

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES  
DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO,  
EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-  
2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTORA  
PAOLA IMELDA FLORES LEÓN**

**ASESOR  
Lic. EDUARDO ANTONIO LARREA WONG**

**Chiclayo, 2019**

## RESUMEN

El presente trabajo se encuentra enfocado principalmente en evaluar el efecto de la adición de plástico PET proveniente del reciclaje de botellas de agua y gaseosas sobre las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT para ser utilizados como subrasantes. Para lograr este objetivo se procederá a realizar en primer lugar ensayos de Proctor Modificado al terreno natural y a las diferentes mezclas con PET, variando el porcentaje de adición de éstas y la longitud de las fibras a añadir para así verificar el cambio en la máxima densidad seca que podrían alcanzar; luego de ello se procederá a efectuar ensayos de CBR a aquellas muestras que arrojaron resultados óptimos con respecto al terreno natural para analizar si su capacidad de soportar cargas y deformaciones ha variado de manera beneficiosa o perjudicial.

En la primera etapa mediante Proctor Modificado, se redujo a dos dosificaciones aquellas que podrían traer beneficios basándose en el aumento de su máxima densidad seca, siendo estas dosificaciones ambas de longitud de 1", la primera de 1.15% la cual trajo un aumento de 9.60% en la densidad y la segunda la dosificación de 1.25% con un aumento de 8.69%.

Finalmente, al analizar mediante CBR las dosificaciones ya elegidas de 1", se pudo hallar que la dosificación de 1.15% trajo resultados favorables tanto en expansión de la mezcla como en aumento del valor de CBR en 1.02% y 4.21% para sus máximas densidades secas en 95% y 100% respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** CBR, Proctor Modificado, Plástico PET, Suelos Arcillosos, Subrasante.

## **ABSTRACT**

The present work is mainly focused on evaluating the effect of the addition of PET plastic from the recycling of water and soda bottles on the physical-mechanical properties of clay soils located in the parking area of the USAT Clinic to be used as subgrade. To achieve this objective, the Modified Proctor tests will be carried out in the first place to the natural terrain and to the different mixtures with PET, varying the percentage of addition of these and the length of the fibers to be added in order to verify the change in the maximum dry density that they could reach; after that, CBR tests will be carried out on those samples that produced optimal results with respect to the natural terrain to analyze whether their capacity to withstand loads and deformations has varied in a beneficial or harmful way.

In the first stage by means of Modified Proctor, those that could bring benefits based on the increase of its maximum dry density were reduced to two dosages, being these dosages both of length of 1", the first of 1.15% which brought an increase of 9.60 % in density and the second dosage of 1.25% with an increase of 8.69%.

Finally, by analyzing the selected dosages of 1" by CBR, it was found that the 1.15% dosage brought favorable results both in expansion of the mixture and in increasing the value of CBR by 1.02% and 4.21% for its maximum dry densities in 95% and 100% respectively.

**KEYWORDS:** CBR, Modified Proctor, PET Plastic, Clay Soils, Subgrade.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	6
2.2	BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS .....	9
2.2.1.	NORMA DE SUELOS Y CIMENTACIONES - PERÚ, E-050 2006.....	9
2.2.2.	MANUAL DE CARRETERAS, SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS – PERÚ, 2014.....	9
2.2.3.	NORMAS ASTM - PERÚ .....	9
2.2.4.	NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP) - PERÚ.....	10
2.2.4.1.	MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, NTP 339.128: 1999.....	10
2.2.4.2.	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO, NTP 339.129: 1999 ....	10
2.2.4.3.	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO, NTP 339.131: 1999.....	10
2.2.4.4.	CONTENIDO DE HUMEDAD, NTP 339.127 .....	10
2.2.4.5.	MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS), NTP 339.134 .....	10
2.2.4.6.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO, NTP 339.141.....	11
2.2.4.7.	RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR), NTP 339.145:1999 .....	11
2.2.5.	LEY GENERAL DEL AMBIENTE, (LEY N°28611) .....	11
2.2.6.	SUELOS .....	11
2.2.6.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	12
2.2.6.1.1.	RELACIÓN PESO-VOLUMEN.....	12
2.2.6.1.2.	DENSIDAD.....	12
2.2.6.1.3.	GRANULOMETRÍA .....	12
2.2.6.1.4.	PLASTICIDAD.....	12
2.2.6.1.4.1.	LÍMITE LÍQUIDO .....	13
2.2.6.1.4.2.	LÍMITE PLÁSTICO .....	13

2.2.6.1.4.3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD .....	13
2.2.7. ARCILLAS.....	13
2.2.8. SUB RASANTE.....	14
2.2.8.1. DEFINICIÓN.....	14
2.2.8.2. CARACTERÍSTICAS .....	14
2.2.8.3. CATEGORÍAS DE LA SUB RASANTE .....	14
2.2.9. PLÁSTICOS.....	15
2.2.9.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS .....	15
2.2.9.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS.....	16
2.2.9.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS SEGÚN SU PLASTICIDAD .....	16
2.2.9.3.1. TERMOPLÁSTICOS.....	16
2.2.9.3.2. TERMOESTABLES .....	17
2.2.9.3.3. ELