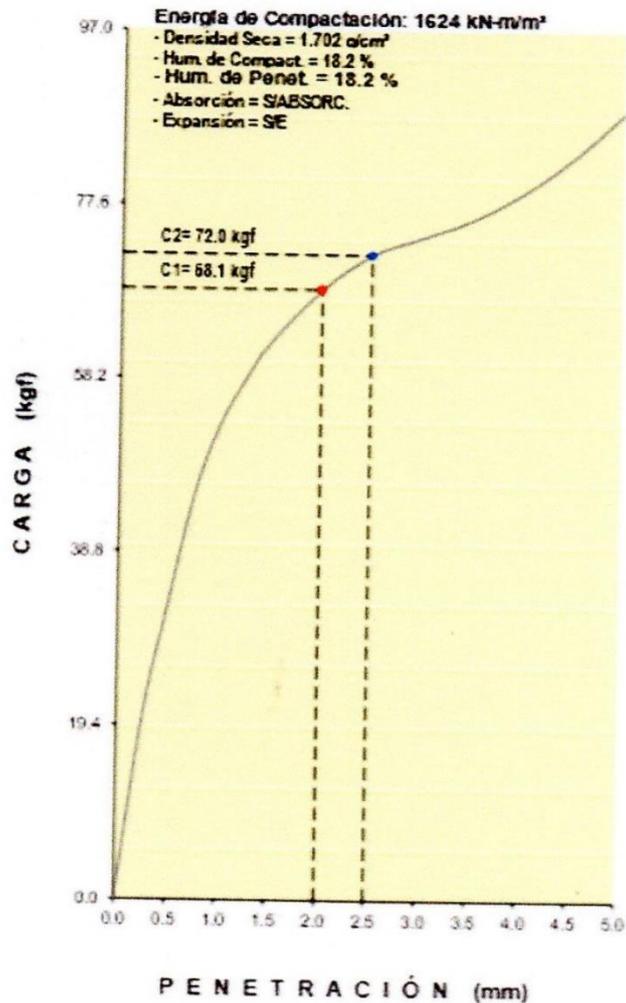
SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

MUESTRA : Cantero Noaya  
 IDENTIFICACION : Arena  
 Puente del rio Noaya - Arena

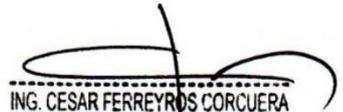
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.06.13

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.01 al 2018.03.02

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION INMEDIATA



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 24.5 %
- CBR a 2.5 mm 24.2 %

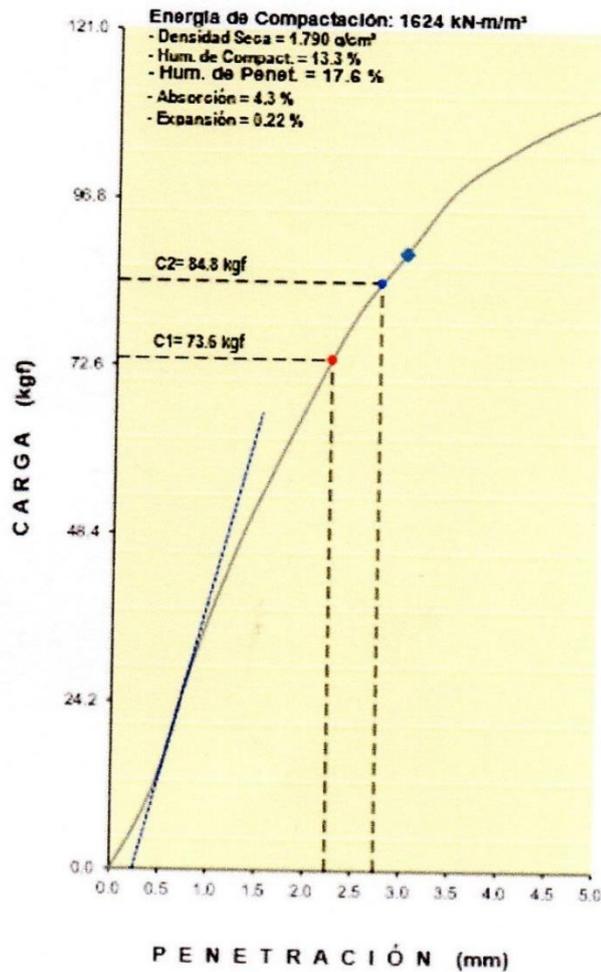
  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 3 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	MUESTRA : Noaya IDENTIFICACION : Arena Puente de río Noaya - Arena  CANTIDAD : 25 kg PRESENTACION : Saco de polietileno FECHA DE ENSAYO : 2018.03.01 al 2018.03.04
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA FECHA DE RECEPCION : 2018.08.13	

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion

#### PENETRACION CON INMERSION Y CON SOBRE CARGA



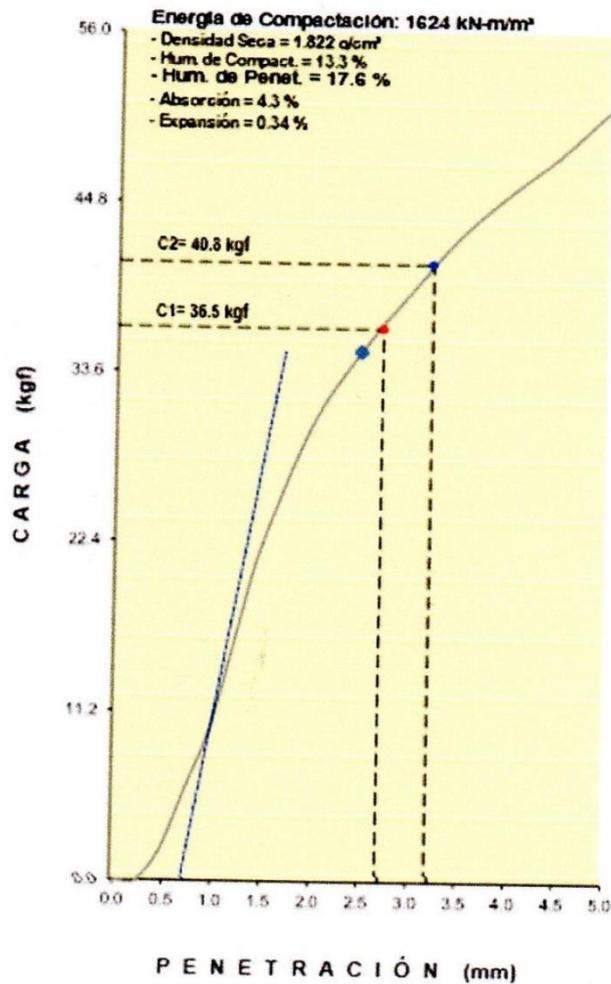
- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 26.2 %
- CBR a 2.5 mm 28.2 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

<p>SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina          DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja          PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES</p>	<p>MUESTRA : Cantera Noaya          IDENTIFICACIÓN : Arena          Puente del rio Noaya - Arena</p>
<p>REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA          FECHA DE RECEPCION : 2018.05.13</p>	<p>CANTIDAD : 25 kg          PRESENTACIÓN : Saco de polietileno          FECHA DE ENSAYO : 2018.03.01 al 2018.03.04</p>

### DER M-192/88 Ensayo Mini-CBR y Expansion PENETRACION CON INMERSION



- CALCULO DE Mini-CBR
- CBR a 2.0 mm 14.0 %
- CBR a 2.5 mm 14.2 %

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Marzo del 2018

### 4.2.3. Ensayo de Contracción (P-3).

---

#### 4.2.3.1. Consideraciones Preliminares.

Es uno de los ensayos suplementarios más importantes para el mejor aprovechamiento de suelos tropicales en pavimentación, sobre todo de aquellos de granulación fina, apropiados para la peculiaridad del climática tropical - elevada temperatura todo el año y fuerte aumentando de la evaporación y acelera la pérdida de humedad en las capas de suelos compactados.

Sin embargo, tradicionalmente se consideran algunas propiedades de los suelos vinculados a la contracción, tales como el "límite de contracción" y la "contracción volumétrica", que poco representan para el propósito que necesitamos, debido a que se determinan a partir de cuerpos de prueba moldeados en estado de pasta (próximo al límite de liquidez) y, por lo tanto, con suelos no compactados. Además, tales ensayos son bastante laboriosos y, muchos de ellos, involucra el uso de mercurio, actualmente considerado material tóxico que requiere cuidados especiales para el manejo.

Propuesto por Villibor (1981), fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método del DER M 194-88. El método descrito, aunque se constituye en una importante contribución de la metodología MCT.

#### 4.2.3.2. Equipos y Materiales Específicos.

a) **Armazón** rígido que permita albergar, verticalmente, un cuerpo de prueba de unos 50,0 mm de diámetro y 50,0 mm de altura, y que pueda sostener el dial de manera permanente hasta que termine el ensayo y que posibilite buena ventilación del cuerpo de prueba por todos lados, incluso en la base.

b) **Extensómetros** adaptables al armazón, al menos 3, lectura directa de 0,01 mm, recorrido de al menos 10 mm, provisto de un cuentavuelas.

c) **Placas de piedra porosa** circulares, con diámetro alrededor de 50,0 mm y espesor de 5,0 mm, con poros visibles a simple vista y caras perfectamente

planas y paralelas, y esta destinadas a recibir la punta del extensómetro, deben tener un pequeño círculo o cuadrado de apoyo plano (de vidrio, acrílico, etc.).

#### **4.2.3.3. Procedimiento de Ensayo.**

##### **Cuerpos de prueba.**

Debe ser preparado según el procedimiento Mini-Proctor, o en casos preliminares, según el procedimiento Mini-MCV P5, o el descarte de cualquier ensayo que nos ponga a disposición CP para registrar deformación. En los casos rutinarios, se pueden utilizar cuerpos de prueba sometidos a la penetración Mini-CBR (evidentemente no embebidos).

##### **Montaje.**

Colocar una piedra porosa en el centro de la base del dispositivo de medida de la contracción y, sobre ella, colocar el cuerpo de prueba. En la parte superior del cuerpo de prueba, colocar una piedra porosa apropiada o pegar, con parafina o epoxi, una pequeña placa plana para servir de apoyo a la punta del vástago del extensómetro. Utilizar armazones con extensómetros, para cuerpos de prueba que tengan un contenido de humedad de Compactación en el ramo húmedo. Ajustar el extensómetro de manera que se pueda leer una eventual pequeña contracción (orden de unos centésimas de mm). Evitar al máximo, secado muy rápido o muy lento, evitando corrientes de aire.



Figura 106: Contracción de la muestra Tropezón sin sobre carga.  
Fuente: Propia.



Figura 107: Contracción de la muestra tropezón con sobrecarga con una pesa de 420 g.  
Fuente: Propia.

Contracción de la muestra infierno en el horno a 32 °C simulando la temperatura de un ambiente tropical que es de 30 °C hasta más de 40 °C, ya que en la ciudad de Lima en el mes de junio es de 14 °C y 19 °C.



Figura 108: Ensayo de contracción en el horno.  
Fuente: Propia.

#### **4.2.3.4. Lecturas.**

La lectura inicial ( $L_i$ ) del extensómetro (en centésimas de mm), debe realizarse cuanto antes, ya que ciertos cuerpos de prueba empiezan a contraer luego de la retirada del cuerpo de prueba del molde. Realizar la segunda lectura antes de completar una hora. Realizar lecturas cada hora; después de algunas horas el espaciamiento de las lecturas puede estar aumentado, pudiendo hacer coincidir con el período nocturno. Generalmente al día siguiente, es decir, después de aproximadamente 14 horas, los cuerpos de prueba alcanzan una variación constante periódica, considerada como la lectura final ( $L_f$ ) del extensómetro (en centésimas de mm).

#### **4.2.3.5. Calculo de Contracción.**

Usar la siguiente formula:

$$Ct = \frac{L_f - L_i}{L_o} \times 100 \text{ [%]}$$

$Ct$  = Contracción Axial [mm];

$L_i$  = Lectura Inicial [mm];

$L_f$  = Lectura Final [mm];

$L_o$  = Lectura inicial del cuerpo compactado dentro del molde [mm];

#### **4.2.3.6. Presentación de Resultados.**

Representar  $Ct$  en función del contenido de humedad de Compactación, trazar la curva y determinar el valor correspondiente a la Humedad Óptima de Compactación; las curvas deben ser continuas. La presencia de depresiones de las curvas, generalmente corresponde a errores en las determinaciones.

Tabla 10: Para el ensayo de contracción.

ENSAYO DE SUELOS TROPICALES (MINI-CBR Y EXPANSION P2) (CONTRACCION P3)									
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....				CALIBRACION: 50.14		METODOS DE ENSAYOS		P2-P3	
ANALISA:.....				TOLERANCIA: 49.14-50.14		QUE SE REALIZARAN :			
NOMBRE DE LA MUESTRA : .....				P. ADICIONAL: 9.7 gr		HUMEDAD OPTIMA, % :			
TIPO DE ENSAYO			INMEDIATO			SUMERGIDO 24 HORAS CONCARAGA		SUMERGIDO 24 HORAS SIN CARAGA	
CANTIDAD DE AGUA, ml									
NUMERO DE MOLDE									
PESO DEL MOLDE SOLO, g									
COMPACTACIONES TENTATIVAS	1°	MASA DEL SUELO HUMEDO, g							
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm							
	2°	MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g							
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm							
ALTURA DEL ESPECIMEN, mm									
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE+PESO ADICIONAL									
TARRO N°									
MASA DEL TARRO, g									
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO									
MASA DEL SUELO SECO + TARRO									
MASA DEL AGUA, g									
MASA DEL SUELO SECO, G									
CONTENIDO DE HUMEDAD, %									
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %									
DENSIDAD APARENTE, g/cm3									
ENSAYO DE, EXPANSION Y CONTRACCION P2 - P3									
LECTURA DEL EXTENSOMETRO	TIEMPO			PERIODO					
	MES	DIA	HORA	MINUTOS	EN MINUTOS				
					0				
					60				
					120				
					180				
					240				
					300				
					360				
					420				
				480					
ABSORCION DE AGUA (Molde + Muestra sumergida), gr									
ENSAYO DE PENETRACION MINI-CBR									
CONSTANTE DEL ANILLO ○  CELDA S ○	PENETRACION	mm	PENETRACION INMEDIATA		PENETRACION DESPUES DE 24 HORAS				
			Lectura dial	Carga Kg	SUMERGIDO CON CARGA		SUMERGIDO SIN CARGA		
				Lectura dial	Carga Kg	Lectura dial	Carga Kg		
		0.25							
		0.50							
		0.75							
		1.00							
		1.25							
		1.50							
		2.00							
		2.50							
		3.00							
		3.50							
		4.00							
4.50									
5.00									
5.50									

Fuente: Propia.

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

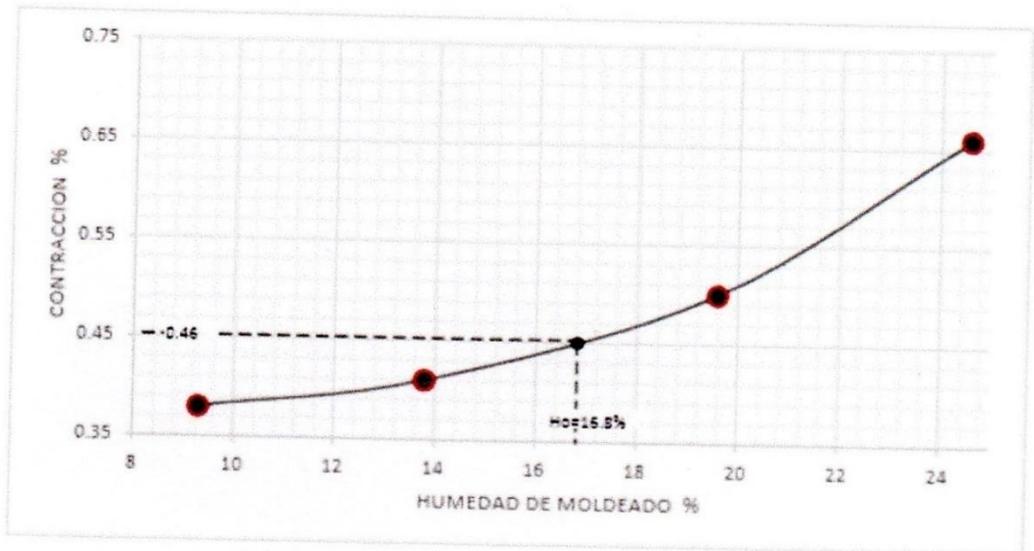
MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 10 - 000 - Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.03.10

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.27 al 2018.03.30

### DER M-194-88 Ensayo de Contracción

#### CONTRACCION DE LA CANTERA TROPEZON



HUMEDAD %	CONTRACCION %
9.3	0.38
13.8	0.41
19.6	0.50
24.6	0.66

• **CALCULO DE CONTRACCION**

• Contracción para el óptimo contenido de humedad

0.46 %

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEODLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

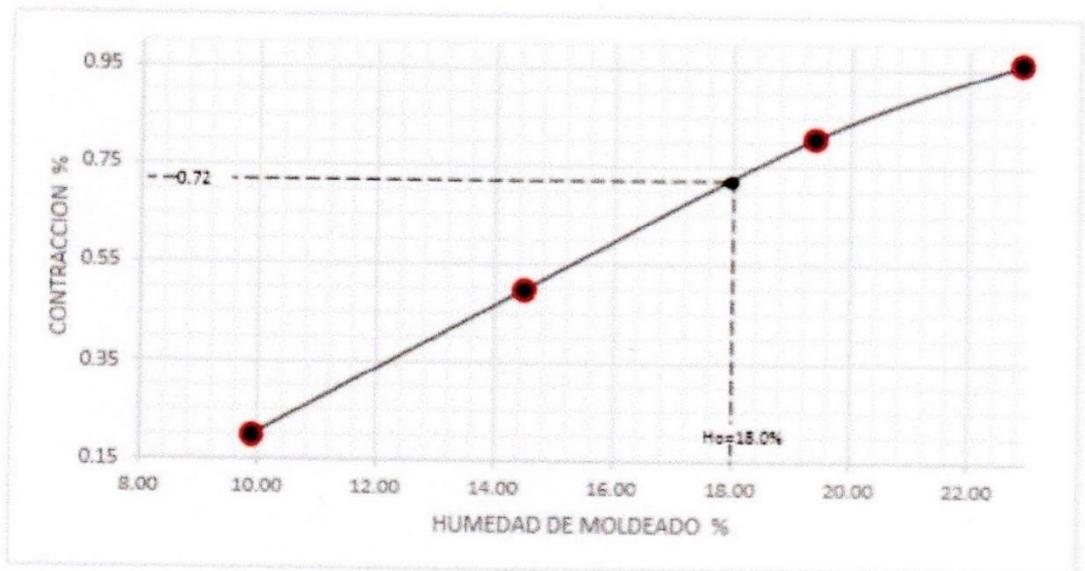
MUESTRA : Cantera Infierno  
 IDENTIFICACIÓN : Arcilla  
 Km. 15 + 000 - Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.03.10

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.27 al 2018.03.30

### DER M-194-88 Ensayo de Contracción

#### CONTRACCION DE LA CANTERA INFIERNO



HUMEDAD %	CONTRACCION %
9.90	0.20
14.50	0.50
19.40	0.81
22.89	0.96

- Optimo contenido de humedad 18.00 %
- **CALCULO DE CONTRACCION**
- Contraccion para el optimo contenido de humedad 0.72 %

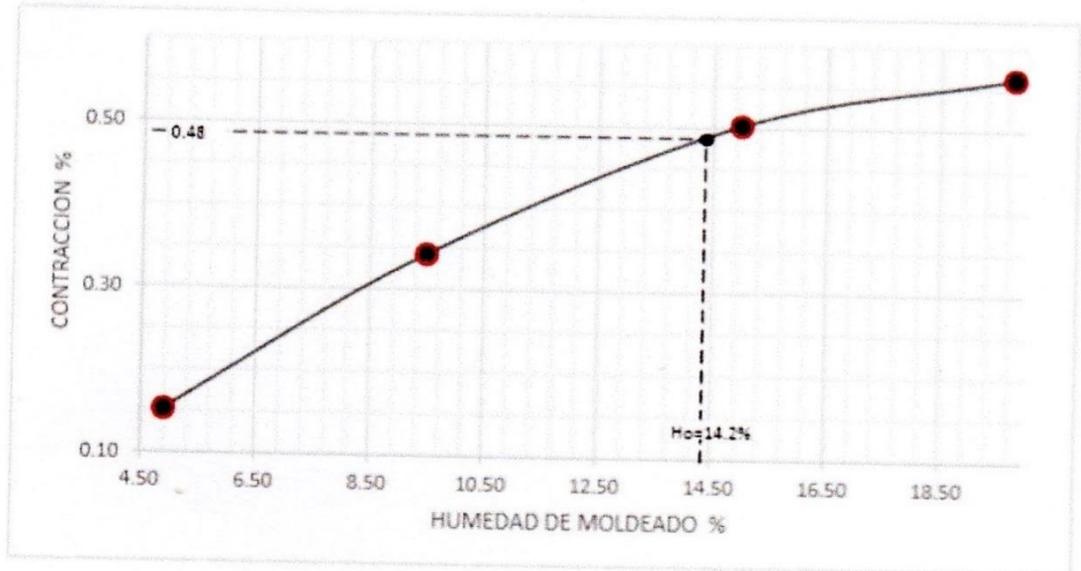
  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
 INGENIERO RESPONSABLE

Lima, 30 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

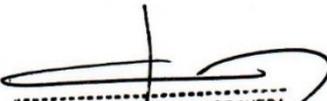
SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	MUESTRA IDENTIFICACIÓN : Puente del dio Noaya : Arena Carretera Inter Oceanica  CANTIDAD : 25 kg PRESENTACIÓN : Saco de polietileno FECHA DE ENSAYO : 2018.03.27 al 2018.03.30
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA FECHA DE RECEPCION : 2018.03.10	

### DER M-194-88 Ensayo de Contracción CONTRACCION DE LA MUESTRA NOAYA



HUMEDAD %	CONTRACCION %
4.90	0.15
9.50	0.34
15.00	0.50
19.80	0.56

- Óptimo contenido de humedad 14.20 %
- **CALCULO DE CONTRACCION**
- Contracción para el óptimo contenido de humedad 0.48 %

  
 ING. CESAR FERRYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
 INGENIERO RESPONSABLE  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

#### **4.2.4. Ensayo de Infiltrabilidad y de Permeabilidad (P-4).**

---

##### **4.2.4.1. Consideraciones para la Infiltrabilidad y Permeabilidad.**

El ensayo de infiltrabilidad tiene como objetivo determinar la penetración de agua en cuerpos de prueba de suelos compactados a fin de que se pueda, cualitativamente, prever ese fenómeno en las capas de los pavimentos y sus adyacencias, sobre todo después de su compactación. Se observa que, en suelos tropicales, principalmente en los lateríticos, esta penetración puede alejarse bastante de los resultados obtenidos en cuerpos de prueba compactados en laboratorio, debido a la interferencia de grietas y fisuras que se desarrollan, generalmente por el uso de técnica constructiva no convencional (que incluye el secado durante esa fase), o después de varios años de servicio.

Lo propuesto por Villibor (1981), fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método DER M 194-88. El uso práctico de los resultados de este ensayo, se limita a la elección de suelos para caminos y para bases revestidas de capas bituminosas, sujetas eventualmente a considerable infiltración de agua, con eventual desarrollo de orificios llenos con contenido de agua. Los ensayos de infiltrabilidad no deben confundirse con los de permeabilidad, tradicionalmente considerados en mecánica de los suelos.

. El estudio de capas de suelos tropicales constituyentes en los pavimentos, se, mostró que casi no ocurre la necesaria exposición prolongada a una lámina de agua, hasta un régimen permanente, indispensable para que el proceso de la permeabilidad.

Además, para suelos arcillosos, arcillo-arenosos y limosos (coeficiente  $c' > 1$ ), una idea de la Permeabilidad puede obtenerse a través del ensayo de Infiltrabilidad.

#### 4.2.4.2. Ensayo de Infiltrabilidad

##### 4.2.4.2.1. Equipos Especifico para el Ensayo de Infiltrabilidad.

###### Equipos para medida de infiltrabilidad.

Recipiente de Base: Provisto de una placa porosa circular (50,0 mm de diámetro y 5,0 mm de espesor), con Permeabilidad aproximada de  $10^{-2}$  cm/s, dispuesto horizontalmente, llena de agua, que se comunica con el tubo de vidrio mediante una manguera de látex (abajo mostrado) provisto de un dispositivo que permite un contacto hermético con la cara externa de la base del molde de Compactación (generalmente envuelta por un tubo de obturación de goma).



Figura 109: Recipiente base de 50.0 mm de diámetro interior.  
Fuente: Propia.



Figura 110: Piedra porosa que se coloca entre el recipiente base y el molde con el cp.  
Fuente Propia.

Tubo de vidrio: diámetro interior de aproximadamente 5,0 mm de sección uniforme conocida, longitud de 1000 a 1400 mm, provisto de escala en milímetros, dispuesto horizontalmente de manera que el menisco de agua, dentro de él, permita mantener un nivel hidrostático coincidente con la superficie de la placa porosa arriba mencionada.



Figura 111: Colocación de la regla metálica y de las grapas para asentar los tubos de vidrio.

Fuente: Propia

Soporte ajustable que posibilite nivelar el molde con el cuerpo de prueba, a la base del recipiente y el tubo de vidrio.



Figura 112: Soporte de madera que nivela el tubo de vidrio con el cuerpo de prueba.  
Fuente Propia

### **Montaje del Conjunto de Ensayo.**

Enrollar o envolver, si es necesario, el jebe de goma en forma de tubo de manera que la parte enrollada o envuelta quede en el mismo plano de la piedra porosa del recipiente base. Compruebe que este recipiente esté libre de aire. La eliminación del aire se puede hacer sumergiendo el recipiente base dentro del agua e inyectando agua desde la punta del tubo de vidrio, de manera que la lámina de agua sea visible sobre la placa porosa, sin que haya derrame lateral.

Quitar los discos de polietileno, adheridos a las extremidades del cuerpo de prueba; colocar sobre el mismo un disco de piedra porosa y una placa perforada con vástago (Soporte de la pesa) y peso estándar. Transferir el molde, conteniendo el cuerpo de prueba, de manera que se adapte perfectamente sobre la placa porosa, apoyándose inicialmente de un lado y enderezando después, para expulsar agua y aire.

Desenrollar el tubo sellador de goma colocando, si es necesario, un "O" Ring para asegurar necesariamente el sellado. Retirar o añadir agua, en el tubo de vidrio horizontal, hasta que el menisco alcance el inicio o aproximado a la graduación.

La figura siguiente se ilustra el conjunto para la ejecución del ensayo en cuestión.



Figura 113:Equipos y materiales en el orden que se coloca antes del ensayo  
Fuente propio



Figura 114:La función del tubo de jebes ayuda a que sea más hermético.  
Fuente: Propia

#### 4.2.4.2.2. Lecturas para el Ensayo de Infiltrabilidad.

Proceder a la lectura  $L_0$ , en el tubo horizontal, correspondiente al tiempo  $T_0$ . Cuando los cuerpos de prueba están en la rama seca de la curva de compactación, el desplazamiento del menisco en el tubo horizontal es muy rápido y la primera lectura,  $L_0$ , difícilmente coincidirá con el cero de la escala milimétrica.

Cuando los cuerpos de prueba estén en la rama húmeda de la curva de compactación, el ajuste del cero del menisco, en el tubo horizontal, puede ser hecho mediante retirada del agua con jeringa apropiada.

Efectuar lecturas sucesivas de los pares  $L_i$  y  $T_i$ , en tiempos proporcionales a  $T^{1/2}$ , por ejemplo:

1, 4, 9, 16, 25, ...,  $n^2$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) minutos, o cerca de estos valores (generalmente varía de 4 a 20). Considerar terminado el ensayo cuando el desplazamiento del menisco en el tubo horizontal se estabilice, lo que generalmente ocurre antes de las 23 horas.

Si no ocurre dicha estabilización, debe haber una fuga en el conjunto lo que invalida los resultados obtenidos.

Repetir las operaciones, similarmente, para otros cuerpos de prueba.

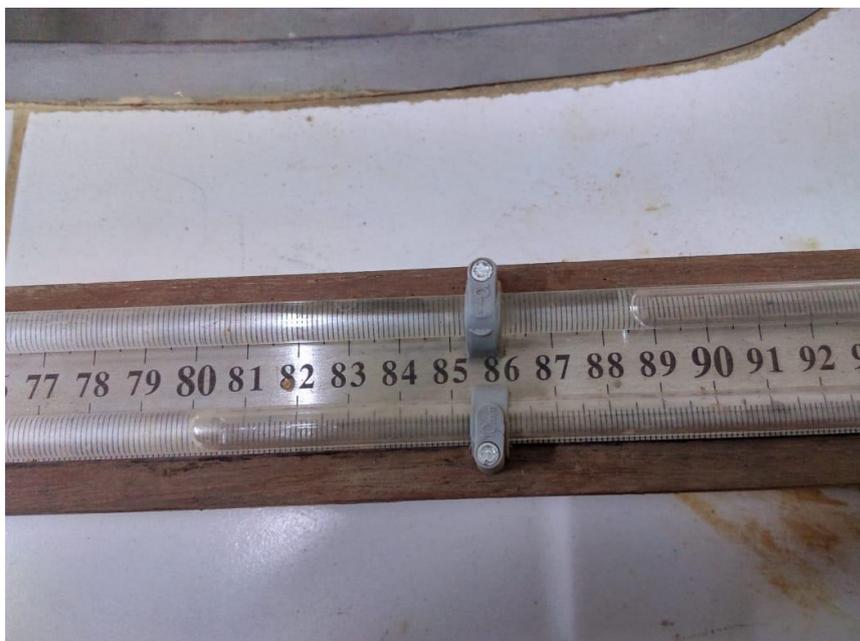


Figura 115: Las lecturas se realizan con el menisco como se muestra en la figura donde las lecturas serán 88.5 cm y 80 cm.

Fuente: Propia

#### 4.2.4.2.3. Representaciones Gráficas de Infiltrabilidad.

Para cada cuerpo de prueba, o para cada conjunto de lecturas para el mismo cuerpo de prueba (caso de repetición), los valores de las lecturas adoptando en ordenadas (eje y), las lecturas (en cm) del menisco en el tubo horizontal y en abscisas (eje x), el tiempo de lectura en escala proporcional a la raíz cuadrada del tiempo (en minutos) y verificar si los puntos se alinean según una recta inclinada.

A menudo, los puntos iniciales pertenecen a una curva.

En ese caso, desplazar paralelamente la parte rectilínea inclinada, de manera que pase de origen a fin de facilitar los cálculos. La alineación de los últimos puntos, debe tender a una horizontal.

La intersección de las rectas obtenidas, con la horizontal, dará para cada cuerpo de prueba, el tiempo de ascenso tiempo de ascenso ( $t_a$ ) en minutos, ver figura 117.

#### 4.2.4.2.4. Cálculos Infiltrabilidad:

Coeficiente de absorción (o ...)

$$S = \frac{(L1 - L2) \times St}{(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) \times Sp} \dots \dots \dots \left[ \frac{cm}{\sqrt{min.}} \right]$$

Donde:

L1 y L2 = son puntos de la recta [cm] que pasa por el origen y correspondientes a los .....tiempos  $t_1$  y  $t_2$ , de la misma recta, expresados en minutos. [mm];

St = Sección interna media del tubo horizontal [cm<sup>2</sup>];

Sp = Sección del cuerpo de prueba [cm<sup>2</sup>];

Velocidad de desplazamiento del frente de humedad

$$V = \frac{a}{\sqrt{Ta}} \dots \dots \left[ \frac{cm}{\sqrt{min.}} \right]$$

Donde:

a = Altura inicial del cuerpo de prueba. [cm];

Ta = Tiempo de ascenso [min.];

$S_p$  = Sección del cuerpo de prueba [ $\text{cm}^2$ ];

Equipos de materiales para manufacturar el equipo de infiltrabilidad:

02 tubos de vidrio de 5 mm  $\varnothing$  interior y 1.20 m de largo

02 mangueras de látex

01 regla metálica de 1 m

01 madera de 5 cm x 2 cm y 1.30 m de largo

06 grapas de cable de 8 mm

01 cola sintética

02 tacos de madera que sea más alto que el pico de la base

02 piedra porosa

02 base del cuerpo del cuerpo de prueba

02 tubos de jebe

10 abrazaderas de plástico



Figura 116: Pegado de las bases que son tacos de madera.  
Fuente: Propia.



Figura 117: Colocación de los tubos de jebe  
Fuente: Propia.



Figura 118: Colocación de las sobre cargas de 490 g encima del Cp.  
Fuente: Propia.



Figura 119: Ejecución de infiltrabilidad de la muestra Infierno.  
Fuente: Propia.

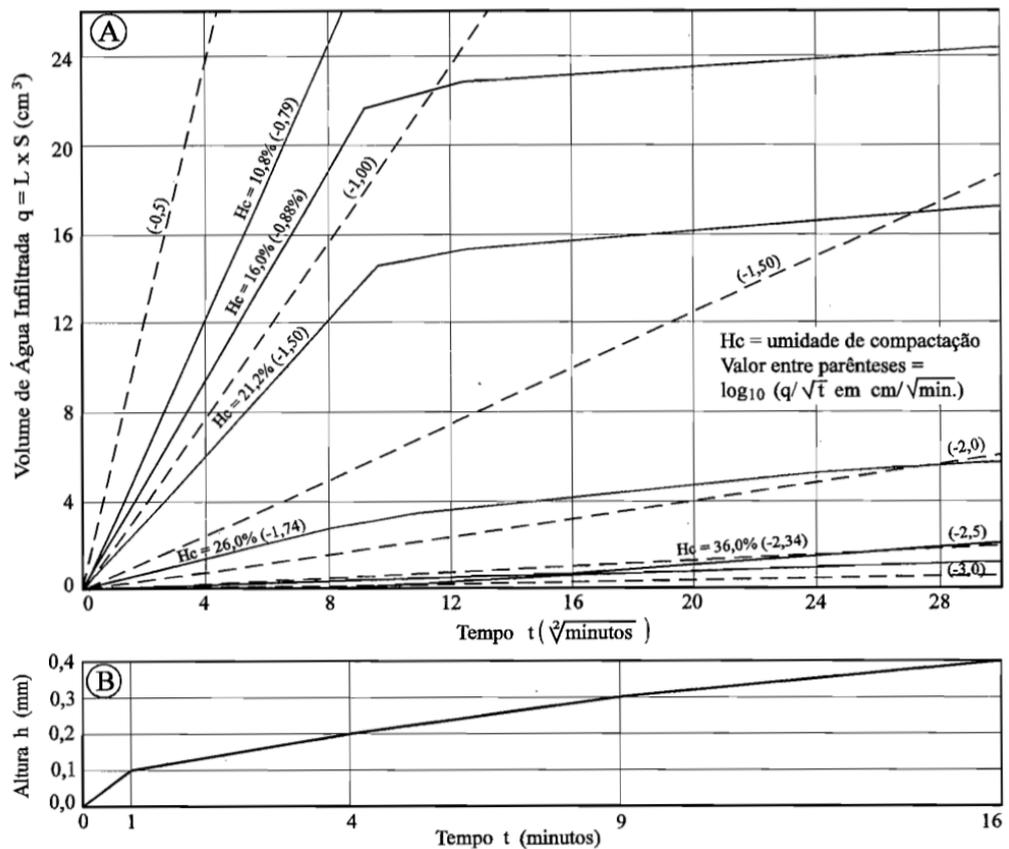


Figura 120: Resultados de un ensayo de determinación de las características de infiltración de suelos.  
Fuente: Pavimento de bajo costo con suelos lateríticos, 1995

Tabla 11: Formato de ensayo para infiltrabilidad y permeabilidad.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD E INFILTRABILIDAD - P4										
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....					<input type="radio"/> INFILTRABILIDAD <input type="radio"/> PERMEABILIDAD		CALIBRACION: 50.14	METODOS DE ENSAYOS		P4
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....							TOLERANCIA: 49.14-50.14			
ANALISA:.....NOMBRE DE LA MUESTRA : .....					P. ADICIONAL:		10 gr	HUMEDAD OPTIMA, % :		
TIPO DE ENSAYO					INFILTRABILIDAD	INFILTRABILIDAD	PERMEABILIDAD	PERMEABILIDAD	CONTRA MUESTRA	
NUMERO DE MOLDE										
PESO DEL MOLDE SOLO , g										
COMPACTACIONES TENTATIVAS	1°	MASA DEL SUELO HUMEDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
	2°	MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE+PESO ADICIONAL										
TARRO N°										
MASA DEL TARRO, g										
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO										
MASA DEL SUELO SECO + TARRO										
MASA DEL AGUA, g										
MASA DEL SUELO SECO, G										
CONTENIDO DE HUMEDAD, %										
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %										
DENSIDAD APARENTE, g/cm3										
ENSAYO DE, INFILTRABILIDAD - P4										
N°	TIEMPO				LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	
	DIA	HORA	MINUTOS	PERIODO (MINUTOS)						
1				1						
2				4						
3				9						
4				16						
5				25						
6				36						
7				49						
8				64						
9				81						
10				100						
11				121						
12				144						
13				169						
14				196						
15				225						
16				256						
17				289						
18				324						
19				361						
20				400						
ENSAYO DE, PERMEABILIDAD - P4										
1				10						
2				20						
3				30						
4				40						
5				60						
6				80						
7				120						
8				240						
9				300						

Fuente: Propia.

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEOROLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

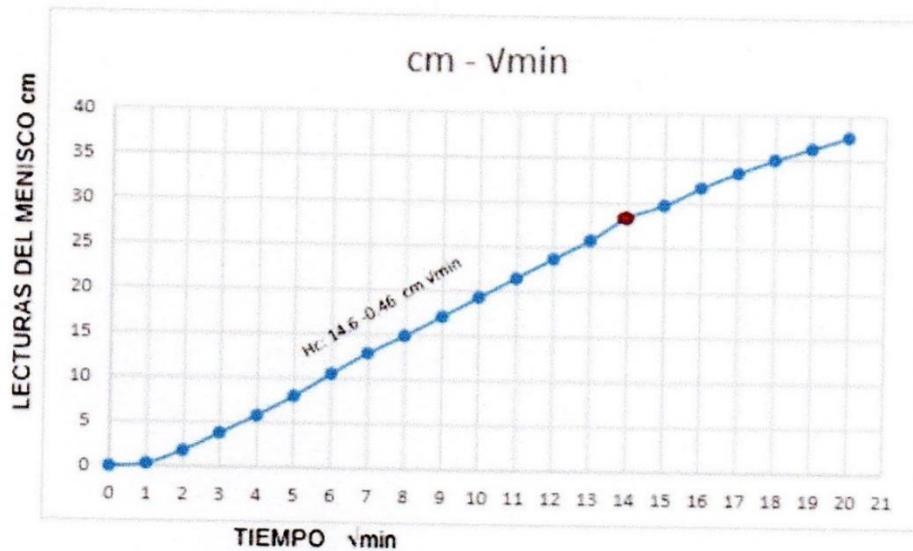
MUESTRA : Canterra Inferno  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km 15+00 Arcilla - Inferno

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.05.18

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.05.18 al 2018.05.20

### DER M-194/88 Ensayo de Infiltrabilidad

#### INFILTRABILIDAD DE LA CANTERA INFIERNO



• **CALCULO DE INFILTRABILIDAD**

- Energía de compactación
- Densidad seca
- Humedad de la compactación
- Velocidad de frente de humedad
- Coeficiente de Absorción

1624.0 kN/m<sup>2</sup>  
 1.809 g/cm<sup>3</sup>  
 14.6 %  
 0.34 cm/min  
 0.020 cm/min

-0.463 log(cm/min)

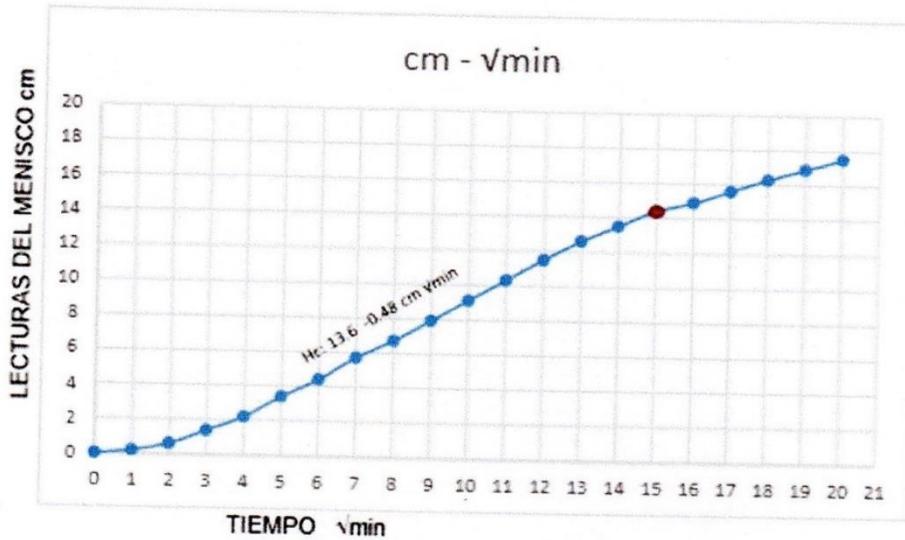
  
**ING. CESAR FERREROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 21 de Mayo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja PROYECTO : METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO CON ENERGIA MODIFICADA Y CONTRASTE CON LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL Y CLASIFICACION EN SUELOS TROPICALES REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA FECHA DE RECEPCION : 2018.05.10	MUESTRA : Noaya IDENTIFICACION : Arena Puerto del Rio Noaya CANTIDAD : 25 kg PRESENTACION : Saco de polietileno FECHA DE ENSAYO : 2018.05.15 al 2018.05.17
---	---

### DER M-194/88 Ensayo de Infiltrabilidad

#### INFILTRABILIDAD DE LA MUESTRA NOAYA



#### • CALCULO DE INFILTRABILIDAD

- Energía de compactación
- Densidad seca
- Humedad de la compactación
- Velocidad del frente de humedad
- Coeficiente de Absorción

1624.0 KN/m<sup>2</sup>  
 1.809 g/cm<sup>3</sup>  
 13.6 %  
 0.3 cm/vmin  
 0.010 cm/vmin

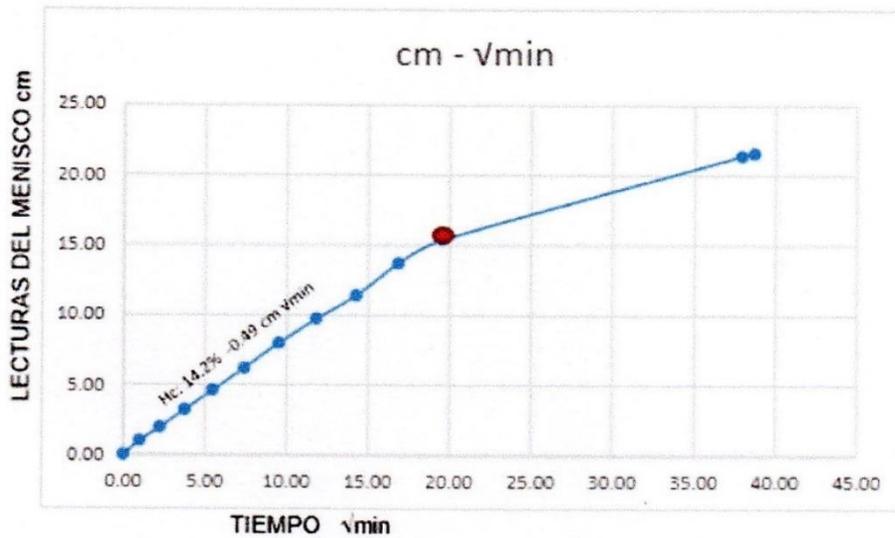
-0.481 : Log (cm/vmin)

  
**ING. CESAR FERRER YROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 20 de Mayo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

<p><b>SOLICITANTE</b> : Roberto Julio De la Cruz Medina</p> <p><b>DOMICILIO LEGAL</b> : San Borja Norte 1079, San Borja</p> <p><b>PROYECTO</b> : METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO CON ENERGIA MODIFICADA Y CONTRASTE CON LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL Y CLASIFICACION EN SUELOS TROPICALES</p> <p><b>REFERENCIA</b> : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA</p> <p><b>FECHA DE RECEPCION</b> : 2018.03.10</p>	<p><b>MUESTRA</b> : Cantera Tropezon</p> <p><b>IDENTIFICACION</b> : Arcilla Km. 10 - 000 - Arcilla</p> <p><b>CANTIDAD</b> : 25 kg</p> <p><b>PRESENTACION</b> : Saco de polietileno</p> <p><b>FECHA DE ENSAYO</b> : 2018.03.14 al 2018.03.16</p>
---	---

**DER M-194/88 Ensayo de Infiltrabilidad**  
**INFILTRABILIDAD DE LA CANTERA TROPEZON**

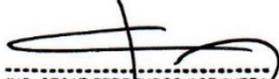


**• CALCULO DE INFILTRABILIDAD**

- Energía de compactación
- Densidad seca
- Humedad de la compactación
- Velocidad de frente de humedad
- Coeficiente de Absorción

1624.0 KN/m<sup>2</sup>  
1.873 g/cm<sup>3</sup>  
11.4 %  
0.2 cm /min  
0.023 cm /min =

-0.493 log (cm /min)

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

#### **4.2.4.3. Ensayo de Permeabilidad**

##### **4.2.4.3.1. Equipo para Medida de la Permeabilidad.**

- Bandeja de base que permite mantener firmes y en la vertical, los cuerpos de prueba, y escurrir el agua; contenedor basal (incluso utilizado en el ensayo de infiltrabilidad) que contiene placa, goma de sellado, boquilla y conexiones apropiadas.
- Tapón de goma perforada, que permite conectar la bureta al molde por medio de tubos de goma o de plástico, flexibles.
- Tubo de vidrio de sección de 2,0 cm<sup>2</sup> o 16 mm Ø, dispuestas verticalmente y vistas de escala milimétrica (para lectura del nivel de agua), graduadas con el cero coincidente con el nivel de descarga de la base del recipiente, referido en el punto a) anterior, y el final, un número entero, por ejemplo, 700, 800 mm, correspondiente al nivel máximo en la bureta, para facilitar las lecturas.
- Recipiente base de metal con un conducto metálico de 5 mm Ø, como se muestra en la figura 109.

##### **4.2.4.3.2. Determinación de la Permeabilidad.**

###### **Cuerpos de prueba.**

Pruebe a obtenerlos según el procedimiento Mini-Proctor, conforme al ensayo P1, pero en su humedad óptima, de manera que los cuerpos de prueba estén debidamente desplazados a uno de los extremos del molde.

##### **4.2.4.3.3. Saturación de los Cuerpos de Prueba para Ensayo de Permeabilidad.**

Terminado el ensayo de infiltrabilidad, generalmente todos los cuerpos de prueba provenientes del mismo ensayo se utilizan sin retirar el recipiente embace y el tubo de goma sellador.

Si el cuerpo de prueba es arcilloso y tiene humedad superior a la óptima, para acelerar la saturación se puede sumergirlo en un baño de agua capaz de aplicar mayor columna de agua, colocar como complemento hermético el tapón de jebe

encima del molde, a continuación, un tubo flexible de jebe en la punta del receptor de la base, que se pueda conectar a una columna apropiada de agua.

Dejar caer agua hasta que la lámina de agua suba dentro del molde.

Cuando el cuerpo de prueba no se sometió previamente al ensayo de infiltrabilidad, se debe adaptar el mismo tipo de recipiente base utilizado en el ensayo de infiltrabilidad, teniendo el cuidado de llenarlo completamente con agua y mantener su pico conectado a un tubo flexible en contacto con un depósito de agua, con lámina de agua cerca del nivel de la placa porosa, hasta saturar el cp.

#### **4.2.4.3.4. Montaje del Conjunto de Ensayo para Permeabilidad.**

Transferir el conjunto (plantilla con cuerpo de prueba y su contenedor base y sobrecarga) a la bandeja de soporte. Llenar de agua en molde y adaptar el tapón con tubo de goma de manera que, al apretar el tapón, el agua suba por el tubo de vidrio, expulsando el aire. Llenar el tubo de vidrio hasta el nivel máximo entero de la escala, y dejar caer el agua.

#### **4.2.4.3.5. Lecturas de Permeabilidad.**

Las lecturas de la posición del menisco ( $H_i$ ) en el tubo de vidrio de 16 mm Ø, se realizan en la escala graduada [mm]. En el caso de Permeabilidad, efectuar las lecturas de la posición del menisco en los tiempos 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 240 y 300 minutos, o hasta agotar el volumen de agua en la bureta. Repetir las operaciones, similarmente, para otros cuerpos de prueba.

Coeficiente de Permeabilidad [ K]

$$K = \frac{2.3 \times a \times S_b \times \log}{60 \times S_p \times t} \times \text{Log} \frac{H_1}{H_2} \dots \dots [cm/s]$$

Donde:

$a$  = Altura de cuerpo de prueba generalmente en 5.0 [cm];

$S_b$  = Sección interna media de la bureta [cm<sup>2</sup>.];

$S_p$  = Sección del cuerpo de prueba [cm<sup>2</sup>];

$H_1$  = Nivel de menisco, correspondiente al tiempo  $T_1$  [cm<sup>2</sup>];

$H_2$  = Nivel de menisco, correspondiente al tiempo  $T_2$  [cm<sup>2</sup>];

$t$  =  $T_2 - T_1$  [min.];

#### **4.2.4.3.6. Representación de los Resultados.**

Representan, para cada contenido de humedad de compresión, los valores  $\log k$  y  $s$  de usuarios y reciben la cantidad correspondiente al contenido de humedad óptimo de la energía adoptado. Indicar siempre el procedimiento seguido.

#### **4.2.4.3.7. Representaciones Gráficas de Permeabilidad.**

Representar los datos en las ordenadas (eje  $y$ ), en escala logarítmica y el tiempo en las abscisas (eje  $x$ ), en escala lineal. Los resultados deberán alinearse según una recta, de la cual se puede calcular el coeficiente de permeabilidad.



Figura 121: Ejecución del ensayo de Permeabilidad con tubos de 5 mm  $\varnothing$   
Fuente: Propia



Figura 122: Observación de los meniscos en tubos de 5 mm  $\varnothing$ .  
Fuente: Propia.



Figura 123: Preparación de un nuevo equipo de permeabilidad con tubo de 16 mm Ø  
Fuente: Propia.



Figura 124: Instalación de la manguera de silicona de 16 mm de Ø interior.  
Fuente: Propia.



Figura 125: Vista panorámica del equipo de permeabilidad con tubo de 16 mm Ø.  
Fuente: Propia.



Figura 126: Vista panorámica y la diferencia entre los que equipos de permeabilidad e infiltrabilidad.  
Fuente: Propia.



Figura 127: Sellado de la manguera y el tapón de jebe con silicona gris.  
Fuente: Propia.

## Formato de ensayo para infiltrabilidad y permeabilidad

ENSAYO DE PERMEABILIDAD E INFILTRABILIDAD - P4										
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....				<input type="radio"/> INFILTRABILIDAD <input type="radio"/> PERMEABILIDAD		CALIBRACION: 50.14		METODOS DE ENSAYOS		P4
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....						TOLERANCIA: 49.14-50.14				
ANALISA:.....NOMBRE DE LA MUESTRA : .....						P. ADICIONAL: 10 gr		HUMEDAD OPTIMA, % :		
TIPO DE ENSAYO					INFILTRABILIDAD	INFILTRABILIDAD	PERMEABILIDAD	PERMEABILIDAD	CONTRA MUESTRA	
NUMERO DE MOLDE										
PESO DEL MOLDE SOLO , g										
COMPACTACIONES TENTATIVAS	1°	MASA DEL SUELO HUMEDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
	2°	MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g								
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm								
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm								
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE+PESO ADICIONAL										
TARRO N°										
MASA DEL TARRO, g										
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO										
MASA DEL SUELO SECO + TARRO										
MASA DEL AGUA, g										
MASA DEL SUELO SECO, G										
CONTENIDO DE HUMEDAD, %										
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %										
DENSIDAD APARENTE, g/cm3										
ENSAYO DE, INFILTRABILIDAD - P4										
N°	TIEMPO				LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	LECTURA EN MILIMETROS	
	DIA	HORA	MINUTOS	PERIODO (MINUTOS)						
1				1						
2				4						
3				9						
4				16						
5				25						
6				36						
7				49						
8				64						
9				81						
10				100						
11				121						
12				144						
13				169						
14				196						
15				225						
16				256						
17				289						
18				324						
19				361						
20				400						
ENSAYO DE, PERMEABILIDAD - P4										
1				10						
2				20						
3				30						
4				40						
5				60						
6				80						
7				120						
8				240						
9				300						

Fuente: Propia.

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

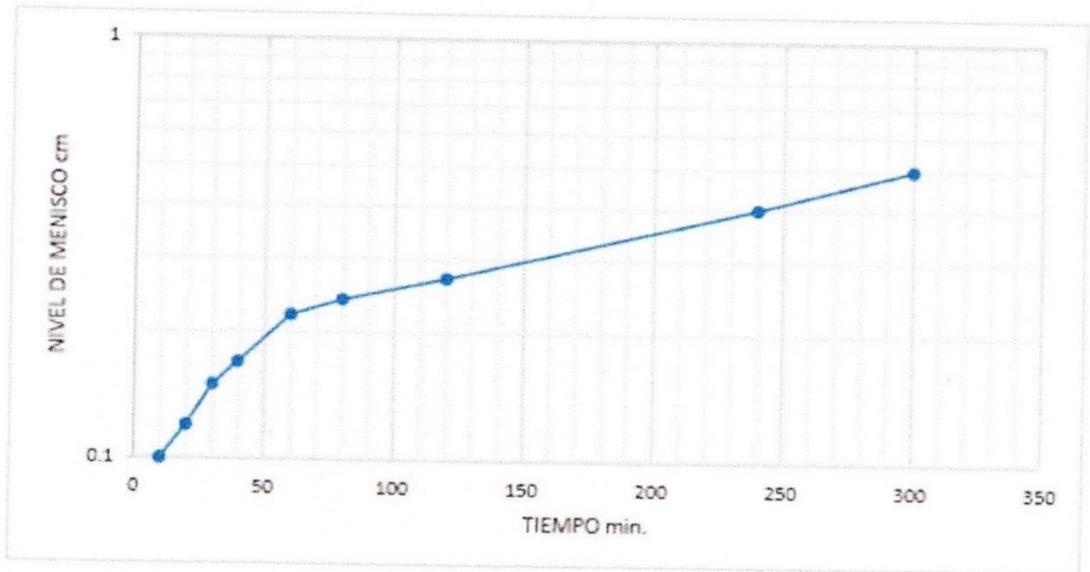
MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACIÓN : Arcilla  
 Km. 10 + 000 - Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.03.10

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.14 al 2018.03.16

### DER M-192/88 Ensayo de Permeabilidad

#### PERMEABILIDAD DE LA CANTERA TROPEZON



TIEMPO min.	Nivel Menis. cm.
0	0
10	0.1
20	0.12
30	0.15
40	0.17
60	0.22
80	0.24
120	0.27
240	0.4
300	0.5

• **CALCULO DEPERMEABILIDAD**

- Energía de compactación 1624.0 KN/m<sup>2</sup>
- Densidad seca 1.873 g/cm<sup>3</sup>
- Humedad de la compactación 14.3 %
- Diámetro del tubo 2.00 cm<sup>2</sup>
- Diámetro del cuerpo de prueba 19.63 cm<sup>2</sup>
- Altura de cuerpo de prueba 4.949 cm
- Coeficiente de Permeabilidad 0.00000151 cm/s

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  


---

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

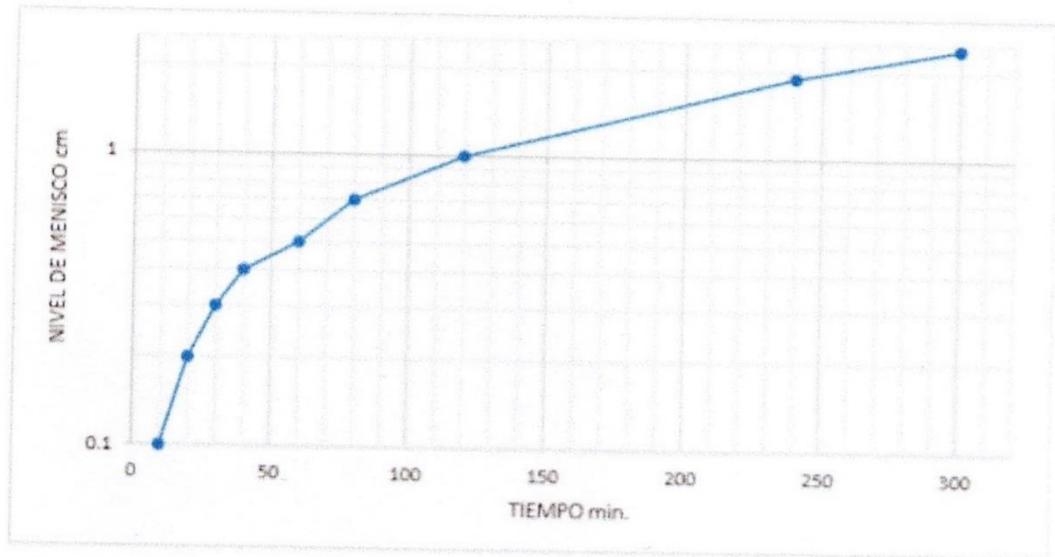
MUESTRA : Cantera Infierno  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 15 + 000 - Arcilla

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.03.10

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.27 al 2018.03.30

### DER M-192/88 Ensayo de Permeabilidad

#### PERMEABILIDAD DE LA CANTERA INFIERNO

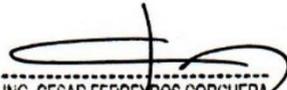


TIEMPO min.	Nivel Menis. cm.
0	0
10	0.1
20	0.2
30	0.3
40	0.4
60	0.5
80	0.7
120	1
240	1.5
300	2.4

• **CALCULO DE PERMEABILIDAD**

- Energía de compactación
- Densidad seca
- Humedad de la compactación
- Diámetro del tubo
- Diámetro del cuerpo de prueba
- Altura de cuerpo de prueba
- Coeficiente de Permeabilidad

1624.0 kN/m<sup>2</sup>  
 1.769 g/cm<sup>3</sup>  
 16.4 %  
 2.00 cm<sup>2</sup>  
 19.63 cm<sup>2</sup>  
 5.010 cm  
 0.000000693 cm/s

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  


---

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEOROLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

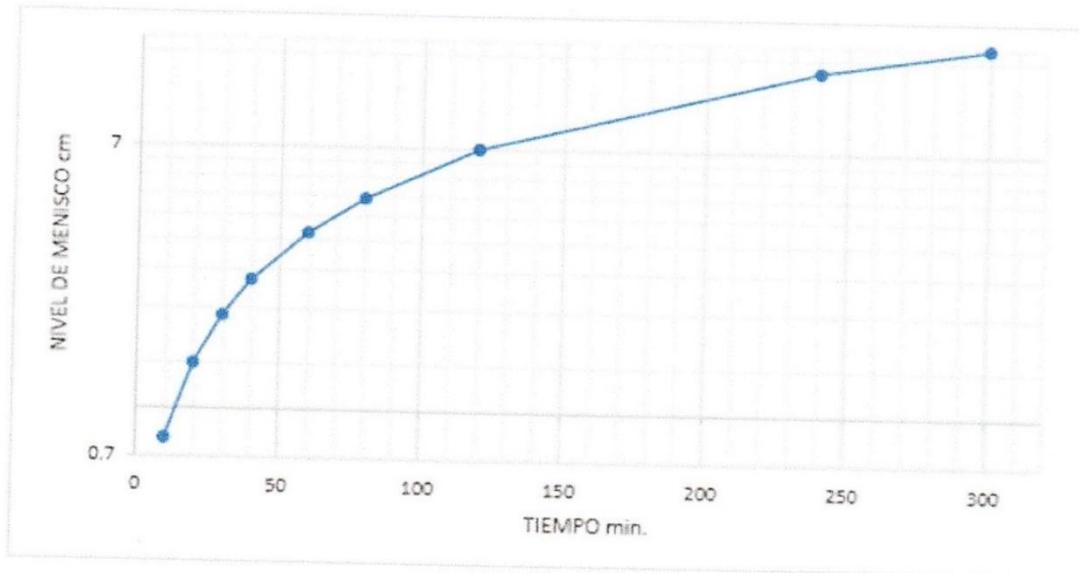
MUESTRA : Noaya  
 IDENTIFICACION : Arena  
 Fuente del rio Noaya

REFERENCIA : R. N° 2116 - 2017 - DFI - UPLA  
 FECHA DE RECEPCION : 2018.03.10

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.05.05 al 2018.06.09

### DER M-192/88 Ensayo de Permeabilidad

#### PERMEABILIDAD DE LA CANTERA INFIERNO



TIEMPO min	Nivel Menis. cm.
0	0
10	0.8
20	1.4
30	2
40	2.6
60	3.7
80	4.8
120	7
240	12.8
300	15.4

#### • CALCULO DE PERMEABILIDAD

- Energía de compactación
- Densidad seca
- Humedad de la compactación
- Diámetro del tubo
- Diámetro del cuerpo de prueba
- Altura de cuerpo de prueba
- Coeficiente de Permeabilidad

1624.0 KN/m<sup>2</sup>  
 1.869 g/cm<sup>3</sup>  
 13.6 %  
 2.00 cm<sup>2</sup>  
 19.63 cm<sup>2</sup>  
 4.865 cm  
 0.00005796 cm/s

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 10 de Junio del 2018

## **4.2.5. Ensayo de Compactación Mini-MCV (P-5).**

---

### **4.2.5.1. Consideraciones Preliminares.**

La Compactación Mini-MCV consiste en la miniaturización del método de compactación presentado por Parsons del Road Research Laboratory de Gran Bretaña en 1976 y difiere del Proctor tradicional por variar al mismo tiempo el contenido de humedad y la energía de compactación durante la ejecución del ciclo de prueba. Se obtiene así, al final del ensayo, una familia de curvas. El ensayo presentado por Parsons fue, racionalmente, desarrollado como un procedimiento para evaluar rápidamente el contenido de humedad de compactación en el campo. El Mini-MCV objetiva, sobre todo, la clasificación geotécnica de los suelos tropicales. La sigla MCV, abreviatura de "Moisura Condition Value", es una nueva propiedad geotécnica de suelos. Propuesto por Villibor (1981), fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método del DER M 191-88.

#### **4.2.5.1.1. Dispositivos Específico y Preparación de la muestra**

Se observar que el Compactador, para el Mini-Proctor del método P-1, fue adaptado para el desarrollo del Mini-MCV.

Se dispone del procedimiento siguientes:

LA SERIE DE GOLPES PROPUESTA POR PARSONS: que es la siguiente:

1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, ... n, ..., 4n.

El objetivo es caracterizar, de manera integral la influencia los diversos grados de compactación.

#### **4.2.5.1.2. Preparación de la Muestra**

Preparar las mezclas para ensayo de manera similar a la adoptada en el Ensayo Mini-Proctor P-1, excepto en lo que se relaciona a la cantidad de suelo húmedo, cuyo peso recomendable a usarse sólo será 2.0 kg de suelo seco al aire y pasado en el tamiz de 2 mm de apertura y para CP solo se usará 200 gramos de muestra con una variación de humedad del 2%.

#### **4.2.5.2. Procedimiento de Ensayo Utilizando la serie de Parsons**

Comience la compactación pesando 200 g de la mezcla más húmeda, dando los golpes iniciales de la serie de Parsons, efectuando lecturas de la posición del vástago del zócalo después de esos números, y parando cuando las lecturas sucesivas de la serie sean igual o inferior a 0,1 mm. Esta condición corresponde a la máxima densidad alcanzable para su humedad, constituyéndose en una condición designada como de "nivel". Esto debe ocurrir con 8 a 12 golpes. En caso de no ocurrir, se debe proveer la preparación de muestras más húmedas, hasta que el "nivel" aparezca en esa banda. Los cuerpos de prueba que presenten el nivel con 6 o menos golpes, deben ser despreciados.

Si, incluso con la preparación de las mezclas más húmedas, no aparece el "nivel" en la referida banda, la muestra es arena o sílice, del grupo NA. La condición referida se asocia generalmente a una abundante exudación de agua. La adopción de un "nivel", lleva generalmente a la obtención de curvas de deformabilidad inapropiadas para fines clasificatorios. Efectuar la compactación, de manera idéntica, para las mezclas inmediatamente menos húmeda, la cual deberá presentar "compactada" con 16 a 32 golpes. Continuar la compactación para las muestras menos húmedas siguientes, despreciando aquellas en que el nivel aparezca después de los 256 golpes.

##### **4.2.5.2.1. Curvas de Deformabilidad de la Serie de Parsons**

Trazar estas curvas lanzando en ordenadas (eje y), las disminuciones sucesivas de la altura  $A_n$  de los cuerpos de prueba (o el desplazamiento del vástago del zócalo de compactación) para cada cuerpo de prueba.

$$A_n = L_n - L_{4n}$$

donde:

$A_n = 1, 2, 3, \dots, n.$

$L_n =$  lectura de la posición del vástago del martillo después de los golpes, expresada en mm, con aproximación de 0,1 mm.

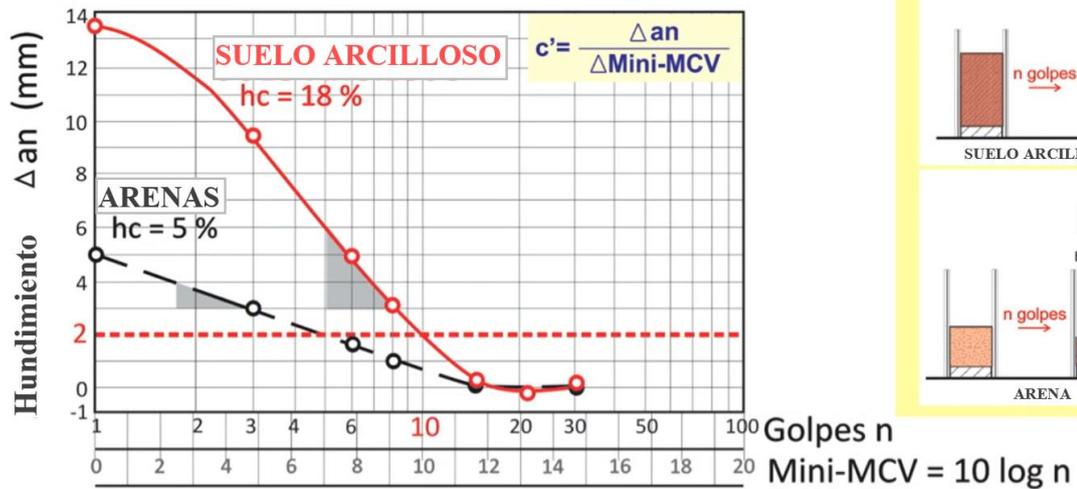
$L_{4n} =$  lectura de la posición del vástago del zócalo después de 4n golpes, expresada en mm, con aproximación de 0,1 mm. y en abscisas (eje x), los valores de n y a escala  $10 \times \log n$  (escala de los Mini-MCV).

#### 4.2.5.2.2. Función e Interpretación De las Curvas Trazadas:

**a) Mini-MCV de los Cuerpos de Prueba:** La proyección en el eje x, de la intersección de cada curva de deformabilidad con la línea horizontal de ecuación  $y = 2$  mm, proporciona una propiedad designada Mini-MCV, que puede expresarse tanto en golpes de zócalo, como en  $10 \times \log n$ , la **Curva de variación del Mini-MCV con la Humedad de compactación**, es utilizable para fines de control de la humedad y su forma general (rectilínea, cóncava, convexa) es una indicación del eventual comportamiento del suelo si es laterítico o saprolítico.

**b) Coeficiente  $C'$ :** A cada contenido de humedad de compactación, corresponde una curva de deformabilidad; el coeficiente de fricción angular, dado por la inclinación de la parte rectilínea (o parte asimilable a una recta) de cada una de ellas, se denomina genéricamente de coeficiente  $C'_n$ . Cuando la curva de deformabilidad no presenta parte rectilínea, se traza una tangente a la misma en el punto en que es cortada por la línea horizontal  $y = 2$  mm; el coeficiente angular de esta tangente, es el  $C'_n$ . Para fines clasificatorios se utiliza un  $C'_n$  en el cual  $n = 10$  y cuya abreviatura es, simplemente,  $C'$ . Como, casi siempre, no se obtiene curva de deformabilidad en esas condiciones, es obtenida por interpolación apropiada.

## GRANULOMETRIA



### Coefficiente $c'$ : Arcillosidad de suelo

Figura 128: Cálculo del coeficiente angular  $c'$  que en el método MCT se le llama granulometría.

Fuente: Propia.

### c) Curva de variación de la altura final del cuerpo de prueba con el Mini MCV:

Esta curva permite clasificar los suelos en dos grandes grupos: suelos de alta densidad, cuando la altura final del cuerpo de prueba, en Mini MCV = 10, es menor que 48 mm y densidad baja, en caso contrario. Esta distinción es necesaria para que se pueda determinar la "pérdida de masa por inmersión", según P-8 de este Anexo.

### d) Familia de Curvas de Compactación y Línea de las MEAS máx. y Coeficiente $d'$ (Procedimiento Serie de Parsons).

Representar en las abscisas las teorías de humedad de compactación y en las ordenadas las MEAS, después de los  $n$  golpes dados al cuerpo de prueba, uniendo los puntos obtenidos, con el mismo valor de  $n$ , obteniéndose una serie de curvas de compactación.

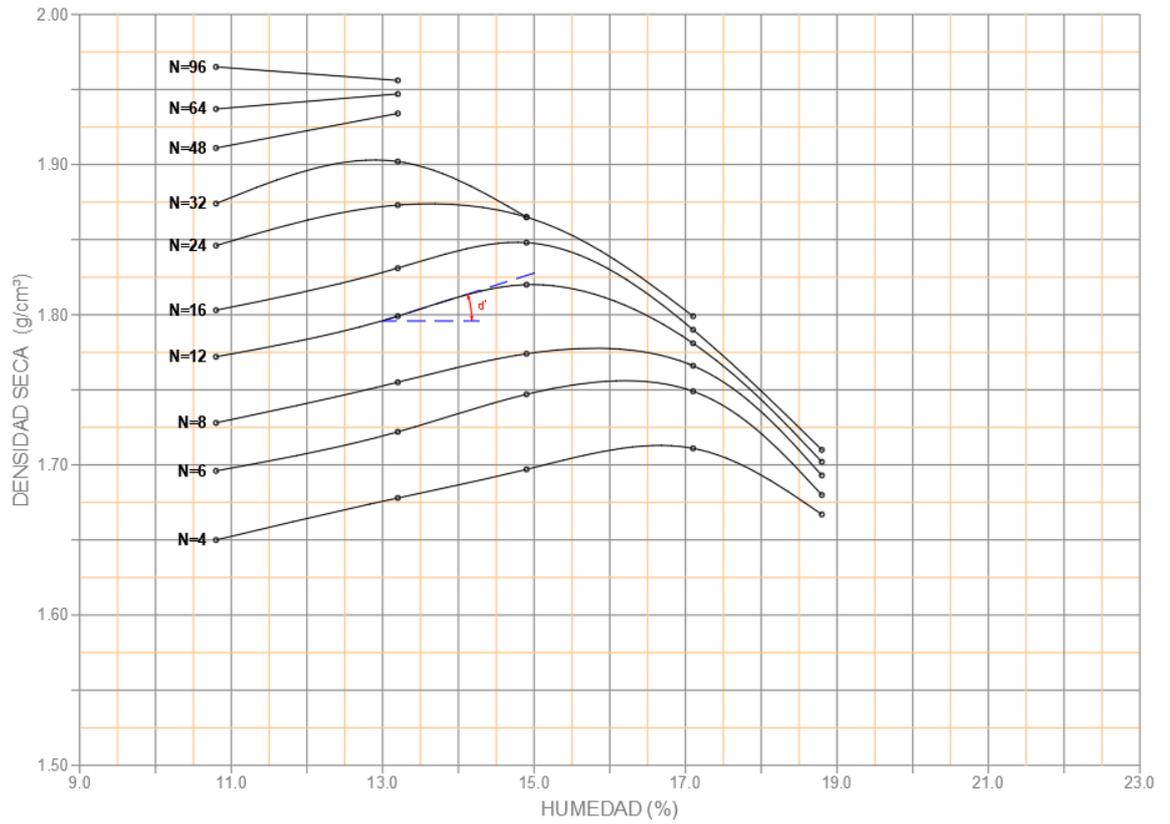


Figura 129: Cálculo del coeficiente angular  $d'$  que es la variación de densidad entre la diferencia de la humedad a los 12 golpes.  
Fuente: Propia.

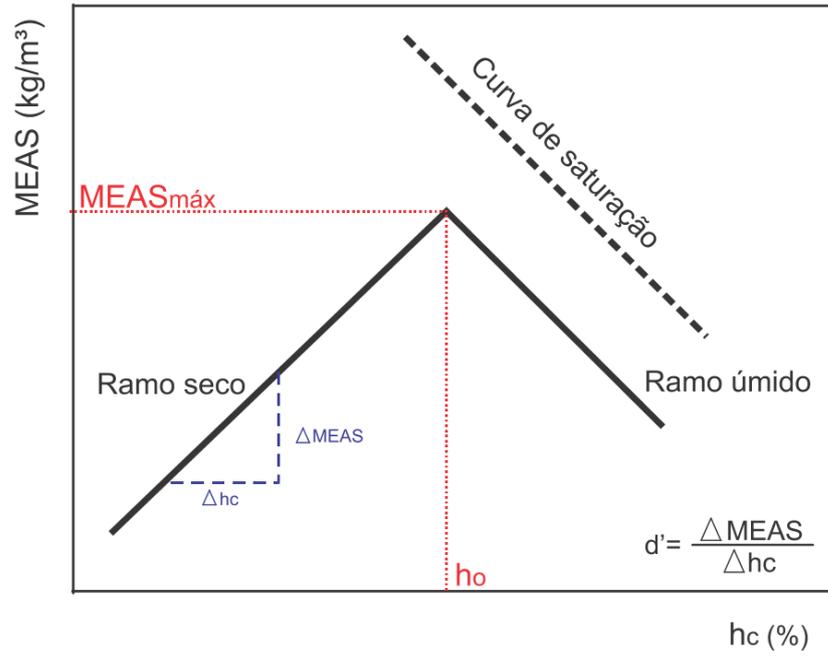


Figura 130: Cálculo del  $d'$  con el ramo seco del ensayo de compactación.  
Fuente propia



Figura 131: Posición del dial para empezar el ensayo Mini-MCV  
Fuente: Propia.





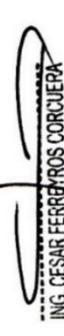
# ENSAYO DE COMPACTACIÓN MINI - MCV

## REGISTRO DE DATOS - DERM 191 - 88

CANTERA TROPEZON

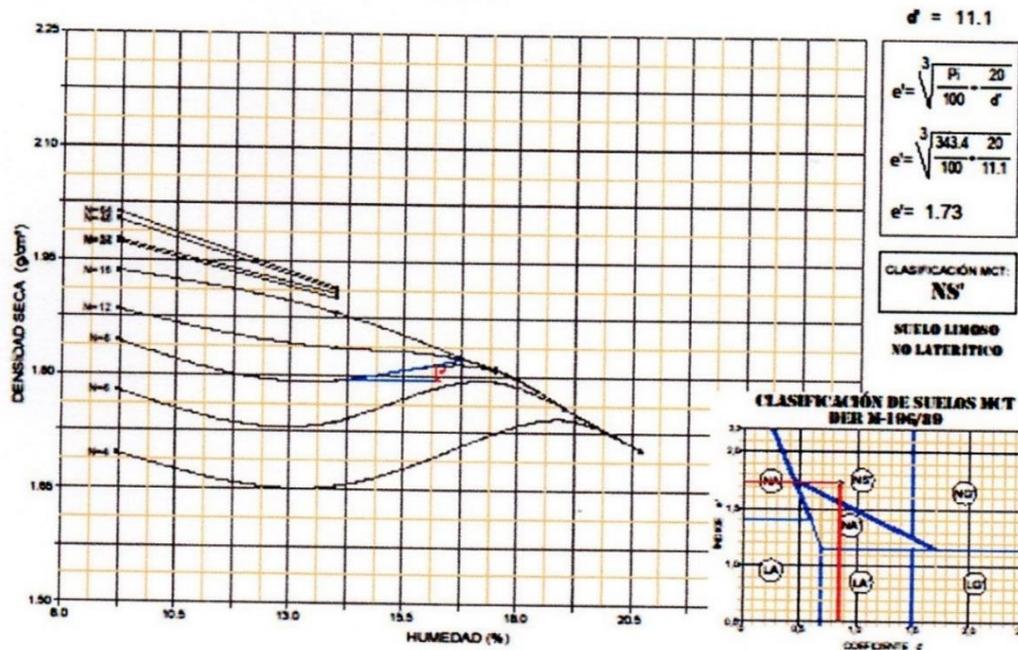
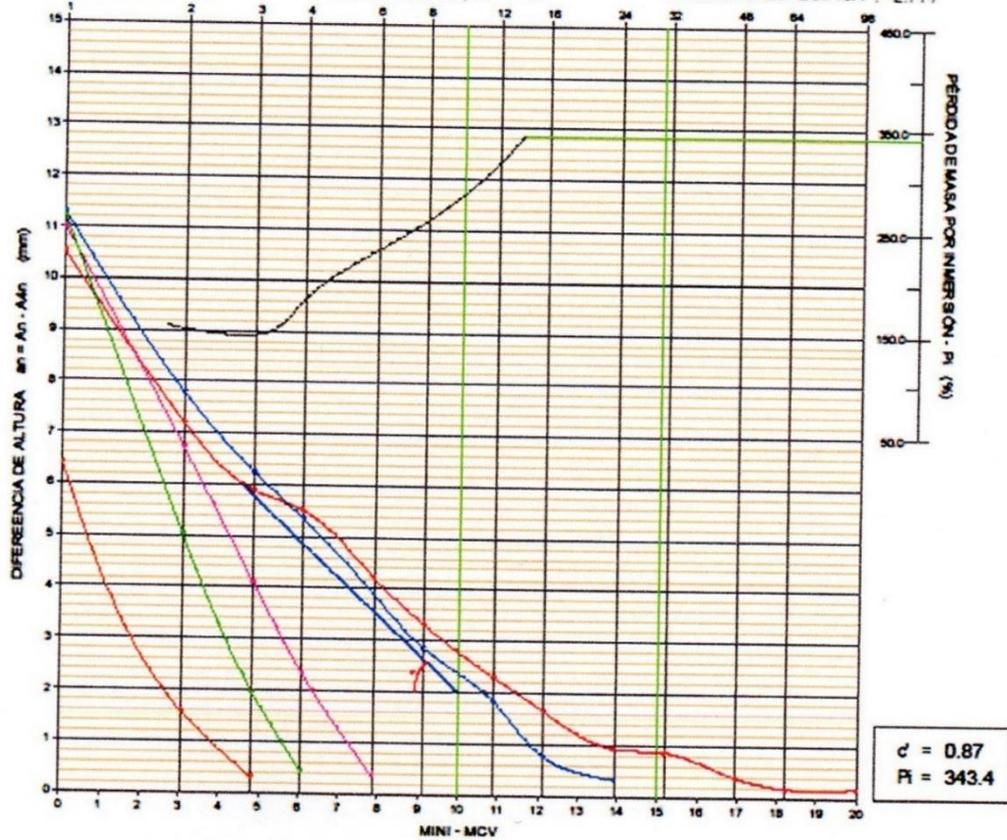
PREPARACIÓN	6			9			12			8			11		
	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)
MOLDE N°															
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO + MOLDE, g															
MASA DEL MOLDE + ADICIONAL (9.7), g															
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO, g															
CONTENIDO DE HUMEDAD, %															
MASA SUELO SECO COMPACTADO, g															
FRACCIÓN PASANTE EL TAMIZ DE 2 mm															
MASA HUMEDO, g															
FRACCIÓN RETENIDO EN EL TAMIZ DE 2 mm															
MASA HUMEDO, g															
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE DE ENSAYO															
DIÁMETRO, mm															
ALTURA, mm															
ÁREA, cm²															
CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO COMPACTADOR															
TIPO															
LIVIANO															
MASA COMPACTADA, g															
CALIB. EXTENSÓMETRO, mm (Ka = ACh-La)															
CAPSULA N°															
ALTURA EXPUESTA, mm															
VOLUMEN EXPUESTO, cm³															
MASA SUELO SECO EXPUESTO, g															
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO + TARA, g															
TARA, g															
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO, g															
PÉRDIDA DE MASA POR INMERSIÓN, %															
OPERADOR : JULIO DE LA CRUZ MEDINA															

FECHA DE ENSAYO : 21/Mayo/2018

  
**ING. CESAR FERRER ROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

CLASIFICACION DE SUELOS TROPICALES DER M-196-89 ENSAYO DE PERDIDA DE MASA POR INMERSION DER M-197-88  
 ENSAYO DE COMPACTACION Mini-MCV DER M 191-88

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE LA CANTERA TROPEZON - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : ML LIMITE LIQUIDO, % : 38 PASA Nº200, % : 53  
 CLASIF. AASHTO : A-6 (4) INDICE PLASTIC, % : 12 GRAVEDAD ESPECIFICA : 2.714



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

FECHA ENSAYO : 2018-03-21

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

# ENSAYO DE COMPACTACIÓN MINI - MCV

## REGISTRO DE DATOS - DER M 191 - 88

MUESTRA NOVA

MOLDE N°		SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO + MOLDE, g		1105.0	1066.6	1101.1	1105.3	1107.6	1107.6	889.9	889.9	198.0	198.0	18.8	166.7	166.7	
MASA DEL MOLDE + ADICIONAL (9.7), g		885.5	887.3	891.4	896.1										
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO, g		199.8	199.6	200.0	199.5										
CONTENIDO DE HUMEDAD, %		10.8	13.2	14.9	17.1										
MASA SUELO SECO COMPACTADO, g		180.3	176.3	174.1	170.4										

PREPARACIÓN	GOLPES	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSIDAD (g/cm³)
FRACCIÓN PASANTE EL TAMIZ DE 2 mm																
MASA HÚMEDO, g																
MASA SECO, g																
FRACCIÓN RETENIDO EN EL TAMIZ DE 2 mm																
MASA HÚMEDO, g																
MASA SECO, g																
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE DE ENSAYO																
DIÁMETRO, mm	50.00	50.14	19.63													
ALTURA, mm	50.00	48.754	2.88	1.803	49.048	2.62	1.831	47.977	1.820	48.722	1.781	1.702	49.884	1.702	1.710	49.646
ÁREA, cm²																
CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO COMPACTADOR																
TIPO	ALT. CALDA, cm	MASA, g														
	48	48.046	1.66	1.911	46.630	1.31	1.902	47.542	1.865	48.242	1.799	1.710	49.646	1.710	1.710	49.646
LIVIANO																
	64	47.418	1.75	1.937	46.118	1.834	1.934	48	1.865	48.242	1.799	1.710	49.646	1.710	1.710	49.646
MASA COMPACTADA, g																
	96	46.728	1.965	45.914	1.947	64	1.956	96	1.965	48.242	1.799	1.710	49.646	1.710	1.710	49.646
	128	46.188	1.988	45.822	1.960	128	1.960	128	1.960	48.242	1.799	1.710	49.646	1.710	1.710	49.646
CALIB. EXTENSÓMETRO, mm																
	192	45.666	2.011			192		192								
	256	45.366	2.024			256		256								

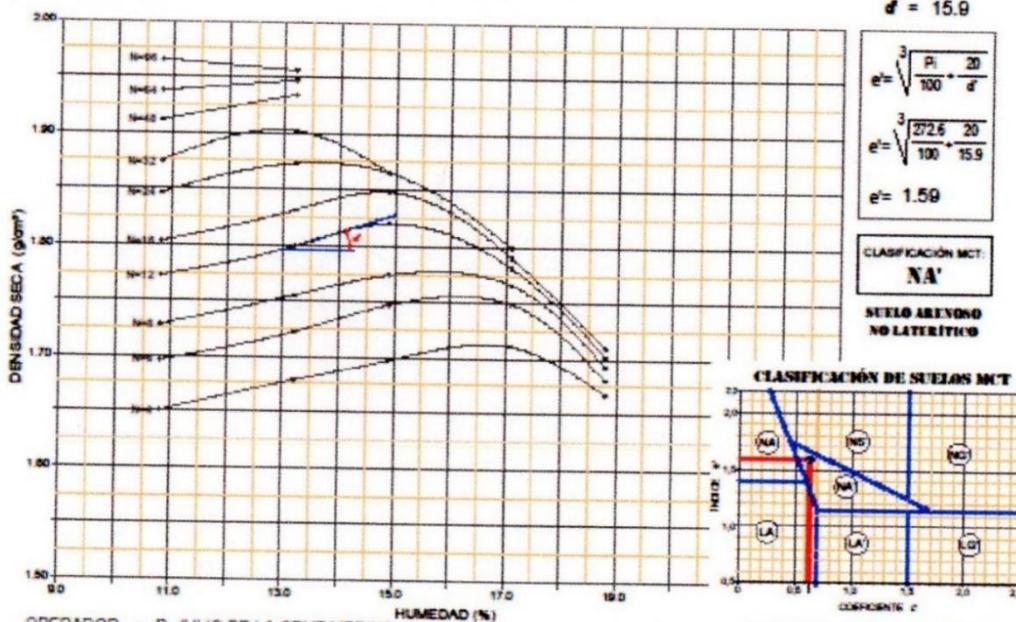
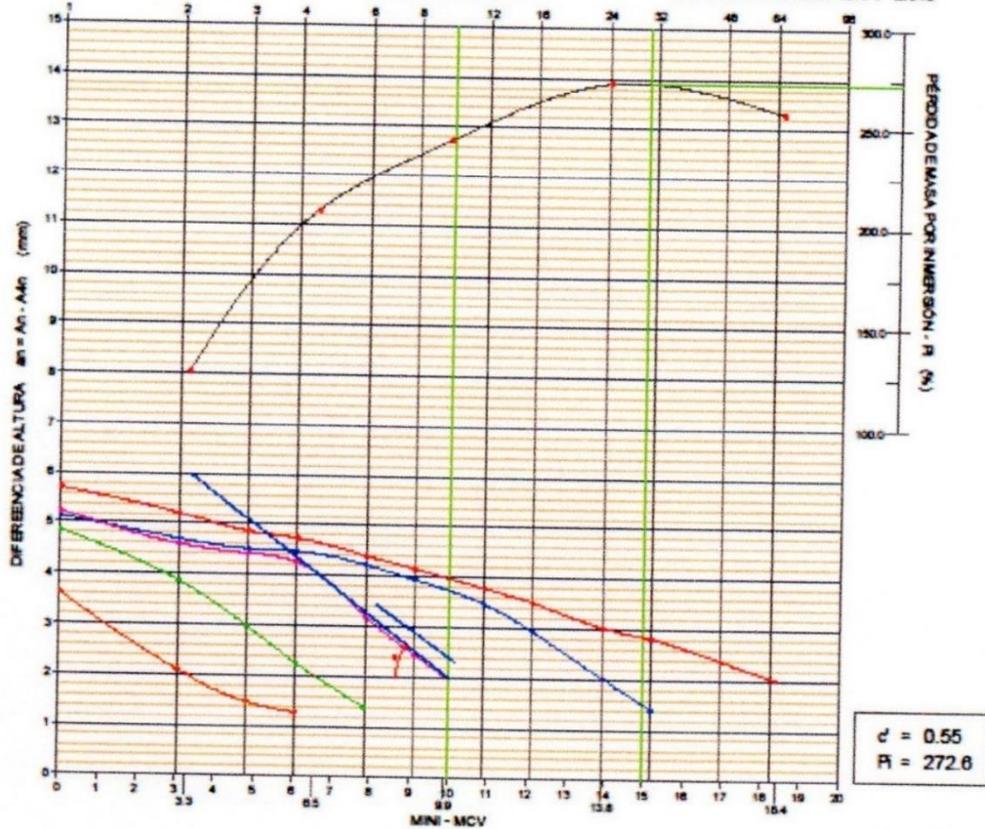
  

CÁPSULA N°	01	02	03	04	05	06
ALTURA EXPUESTA, mm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
VOLUMEN EXPUESTO, cm³	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10
MASA SUELO SECO EXPUESTO, g	32.67	34.37	35.63	37.44	38.67	39.67
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO + TARA, g	151.90	160.00	152.00	141.00	114.10	114.10
TARA, g	67.80	66.40	65.40	63.40	65.40	65.40
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO, g	84.10	93.60	86.60	77.60	48.70	48.70
PERDIDA DE MASA POR INMERSIÓN, %	257.40	272.30	243.10	207.20	125.90	125.90

FECHA DE ENSAYO : 21/Febrero/2018

  
**ING. CESAR FERRERINOS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DEL RIO DEL PUENTE NOAYA - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : SM LÍMITE LIQUIDO, % : 21 PASA Nº200, % : 30  
 CLASIF. AASHTO : A-2.4 (0) ÍNDICE PLÁSTICO, % : NP GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.613



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

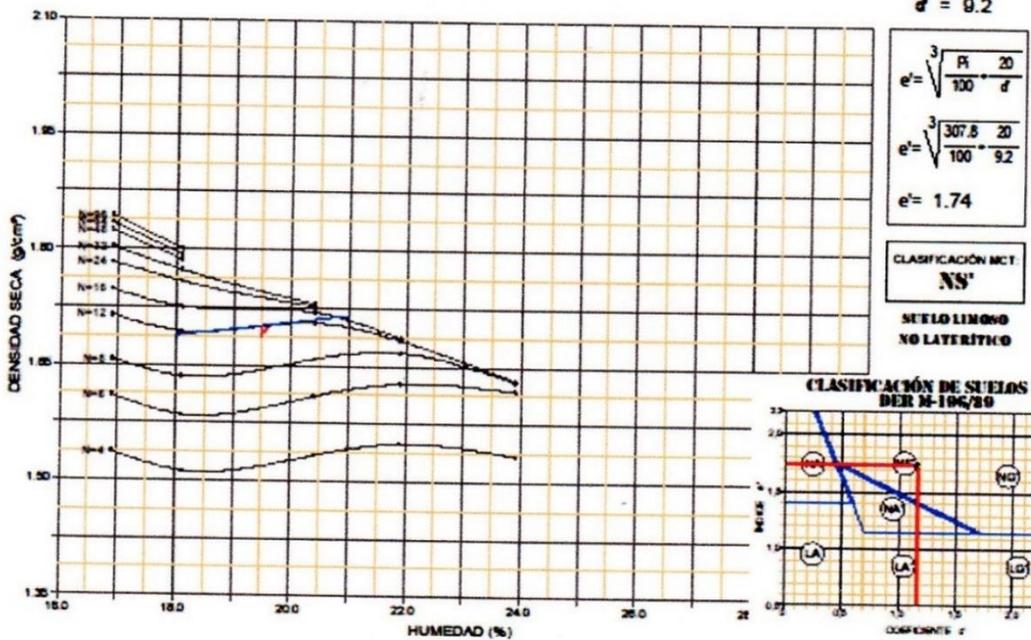
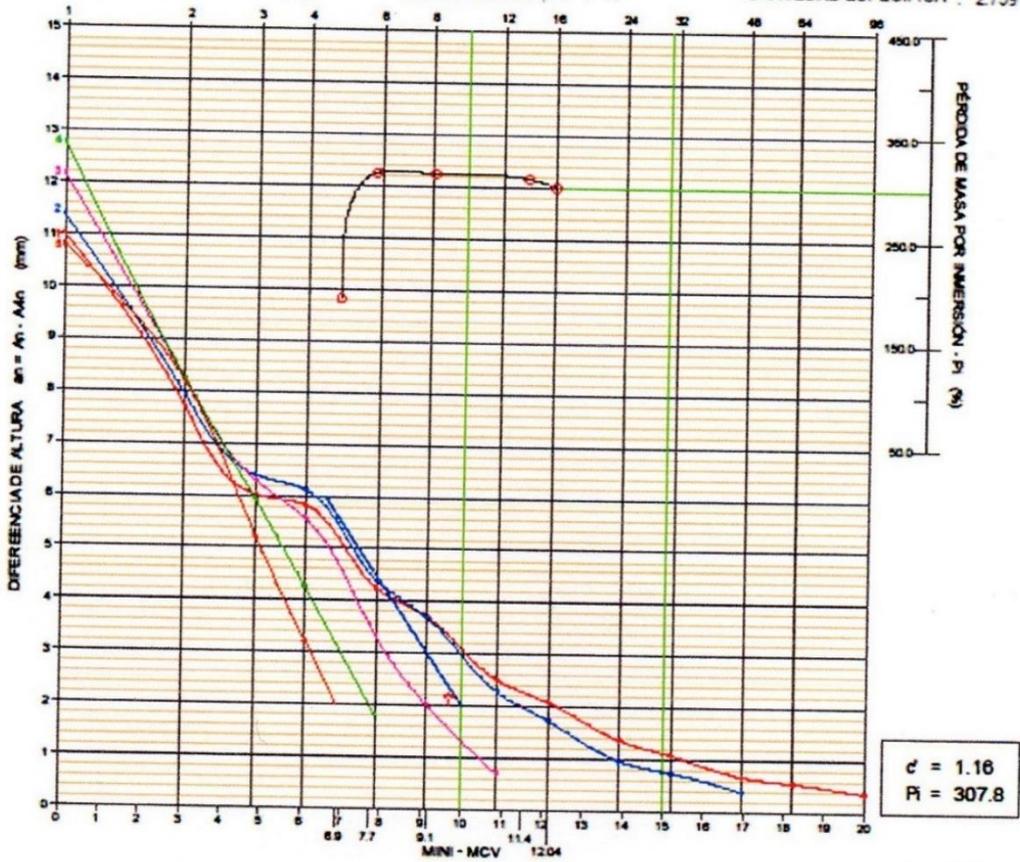
FECHA ENSAYO : 2018-02-21

ING. CESAR FARREROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales



CLASIFICACION DE SUELOS TROPICALES DER M-196-89 ENSAYO DE PERDIDA DE MASA POR INMERSION DER M-197-88  
 ENSAYO DE COMPACTACION Mini-MCV DER M 191-88

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE LA CANTERA INFIERNO - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : ML LIMITE LIQUIDO, % : 48 PASA Nº200, % : 97  
 CLASIF. AASHTO : A-7-5(21) INDICE PLASTIC, % : 17 GRAVEDAD ESPECIFICA : 2.759



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

FECHA ENSAYO : 2018-05-21

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

#### **4.2.6. Ensayo de Penetración de La Imprimación (P-6).**

---

##### **4.2.6.1. Consideraciones Preliminares.**

Este ensayo permite prever, preliminarmente, el comportamiento del suelo en cuanto a la penetración de la imprimación bituminosa, utilizando cuerpos de prueba compactados en laboratorio según la sistemática MCT.

Propuesto por Villibord 1981, fue implantado en la DER-SP con las mismas directrices en su método DER M-199/89.

##### **4.2.6.2. Equipos y Materiales Específicos.**

- a) Disco Metálico Espaciador
- b) Imprimante MC-30 o MC-70
- c) Parafina
- d) mechero

##### **4.2.6.3. Procedimiento para la Penetración de la Imprimación.**

###### **Montaje, extracción y secado de los cuerpos de prueba.**

Se obtienen, preferentemente, cuerpos de prueba compactados según el procedimiento Mini-Proctor introduciendo o colocando en la muestra de suelo asentado, el disco metálico, debidamente centrado luego de completar la compactación con 12 golpes se extrae cuidadosamente el CP de prueba con el extractor de palanca, luego se retira el disco espaciador. Dejar los cuerpos de prueba a la sombra durante 60 minutos.

Se aplica la parafina en todo el contorno del CP menos en la parte donde ira el material Bituminoso.

Seguidamente se humedecerá los cuerpos de prueba aplicando uniformemente en la parte superior de los mismos, aproximadamente 0,5 ml (correspondiente a la tasa de 0,5 l / m<sup>2</sup>) de agua.

Después de 15 minutos efectuar la imprimación con asfalto diluido, aplicando 1,2 ml (correspondiente a la tasa de 1,2 l / m<sup>2</sup>), cumpliendo las condiciones fijadas en la tabla 13.

Una vez que se coloca la imprimación, dejarlos en reposo durante 72 horas.

Partir los cuerpos de prueba, longitudinalmente, midiendo la penetración del elemento bituminoso en cada cuerpo de prueba, considerando que cada cuerpo de prueba varía el contenido de humedad

Graficar la penetración de la imprimación en milímetros con la teoría de humedad de compactación, seguidamente graficar también la curva de compactación y una vez situado la humedad optima, restar dos por ciento de humedad en el eje x e interceptar en la curva de penetración bituminosa pudiendo calcular la penetración en milímetros.

Tabla 13:Viscosidad y temperatura de aplicación.

TIPO DE ASFALTO DILUIDO	MC-30	MC-70
Temperatura De aplicación	30°	40°
Viscosidad Saybolt-Furol	100 a 125 (25°)	80 a 100 (50°)

#### **Disco Espaciador.**

Es de acero inoxidable con un diámetro de 35 mm y 1.5 mm de espesor.



Figura 134: Colocación del disco espaciador de 35 mm de  $\varnothing$  y 1.5 mm de espesor.  
Fuente: Propia.



Figura 135: Disco espaciador, siempre al centro de cp cuero de prueba.  
Fuente: Propia.



Figura 136: Compactación del Cp con el martillo intermedio.  
Fuente: Propia.



Figura 137: Expulsión del disco espaciador.  
Fuente: Propia

Parafinado el cuerpo de CP, excepto el área de depresión mencionada se repite los procedimientos, para los 5 CP



Figura 138:Parafinado del Cp.  
Fuente: Propia

Humedecer la parte circular no parafinada del CP en una tasa aproximada de 0.5 L/m<sup>2</sup> de agua con la ayuda de cuenta gotas, dejar en reposo durante 15 minutos a fin de garantizar una distribución homogénea de agua.

Tabla 14:Cantidades de materiales usados en el ensayo

Imprimante MC-30	1.15 ml
Agua	0.5 ml

Tabla 15:Características del MC-30

**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO DEL IMPRIMANTE MC - 30**

ENSAYOS REALIZADOS A LA MUESTRA ORIGINAL	NORMA	RESULTADO
VISCOSIDAD CINEMÁTICA , 60 °C (cSt)	ASTM D-2170	51.6
PUNTO DE INFLAMACIÓN - Tag, copa abierta (°C)	ASTM D-3143	83.0
GRAVEDAD ESPECIFICA a 15 °C (kgr/m <sup>3</sup> )	ASTM D-3142	926.0
DESTILACIÓN		
Volumen Total Destilado a 360 °C (%)		
a 190 °C (374 °F)	ASTM D-402	27.8
a 225 °C (437 °F)		71.1
a 260 °C (500 °F)		90.0
a 316 °C (600 °F)		41.7
Residuo Destilado a 360 °C (680 °F), Volumen por diferencia (%)		58.3
<b>ENSAYOS REALIZADOS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>		
PENETRACIÓN, 25 °C (77 °F), 100 g, 5 s, 0,1 mm	ASTM D-5	189
DUCTILIDAD, 25 °C, 5 cm/min (cm)	ASTM D-113	+ 100
VISCOSIDAD ABSOLUTA, 60 °C, 300 mm Hg (Pa · s)	ASTM D-2171	52.6
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO, (%)	ASTM D-2042	99.94

**Observaciones:**

- Muestra de Asfalto líquido, proporcionada e identificada por el solicitante.



Figura 139:Humedecimiento de CP.  
Fuente: Ensayo de penetración de imprema dura DERP



Figura 140:Reposo de los cp parafinados.  
Fuente: Propia



Figura 141:Reposo de los cp parafinados.  
Fuente: Ensayo de penetración de imprima dura DERP.

Efectuar la imprimación con un MC-30 con una tasa de riego de 1.2 L/m<sup>2</sup> o MC-70 con una tasa de riego de 0.7 L/m<sup>2</sup> y dejar los CP en reposo durante 72 horas hasta que penetre el compuesto bituminoso.



Figura 142:Muestra con imprimación bituminosa, mezcla de Tropezón.  
Fuente: Propia.



Figura 143: Muestra con imprimación bituminosa, mezcla de Infierno.  
Fuente: Propia



Figura 144: Muestra con imprimación bituminosa a la izquierda Noaya a medio Tropezón y a la derecha Infierno.  
Fuente: Propia



Figura 145: Preparación para la penetración con cada punto de humedad de la muestra Noaya.

Fuente: Propia

Después de pasar 72 horas partir los CP por la parte longitudinal y medir la penetración de la imprimación asfáltica en 6 lugares distintos en cada muestra.



Figura 146: Penetración de la muestra de Noaya.

Fuente: Propia



Figura 147: Medición de la penetración de la muestra de Tropezón.  
Fuente: Propia



Figura 148: Penetración de la muestra infierno.  
Fuente: Propia

Tabla 16: Formato de laboratorio de penetración de bituminosas

ENSAYO DE PENETRACION DE BITUMINOSAS - P6																																																																
FECHA DE INICIO:.....FECHA DE TERMINO.....					Tº de la parafina		87 Cº	ENSAYOS		P6																																																						
TEMPERATURA AMBIENTE.....					Tipo de imprimacion		Ø DISCO METAL		35 mm																																																							
ANALISA:.....					NOMBRE DE LA MUESTRA : .....		ESPESOR D METAL :		1.5 mm																																																							
TIPO IMPRIMACION																																																																
NUMERO DE MOLDE																																																																
PESO DEL MOLDE SOLO , g																																																																
COMPACTACIONES TENTATIVAS	1º	MASA DEL SUELO HUMEDO, g																																																														
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm																																																														
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm																																																														
	2º	MASA DEL SUELO HUMEDO CORREGIDO, g																																																														
		LECTURA DEL EXTENSOMETRO, mm																																																														
		ALTURA DEL ESPECIMEN, mm																																																														
MASA DEL SUELO HUMEDO + MOLDE+PESO ADICIONAL																																																																
TARRO Nº																																																																
MASA DEL TARRO, g																																																																
MASA DEL SUELO HUMEDO + TARRO																																																																
MASA DEL SUELO SECO + TARRO																																																																
MASA DEL AGUA, g																																																																
MASA DEL SUELO SECO, g																																																																
CONTENIDO DE HUMEDAD, %																																																																
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %																																																																
DENSIDAD APARENTE, g/cm3																																																																
ENSAYO DE, EXPANCIÓN Y CONTRACCIÓN M2 - M3																																																																
FECHAS DE LAS LECTURAS					PENETRACION MILIMETROS	PENETRACION MILIMETROS	PENETRACION MILIMETROS	PENETRACION MILIMETROS	PENETRACION MILIMETROS	PENETRACION MILIMETROS																																																						
CANTIDAD DE AGUA ANTES DEL IMPRIMANTE, ml																																																																
CANTIDAD DE IMPRIMANTE, ml																																																																
TIPO DE IMPRIMANTE																																																																
TEMPERATURA DE LA APLICACIÓN DEL IMPRIMANTE, Cº																																																																
PENETRACION mm																																																																
UMIDADES DE COMPACTACION %																																																																
<table border="1" style="width: 100%; height: 150px;"> <tr> <td rowspan="6" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">PENETRACION mm</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										PENETRACION mm																																																						
PENETRACION mm																																																																
CONTENIDO DE HUMEDAD %																																																																

Fuente: Propia

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MINI COMPACTACIÓN  
 TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

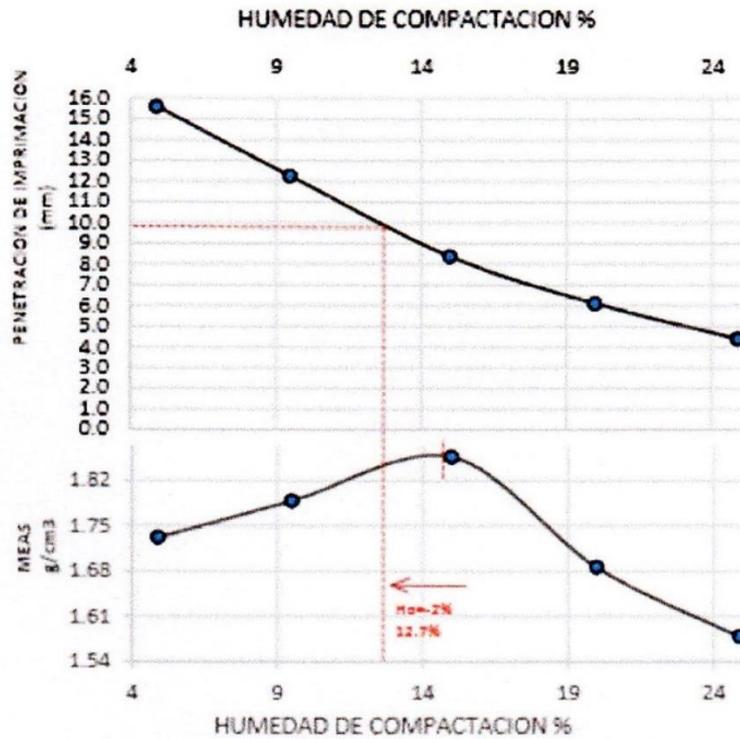
MUESTRA : Noaya  
 IDENTIFICACIÓN : Arena  
 Puente del río Noaya

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.14 al 2018.03.19

FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.03.09

### DER M-199/89 Penetración de Imprimante

#### PENETRACION DE IMPRIMACION DE LA MUESTRA NOAYA



HUMEDAD %	PENETRACION mm
24.9	4.4
20	6.1
15	8.4
9.5	12.3
4.9	15.6

- Tipo de Imprimante
- Temperatura de aplicación
- Cantidad de imprimante MC-30
- Cantidad de agua
- Máxima Densidad Seca
- Óptimo contenido de humedad
- Humedad después de 15 minutos : -2%
- Reposo después de la imprimación :

**MC-30**  
 30.0 C°  
 1.150 ml  
 0.5 ml  
 1.852 g/cm<sup>3</sup>  
 14.7 %  
 12.7 %  
 72.horas

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**

Lima, 16 de Abril del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

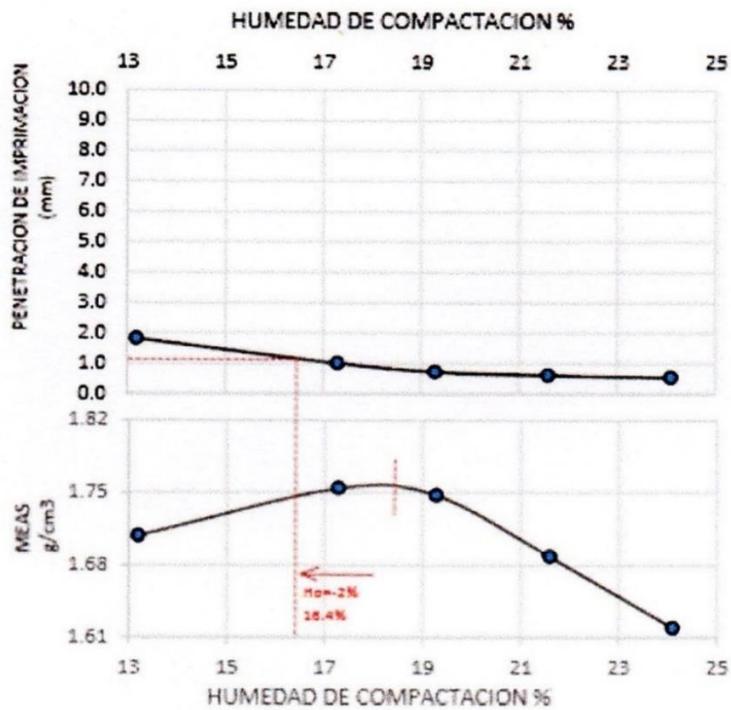
MUESTRA : Cantera Infierno  
 IDENTIFICACION : Arcilla  
 Km. 15 + 000 - Arcilla-Infierno

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.14 al 2018.03.19

FECHA DE RECEPCION : 2018.03.09

### DER M-199/89 Penetracion de Imprimante

#### PENETRACION DE IMPRIMACION DE LA MUESTRA INFIERNO



HUMEDAD %	PENETRACION mm
13.2	1.8
17.3	1.0
19.3	0.7
21.6	0.6
24.1	0.5

- Tipo de Imprimante
- Temperatura de aplicación
- Cantidad de Imprimante MC-30
- Cantidad de agua
- Maxima Densidad Seca
- Optimo contenido de humedad
- Humedad despues de 15 minutos : -2%
- Reposo despues de la Imprimacion :

**MC-30**  
 30.0 C°  
 1.150 ml  
 0.5 ml  
 1.769 g/cm<sup>3</sup>  
 18.4 %  
 18.4 %  
 72 horas

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

INGENIERO RESPONSABLE

Lima, 16 de Abril del 2018

## ENSAYOS DE SUELOS TROPICALES

SOLICITANTE : Roberto Julio De la Cruz Medina  
 DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079, San Borja  
 PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METEOROLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

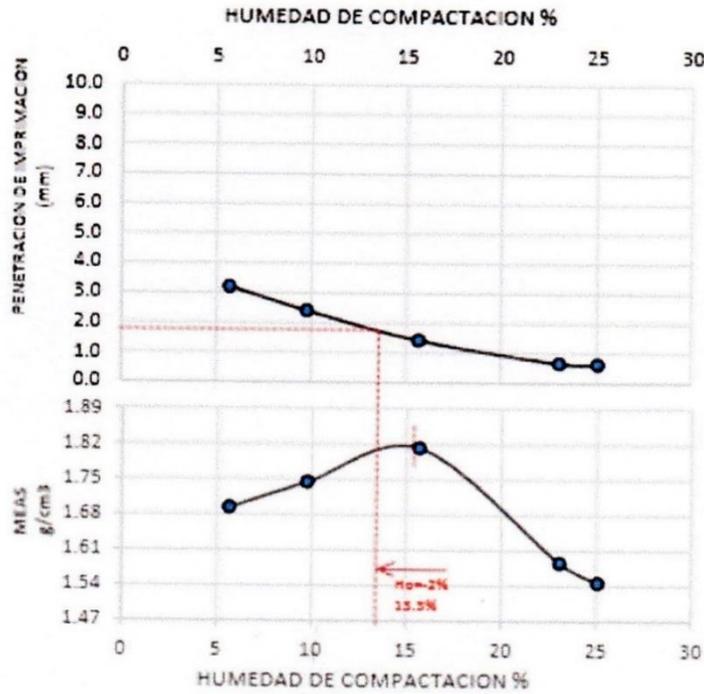
MUESTRA : Cantera Tropezon  
 IDENTIFICACION : Aroña  
 Km. 10 - 000 - Aroña

CANTIDAD : 25 kg  
 PRESENTACION : Saco de polietileno  
 FECHA DE ENSAYO : 2018.03.14 al 2018.03.19

FECHA DE RECEPCION : 2018.03.09

### DER M-199/89 Penetracion de Imprimante

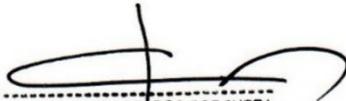
#### PENETRACION DE IMPRIMACION DE LA MUESTRA TROPEZON



HUMEDAD %	PENETRACION mm
5.7	3.2
9.8	2.4
15.7	1.4
23.1	0.7
25.1	0.6

- Tipo de imprimante
- Temperatura de aplicación
- Cantidad de imprimante MC-30
- Cantidad de agua
- Maxima Densidad Beca
- Optimo contenido de humedad
- Humedad despues de 15 minutos : -2%
- Reposo despues de la Imprimacion :

**MC-30**  
 30.0 C°  
 1.150 ml  
 0.5 ml  
 1.813 g/cm³  
 15.3 %  
 13.3 %  
 72 horas

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Direccion de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 30 de Marzo del 2018

#### 4.2.7. Ensayo Mini-CBR de Campo Procedimiento Dinámico (Aplicación de Golpes de Martillo) (P-7).

##### 4.2.7.1. Consideraciones Preliminares.

Hay varios procedimientos para determinar el Mini-CBR en el campo. Cuando la determinación se efectúa estáticamente, como en el procedimiento P2 de este anexo, se dispone de dos procedimientos: uno que utiliza carga estática de un vehículo y otro que utiliza pesos apropiados (pesos de sondeos a percusión, etc.) - Propuesto por Villibor (1981), fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método DER M-191-88. En este anexo se presenta, sólo, el procedimiento, Densidad dinámica portátil, por las ventajas que presenta sobre aquellos que se basan en el uso de carga estática.

Aparatos Específicos:

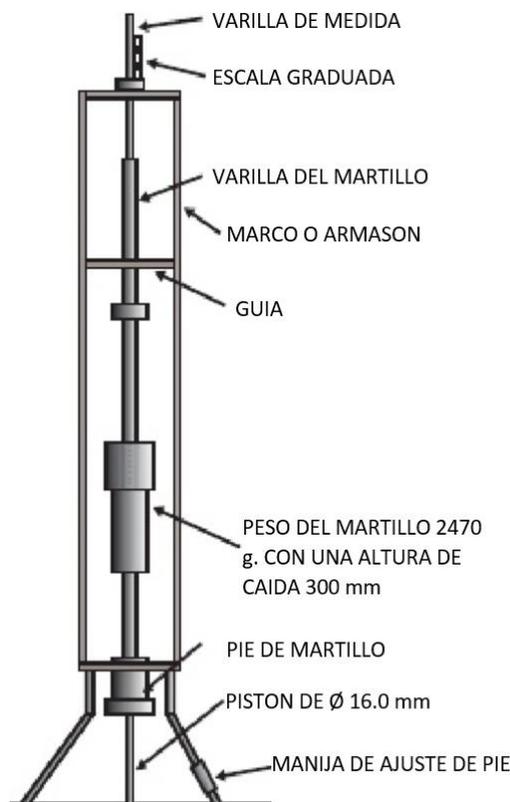


Figura 149: Aparato portátil, Mini-CBR de campo  
Fuente: Propia.

#### 4.2.7.2. Procedimiento.

Aplanar el área donde se quiere determinar el Mini-CBR, o elegir una superficie plana preexistente. Apoyar cuidadosamente la punta del penetrómetro, sobre la superficie que se pretende ensayar. Si es necesario, nivelar el conjunto variando la altura de uno de los pies. Realizar la lectura inicial  $L_i$ . Aplicar un golpe del zócalo y, a continuación, efectuar la lectura  $L_f$ . Utilizar la siguiente fórmula de correlación o tablas o gráficos derivados de la misma:

$$\log (\text{Mini-CBRd}) = 2,28 - 1,5 \log (L_i - L_f)$$

donde: Mini-CBRd = Mini-CBR obtenido por el procedimiento dinámico.

Efectuar, por lo menos, 3 determinaciones en un radio de cerca de 10 cm de la primera, adoptando la media. Dependiendo de los valores obtenidos, efectuar determinaciones adicionales para que el resultado final tenga representatividad estadística.

En el lugar en que se efectuó la penetración, retirar una alícuota de suelo, pesando cerca de 100gf, para la determinación del contenido de humedad y, eventualmente, otras propiedades del mismo.



Figura 150: Penetrómetro de campo.

Fuente: Libro de pavimentos económicos.

#### 4.2.8. Ensayo de Pérdida de Masa por Inmersión (P-8).

---

##### 4.2.8.1. Consideraciones Preliminares.

Este ensayo proporciona una de las propiedades de los suelos tropicales compactados, considerados en la Clasificación Geotécnica, según la Sistemática MCT. El objetivo es representar la erosión de los suelos y así poder calcular el índice de laterización. Propuesto por Villibor (1981), fue implantado en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método DER M-197/88.

##### 4.2.8.2. Equipos Específicos.

- a) Soporte de los moldes, para que pueda sumergirse en posición horizontal, con el respectivo cuerpo de prueba (cp) y, además, acomodar un recipiente para recoger el suelo, eventualmente desprendido.



Figura 151: Soporte que mantiene los molde en posición horizontal.  
Fuente: Propia

- b) Tanque de agua permita acomodar, en posición horizontal por lo menos 5 cilindros de compactación, cada uno con el respectivo cuerpo de prueba compactado, completamente sumergido en medio acuoso.



Figura 152: Tanque de inmersión de acero inoxidable.  
Fuente: Propia

- c) Recipiente para captar todo el material desprendido de preferencia de aluminio y con diámetro y profundidad adecuada.



Figura 153: Recipiente que capta toda la muestra desprendida por inmersión llamado capsula.  
Fuente: Propia

#### **4.2.8.3. Procedimiento del Ensayo de Pérdida de Masa por Inmersión.**

##### **Preparación de los Cuerpos de Prueba.**

Según el método Mini-MCV, realizados por los ensayos de Parsons, se extraen sólo parcialmente 10 mm quedando expuesto del cuerpo de prueba, efectuar esta operación luego de la compactación, recordando que la parte expuesta debe ser protegida contra pérdida de humedad. Esperar al menos 1 hora antes de proseguir el ensayo que es sumergirlo en el tanque de agua.

### **Inmersión y Recogida del Suelo Desprendido.**

Colocar un recipiente adecuado para la recolección del suelo que, eventualmente, desprender del extremo del tubo en el cual el cuerpo de prueba está expuesto y, a continuación, sumergir cuidadosamente el conjunto (cilindro con el cuerpo de prueba), asentándolo en el soporte de manera que quede completamente sumergido, en posición horizontal, en el baño de agua, y quede 1.0cm por debajo de la superficie, al menos durante 20 horas. Retirar cuidadosamente los recipientes en los que se haya depositado el suelo y anotar el aspecto del material depositado, eliminar el agua limpia que queda en el recipiente por decantación, luego debe colocarse en un horno, a 105-110 ° C (hasta constancia de peso), para la determinación de su masa seca desprendida (Md).

### **Cálculo de la Pérdida por Inmersión.**

Para los cuerpos de prueba en que no ocurrió desprendimiento de material, adoptar la Pérdida por Inmersión  $P_i = 0$ . Para los cuerpos de prueba en que hubo desprendimiento, calcular la pérdida  $P_i$ , por la fórmula:

$$P_i = \frac{Md \times Fc}{Me} \times 100\%$$

Me = Masa de la parte extraída del cuerpo de prueba [g];

Md = Masa seca desprendida [g];

Fc = 0.5 Solamente cuando la parte desprendida es un monobloc [cm<sup>2</sup>];

Fc = 1.0 Para los otros casos;

Representar los valores de  $P_i$  obtenidos, en función de sus respectivos Mini-MCV, en obtener las pérdidas de masa P, por interpolación, según las siguientes situaciones:

Suelos de baja densidad ( $h_{cp} \geq 48$  mm), cálculo de pérdida en Mini-MCV = 10

Suelos de alta densidad ( $h_{cp} < 48$  mm), Calculo de pérdida en Mini-MCV = 15

Donde:

$h_{cp}$  = Altura de cuerpo de prueba al final de la compactación o valor de pérdida, P, obtenidos conforme las instrucciones arriba, será usado para fines clasificatorios.

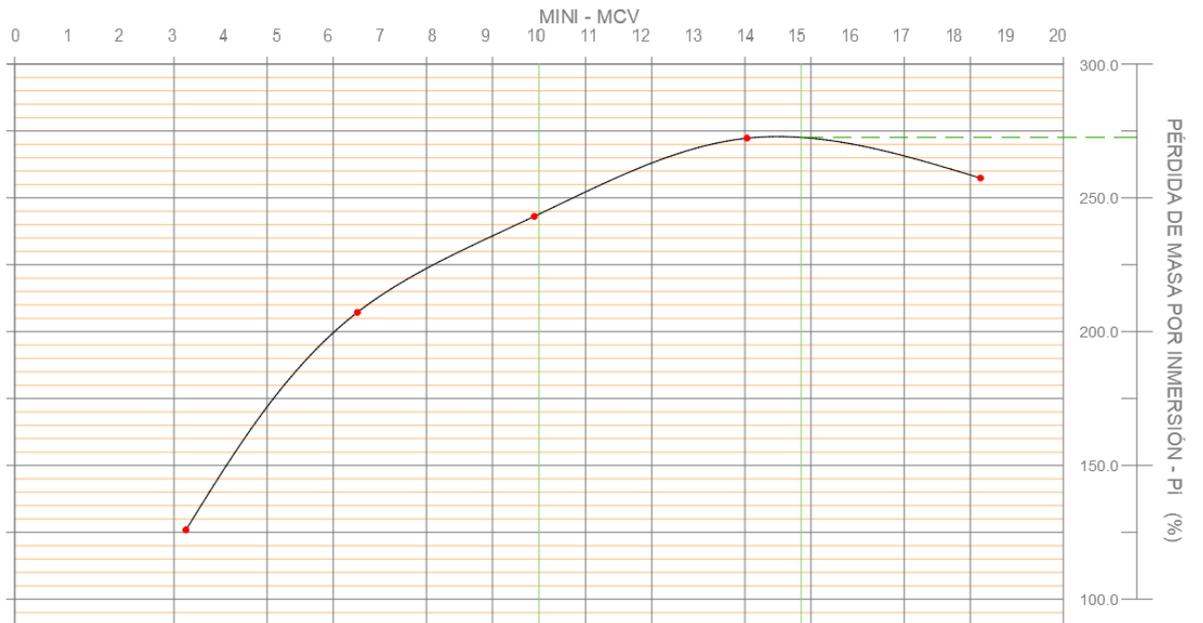


Figura 154: Representación gráfica para determinar la  $P_i$  con intersección con Mini-MCV 15.  
Fuente: Propia.



Figura 155: Procediendo a expulsar el cuerpo de prueba.  
Fuente: Propia.



Figura 156: Se expulsa de tal modo de que sobresalga aproximadamente 1 cm.  
Fuente: Propia



Figura 157: Medición del cuerpo parcialmente expulsado con un vernier.  
Fuente: Propia



Figura 158:Expulsión de la muestra de la cantera Tropezón.  
Fuente: Propia



Figura 159:Medición con vernier de la muestra Tropezón.

Fuente: Propia



Figura 160: Los 5 cuerpos de prueba del ensayo Mini-MCV con expulsión de 1 cm cada una con distintas humedades.  
Fuente: Propia



Figura 161: Cuerpos de prueba Infierno listas para sumergir.  
Fuente: Propia



Figura 162:Esquema de funcionamiento de la perdida por inmersión  
Fuente: Popia



Figura 163:Primer cuerpo sumergido de la muestra Infierno.  
Fuente: Propia.



Figura 164: Colocación de la totalidad de los cuerpos de prueba.  
Fuente: Propia



Figura 165: Erosión artificial después de 10 minutos de estar sumergido.  
Fuente: Propia.



Figura 166: Muestras extraídas desprendidas después de estar sumergidas 24 horas  
Fuente: Propia



Figura 167: Una vez extraídas ponerlas en el horno hasta que seque toda el agua  
Fuente: Propia.



Figura 168: Muestras salidas de horno y listas para calcular la Pi.

Fuente: Propia.



Figura 169: Muestras salidas del horno listas para el cálculo Pi.

Fuente: Propia.



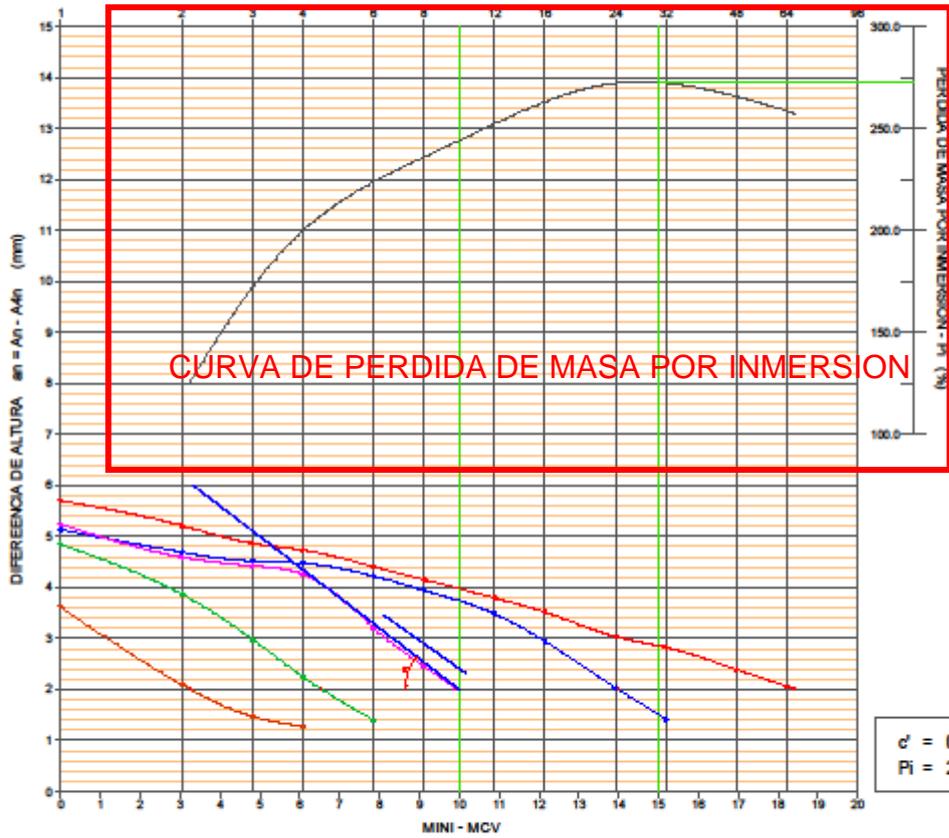
# RESULTADOS.

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN MINI - MCV

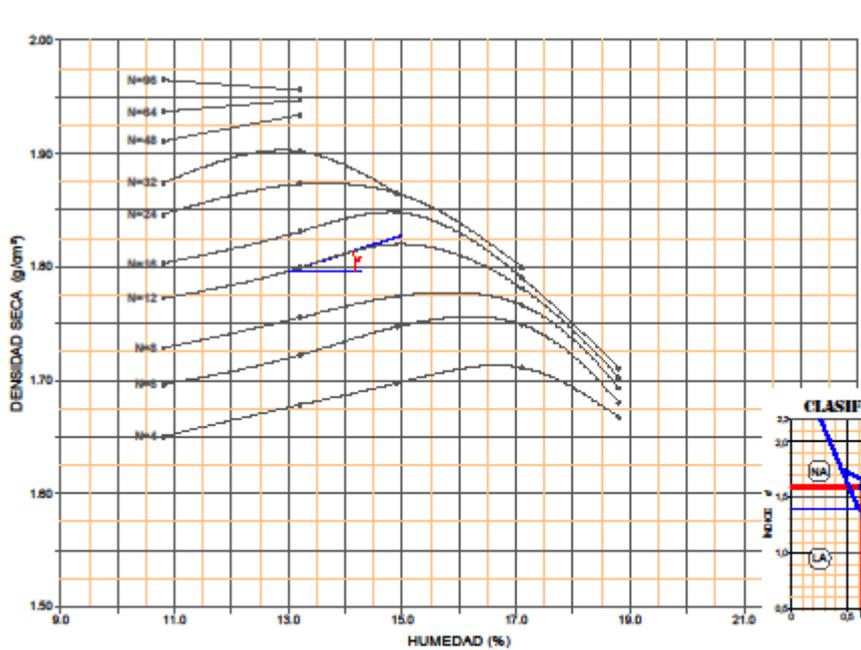
### REGISTRO DE DATOS - DERIM 191 - 88

MUESTRA NOA YA		SIN		SIN		SIN		SIN		SIN			
MOLDE N°		1105.0	1096.6	1101.1	1105.3	1107.6							
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO + MOLDE, g		895.5	887.3	891.4	896.1	899.9							
MASA DEL MOLDE + ADICIONAL (9.7), g		199.8	199.6	200.0	199.5	198.0							
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO, g		10.8	13.2	14.9	17.1	18.8							
CONTENIDO DE HUMEDAD, %		180.3	176.3	174.1	170.4	166.7							
MASA SUELO SECO COMPACTADO, g													
PREPARACIÓN	GO RN O	Altura A (mm)	an (mm)	DENSI- DAD (g/cm <sup>3</sup> )									
FRACCIÓN PASANTE EL TAMIZ DE 2 mm	1	61.362	5.70	1.497	58.640	5.13	1.531	57.461	5.23	1.543	55.558	4.84	1.562
MASA HÚMEDO, g	2	58.368	4.22	1.573	55.888	3.71	1.608	54.577	3.85	1.624	52.980	3.36	1.638
	3	56.692	3.54	1.620	54.420	3.25	1.650	53.139	3.15	1.668	51.696	2.58	1.678
FRACCIÓN RETENIDO EN EL TAMIZ DE 2 mm	4	55.668	3.83	1.650	53.514	3.60	1.678	52.233	3.51	1.697	50.716	1.99	1.711
MASA HÚMEDO, g	6	54.152	3.22	1.696	52.152	3.10	1.722	50.731	2.75	1.747	49.618	1.14	1.749
	8	53.156	3.40	1.728	51.166	3.23	1.755	49.985	2.44	1.774	49.120		1.766
	12	51.832	2.82	1.772	49.910	2.69	1.799	48.721	1.18	1.820	48.722		1.781
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE DE ENSAYO	16	50.930	2.88	1.803	49.048	2.62	1.831	47.977		1.848	48.478		1.790
DIÁMETRO, mm	24	49.754	2.34	1.846	47.936	1.82	1.873	47.543		1.865	48.242		1.799
ÁREA, cm <sup>2</sup>	32	49.008	2.28	1.874	47.222	1.31	1.902	47.542		1.865			1.799
ALTURA, mm	48	48.046	1.86	1.911	46.430		1.934	48		1.865			32
ALT. CAÍDA, cm	64	47.418	1.75	1.937	46.118		1.947	64					48
MASA, g	96	46.728		1.965	45.914		1.956	96					64
	128	46.188		1.988	45.822		1.960	128					96
MASA COMPACTADA, g	192	45.666		2.011				192					128
	256	45.366		2.024				256					192
CALIB. EXTENSÓMETRO, mm													256
(Ka = A <sub>o</sub> -La)													
CAPSULA N°	04												
ALTURA EXPUESTA, mm	10.00												01
VOLUMEN EXPUESTO, cm <sup>3</sup>	19.10												10.00
MASA SUELO SECO EXPUESTO, g	38.67												19.10
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO + TARA, g	14.10												32.67
TARA, g	65.40												151.90
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO, g	48.70												67.80
PERDIDA DE MASA POR INMERSIÓN, %	125.90												84.10
OPERADOR : JULIO DE LA CRUZ MEDINA	207.20												257.40
FECHA DE ENSAYO :	21/Febrero/2018												

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DEL RIO DEL PUENTE NOAYA - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : SM LÍMITE LÍQUIDO, % : 21 PASA Nº200, % : 30  
 CLASIF. AASHTO : A-24 (0) ÍNDICE PLÁSTICO, % : NP GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.613



$e' = 0.55$   
 $Pi = 272.6$



$d' = 15.9$   

$$e' = \sqrt[3]{\frac{Pi}{100} \cdot \frac{20}{d}}$$

$$e' = \sqrt[3]{\frac{272.6}{100} \cdot \frac{20}{15.9}}$$
 $e' = 1.59$

CLASIFICACIÓN MCT:  
**NA'**  
**SUELO ARENOSO**  
**NO LATERÍTICO**



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

FECHA ENSAYO : 2018-05-21

RESULTADOS.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN MINI - MCV

REGISTRO DE DATOS - DERM 191 - 88

MUESTRA DE LA CANTERA INFERNO

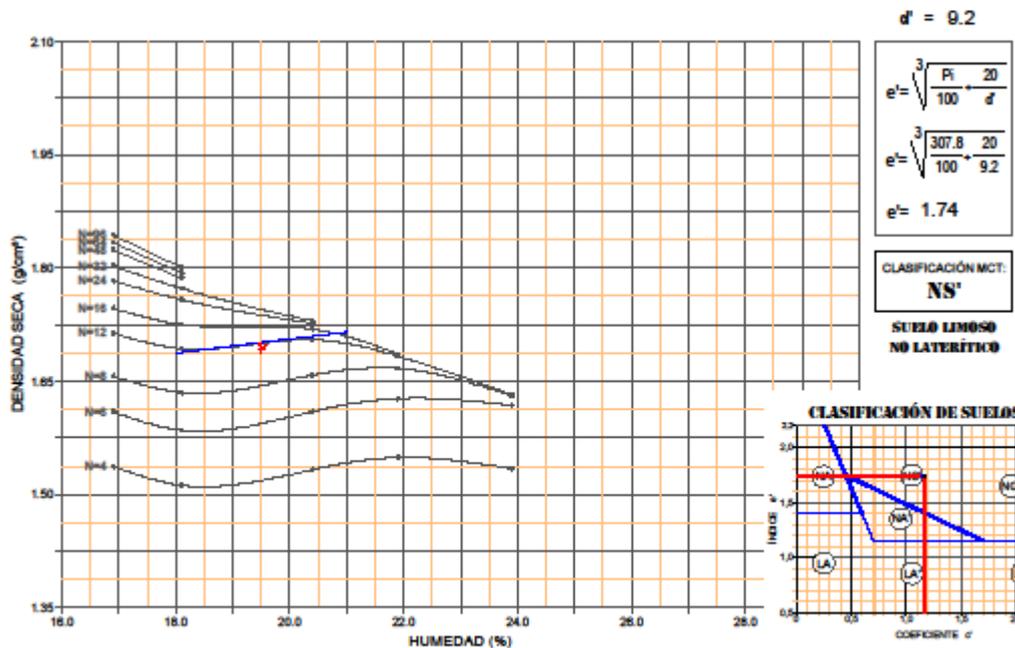
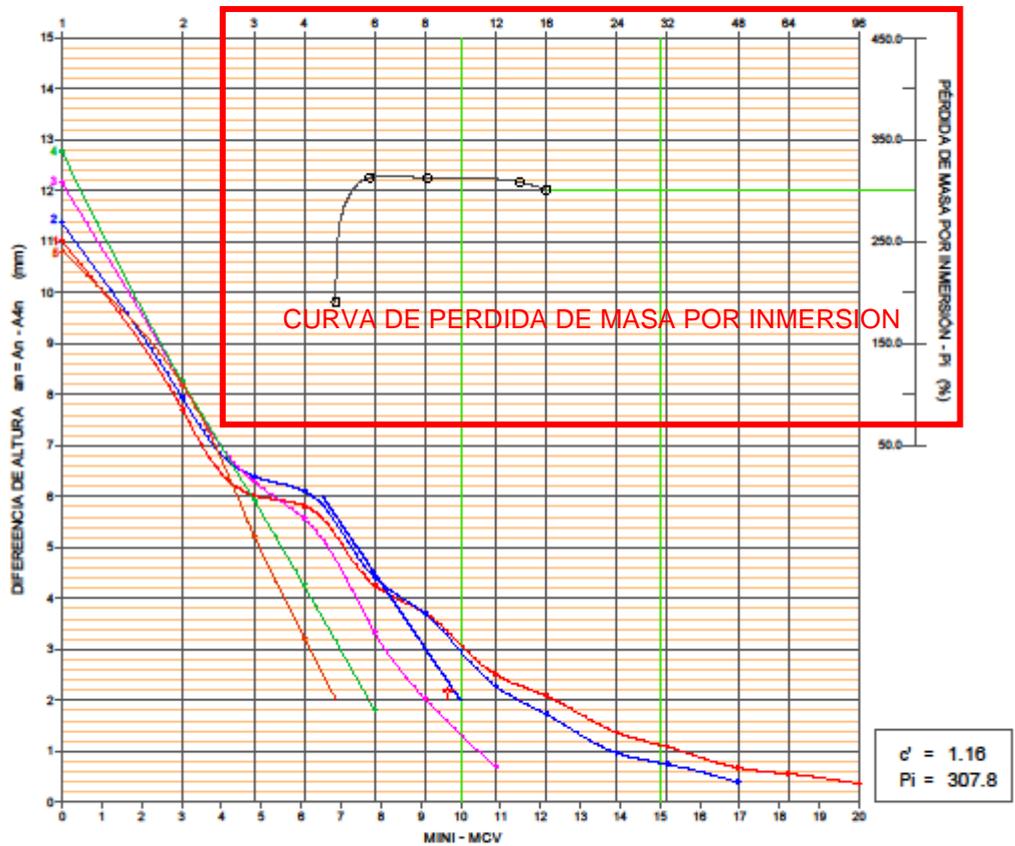
MOLDE N°	6	31	2	9
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO + MOLDE, g	1104.2	1108.2	1103.8	1105.1
MASA DEL MOLDE + ADICIONAL (9.7), g	894.8	895.5	894.0	895.4
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO, g	199.7	200.0	200.1	200.0
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	16.9	20.4	21.9	23.9
MASA SUELO SECO COMPACTADO, g	170.8	166.1	164.2	161.4

PREPARACIÓN	Altura A (mm)	an (mm)	DENSI-DAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSI-DAD (g/cm³)	Altura A (mm)	an (mm)	DENSI-DAD (g/cm³)
FRACCIÓN PASANTE EL TAMIZ DE 2 mm	1	67.612	1.287	68.428	11.38	1.280	67.346	12.16	1.256
MASA HÚMEDO, g	2	61.756	7.70	62.346	7.93	1.383	60.764	8.21	1.392
	3	58.538	6.02	59.150	6.39	1.488	57.320	6.30	1.476
FRACCIÓN RETENIDO EN EL TAMIZ DE 2 mm	4	56.596	5.82	57.050	6.11	1.512	55.188	5.57	1.533
MASA HÚMEDO, g	6	54.052	4.26	54.412	4.41	1.585	52.556	3.34	1.610
	8	52.516	3.72	52.756	3.71	1.635	51.022	2.04	1.668
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE DE ENSAYO	12	50.774	2.51	50.940	2.28	1.693	49.616	0.71	1.705
DIÁMETRO, mm	16	49.796	2.09	49.998	1.74	1.725	49.220	1.719	1.719
ÁREA, cm²	24	48.792	1.37	49.050	0.97	1.768	48.986	1.727	1.727
ALTURA, mm	32	48.266	1.09	48.656	0.75	1.773	48.910	1.730	1.730
CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO COMPACTADOR	48	47.706	0.68	48.254	0.40	1.787	48	48	48
TIPO	64	47.426	0.56	48.082		1.794	64	64	64
LIVIANO	96	47.174	0.37	47.902		1.801	96	96	96
MASA COMPACTADA, g	128	47.026		47.852		1.802	128	128	128
K	192	46.864				1.856	192	192	192
CALIB. EXTENSÓMETRO, mm	256	46.800				1.859	256	256	256
(Ka = Ac+La)									

CAPSULA N°	01	10	08	07
ALTURA EXPUESTA, mm	10.00	10.00	10.00	10.00
VOLUMEN EXPUESTO, cm³	19.10	19.10	19.10	19.10
MASA SUELO SECO EXPUESTO, g	35.51	34.43	33.05	31.18
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO + TARA, g	172.10	173.30	169.10	128.40
TARA, g	67.80	67.10	66.00	68.80
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO, g	109.30	106.20	103.10	59.60
PÉRDIDA DE MASA POR INMERSIÓN, %	397.60	366.50	312.60	151.20
				315.00

OPERADOR : JULIO DE LA CRUZ MEDINA      FECHA DE ENSAYO : 21/Mayo/2018

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE LA CANTERA INFIERNO - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : ML LIMITE LIQUIDO, % : 48 PASA Nº200, % : 97  
 CLASIF. AASHTO : A-7-5(21) INDICE PLASTIC., % : 17 GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.759



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

FECHA ENSAYO : 2018-05-21

# RESULTADOS

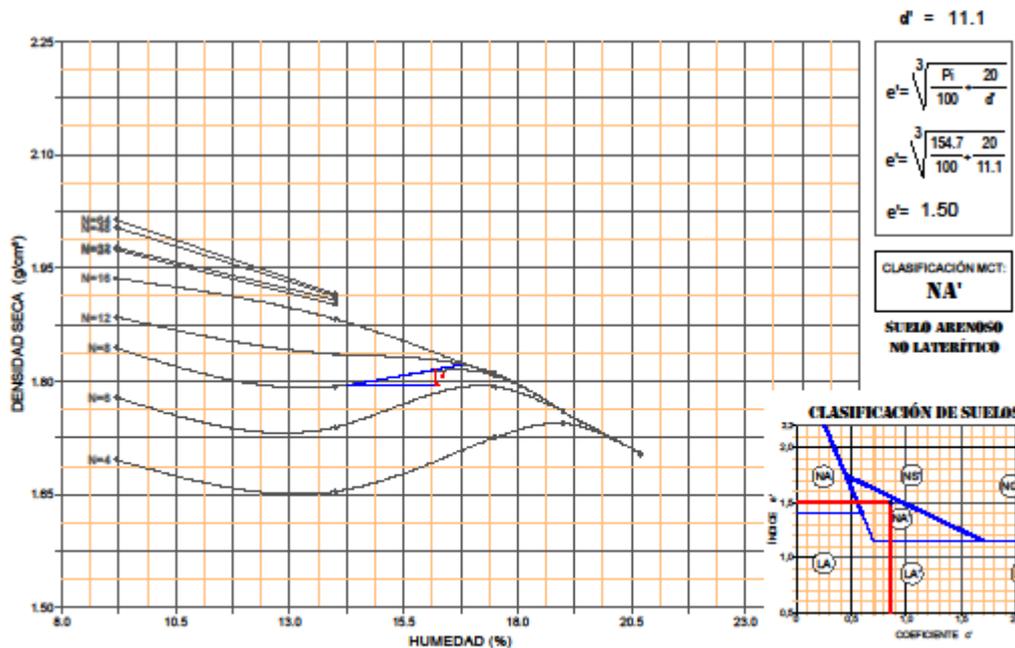
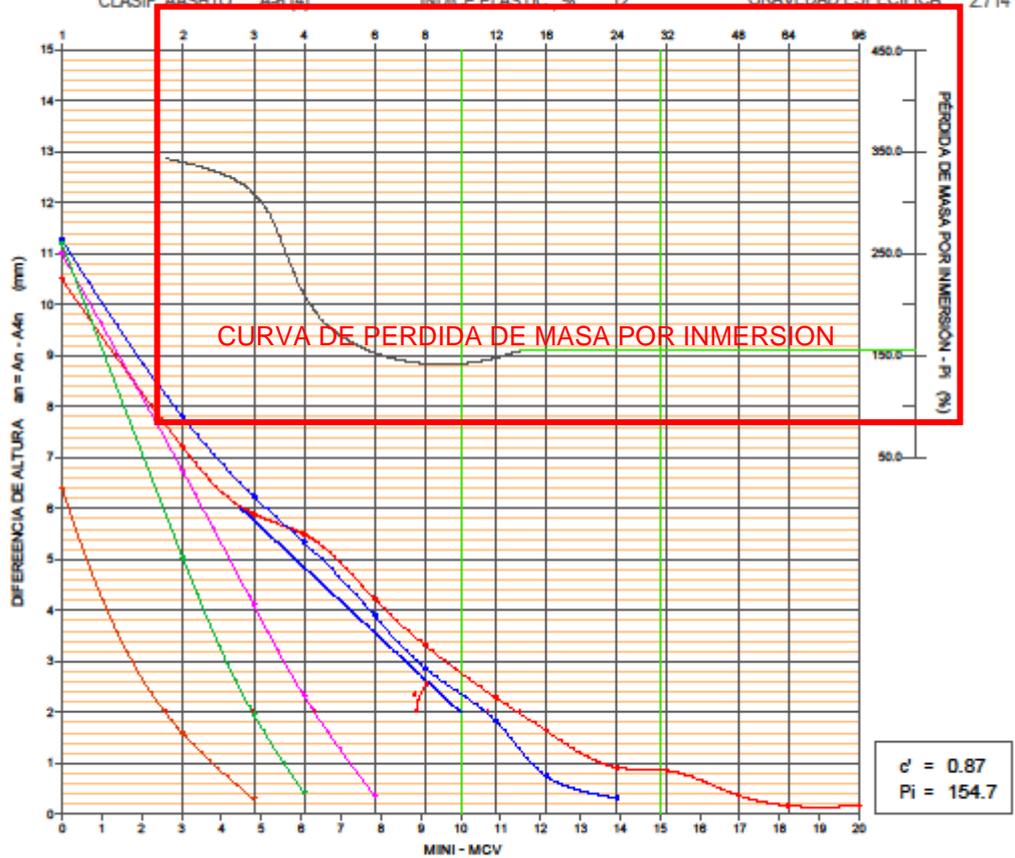
## ENSAYO DE COMPACTACIÓN MINI - MCV

### REGISTRO DE DATOS - DERM 191 - 88

MUESTRA DE LA CANTERA TROPEZON

PREPARACIÓN	6		9		12		8		11	
	Altura A (mm)	DENSIDAD (g/cm³)								
MOLDE N°										
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO + MOLDE, g	1104.2	1104.9	1104.1	1104.1	1086.8	1086.8	1104.1	1104.1	1086.8	1086.8
MASA DEL MOLDE + ADICIONAL (g), g	894.8	895.3	894.5	894.5	887.2	887.2	894.5	894.5	887.2	887.2
MASA SUELO HÚMEDO COMPACTADO, g	199.7	199.9	199.9	199.9	199.9	199.9	199.9	199.9	199.9	199.9
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	9.2	14.0	19.0	19.0	20.7	20.7	19.0	19.0	20.7	20.7
MASA SUELO SECO COMPACTADO, g	182.9	175.4	168.0	168.0	165.6	165.6	168.0	168.0	165.6	165.6
GOLPES	1	2	3	4	6	8	12	16	24	32
FRACCIÓN PASANTE EL TAMIZ DE 2 mm	65.420	10.51	1.424	65.270	11.28	1.368	1	61.232	11.01	1.415
FRACCIÓN RETENIDO EN EL TAMIZ DE 2 mm	59.580	7.21	1.564	59.770	7.80	1.509	2	55.082	6.74	1.574
MASA SECO, g	56.386	5.89	1.652	56.060	6.25	1.593	3	52.030	4.12	1.665
MASA SECO, g	54.908	5.50	1.696	53.994	5.35	1.654	4	50.222	2.34	1.725
MASA SECO, g	52.344	4.23	1.779	51.366	3.91	1.739	6	48.312	0.37	1.793
MASA SECO, g	50.499	3.33	1.844	49.808	2.87	1.793	8	47.914	1.808	1.759
MASA SECO, g	49.408	2.30	1.885	48.648	1.84	1.836	12	47.880	1.810	1.760
MASA SECO, g	48.114	1.65	1.936	47.452	0.76	1.882	16	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	47.174	0.92	1.974	46.942	0.32	1.902	24	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.250	0.17	2.014	46.618	0.16	1.916	32	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.248	0.17	2.014	46.618	0.16	1.916	48	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.084	0.201	2.021	46.618	0.16	1.916	64	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.083	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	96	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.082	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	128	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.082	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	192	47.942	1.807	1.760
MASA SECO, g	46.082	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	256	47.942	1.807	1.760
DIÁMETRO, mm	50.00	50.14	50.14	50.14	50.14	50.14	50.14	50.14	50.14	50.14
ÁREA, cm²	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63	19.63
ALTURA, mm	47.108	0.86	1.977	46.804	1.913	1.908	32	46.804	1.908	1.908
ALT. CAIDA, cm	46.486	0.38	2.004	46.890	1.913	1.913	48	46.890	1.913	1.913
TIPO	46.250	0.17	2.014	46.618	0.16	1.916	64	46.618	0.16	1.916
LIIVANO	46.248	0.17	2.014	46.618	0.16	1.916	96	46.618	0.16	1.916
MASA COMPACTADA, g	46.084	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	128	46.618	0.16	1.916
EXTENSÓMETRO, mm	46.083	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	192	46.618	0.16	1.916
(Ka = Ac-La)	46.082	2.021	2.021	46.618	0.16	1.916	256	46.618	0.16	1.916
ALTURA EXPUESTA, mm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
VOLUMEN EXPUESTO, cm³	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10	19.10
MASA SUELO SECO EXPUESTO, g	38.61	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60	36.60
MASA SUELO SECO DESPRENDIDO + TARA, g	198.00	183.60	183.60	183.60	183.60	183.60	183.60	183.60	183.60	183.60
TARA, g	65.40	70.20	70.20	70.20	70.20	70.20	70.20	70.20	70.20	70.20
PERDIDA DE MASA POR INMERSIÓN, %	132.60	113.40	113.40	113.40	113.40	113.40	113.40	113.40	113.40	113.40
OPERADOR : JULIO DE LA CRUZ MEDINA	343.40	309.80	309.80	309.80	309.80	309.80	309.80	309.80	309.80	309.80
FECHA DE ENSAYO :	21/Marzo/2018	21/Marzo/2018								

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE LA CANTERA TROPEZON - REGION MADRE DE DIOS  
 CLASIF. SUCS : ML LÍMITE LÍQUIDO, % : 38 PASA Nº200, % : 53  
 CLASIF. AASHTO : A-6 (4) ÍNDICE PLÁSTIC, % : 12 GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.714



OPERADOR : R. JULIO DE LA CRUZ MEDINA

FECHA ENSAYO : 2018-03-21

## **4.2.9. Clasificación Geotécnica (P-9).**

---

### **4.2.9.1. Consideraciones Generales.**

Esta clasificación fue desarrollada teniendo en cuenta que las clasificaciones tradicionales basadas en las propiedades índices (tales como granulometría y límites de liquidez e índice de plasticidad, incluyendo aquellas conocidas por Clasificación Unificada-USCS y HRB-AASHTO), cuando se aplican a los suelos típicos de los climas tropicales húmedos (incluidos los lateríticos y saprolíticos), resultan en incongruencias considerables en relación con sus propiedades mecánicas e hídricas y, por consiguiente, en el establecimiento de un rango para los grupos. En el método DER M-196/89, con la denominación "Clasificación de suelos tropicales, según la metodología MCT", se implantó en el DER-SP, con las mismas directrices, en su método DER M-196/89, con la denominación "Clasificación de suelos tropicales, según la metodología MCT".

Así, los suelos considerados por aquellas clasificaciones como inservibles para bases de pavimentos, a menudo poseían elevada capacidad de soporte. Como resultado, la aplicación de esas clasificaciones hacía la elección preliminar de suelos para uso en carreteras, a menudo incorrecta y restringía el uso de los yacimientos de suelos de buena calidad, con el consiguiente aumento de los costos de construcción. Los hechos arriba relatados fueron verificados luego de la introducción de los principios de la Mecánica de los Suelos en el estudio de suelos para carreteras, a principios de la década de los cuarenta. En el inicio de la década de los setenta, ingenieros del DER-SP e investigadores de la USP, comenzaron a desarrollar una nueva clasificación más adaptada para los suelos y ambiente tropical húmedo, brasileños. El procedimiento que pareció más prometedor fue el uso de CBR en escala miniatura, reduciendo las dimensiones de los equipos a 1/3, en relación a los tradicionales. Esta disminución resultó en una drástica reducción de los costos de ese ensayo y permitió, con menores gastos, la determinación de otras propiedades tales como soporte sin embebido, contracción, infiltrabilidad, permeabilidad, etc. Se utilizó con éxito un nuevo ensayo de compactación denominado MCV - de Moisura Condition Value, propuesto en 1976, por Parsons del entonces Road Research Laboratory, original de Gran Bretaña.

#### 4.2.9.2. Ensayos y Procedimiento Clasificadorio.

La compactación MCV, realizada en moldes usados en el ensayo MiniCBR, fue designada de Mini-MCV (el MCV usa cuerpos de prueba de 100 mm de diámetro y el Mini-CBR, cuerpos de prueba de 50 mm de diámetro). El ensayo Mini-MCV proporciona dos propiedades de interés clasificatorio, que son: la inclinación de la curva de deformabilidad, denominada coeficiente  $c'$  y la inclinación de la rama seca de la curva de compactación correspondiente a la energía de 12 golpes del zócalo ligero (4.5 kg, caída de 30 cm, con un martillo de sección completa), denominada coeficiente  $d'$ . El ensayo de la pérdida de masa por inmersión, proporciona el coeficiente  $Pi$ . Para la clasificación MCT, se considera la laterización expresada, numéricamente, por la fórmula:

$$e' = \sqrt[3]{\left(\frac{Pi}{100}\right) + \left(\frac{20}{d'}\right)}$$

Donde:

$e'$  = Índice de laterización;

$Pi$  = Pérdida de masa por inmersión, determinado según el ensayo P8 [%];

$d'$  = Inclinación de ramo seco de la curva de compactación obtenida del ensayo Mini MCV[cm<sup>2</sup>] correspondientes a 12 golpes del martillo leve obtenido según el ítem (Expresado en [Kg/m<sup>3</sup>(teoria\_de\_humedad\_en%)]).

En esta fórmula y en el gráfico clasificatorio, los valores numéricos fueron obtenidos considerando como modelo de comportamiento laterítico, los suelos clasificados pedológicamente como latosol púrpura y latosol rojo oscuro, de la clasificación del "Levantamiento de Reconocimiento de Suelos del Estado de São Paulo" realizado en el Ministerio de Agricultura en 1960.

La raíz cúbica fue adoptada, gracias a la evidencia de un centenar de datos disponibles hasta 1984, a fin de que los suelos de las dos clases, de comportamiento laterítico y no laterítico, ocuparan áreas equivalentes en el gráfico clasificatorio.

La clasificación de suelos es determinar previamente sus propiedades y luego enumerar uno o más cualidades como base para el propósito propuesto el suelo ha sido estudiado para diferentes especialidades. En la Ingeniería Civil, por ejemplo, la clasificación geotécnica es bastante utilizada para estudios y determinación de suelos empleados en obras viales, por ejemplo, en bases, sub-bases y refuerzo de pavimentos. Por medio de la clasificación geotécnica es posible:

- Evaluar preliminarmente la calidad del suelo;
- Jerarquizar el suelo indicando sus probables propiedades para determinada finalidad;
- Correlacionar cada clase de suelos con su comportamiento en campo.

La clasificación de los suelos con uso de la Metodología MCT fue desarrollada especialmente para el estudio de suelos tropicales y está basada en propiedades mecánicas e hídricas obtenidas de cuerpos de prueba (CP) compactados con dimensiones reducidas. La MCT posibilita separar los suelos tropicales en dos grandes clases: los de comportamiento laterítico y los de comportamiento no laterítico.

Los suelos lateríticos y saprolíticos según la clasificación MCT, pueden pertenecer a los siguientes grupos:

Tabla 17: Suelos lateríticos

<b>Suelos de comportamiento laterítico, designados por la letra "L", subdivididos en 3 grupos:</b>	
LA:	Arena laterítica cuarzosa
LA':	Suelo arenoso laterítico
LG':	Suelo arcilloso laterítico

Tabla 18: Suelos saprolítico

Suelos de comportamiento no laterítico (saprolíticos), designados por la letra "N", subdivididos en 4 grupos:	
NA':	Arenas con arcillas y mezclas de arenas y limos con predominio de grano de cuarzo y.o mica, no laterítico
NA:	Mezclas de arenas cuarzosas con finos de comportamiento no laterítico (suelos arenosos)
NS	Suelos limosos no laterítico
NG':	Suelo arcilloso no laterítico

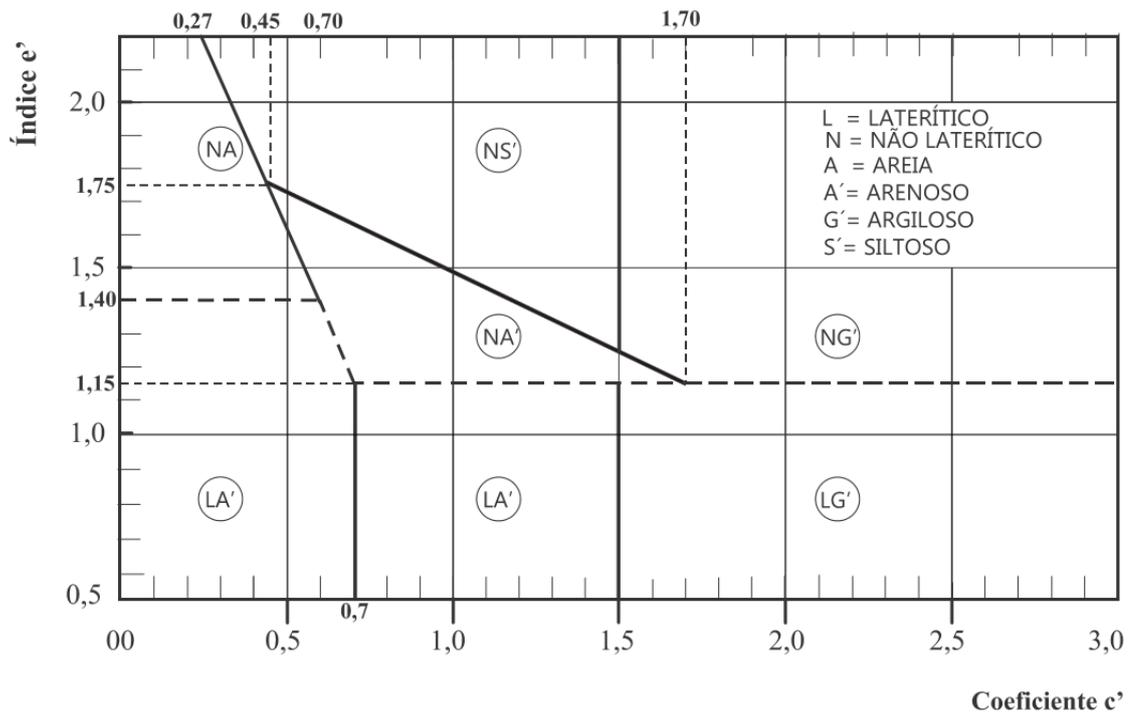
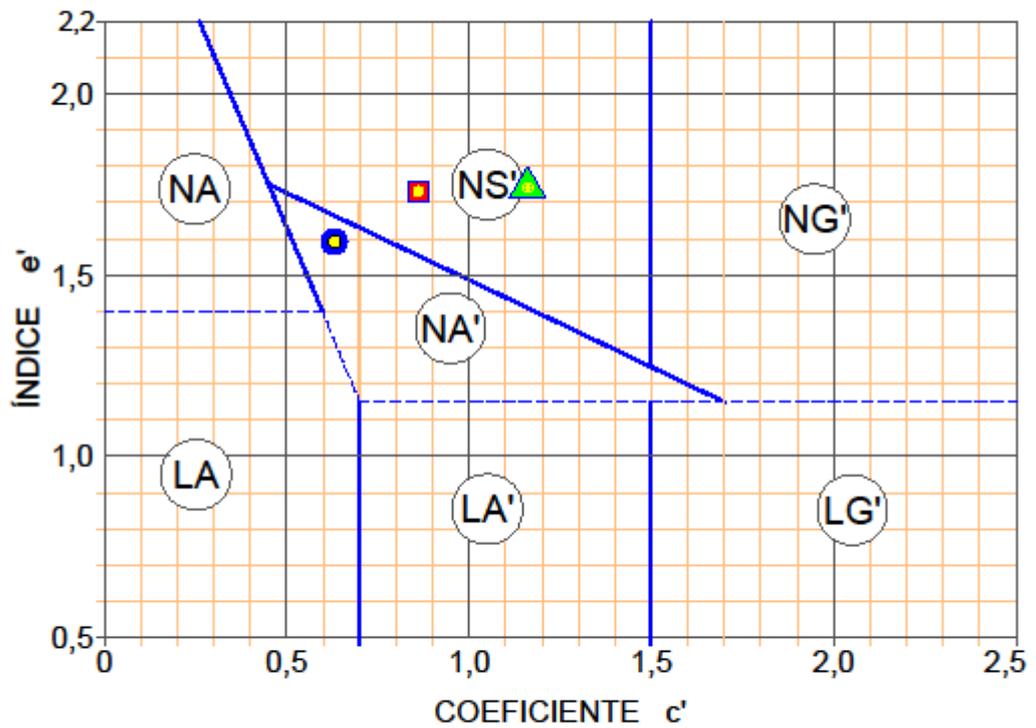


Figura 170: Gráfico de Clasificador de suelos tropicales.

Fuente: Pavimentos Económicos, Villibor y Nogami Pág. 54

# CLASIFICACIÓN DE SUELOS TROPICALES

CLASIFICACION GEOTECNICA DER M-196/89



-   $NA'$  **SUELOS ARENOSO NO LATERITICO (NOAYA)**
-   $NS'$  **SUELOS ARENOSO NO LATERITICO (TROPEZON)**
-   $NS'$  **SUELOS ARENOSO NO LATERITICO (INFIERNO)**

L = LATERÍTICO  
N = NO LATERÍTICO  
A = ARENA  
A' = ARENOSO  
G' = LATERÍTICO  
S' = LIMOSO

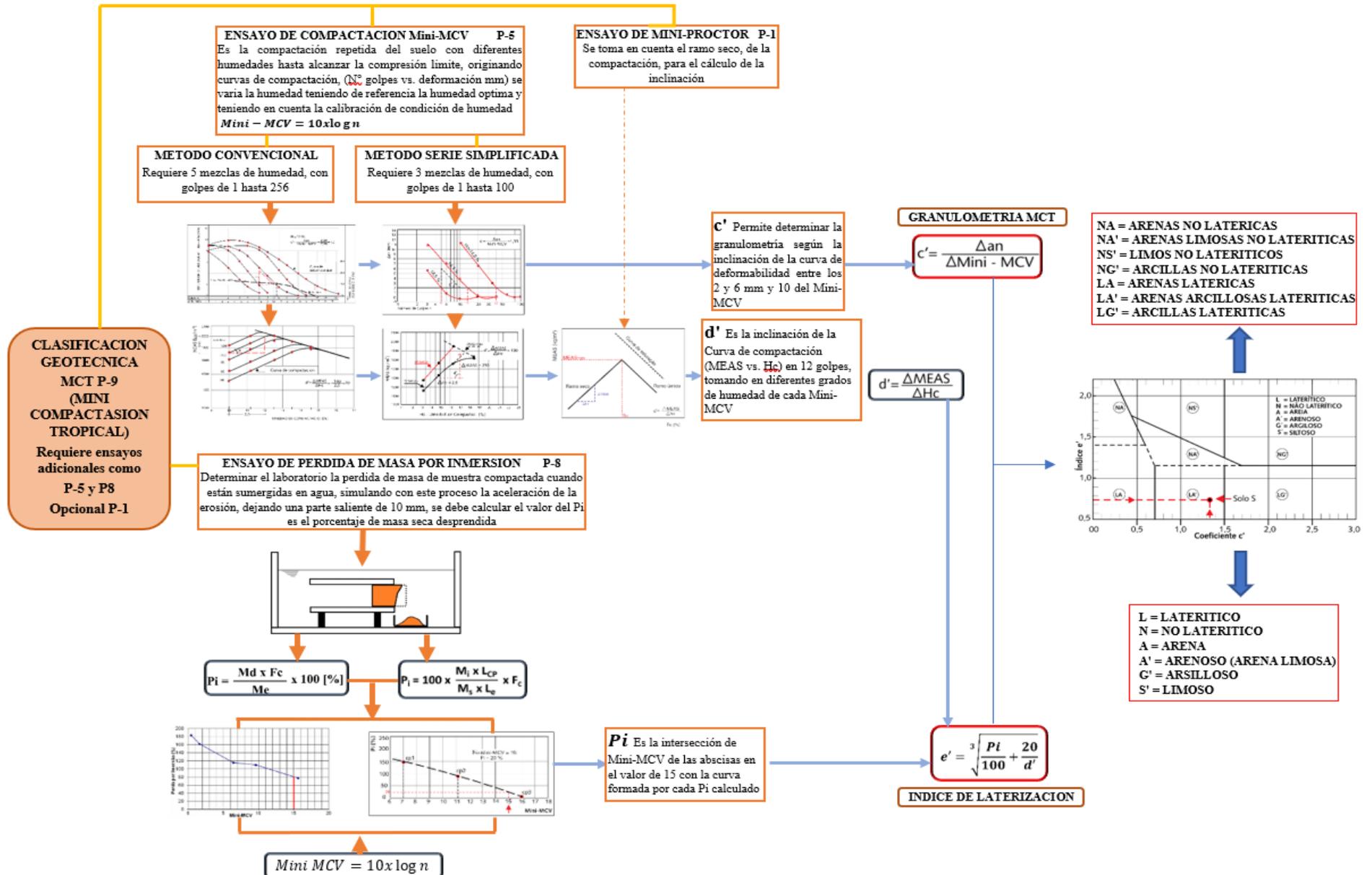


Figura 171:Esquema del sistema de clasificación de MCT.  
Fuente: Propia

## 4.2.10. Resultados Alternativos del Laboratorio.

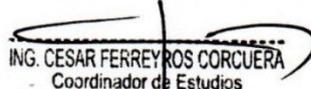
### ENSAYOS DE LABORATORIO

**SOLICITANTE :** DE LA CRUZ MEDINA ROBERTO JULIO **MUESTRA :** Arcilla  
**DOMICILIO LEGAL :** UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES **IDENTIFICACIÓN :** El que se indica  
**PROYECTO :** IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES **CANTIDAD :** 120 kg  
**REFERENCIA :** R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA **PRESENTACIÓN :** Sacos de polietileno  
**FECHA DE RECEPCIÓN :** 2 017.08.08. **FECHA ENSAYO :** 2 017.08.21 a 23

MALLAS		DENOMINACIÓN	Carretera de la carretera vecinal Div Km 7.66 - Tropezón (km 00+000 - km 10+682)		Carretera de la Carretera Vecinal La Joya - Infierro (km 00+000 - km 18+000)		Fuente del río Nooya, carretera Intercomunal	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)
3"	76.200	NTP 400.012 (2013)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525							
1/4"	6.350							
N° 4	4.750							
N° 6	3.380							
N° 8	2.380							
N° 10	2.000							
N° 16	1.190							
N° 20	0.840							
N° 30	0.590				100			
N° 40	0.425			1	99			100
N° 50	0.297			9	90			3
N° 60	0.177		27	83		100	30	67
N° 100	0.149		4	59	1	99	13	54
N° 200	0.074		8	53	2	97	24	30
- N° 250	-	NTP 400.016 (2013)	53	-	97	-	30	-
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		MTD E-110 (2016)	38		48		21	
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTD E-110 (2016)	12		17		N.P.	
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTD E-110 (2016)	12		17			
Clasificación SUCS		NTP 336.134 (2014)	ML		ML		SM	
Clasificación AASHTO		NTP 336.136 (2014)	A-6 (4)		A-7-5 (21)		A-2-4 (0)	

**Observaciones:**

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 - Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 29 de Enero del 2018

## ENSAYOS DE LABORATORIO

<b>SOLICITANTE</b>	: DE LA CRUZ MEDINA ROBERTO JULIO	<b>MUESTRA</b>	: Arcilla
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	<b>CANTIDAD</b>	: 120 kg c/u.
<b>REFERENCIA</b>	: R. N° 2116 - 2017 - DFI - UPLA	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 017.08.08.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2 017.08.21 al 23.

**MTC E - 202 (2 016) DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASAN TAMIZ N° 200 (0.75 µm) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A) (\*).**

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Cantera de la carretera vecinal: Dv. Km 166-Tropezón (km 00+000 - km 10+880)	12,4
Cantera de la Carretera Vecinal: La Joya - Infierno (km 00+000 - km 18+000)	9,3
Puente del río Noaya, carretera Interoceanica	2,1

**Observaciones:**

- (\*) Referencia ASTM C-117-4 "Standard test for material finer than 75-µm (N° 200) sieve in mineral aggregates by washing"
- Muestra proporcionada e identificada por el personal técnico de la Dirección de Estudios Especiales.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 017.08.08.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la Interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

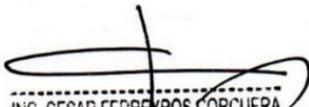
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 29 de Enero del 2 018

## ENSAYOS DE LABORATORIO

<b>SOLICITANTE</b>	: DE LA CRUZ MEDINA ROBERTO JULIO	<b>MUESTRA</b>	: Indicada
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES	<b>CANTIDAD</b>	: 120 kg c/u.
<b>REFERENCIA</b>	: R. N° 2118 - 2017 - DF - UPLA	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 017.08.08.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2 017.08.18 a 23.

**MTC E-205 (2 016)      MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO**

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
<b>ARCILLA</b> Cantera de la carretera vecinal Dv. Km 166-Tropezón (km 00+000 - km 10+680)	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.714 g/cm <sup>3</sup>
<b>ARCILLA</b> Cantera de la Carretera Vecinal La Joya - Infierno (km 00+000 - km 18+000)	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.759 g/cm <sup>3</sup>
<b>ARENA</b> Puente del río Noaya, carretera Interoceanica	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.613 g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. CESAR FERREROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 29 de Enero del 2 018

## ENSAYOS DE LABORATORIO

<b>SOLICITANTE</b>	: DE LA CRUZ MEDINA ROBERTO JULIO	<b>MUESTRA</b>	: Arcilla
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL PARA USOS VALES EN SUELOS TROPICALES	<b>CANTIDAD</b>	: 120 kg
<b>REFERENCIA</b>	: R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 017.08.08.	<b>FECHA DE ENSAY</b>	: 2017.08.8 al 23.

NTP 339.127 (2 014)	SUELOS. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (*)	
	IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
	Cantera de la carretera vecinal: Dv. Km 166-Tropesón (km 00+000 - km 10+660)	3,3
	Cantera de la Carretera Vecinal: La Joya - Infierno (km 00+000 - km 18+000)	4,7
	Puente del río Noaya, carretera Interoceanica	2,0

**Observaciones:**

- (\*) Referencia: ASTM D-2216 (2 010) "Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock".
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 017.08.08.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad de usuario.

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**

Lima, 29 de Enero del 2 018

# ENSAYO DE LABORATORIO

## LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO N° 002 - 2017 - MTC/14.01

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Infierno

IDENTIFICACIÓN : Km 15-000 Carretera Infierno - Arcilla

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL  
PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg

PRESENTACIÓN : Saco de polietileno

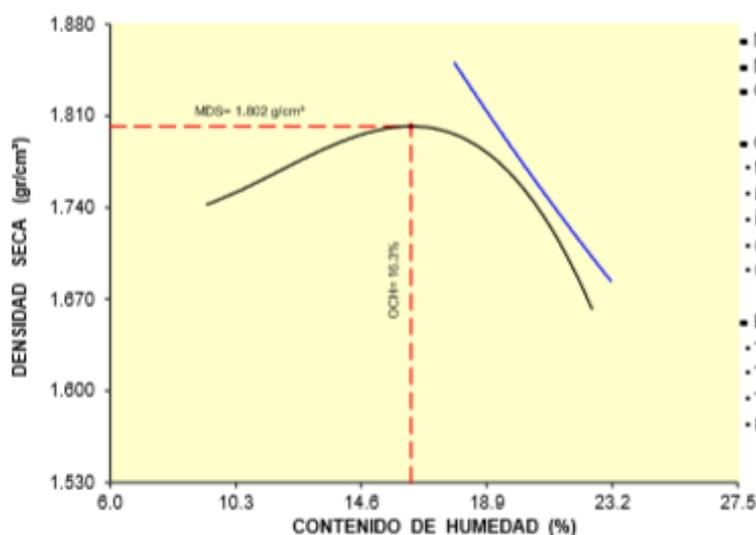
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCIÓN : 2017.04.15

FECHA DE ENSAYO : 2018.03.16 al 2018.03.17

### MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3432.5	3519.7	3543.3	3517.0				
02 - Masa del Molde (g)	1560.0	1560.0	1560.0	1560.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	1872.5	1959.7	1983.3	1957.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	936.0	936.0	936.0	936.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.001	2.094	2.119	2.091				
06 - Tarro N°	114	22	93	17	84	49	50	138
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	315.7	384.1	311.3	335.3	361.2	351.3	358.9	278.5
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	290.1	351.1	279.6	300.8	317.8	308.9	311.3	245.2
09 - Masa del agua (g)	25.6	33.0	31.7	34.5	43.4	42.4	47.6	33.3
10 - Masa del tarro (g)	87.8	90.0	84.5	88.0	87.8	84.6	84.4	86.8
11 - Masa suelo seco (g)	202.3	261.1	195.1	212.8	230.0	224.3	226.9	158.4
12 - Contenido de Humedad (%)	12.65	12.64	16.25	16.21	18.87	18.90	20.98	21.02
13 - Promedio de Humedad (%)	12.6		16.2		18.9		21.0	
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.777		1.802		1.782		1.728	



- Método de compactación "A"
- Máxima densidad seca, g/cm<sup>3</sup> 1.802
- Óptimo cont. de humedad, % 16.3
- Características del espécimen:
  - Masa espec. rel. de sólidos (MTC E-113) 2.759
  - Límite líquido, % (MTC E-110) 48.0
  - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 17.0
  - Clasificación SUCS (NTP 339.134) ML
  - Clasificación AASHTO (NTP 339.135) A-7-5 (21)
- Retenidos acumulados, % (\*):
  - Tamiz 3/4" (19,050 mm) (MTC E-107) 0.0
  - Tamiz N° 40 (0,425 mm) (MTC E-107) 0.0
  - Tamiz N° 100 (0,149 mm) (MTC E-107) 1.0
  - Pasa tamiz N°200 (0,074 mm) (NTP 339.132) 97.0

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
Coordinador de Estudios  
Dirección de Estudios Especiales

INGENIERO RESPONSABLE  
Lima, 4 de Noviembre del 2017

# ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Infierno  
IDENTIFICACIÓN : Km 15-000 Carretera Infierno - Areña

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

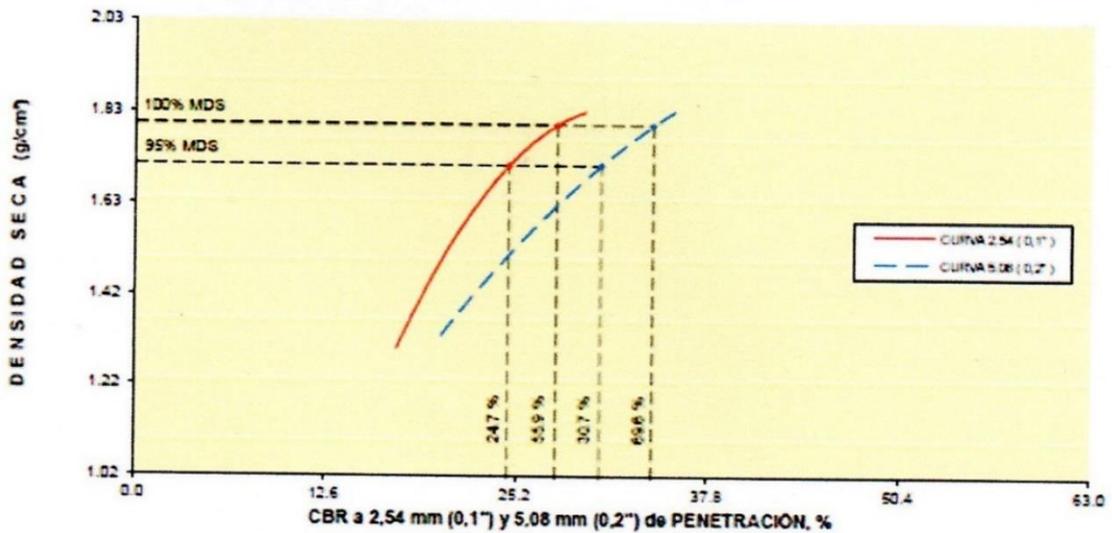
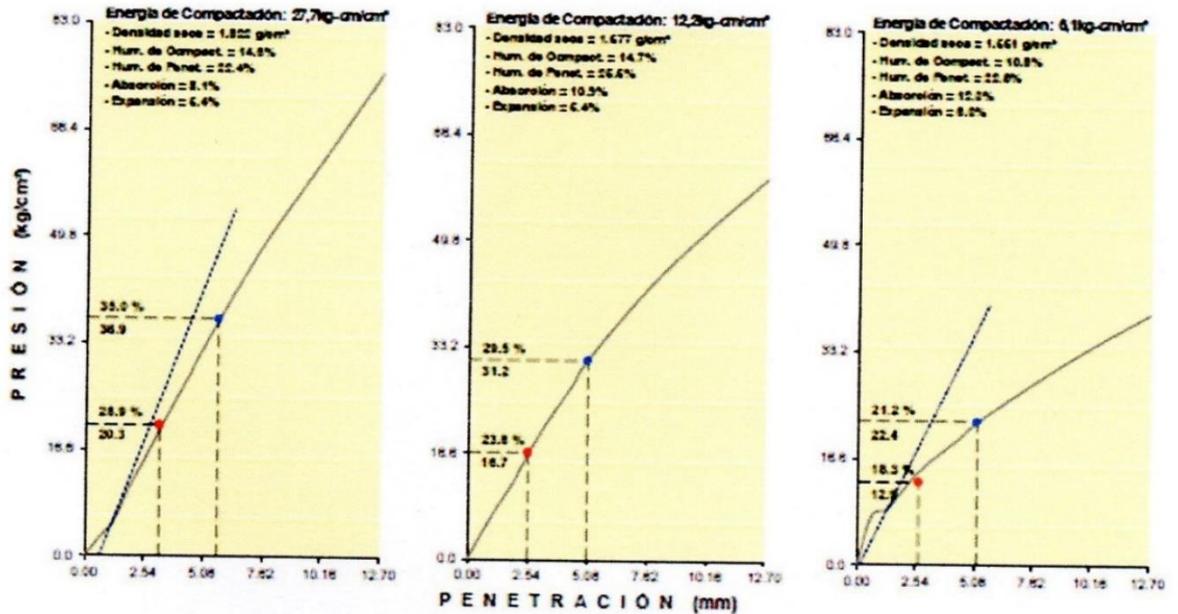
PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MINI COMPACTACIÓN TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg  
PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2017.10.30 a 2017.11.03

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCIÓN : 2017.04.15

## MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



  
**ING. CESAR FERREYROS CORCUERA**  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales  
**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Noviembre del 2017

## ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Infierno

IDENTIFICACIÓN : Km 15-000 Carretera Infierno - Arcilla

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MINI COMPACTACIÓN TROPICAL PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg

PRESENTACIÓN : Saco de polietileno

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCIÓN : 2017.04.15

FECHA DE ENSAYO : 2017.10.30 al 2017.11.03

### MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación	(MTC E-115 (2000))	:	"A"	
• Método de Preparación	(MTC E-115 (2000))	:	Humedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(MTC E-115 (2000))	:	1.802 g/cm <sup>3</sup>	(17.67 kN/m <sup>2</sup> )
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(MTC E-115 (2000))	:	16.3 %	

• Penetración	2,54 mm (0,1")	5,08 mm (0,2")
• CBR al 100% de la MDS	27.8 %	34.2 %
• CBR al 95% de la MDS	24.7 %	30.7 %

• Condición de la muestra ensayada : Embebido en agua: 4 días

	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm <sup>2</sup>	12.2 kg*cm/cm <sup>2</sup>	6.1 kg*cm/cm <sup>2</sup>
• Densidad seca (antes de ser remojada)	1.622 g/cm <sup>3</sup>	1.677 g/cm <sup>3</sup>	1.375 g/cm <sup>3</sup>
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	6.35 %	5.42 %	3.02 %
• Humedad (antes de la compactación)	14.3 %	14.7 %	10.8 %
• Humedad de penetración	22.4 %	25.6 %	11.4 %
• Absorción	8.1 %	10.9 %	0.6 %

• Características de los especímenes

• Retenido acumulado en tamices (*)	(MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm)	0.0 %
	(MTC E-107) : N° 40 (0,426 mm)	0.0 %
	(MTC E-107) : N° 100 (0,149 mm)	1.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm)	97.0 %
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(MTC E-113) :	2.759
• Límite líquido	(MTC E-110) :	48.0 %
• Índice de plasticidad	(MTC E-111) :	17.0 %
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134) :	ML

  
 ING. CESAR FERRER ROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Noviembre del 2017

## ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Tropezon

IDENTIFICACION : Km 10-000 Carretera Tropezon - Arella

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL  
PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg

PRESENTACION : Saco de polietileno

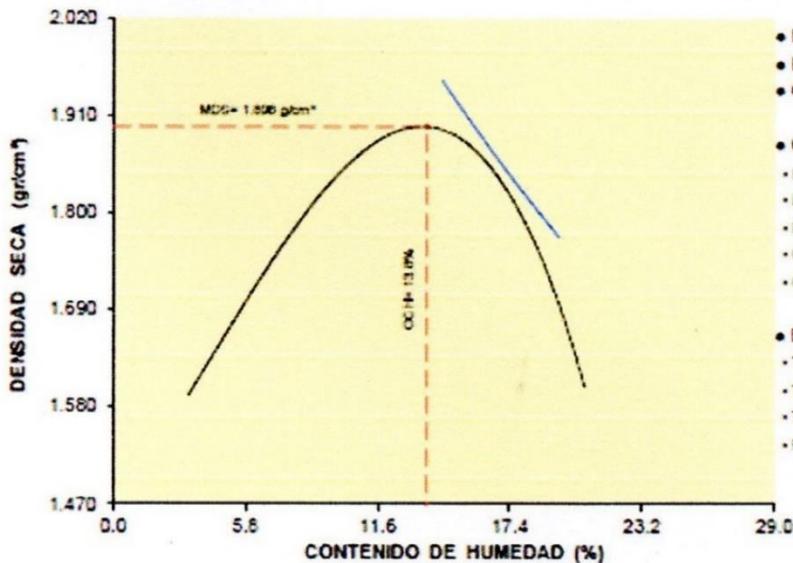
REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCION : 2017.04.15

FECHA DE ENSAYO : 2018.03.16 al 2018.03.17

### MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m<sup>2</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>2</sup>))

D1 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3509.0	3140.0	3580.0	3375.0				
D2 - Masa del Molde (g)	1560.0	1560.0	1560.0	1560.0				
D3 - Masa Suelo Humedo (g)	1949.0	1580.0	2020.0	1815.0				
D4 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	936.0	936.0	936.0	936.0				
D5 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.082	1.688	2.158	1.939				
D6 - Tarro N°	95	23	153	52	60	46	92	76
D7 - Masa suelo humedo + tarro (g)	161.1	146.7	167.5	151.0	200.0	206.5	174.5	172.0
D8 - Masa suelo seco + tarro (g)	149.8	137.3	164.6	148.5	186.8	192.3	167.9	165.1
D9 - Masa del agua (g)	11.3	9.4	2.9	2.5	13.2	14.2	6.6	6.9
D10 - Masa del tarro (g)	88.8	87.6	85.5	89.6	89.2	89.8	84.7	84.5
D11 - Masa suelo seco (g)	61.0	49.7	79.1	58.9	97.6	102.5	83.2	80.6
D12 - Contenido de Humedad (%)	18.53	18.91	3.67	4.24	13.53	13.85	7.93	8.56
D13 - Promedio de Humedad (%)	18.7		4.0		13.7		8.2	
D14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.754		1.623		1.898		1.792	



- Método de compactación "A"
- Máxima densidad seca, g/cm<sup>3</sup> 1.898
- Óptimo cont. de humedad, % 13.8
- Características del espécimen:
  - Masa espec. relat. de sólidos (MTC E-113) 2.714
  - Límite líquido, % (MTC E-110) 38.0
  - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 12.0
  - Clasificación SUCS (NTP 339.134) ML
  - Clasificación AASHTO (NTP 339.135) A-6 (4)
- Retenidos acumulados, % (°):
  - Tarra 3/4" (19,050 mm) (MTC E-107) 0.0
  - Tarra N° 40 (0,426 mm) (MTC E-107) 1.0
  - Tarra N° 50 (0,297 mm) (MTC E-107) 10.0
  - Pese tarra N°200 (0,074 mm) (NTP 339.132) 53.0

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Noviembre del 2017

## ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Tropezon

IDENTIFICACION : Km 10-000 Carretera Tropezon - Arella

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL  
PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg

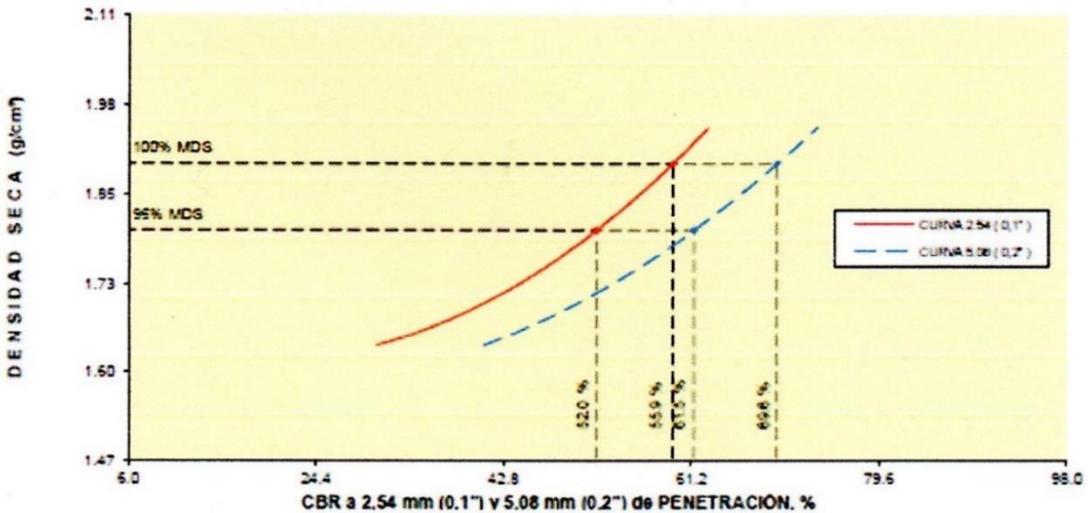
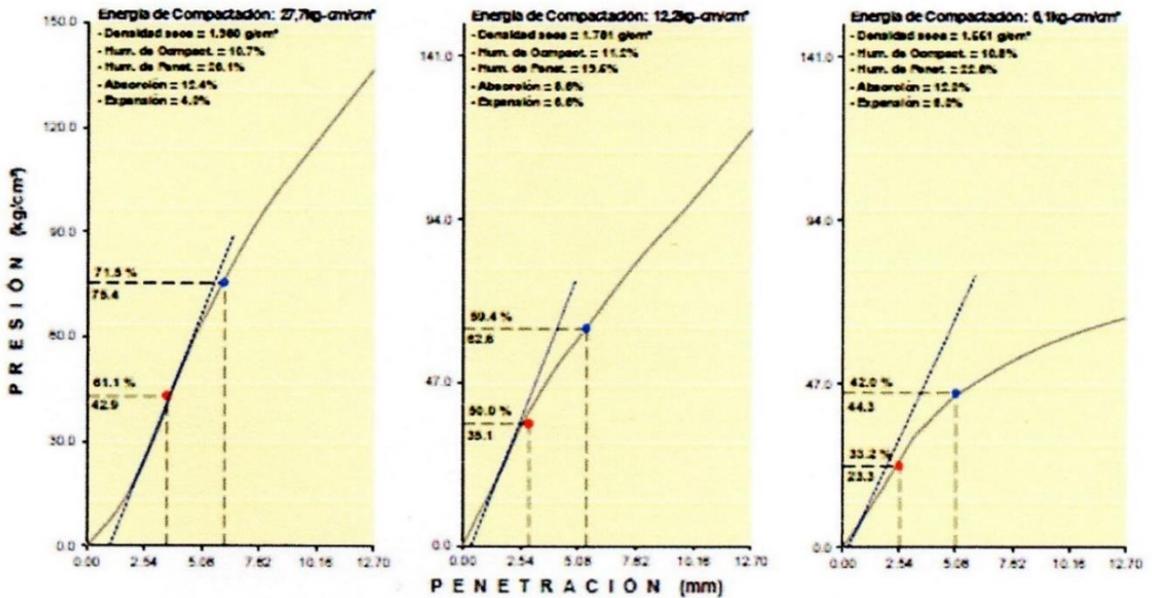
PRESENTACION : Saco de polietileno

REFERENCIA : R. N° 2116 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCION : 2017.04.15

FECHA DE ENSAYO : 2017.10.30 a 2017.11.03

### MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**  
 Lima, 4 de Noviembre del 2017

## ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA

MUESTRA : Arcilla - Tropezon

IDENTIFICACION : Km 10-000 Carretera Tropezon - Areillo

DOMICILIO LEGAL : San Borja Norte 1079

PROYECTO : IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL  
PARA USOS VIALES EN SUELOS TROPICALES

CANTIDAD : 150 kg

PRESENTACION : Saco de polietileno

REFERENCIA : R. N° 2118 - 2017 - DFI - UPLA

FECHA DE RECEPCION : 2017.04.15

FECHA DE ENSAYO : 2017.10.30 al 2017.11.03

### MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación	(MTC E-115 (2000))	:	"A"	
• Método de Preparación	(MTC E-115 (2000))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(MTC E-115 (2000))	:	1.898 g/cm <sup>3</sup>	(18.61 kN/m <sup>3</sup> )
• Optimo Contenido de Humedad (OCH)	(MTC E-115 (2000))	:	13.8 %	

• Penetración	2.54 mm (0.1")	5.08 mm (0.2")
• CBR al 100% de la MDS	59.4 %	69.6 %
• CBR al 95% de la MDS	52.0 %	61.5 %

• Condición de la muestra ensayada : Embebido en agua: 4 días

	<u>Especimen N° 01</u>	<u>Especimen N° 02</u>	<u>Especimen N° 03</u>
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm <sup>2</sup>	12.2 kg*cm/cm <sup>2</sup>	6.1 kg*cm/cm <sup>2</sup>
• Densidad seca (antes de ser remojada)	1.923 g/cm <sup>3</sup>	1.781 g/cm <sup>3</sup>	1.661 g/cm <sup>3</sup>
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	4.03 %	3.35 %	3.02 %
• Humedad (antes de la compactación)	10.7 %	11.2 %	10.8 %
• Humedad de penetración	16.1 %	19.5 %	22.8 %
• Absorción	5.4 %	8.3 %	12.0 %

• Características de los especímenes

• Retenido acumulado en tamices (*)	(MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm)	0.0 %
	(MTC E-107) : N° 40 (0,426 mm)	1.0 %
	(MTC E-107) : N° 50 (0,297 mm)	10.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm)	53.0 %
• Peso Especifico Relativo de Partículas Sólidas	(MTC E-113) :	2.714
• Límite líquido	(MTC E-110) :	36.0 %
• Índice de plasticidad	(MTC E-111) :	12.0 %
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134) :	ML
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135) :	A-6 (4)

  
 ING. CESAR FERREYROS CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Dirección de Estudios Especiales

**INGENIERO RESPONSABLE**

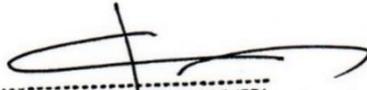
Lima, 4 de Noviembre del 2017

## ENSAYOS DE LABORATORIO

### CLASIFICACION DE SUELOS SUCS, AASHTO Y MCT (Clasificación Tropical).

MUESTRA	MCT	SUCS	AASHTO	CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS
TROPEZON	NS' Suelo Arenoso no laterítico	ML	A-6 (4)	Con índices de plasticidad de 12%, altamente impermeables, de capilaridad elevada, propensos a cambios de volumen en presencia de humedad.
INFIERNO	NS' Suelo Arenoso no laterítico	ML	A-7-5	Con índices de plasticidad de (17%), altamente impermeables, de capilaridad elevada, propensos a cambios de volumen en presencia de humedad
NOAYA	NA' Suelo arenoso no laterítico	SM	A-2-4(0)	No presenta índice de plasticidad, alta permeabilidad contiene limo

Características Físicas y Mecánicas de los Suelos hallados en el Camino Vecinal Tropezón (km 6+900).

  
 ING. CESAR FERRER CORCUERA  
 Coordinador de Estudios  
 Direccion de Estudios Especiales

Características Físicas y Mecánicas de los Suelos hallados en el Camino Vecinal La Joya – Infierno (km 15+800).

**DIFERENCIAS DE PROCTOR MODIFICADO Y MINIPROCTOR**

<b>MUESTRA</b>	<b>MINI PROCTOR gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>PROCTOR MODIFICADO gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>TROPEZON</b>	<b>1.813</b>	<b>1.898</b>
<b>INFIERNO</b>	<b>1.771</b>	<b>1.802</b>

**MEZCLA DE CANTERAS**

Mezcla de cantera Puente Noaya y la Cantera Tropezón (km 6+900).

<b>Cantera Noaya (Arena)</b>	<b>Cantera Tropezón (Ligante)</b>	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MEZCLA DE CANTERAS</b>
40 %	60 %	Se consiguió un índice de plasticidad de 7 %, ideal para lo requerido

Mezcla de cantera Puente Noaya y la Cantera La Joya – Infierno (km 15+800).

<b>Cantera Noaya (Arena)</b>	<b>Cantera Infierno (Ligante)</b>	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS</b>
60 %	40 %	Se consiguió un índice de plasticidad de 7%, ideal para lo requerido.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES**



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : JULIO DE LA CRUZ MEDINA

Departamento : MADRE DE DIOS

Distrito : H.R. 58108-048C-17

Referencia : H.R. 58108-048C-17

Provincia : TAMBOPATA

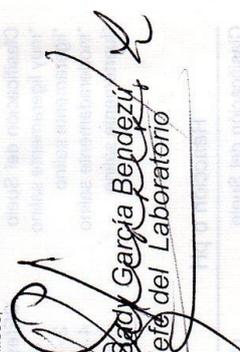
Predio :

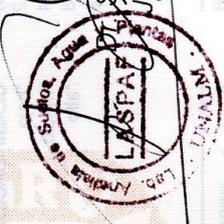
Fecha : 12/04/17

Lab	Número de Muestra Claves	C.E. (1:1) dS/m	pH (1:1)	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Sat. De Bases %
								Arena %	Limo %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>		

2756	M1	5.01	0.07	0.00	0.72	2.5	25	28	44	28	Fr.Ar.	10.72	2.93	0.87	0.08	0.07	1.00	4.95	3.95	37
2757	M2	5.32	0.07	0.00	0.66	3.8	31	50	36	14	Fr.	12.32	5.19	2.15	0.10	0.09	0.30	7.83	7.53	61

A = Arena, A.Fr. = Arena Franca, Fr.A. = Franco Arenoso, Fr. = Franco, Fr.L. = Franco Limoso, L = Limoso, Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso, Fr.Ar. = Franco Arcilloso, Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso, Ar.A. = Arcillo Arenoso, Ar.L. = Arcillo Limoso, Ar. = Arcilloso

  
 Sergio García Bendejé  
 Jefe del Laboratorio



## MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.= %Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>- COOCH<sub>3</sub>)N; pH 7.0
10. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio

### Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/kilogramo
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmo(+)/kg
- Salies solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

## TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	CLASIFICACIÓN	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas
Clasificación del Suelo			%	ppm P	ppm K	Clasificación
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K
*fuertemente salino	>8					*defc. Mg
						Ca/Mg
						0.2 - 0.3
						>0.5
						>0.2
						>10

### Reacción o pH

Clasificación del Suelo	pH
*fuertemente ácido	<5.5
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5
*neutro	6.6 - 7.0
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
*fuertemente alcalino	>8.5

### CLASES TEXTURALES

A	= arena	Fr.Ar.A	= franco arcillo arenoso
A.Fr	= arena franca	Fr.Ar	= franco arcilloso
Fr.A	= franco arenoso	Fr.Ar.L	= franco arcilloso limoso
Fr.	= franco	Ar.A	= arcilloso arenoso
Fr.L	= franco limoso	Ar.L	= arcilloso limoso
L	= limoso	Ar.	= arcilloso

### Distribución de Cationes %

Ca <sup>2+</sup>	=	60 - 75
Mg <sup>2+</sup>	=	15 - 20
K <sup>+</sup>	=	3 - 7
Na <sup>+</sup>	=	<15

### 4.3. Análisis Estadístico.

#### 4.3.1. Características de Ensayos: Area de Compactación y CBR.

Cuadro de variables Compactación y CBR.

Nº	Ensayo	Norma	Año	Título	Producto
1	Máxima densidad seca de una arcilla	MTC E-115	2017	Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m <sup>3</sup> )	Arcilla
Muestras de Arcilla: A (Tropezón) y B (Infierno)					

Fuente: Propia.

Se ha ejecutado con la finalidad de verificar que los resultados obtenidos tienen precisión y exactitud aceptables. Para evaluar las muestras de cada ensayo se comparó los resultados obtenidos, por cada muestra (repetibilidad de cada muestra) Se ha realizado un análisis de resultados mediante el test de COCHRAN.

Los resultados de ensayos obtenidos se han realizado utilizando los softwares Microsoft Excel y Minitab para Windows v.15, que permiten hacer cálculos de los test de análisis de atípicos (COCHRAN) y análisis de variancia (ANOVA) respectivamente. En Excel, se realizó los test de Cochran.

En Minitab se verificó la normalidad de los datos, homogeneidad de varianzas, análisis de varianza.

Determinación de la Máxima densidad seca de una arcilla mediante compactación en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup>) – MTC E-115 (2000)

Cuadro de Normalidad, Bartlett, ANOVA.

Muestras	Normalidad	Bartlett	ANOVA		Observación
	p-value	p-value	F	pvalue	
A, B	>0,100	0,128	22,69	0,009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los residuales de los datos de las muestras se ajustan a una distribución normal</li> <li>• Existe Homogeneidad de Varianzas.</li> <li>• Existen diferencias significativas entre las muestras A y B</li> </ul>

Fuente: Propia.

#### 4.3.2. Conclusiones.

- Los residuales de las muestras se ajustan a una distribución normal
- Existe Homogeneidad de Varianzas.
- Existen diferencias en las muestras A (Tropezón) y B (Infierno), en el Método de ensayo para determinar la Máxima densidad seca de un suelo mediante compactación en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup>) - NTP 339.141 (1999)

#### 4.3.3. Resultados Estadísticos.

Método de ensayo para determinar la Máxima densidad seca de un suelo mediante compactación en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup>) - NTP 339.141 (1999):

Variable A y variable B.

	A	B
1	1,913	1,859
2	1,907	1,825
3	1.899	1,806

- Prueba estadística para verificar valores atípicos

Los resultados de los cálculos estadísticos para verificar valores atípicos de acuerdo al test de COCHRAN figuran en el siguiente cuadro:

Muestras estadísticas A y B

	Muestras	S <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
1	A	4,93333E-05
2	B	0,000721
	Σ=	0,000770333

TEST DE COCHRAN		
VARIANZA MÁXIMA	(S MAX) =	0,000721
C		0,93595846
		REZAGADO

Test de Cochran	Nivel de Significancia	1%	5%
P = 2	Valor Crítico	0,93700	0,877

De acuerdo al cuadro se concluye que el máximo valor crítico 0,93595846 es mayor que 0,877 y menor que 0,93700; por lo que no presenta valores atípicos, se le considera como rezagado.

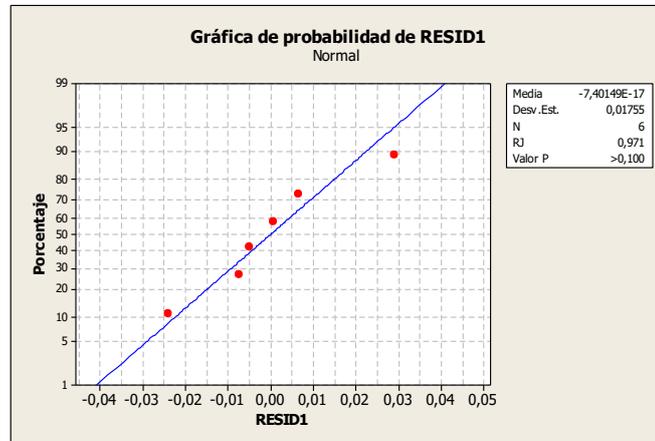
### Test de Normalidad y Homogeneidad de Varianza.

- Verificación de normalidad usando residuales mediante la prueba de Shapiro Wild

Ho: Los residuales de los datos de densidad seca siguen una distribución normal

H1: Los residuales de los datos de densidad seca no siguen una distribución normal

### Distribución normal



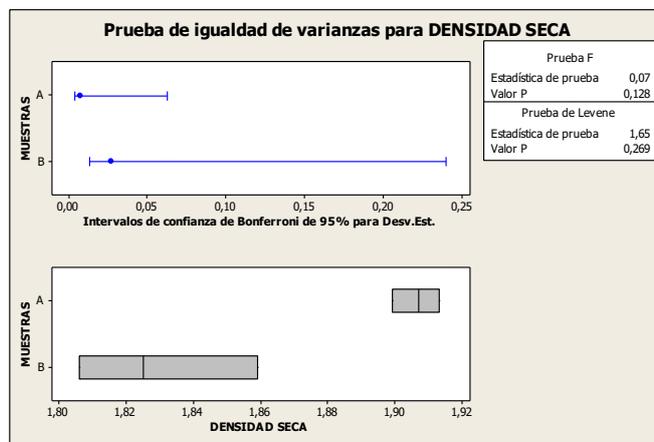
De Acuerdo a esta gráfica P valor > 0,010 y  $\alpha = 0,05$ ; se observa que  $Pvalor > \alpha = 0,05$ ; implica que no se rechaza  $H_0$ ; por lo que se concluye que los residuales de los datos de densidad seca de muestras de arcilla se ajustan a una distribución normal.

- Prueba de homogeneidad de varianza

$H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$  (no se rechaza la hipótesis  $H_0$ , existe homogeneidad de varianza)

$H_1: \sigma_A^2 \neq \sigma_B^2$  (se rechaza  $H_0$ , al menos una  $\sigma^2$  es diferente, no hay homogeneidad de varianza)

homogeneidad de varianza en las muestras.



De Acuerdo a la gráfica usando el test de Bartlett  $P$  valor = 0,128 y  $\alpha = 0,05$ ; se observa que  $\alpha = 0,05 < P_{valor} = 0,128$ , implica que no se rechaza  $H_0$ ; por lo que se concluye que existe homogeneidad de varianza en las muestras.

- Prueba de diferencias significativas entre muestras

Prueba de igualdad de varianzas para DENSIDAD SECA  
ANOVA unidireccional: DENSIDAD SECA vs. MUESTRAS

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRAS	1	0,008740	0,008740	22,69	0,009
Error	4	0,001541	0,000385		
Total	5	0,010281			

S = 0,01963 R-cuad. = 85,01% R-cuad.(ajustado) = 81,27%

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+-----
A	3	1,9063	0,0070	(-----*-----)
B	3	1,8300	0,0269	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				1,820 1,855 1,890 1,925

Desv.Est. agrupada = 0,0196

De los resultados de dos muestras,  $P = 0,009$  y  $\alpha = 0,05$ ; se concluye que  $P_{valor} = 0,009 > \alpha = 0,05$ , implica que se rechaza  $H_0: \mu_A \neq \mu_B$ ; se concluye que existen diferencias significativas entre las dos muestras.

## **CAPÍTULO V :**

### **DISCUSION DE LOS RESULTADOS.**

- a) El comparativo con la metodología convencional de Proctor modificado ASTM D1557 dio un resultado igual que el mini Proctor DER-SP M-191/88 reduciendo el tiempo y la cantidad de material debido a que el área del martillo es igual al área del molde.
  
- b) El comparativo del CBR ASTM D 1883 convencional con el Mini CBR, DER M-192/88 según los desarrollos prácticos, se producen en cantidades más pequeñas de muestras, se ejecuta más rápido y se realiza menos esfuerzo físico y la variación de operados a operador es mínima, debido a que el área del martillo es igual al área del molde.
  
- c) La aplicación de la metodología MCT no es convencional, y se pudo aplicar todos los ensayos en las muestras que se trajeron desde Madre de Dios, donde se pudieron encontrar suelos de origen tropical y suelos transportados de origen tropical.

## CONCLUSIONES

1. Con esta metodología que se aplicó a los suelos tropicales obtenidas de las canteras, no pudo ser optimizada porque su identificación es suelo soprolítico, tanto en la vía de Tropezón como en la vía de Infierno.
2. Se desarrolló la implementación ejecutando cada uno de los ensayos, los instrumentos y accesorios fabricados respetando las normas actualizadas DER-SP siendo aplicado para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal de “Infierno”.
3. La metodología tradicional geotécnica ha sido complementada con la clasificación MCT, en los suelos tropicales de la red vecinal “Tropezón” y red vecinal de “Infierno”.
4. Se mejoro el equipo de mini compactación con los trabajos adicionales de metal mecánica obteniendo cuerpos de prueba de 50 mm con una tolerancia de  $\pm 1$  mm, verificando los resultados con la ayuda de un vernier, prosiguiendo los ensayos con Mini Proctor para determinar la MDS y OCH para la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
5. Se construyo el pitón de penetración DM 5016 con un diámetro de 16 mm para el uso de Mini-CBR Logrando ejecutar los ensayos, así mismo obtuvo los resultados de expansión con carga y expansión sin carga, logrando observar el comportamiento de la para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.

6. Se demostró la contracción de acuerdo a la norma existente, con carga y contracción sin carga, en los hornos se pudo simular las temperaturas de zonas tropicales 30 °C Y 40 °C para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
7. Se fabricó los instrumentos de infiltrabilidad y permeabilidad, cumpliendo las medidas según las normas modernas para operacionalizará obteniendo los resultados siguientes, para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
8. La mejora del equipo de mini compactación contribuyo para un correcto ensayo del Mini-MCV obteniendo un  $c'$  aceptable de una curva de deformabilidad correcta siendo indispensable para la clasificación MCT, para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
9. Se confecciono el disco espaciador de 35 mm de  $\varnothing$  y 1.5 mm de altura cumpliendo las normas recientes, con los forados en cada cuerpo de prueba y agregando imprimante MC-30, se obtuvo los resultados de penetración de imprimación, para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
10. Para los ensayos de perdida por inmersión se adaptó envases de aluminio que captaron mejor la muestra desprendida funcionando de manera óptima, para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.
11. La clasificación geotécnica requiere de los ensayos Mini-MCV y pérdida de masa por inmersión obteniéndose la granulometría  $c'$  y el índice de laterización  $e'$  localizando por coordenadas en la carta de clasificación MCT e identificando el tipo de suelo para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de “Tropezón” y red vecinal “Infierno”.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para la aplicación de la metodología Mini Compactación Tropical requiere contar con un laboratorio adecuado, adaptado para realizar todos los ensayos y ambientes para almacenar las muestras y los cuerpos de prueba.
2. La extracción de más muestras de toda la zona tropical del Perú para incrementar la identificación geotécnica con la metodología Mini Compactación Tropical y complementar los estudios geotécnicos tradicionales.
3. Adquirir equipos que cumplan con la certificación para validar resultados de laboratorio.
4. Difundir la nueva metodología en universidades y escuelas técnicas e institutos, debido a que existen grandes extensiones de suelos tropicales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. A.W. Parson. (1992). *Compaction of soils and granular materials: a review of research performed at the Transport Research Laboratory*. Londres: HMSO.
2. Carrillo G., A. (27 de Julio de 2017). *Geotécnica en los suelos Peruanos*. (U.N.I., Ed.) Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de Diseño Geotécnico en los suelos de la selva - Conferencia Especial.: <https://documentslide.org> > Documents
3. D.T.Davidson. (1960). METHODS FOR TESTING ENGINEER SOILS. *OWA ENGINEERING EXPERIMENT STATION*, 243-308.
4. Fadur V., D., Shuji N., J., Cincerre, J. R., Miranda S, P. R., & Zuppolini N., A. (2009). Pavimentos de baixo custo para vias urbanas. Sao Paulo, Brasil.
5. Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2013). Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". En M. d. Comunicaciones., & M. d. Comunicaciones (Ed.). Lima, Perú: MTC Sede Central.
6. Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2016). *Manual de carreteras - Ensayo de Materiales (EM - 2016)*. Lima: Eestado Peruano.
7. Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Seccion Suelos Tropicales. (2014). *Manual de Carreteras-Seccion Suelos Tropicales*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
8. Shuji N, J., & Fadul V., D. (1995). *Pavimentacao de baixo custo*. Brasil: Editorial Villibor.
9. Villibor, D. F., & Nogami, J. S. (2009). *Pavimentos Economicos. Tecnologia do uso dos solos finos lateriticos*. Sao Paulo, Brasil: Arte & Ciencia. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/355761832/PAVIMENTOS-ECONOMIC>

# **ANEXOS**

TROPICALES

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera se realizaría los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos comprendidas, en la red vial departamental y vecinal de Tropezón e Infierno?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b> a) ¿De qué manera se podría implementarse la metodología Mini Compactación Tropical en los suelos tropicales en la red vial de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? b) ¿De qué manera se complementaría la identificación geotécnica con la metodología Mini Compactación Tropical para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal "Tropezón" y red vecinal de "Infierno"? c) ¿Cómo se ejecutaría los ensayos de Mini Compactación Tropical MCT en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? d) ¿Cómo se realizaría los ensayos de Mini-CBR y expansión en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? e) ¿Cómo se demostraría los ensayos de contracción en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? f) ¿Cómo se determinaría los ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? g) ¿Cómo se mostraría los ensayos de compactación Mini-MCV en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? h) ¿Cómo se especificaría los ensayos de penetración de imprimación los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? i) ¿Cómo se desarrollaría los ensayos de pérdida de masa por inmersión en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"? j) ¿Cómo se indicaría la clasificación de suelos en el sistema Mini Compactación Tropical MCT en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar de qué manera se realizaría los ensayos de Mini Compactación Tropical para los estudios geotécnicos comprendidas, en la red vial departamental y vecinal de Tropezón e Infierno.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO</b> a) Determinar de qué manera se hace la implementación de la metodología MCT (Mini Compactación Tropical) para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". b) Designar de qué manera se complementa la identificación geotécnica para la clasificación de suelos tropicales con la metodología MCT (Mini Compactación Tropical) para usos viales en suelos tropicales, en la red vecinal "Tropezón" y red vecinal de "Infierno". c) Registrar de qué manera se ejecuta los ensayos de Mini Proctor en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" d) Establecer de qué manera se ejecuta los ensayos de Mini-CBR y expansión en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" e) Mostrar de qué manera se ejecuta los ensayos de contracción en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" f) Operacionalizar de qué manera se ejecuta los ensayos de infiltrabilidad y permeabilidad en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" g) Especificar de qué manera se ejecuta los ensayos de compactación Mini-MCV en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" h) Explicar de qué manera se ejecuta los ensayos de penetración de imprimación los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" i) Indicar de qué manera se ejecuta los ensayos de pérdida de masa por inmersión en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno" j) Indicar de qué manera se ejecuta la clasificación de suelos en el sistema Mini Compactación Tropical en los suelos tropicales en la red vecinal de "Tropezón" y la red vecinal de "Infierno"</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Con la implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se optimizará los recursos geológicos de origen tropical, en el uso de vías de transporte en la red vial vecinal "Tropezón" y red vecinal "Infierno" departamental de Madre de Dios.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICO</b> a) La implementación de la metodología Mini Compactación Tropical se determinará con la norma contemporánea y con los instrumentos y accesorios fabricados, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". b) La complementación geotécnica se hará clasificando los suelos tropicales con la metodología Mini Compactación Tropical para usos viales en suelos tropicales, en la red vial "Tropezón" y red vecinal de "Infierno". c) los ensayos de Mini Proctor se registrarán de acuerdo a la norma vigente y mejorando el equipo de mini compactación, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". d) La preparación de Mini-CBR y Expansión se establecerá de acuerdo a la norma actual, diseñando y construyendo el pistón de penetración DM 5016, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". e) La prueba de contracción se demostrará de acuerdo a la norma existente, usando hornos para recrear el clima tropical, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". f) La experimentación de la infiltrabilidad y permeabilidad se operacionalizará de acuerdo a la norma moderna, esbozando y fabricando los instrumentos, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". g) La investigación Mini-MCV se especificará de acuerdo a la norma flagrante, en el equipo de mini compactación mejorado, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". h) El estudio de penetración de imprimación se explicará de acuerdo a la norma reciente, esquematizando y confeccionando el disco espaciador, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". i) El test de pérdida de masa por inmersión se indicará de acuerdo a la nueva norma, proyectando y colocando nuevos accesorios, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno". j) Los análisis de clasificación en el sistema mini compactación tropical se indicará la clasificación con la norma contemporánea, para usos viales en suelos tropicales, en la red vial de "Tropezón" y red vecinal "Infierno".</p>	<p><b>VARIABLES INDEPENDIENTES (X)</b> Metodología Mini Compactación Tropical.</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES (Y)</b> Usos viales en suelos tropicales.</p>	<p>IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA</p> <p>TIPOS DE ENSAYOS</p> <p>CLASIFICACION GEOTECNICA</p> <p>GEOTECNIA</p> <p>SUELOS TROPICALES</p>	<p><b>METODO DE INVESTIGACIÓN</b> Científico Analítico sintético Medición</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Es aplicada,</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Descriptivo - explicativo,</p> <p>Con un enfoque cuantitativo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Es experimental</p> <p><b>POBLACION Y MUESTRA</b></p> <p><b>POBLACIÓN</b> Son todas las carreteras en zonas tropicales de la Región Madre de Dios.</p> <p><b>MUESTRA</b> El tipo de muestreo es el no probabilístico o dirigido o intencional debido a la naturaleza del estudio, se eligió a la carretera Vecinal Tropezón y la carretera Vecinal Infierno.</p>

## ANEXO 2: Documentos de Gestión



PERÚ Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Lima, 12 ABR. 2017

**OFICIO N° 090-2017-MTC/14.01**

Señor  
**Ph.D. NOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**  
Decano (e) de la Facultad de Ingeniería  
De la universidad Peruana Los Andes  
Av. Calmell del Solar s/n Chorrillos  
Teléf. 064-265145

**Huancayo.-**

Ref. : Oficio N° 0330-2017-DFI-UPLA.

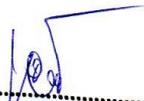
Me dirijo a usted en relación al documento de la referencia, mediante el cual solicita facilidades para el estudiante Roberto Julio De la Cruz Medina, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Filial Lima de la Universidad Peruana Los Andes, a fin de realizar los ensayos para la elaboración de la Tesis: **USO DE SUELOS TROPICALES ESTABILIZADOS PARA PAVIMENTOS EN LA RED VIAL DEPARTAMENTAL Y VECINAL**, de Departamento de Madre de Dios.

Al respecto, esta Dirección ve por conveniente la realización de dicha tesis, con el compromiso de que una copia sea entregada a este laboratorio como elemento de consulta por tratarse de un tema de investigación, así mismo se debe precisar que cualquier material o insumo para el desarrollo de la indicada tesis, será por cuenta del tesisista.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad para expresar los sentimientos de mi especial consideración.

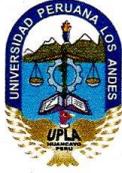
Atentamente



  
Ing. Segundo S. Villalobos Celis  
Dirección de Estudios Especiales  
DIRECTOR (E)

[www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)

Av. Túpac Amaru N° 150  
Rímac, Lima 25 - Perú  
(511) 481-3707



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DECANATO**



“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Huancayo, febrero 27 del 2017

**OFICIO N° 0330-2017-DFI-UPLA**

Señor:

**Ing. SEGUNDO VILLALOBOS CELIS**

Director de Ensayos Especiales

**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES**



Presente.-

**ASUNTO : SOLICITO DAR FACILIDADES PARA REALIZAR  
ENSAYOS PARA ELABORACIÓN DE TESIS**

Es grato dirigirme a Ud. para saludarle cordialmente, y a la vez solicito a su despacho dar facilidades al estudiante De La Cruz Medina Roberto Julio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Filial Lima de la Universidad Peruana Los Andes, a fin de poder realizar los ensayos para elaboración de su Tesis: USO DE SUELOS TROPICALES ESTABILIZADOS PARA PAVIMENTOS EN LARED VIAL DEPARTAMENTAL Y VECINAL.

En espera de su gentil atención al presente, hago propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,

  
**Ph.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**  
DECANO (e)

cc.archivo  
MMHM/rbm

Av. Calmell del Solar s/n Chorrillos  
Telf. 064-265145

MTC - DG CyF  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

09 ABR. 2018

Hora: 11:04 AM

Por: *[Signature]*

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

Lima, 9 de abril de 2018

Señor:

Ing. SEGUNDO VILLALOBOS CELIS.  
Director del Laboratorio, Dirección de Ensayos Especiales  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Distinguido señor.

Por medio de la presente me dirijo a usted para manifestarle que, los suelos tropicales en el Perú requieren ser estudiados con mayor interés teniendo las siguientes consideraciones.

1. La construcción de las vías de comunicación en las zonas tropicales en el Perú, aplicando metodologías y normas como AASHTO, SUCS, ASTM, y al tratar de cumplir con estas normas se elevan los costos de los materiales.
2. La clasificación de suelos tropicales en la actualidad es muy limitada, según las metodologías SUCS, AASHTO dejando en incertidumbre y limitaciones geotécnicas.
3. Teniendo en cuenta el origen pedológico y geológico de suelos para este trópico, se creó una metodología que es el sistema MCT "Mini Compactación Tropical" apropiada para optimizar y hacer una nueva clasificación de suelos tropicales propuesta en Brasil en 1975.

Por estas consideraciones solicito que se aplique en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Laboratorio Dirección de Ensayos Especiales, el sistema MTC "Mini Compactación Tropical", asimismo, oficialización de la norma MTC para cumplir con la clasificación de suelos tropicales en forma correcta y adecuada que se ha desarrollado en nuestro trópico, optimizando el suelo en el uso de las carreteras y bajando los costos.

Me permito proponer ante usted como tesista por haberme dado la oportunidad de desarrollar la investigación en suelos tropicales conforme al oficio 090-2017 MTC/14.01 y como referencia el oficio N° 0330-2017-DFI-UPLA.

Sin otro en particular me suscribo muy respetuosamente.

Atentamente

*[Signature]*

ROBERTO JULIO DE LA CRUZ MEDINA  
DNI: 42074859



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para hombres y mujeres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

## CONSTANCIA DE CAPACITACION

El que suscribe, **Director de la Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones**, hace constar:

Que, en atención al Oficio N° 0330-2027-DFI-UPLA del Decano D.Mohamed Mehdi Hadi Mohamed de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Filial Lima de la Universidad Peruana Los Andes, se dio apoyo al **SR. DE LA CRUZ MEDINA ROBERTO JULIO** para su capacitación.

El desarrollo de dicha capacitación se realizó del 14 de abril del 2017 al 14 de mayo del 2018, desarrollando sus actividades de practica y de Investigación en los Estudios de Suelos Tropicales con la Metodología MCT "Mini Compactación Tropical" de acuerdo a las Normas Vigentes, demostrando interés y responsabilidad durante su permanencia.

Se expide el presente, a solicitud del interesado.

Lima, 14 de mayo del 2018

Atentamente,



  
Ing. Segundo S. Villalobos Celis  
Dirección de Estudios Especiales  
DIRECTOR (E)

**COTIZACIÓN E7 0031601 YO**

**ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.**  
 R.U.C. 2010090101  
 Luis Castro Roncofios 777 (Cdra. 20 Av. Argentina) - Lima - Peru  
 Sucursal: Calle Luis Castro Roncofios 777 - Lima

**C**

FECHA : 29/09/2017  
 HORA : 02:11p.m.  
 MONEDA: Dólares

CONDICIONES DE PAGO:  
 VENDEDOR: OFICINA LIM  
 ENTREGAR EN:

SEÑOR (ES): ALEXANDRA PERU S.A.C.  
 CON 58953 - 01 AG. 2%+  
 CAL.MISTI NRO. 416 DPTO. 401  
 YANAHUARA, AREQUIPA, AREQUIPA  
 20602074821

VALIDEZ DE LA OFERTA: 7 DIAS  
 SALVO PREVIA VENTA  
 (En caso de pedido, indicar N° de cotización)

CONTACTO:  
 TELÉF.:

SOLICITANTE: JULIO DE LA CRUZ  
 E-MAIL:

**Visiferos en [www.bohlerperu.com](http://www.bohlerperu.com)**

N°	CÓDIGO	PZAS	DESCRIPCIÓN DE LA MERCADERÍA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL ITEM	IMPORTE	OBSERV. ITEM
1	1-41-6447	1	AC. H-1045 RED 70mm x 250mm	1.00 pz *	13.26	13.26	13.26	15.67 51.16
2	1-30-8250	1	AC. VCL Bon RED 70mm x 250mm	1.00 pz *	23.12	23.12	23.12	27.28 89.219

TOTAL DESCUENTO  
 US\$ -0.01

V. VTA APROX. US\$ 36.38  
 IGV 18 % US\$ 6.55  
 TOTAL NETO APROX. US\$ 42.93

REG. PERCEPCIÓN 2%+  
 US\$ 0.00  
 TOTAL A PAGAR APROX.  
 US\$ 42.93

**EL VALOR APROXIMADO PUEDE VARIAR DE ACUERDO AL PESO REAL DE BALANZA.**  
 Sirvase depositar en las siguientes cuentas:  
 BANCO CTA. CTE. DOLARES US\$ CTA. CTE. NUEVOS SÓLES  
 BCP 193-0749487-1-84 193-0003060-0-09  
 Scotiabank 000-0081582 000-0678368

**YRMA OLASCOAGA**  
 Preparado por:  
**ACEPTAMOS: VISA**

Enviar copia del abono al siguiente e-mail, para registro del pago:  
 correo electrónico: [creditos@bohlerperu.com](mailto:creditos@bohlerperu.com)  
 Teléf.: 619-3244, 619-3243 RPM: #545811

**Telefonos:**  
 Ventas 619-3232  
 Planta-TT 619-3240  
 Administ. 619-3250  
 Ate 619-3247  
 Arequipa (054)28-2884  
 Los Olivos 619-3231

**ISO 9001**  
**SGS**

**BOEHLER**  
 Directo : 619-3238  
 Teléf. : 619-3232 Anexo 116  
 Rpm Vtas : #994276881 - 99427-6880  
 E-mail : [yрма.olascoaga@bohlerperu.com](mailto:yрма.olascoaga@bohlerperu.com)

Enviemos sus comentarios y/o sugerencias a [sugrencia@bohlerperu.com](mailto:sugrencia@bohlerperu.com)

La compra o aprobación de la cotización, implica la aceptación de las Condiciones Generales del Servicio disponible en [www.bohlerperu.com](http://www.bohlerperu.com)

Esta cotización queda sujeta a la aprobación de la casa vendedora.

Enviemos sus comentarios y/o sugerencias a [sugrencia@bohlerperu.com](mailto:sugrencia@bohlerperu.com)

Enviemos sus comentarios y/o sugerencias a [sugrencia@bohlerperu.com](mailto:sugrencia@bohlerperu.com)

Enviemos sus comentarios y/o sugerencias a [sugrencia@bohlerperu.com](mailto:sugrencia@bohlerperu.com)



**ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.**

E-mail : [ventas@bohlerperu.com](mailto:ventas@bohlerperu.com) - [creditos@bohlerperu.com](mailto:creditos@bohlerperu.com)

[www.bohlerperu.com](http://www.bohlerperu.com)

Aceros : (01) 619-3232 Planta TT. : (01) 619-3240  
 Soldaduras : (01) 619-3248 Control Mat. : (01) 619-3252  
 Administración : (01) 619-3250 Créditos : (01) 619-3244

Oficina Principal : Calle Luis Castro Ronceros 777 - Lima - Lima - Lima  
 Sucursal Ate : Av. Nicolás de Ayllón Nro. 2159 Z.I. Sta. Lucía - Lima - Lima - Ate / Teléfono : (01) 619-3247  
 Sucursal Arequipa : Av. Angamos 204 Urb. María Isabel - Arequipa - Arequipa / Teléfono : (054) 28-2884  
 Sucursal Los Olivos : Av. Carlos Izaguirre 1347 urb. Las Palmas Reales - Lima - Lima - Los Olivos / Telef. : (01) 619-3231  
 Planta Tratamiento Térmico : Calle Luis Castro Ronceros 777 - Lima - Lima - Lima

R.U.C. N° 20100036101  
**FACTURA ELECTRÓNICA**  
 N° FF03-00036263

SEÑOR(ES) : ALEXANDRA PERU S.A.C.	COD. CLIENTE : 58953	AG. PERCEP. : NO
DIRECCIÓN : CALMISTI NRO. 416 DPTO. 401		T/C : 3.244
AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA		
R.U.C. : 20602074821		

VENDEDOR : OFICINA LIM	ZONA : --	OTRO DOCUMENTO :	EMITIDO POR : KATHERINE HERMOZA	FECHA DE EMISIÓN : 19/10/2017 09:42:00	TIPO DE MONEDA : Nuevo Sol Peruano
NÚMERO PEDIDO : - K50006455	ORDEN DE COMPRA :	CONDICIONES DE PAGO : VENTA AL CONTADO			

NÚMERO DE GUIA	CÓDIGO DE ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PIEZAS	CANTIDAD	UND	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	TOTAL
-	1-30-8250	VCL Bon RED 70mm x 250mm	1.00	1.00	NIU	88.45	74.96	74.96

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.

19 OCT. 2017

**CANCELADO**

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.

ALMACEN

19 OCT. 2017

**DESPACHADO**

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.

VºBº

R.R.R.

ALMACEN

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.

**CONTROL VIGILANCIA**

10:40

SON: OCHENTA Y OCHO CON 45/100 SOLES

ESTIMADO CLIENTE : LA COMPRA IMPLICA LA ACEPTACIÓN DE LAS CONDICIONES GENERALES DEL SERVICIO DISPONIBLE EN <a href="http://WWW.BOHLERPERU.COM">WWW.BOHLERPERU.COM</a> * CANCELADO / PAGADO *	OP. GRATUITA	:	
	OP. EXONERADA	:	
	OP. INAFECTA	:	
	OP. GRAVADA	: S/.	74.96
	TOT. DSCTO.	:	
	CARGOS	:	
	I.G.V.	: S/.	13.49
	I.S.C.	:	
OTROS TRIB.	:		
TOTAL ANTICIPOS	:		
IMPORTE TOTAL	: S/.	88.45	

Alcance certificado:  
 La Venta y la Asesoría Técnica; el Corte y la Distribución de Aceros Especiales.  
 La Venta y la Asesoría Técnica y la Distribución de Soldaduras y Máquinas de Soldar.



Alcance certificado sólo en Oficina Principal :



REPRESENTACIÓN IMPRESA DE FACTURA ELECTRÓNICA, ESTA PUEDE SER CONSULTADA EN [WWW.BOHLERPERU.COM](http://WWW.BOHLERPERU.COM) AUTORIZADO MEDIANTE RESOLUCIÓN N° 300-2014/SUNAT



gOkLJ8eZFJya0JQJ7S8toVLLU=

**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES**

N° 002

**GUIA DE REMISION N° 002- 2018-MTC/14.01.OP.**

FECHA 12/01/2018

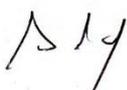
**Portador** : JULIO DE LA CRUZ MEDINA      **Transportista** : Movilidad particular  
**Cargo** : Tesista      **Dirección** :  
**Motivo** : Correccion de hilos en plancha      **Placa** :  
**Procedencia** : DIRECCION ESTUDIOS ESPECIALES      **Chofer** :  
**Referencia** : Ing. Harry Rodriguez Camacho      **Lic.Conducir** :  
**Direccion** : Av. Tupac Amaru N° 150 Rimac - LIMA      **D.N.I.** :  
 Laboratorio DEE

CANT	ID 2016		Marca	MODELO	SERIE	Codigo Patrimonial	
<b>Accesorios</b>							
02	unid.	Planchas Guías	S.M.	S.M.	S.S.	S.Cp	
01	unis	Arandela a presion	S.M.	S.M.	S.S.	S.Cp	
01	unid.	Tuerca Milimetrica	S.M.	S.M.	S.S.	S.Cp	
xxxx	xxxxx						
	NOTA:	Pertenece al equipo de Mini Proctor de la sala de CBR va a trabajo de torno					
							



  
 Entregado Conforme

  
 V.B. Director  
 Ing. Segundo S. Villalobos Celis  
 Dirección de Estudios Especiales  
 DIRECTOR (E)

  
 Recibi conforme  
 JULIO DE LA CRUZ MEDINA  
 D.N.I. 42074859



LABORATORIO

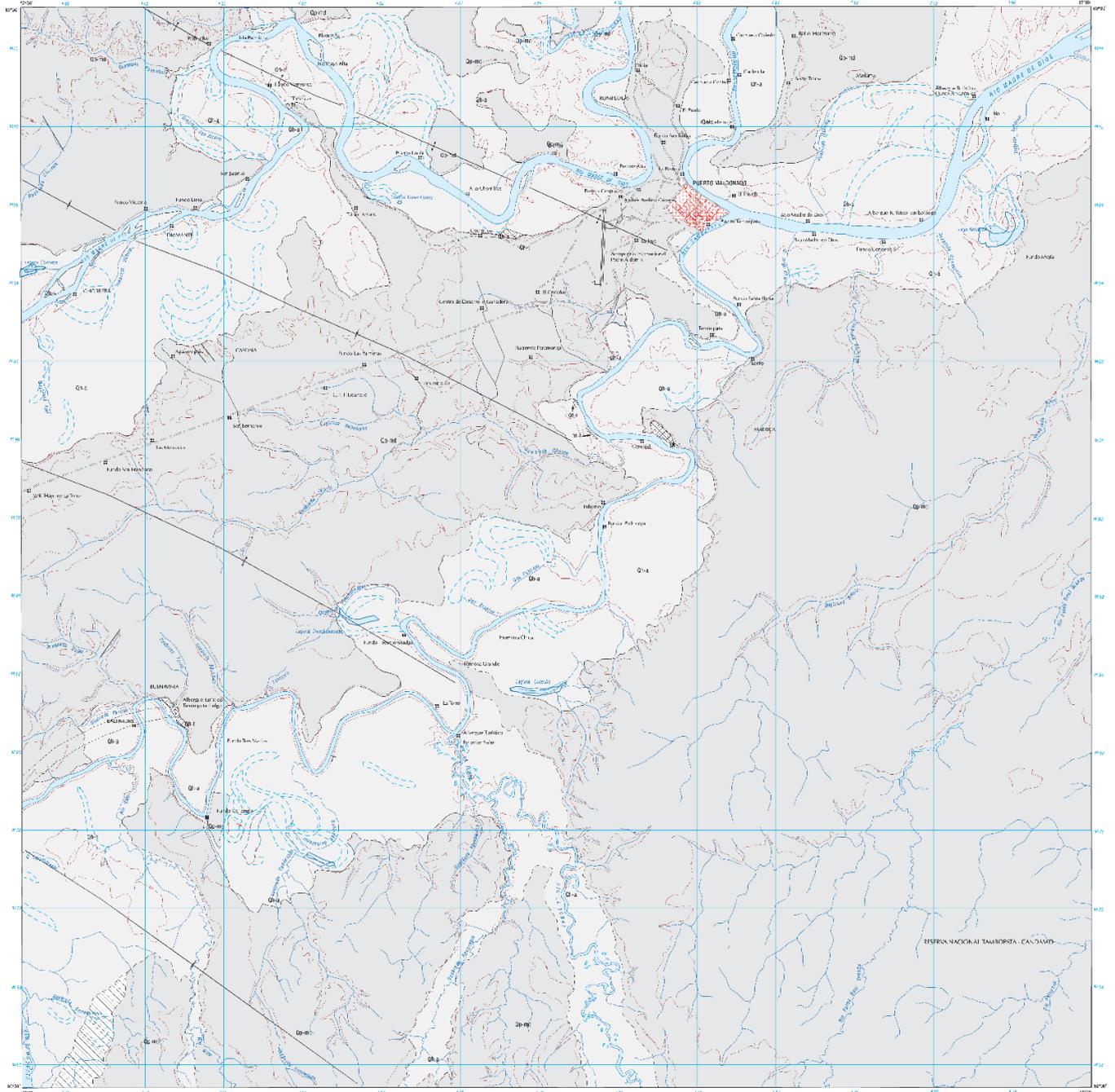


DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS  
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
 PROYECTO ORIENTE  
 DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS

MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE PUERTO MALDONADO  
 ESCALA NUMERICA 1:500.000  
 ESCALA GRAFICA 1:500.000

LEYENDA

USO DEL SUELO	USO DEL SUELO	USO DEL SUELO	USO DEL SUELO
U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DU DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN EO EP EQ ER ES ET EU EV EW EX EY EZ FA FB FC FD FE FF FG FH FI FJ FK FL FM FN FO FP FQ FR FS FT FU FV FW FX FY FZ GA GB GC GD GE GF GG GH GI GJ GK GL GM GN GO GP GQ GR GS GT GU GV GW GX GY GZ HA HB HC HD HE HF HG HH HI HJ HK HL HM HN HO HP HQ HR HS HT HU HV HW HX HY HZ IA IB IC ID IE IF IG IH II IJ IK IL IM IN IO IP IQ IR IS IT IU IV IW IX IY IZ JA JB JC JD JE JF JG JH JI JJ JK JL JM JN JO JP JQ JR JS JT JU JV JW JX JY JZ KA KB KC KD KE KF KG KH KI KJ KL KM KN KO KP KQ KR KS KT KU KV KW KX KY KZ LA LB LC LD LE LF LG LH LI LJ LK LL LM LN LO LP LQ LR LS LT LU LV LW LX LY LZ MA MB MC MD ME MF MG MH MI MJ MK ML MN MO MP MQ MR MS MT MU MV MW MX MY MZ NA NB NC ND NE NF NG NH NI NJ NK NL NM NN NO NP NQ NR NS NT NU NV NW NX NY NZ OA OB OC OD OE OF OG OH OI OJ OK OL OM ON OO OP OQ OR OS OT OU OV OW OX OY OZ PA PB PC PD PE PF PG PH PI PJ PK PL PM PN PO PP PQ PR PS PT PU PV PW PX PY PZ QA QB QC QD QE QF QG QH QI QJ QK QL QM QN QO QP QQ QR QS QT QU QV QW QX QY QZ RA RB RC RD RE RF RG RH RI RJ RK RL RM RN RO RP RQ RR RS RT RU RV RW RX RY RZ SA SB SC SD SE SF SG SH SI SJ SK SL SM SN SO SP SQ SR SS ST SU SV SW SX SY SZ TA TB TC TD TE TF TG TH TI TJ TK TL TM TN TO TP TQ TR TS TU TV TW TX TY TZ UA UB UC UD UE UF UG UH UI UJ UK UL UM UN UO UP UQ UR US UT UY UZ VA VB VC VD VE VF VG VH VI VJ VK VL VM VN VO VP VQ VR VS VT VU VV VW VX VY VZ WA WB WC WD WE WF WG WH WI WJ WK WL WM WN WO WP WQ WR WS WT WU WV WW WX WY WZ XA XB XC XD XE XF XG XH XI XJ XK XL XM XN XO XP XQ XR XS XT XU XV XW XX XY XZ YA YB YC YD YE YF YG YH YI YJ YK YL YM YN YO YP YQ YR YS YT YU YV YW YX YZ ZA ZB ZC ZD ZE ZF ZG ZH ZI ZJ ZK ZL ZM ZN ZO ZP ZQ ZR ZS ZT ZU ZV ZW ZX ZY ZZ	U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DU DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN EO EP EQ ER ES ET EU EV EW EX EY EZ FA FB FC FD FE FF FG FH FI FJ FK FL FM FN FO FP FQ FR FS FT FU FV FW FX FY FZ GA GB GC GD GE GF GG GH GI GJ GK GL GM GN GO GP GQ GR GS GT GU GV GW GX GY GZ HA HB HC HD HE HF HG HH HI HJ HK HL HM HN HO HP HQ HR HS HT HU HV HW HX HY HZ IA IB IC ID IE IF IG IH II IJ IK IL IM IN IO IP IQ IR IS IT IU IV IW IX IY IZ JA JB JC JD JE JF JG JH JI JJ JK JL JM JN JO JP JQ JR JS JT JU JV JW JX JY JZ KA KB KC KD KE KF KG KH KI KJ KL KM KN KO KP KQ KR KS KT KU KV KW KX KY KZ LA LB LC LD LE LF LG LH LI LJ LK LM LN LO LP LQ LR LS LT LU LV LW LX LY LZ MA MB MC MD ME MF MG MH MI MJ MK ML MN MO MP MQ MR MS MT MU MV MW MX MY MZ NA NB NC ND NE NF NG NH NI NJ NK NL NM NN NO NP NQ NR NS NT NU NV NW NX NY NZ OA OB OC OD OE OF OG OH OI OJ OK OL OM ON OO OP OQ OR OS OT OU OV OW OX OY OZ PA PB PC PD PE PF PG PH PI PJ PK PL PM PN PO PP PQ PR PS PT PU PV PW PX PY PZ QA QB QC QD QE QF QG QH QI QJ QK QL QM QN QO QP QQ QR QS QT QU QV QW QX QY QZ RA RB RC RD RE RF RG RH RI RJ RK RL RM RN RO RP RQ RR RS RT RU RV RW RX RY RZ SA SB SC SD SE SF SG SH SI SJ SK SL SM SN SO SP SQ SR SS ST SU SV SW SX SY SZ TA TB TC TD TE TF TG TH TI TJ TK TL TM TN TO TP TQ TR TS TU TV TW TX TY TZ UA UB UC UD UE UF UG UH UI UJ UK UL UM UN UO UP UQ UR US UT UY UZ VA VB VC VD VE VF VG VH VI VJ VK VL VM VN VO VP VQ VR VS VT VU VV VW VX VY VZ WA WB WC WD WE WF WG WH WI WJ WK WL WM WN WO WP WQ WR WS WT WU WV WW WX WY WZ XA XB XC XD XE XF XG XH XI XJ XK XL XM XN XO XP XQ XR XS XT XU XV XW XX XY XZ YA YB YC YD YE YF YG YH YI YJ YK YL YM YN YO YP YQ YR YS YT YU YV YW YX YZ ZA ZB ZC ZD ZE ZF ZG ZH ZI ZJ ZK ZL ZM ZN ZO ZP ZQ ZR ZS ZT ZU ZV ZW ZX ZY ZZ	U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DU DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN EO EP EQ ER ES ET EU EV EW EX EY EZ FA FB FC FD FE FF FG FH FI FJ FK FL FM FN FO FP FQ FR FS FT FU FV FW FX FY FZ GA GB GC GD GE GF GG GH GI GJ GK GL GM GN GO GP GQ GR GS GT GU GV GW GX GY GZ HA HB HC HD HE HF HG HH HI HJ HK HL HM HN HO HP HQ HR HS HT HU HV HW HX HY HZ IA IB IC ID IE IF IG IH II IJ IK IL IM IN IO IP IQ IR IS IT IU IV IW IX IY IZ JA JB JC JD JE JF JG JH JI JJ JK JL JM JN JO JP JQ JR JS JT JU JV JW JX JY JZ KA KB KC KD KE KF KG KH KI KJ KL KM KN KO KP KQ KR KS KT KU KV KW KX KY KZ LA LB LC LD LE LF LG LH LI LJ LK LM LN LO LP LQ LR LS LT LU LV LW LX LY LZ MA MB MC MD ME MF MG MH MI MJ MK ML MN MO MP MQ MR MS MT MU MV MW MX MY MZ NA NB NC ND NE NF NG NH NI NJ NK NL NM NN NO NP NQ NR NS NT NU NV NW NX NY NZ OA OB OC OD OE OF OG OH OI OJ OK OL OM ON OO OP OQ OR OS OT OU OV OW OX OY OZ PA PB PC PD PE PF PG PH PI PJ PK PL PM PN PO PP PQ PR PS PT PU PV PW PX PY PZ QA QB QC QD QE QF QG QH QI QJ QK QL QM QN QO QP QQ QR QS QT QU QV QW QX QY QZ RA RB RC RD RE RF RG RH RI RJ RK RL RM RN RO RP RQ RR RS RT RU RV RW RX RY RZ SA SB SC SD SE SF SG SH SI SJ SK SL SM SN SO SP SQ SR SS ST SU SV SW SX SY SZ TA TB TC TD TE TF TG TH TI TJ TK TL TM TN TO TP TQ TR TS TU TV TW TX TY TZ UA UB UC UD UE UF UG UH UI UJ UK UL UM UN UO UP UQ UR US UT UY UZ VA VB VC VD VE VF VG VH VI VJ VK VL VM VN VO VP VQ VR VS VT VU VV VW VX VY VZ WA WB WC WD WE WF WG WH WI WJ WK WL WM WN WO WP WQ WR WS WT WU WV WW WX WY WZ XA XB XC XD XE XF XG XH XI XJ XK XL XM XN XO XP XQ XR XS XT XU XV XW XX XY XZ YA YB YC YD YE YF YG YH YI YJ YK YL YM YN YO YP YQ YR YS YT YU YV YW YX YZ ZA ZB ZC ZD ZE ZF ZG ZH ZI ZJ ZK ZL ZM ZN ZO ZP ZQ ZR ZS ZT ZU ZV ZW ZX ZY ZZ	U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DU DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN EO EP EQ ER ES ET EU EV EW EX EY EZ FA FB FC FD FE FF FG FH FI FJ FK FL FM FN FO FP FQ FR FS FT FU FV FW FX FY FZ GA GB GC GD GE GF GG GH GI GJ GK GL GM GN GO GP GQ GR GS GT GU GV GW GX GY GZ HA HB HC HD HE HF HG HH HI HJ HK HL HM HN HO HP HQ HR HS HT HU HV HW HX HY HZ IA IB IC ID IE IF IG IH II IJ IK IL IM IN IO IP IQ IR IS IT IU IV IW IX IY IZ JA JB JC JD JE JF JG JH JI JJ JK JL JM J

## Cuadro de clasificación de suelos

DESIGNAÇÃO			GRANULOMETRIAS TÍPICAS Designações do T1-71 do DER-SP							
k=caolínítico      m=micáceo s=sericítico      q=quartzoso			areias siltes (q,s)	areias siltosas	siltes(k,m) siltes arenosos	argilas argila arenosa argila siltosa siltes argilosos	areias	areias argilosas	argilas argila arenosa argila siltosa siltes argilosos	
COMPORTAMENTO			N = Não Laterítico			L = Laterítico				
GRUPO MCT			NA	NA'	NS'	NG'	LA	LA'	LG'	
Propriedades	MINI-CBR (%)	sem imersão perda por imersão	M, E B, M	E B	M, E E	E E	E B	E, EE B	E B	
	EXPANSÃO (Es)		B	B	E	M, E	B	B	B	
	CONTRAÇÃO (Ct)		B	B, M	M	M, E	B	B, M	M, E	
	COEF. DE PERMEABILIDADE (k)		M, E	B	B, M	B, M	B, M	B	B	
	COEFICIENTE DE SORÇÃO (s)		E	B, M	E	M, E	B	B	B	
	Corpos de prova compactados na massa específica aparente seca máxima da energia normal			EE = Muito Elevado E = Elevado			M = Médio B = Baixo			
Utilização	Base de pavimento		n	4°	n	n	2°	1°	3°	
	Reforço do subleito compactado		4°	5°	n	n	2°	1°	3°	
	Subleito compactado		4°	5°	7°	6°	2°	1°	3°	
	Aterro (corpo) compactado		4°	5°	6°	7°	2°	1°	3°	
	Proteção à erosão		n	3°	n	n	n	2°	1°	
	Revestimento primário		5°	3°	n	n	4°	1°	2°	
			n = não recomendado							
Grupos tradicionais obtidos de amostras que se classificam nos grupos MCT discriminados nos topos das colunas			USCS	SP SM	MS SC ML	SM, CL ML, MH	MH CH	SP SC	SC	MH ML CH
			AASHO	A - 2	A - 2 A - 4 A - 7	A - 4 A - 5 A - 7 - 5	A - 6 A - 7 - 5 A - 7 - 5	A - 2	A - 2 A - 4	A - 6 A - 7 - 5

Arenas lateríticas (AL)

Suelos arenosos lateríticos (LA')

Suelos arcillosos lateríticos (LG')

Arenas no lateríticas (NA)

Suelos arenosos no lateríticos (NA')

Suelos sedimentarios no lateríticos (NS')

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA METODOLOGIA MCT Y LA NORMA ASTM TRADICIONAL

METODOLOGIA MINI COMPACTACION TROPICAL				
NORMA		TROPEZON	NOAYA	INFIERNO
DER-SP M-191/88	Mini-Proctor	1.813 g/cm <sup>3</sup>	1.852 g/cm <sup>3</sup>	1.771 g/cm <sup>3</sup>
DER M-192/88	Mini-CBR	7.7	28.2	4.5
DER M-192/88	Expansión %	1.74%	0.22%	3.94%
DER M-192/88	Permeabilidad cm/s	1.510E-07	5.796E-06	6.930E-07
DER M-192/88	Infiltrabilidad cm/vmm	0.023 cm/vmm	0.010 cm/vmm	0.020 cm/vmm
DER M-194-88	Contracción %	0.46%	0.48%	0.72%
DER M-199/89	Imprimación de bituminosos mm	1.8 mm	9.9 mm	1.1 mm
DER M 191-88	Mini MCV	10.6	9.9	9.1
DER M-197/88	Pérdida por Inmersión %	154.70%	272.60%	307.80%
DER M-196/89	Clasificación MCT	NS'	NA'	NS'

NORMA ASTM				
NORMA		TROPEZON	NOAYA	INFIERNO
ASTM D1557	Proctor Modificado	1.802 g/cm <sup>3</sup>	No disponible	1.898 g/cm <sup>3</sup>
ASTM D1887	CBR	69.60%	No disponible	34.20%
ASTM D1887	Expansión	4.03%	No disponible	6.36%
ASTM D2434	Permeabilidad	No disponible	No disponible	No disponible
ASTM D5093	Infiltrabilidad	No disponible	No disponible	No disponible
ASTM D427	Contracción	-	-	-
No Presenta	Imprimación de bituminosas	No disponible	No disponible	No disponible
Report LR-750	MCV	No disponible	No disponible	No disponible
No Presenta	Perdida por inmersión	No disponible	No disponible	No disponible
ASTM D 2487	Clasificación SUCS	ML	ML	SM
AASHTO	Clasificación AASHTO	A-6(4)	A-2-4(0)	A-7-5

# 1. M.C.V. TESTING PENETRATION MEASUREMENTS

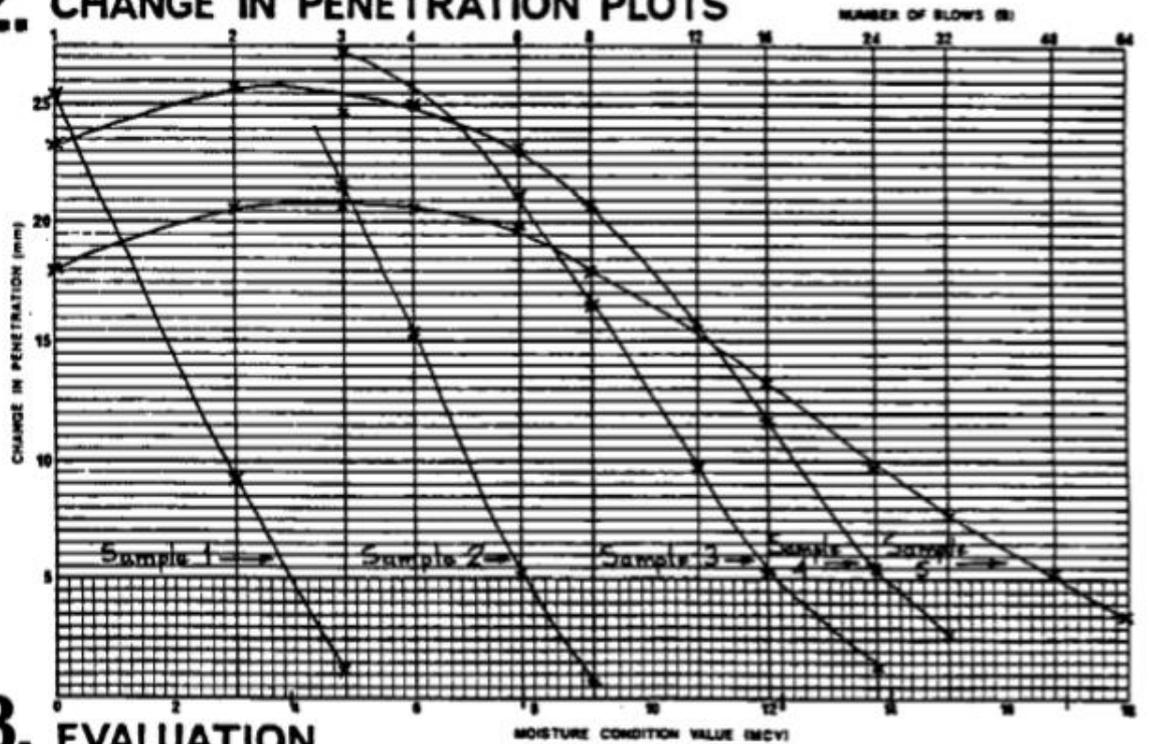
SITE M 876

Form MCA

DATE 4:7:79

SAMPLE NO.	1		2		3		4		5			
SOIL TYPE	Sandy silty CLAY		as 1		as 1		as 1		as 1			
BLOWS (B)	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm	Penetration (P) mm	Change in Penetration (P(A)-P(B)) mm
1	71.1	25.5	50.5	34.2	47.2	25.6	44.5	23.3	47.8	18.0		
2	87.3	9.3	67.2	32.2	58.8	28.5	55.1	25.9	55.8	20.7		
3	95.6	1.1	78.2	21.6	66.8	27.2	63.2	24.8	61.6	20.8		
4	96.6		84.7	15.4	72.8	25.9	67.8	25.0	65.8	20.7		
6	96.6		95.0	5.1	81.3	21.2	75.8	23.2	71.9	19.8		
8	96.6		99.4	0.7	87.3	16.5	81.0	20.9	76.5	18.0		
12	96.7		99.8		94.0	9.8	88.0	15.9	82.4	15.6		
16			100.1		98.7	5.2	92.8	11.7	86.5	13.3		
24			100.1		102.5	1.4	99.0	5.5	91.7	9.8		
32			100.1		103.8		101.9	2.7	94.5	7.6		
48					103.8		103.9		98.0	5.3		
64					103.9		104.5		99.8	3.5		
96					103.9		104.5		101.5			
128							104.6		102.1			
192									103.3			
256									103.3			

# 2. CHANGE IN PENETRATION PLOTS



# 3. EVALUATION

SAMPLE NO.	M.C.V.	ACCEPTABLE / UNACCEPTABLE	FINES CONTENT	COMMENT
1	3.9		26%	
2	7.8			
3	12.2			
4	14.0			
5	17.0			

**MOISTURE CONDITION TEST  
CALIBRATION LINE**

Form MCA2

Site: MB76  
Bulk Location: Boxley cut Ch 4/80  
Soil Type: Sandy silty CLAY with gravel  
Fines Content: 26%  
DATE: 4:7:79

**SAMPLE DETAILS**

AMPLE No.	1	2	3	4	5
ESTIMATED MOISTURE CONTENT	21%	18%	15%	13%	11%

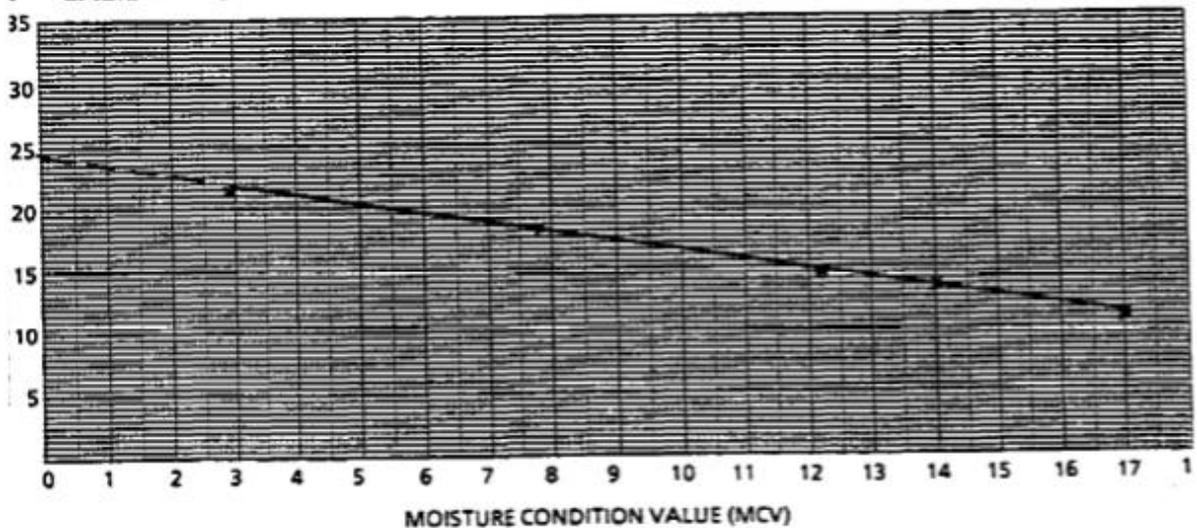
**MOISTURE CONTENT DETERMINATION (after MCV testing)**

CONTAINER No.	71	72	73	74	75
CONTAINER MASS (C)	496	495	497	496	496
Mass of wet soil + container (W)	1989	1985	1982	1985	1980
Mass of dry soil + container (D)	1726	1755	1793	1808	1833
MOISTURE CONTENT $M = \frac{(W-D)}{(D-C)} \times 100$	21.4	18.3	14.6	13.5	11.0

**MOISTURE CONDITION VALUES & MOISTURE CONTENTS**

MCV (FROM MCA 1.3)	3.9	7.8	12.2	14.0	17.0
MOISTURE CONTENT (FROM MCA 2.2)	21.4%	18.3%	14.6%	13.5%	11.0%

**CALIBRATION LINE**



**5 CHARACTERISTICS OF CALIBRATION LINE**

INTERCEPT (extrapolation to M% axis)	24.5	
SLOPE (tan $\alpha$ between line and MCV axis)	-0.79	For protractor measurement on above scale SLOPE = $5 \times \tan \alpha$
SENSITIVITY (1/slope)	1.26	MCV's 1% Moisture content
	corr. co-eff. 0.999	

**6 COMMENTS** Good calibration line no ineffective part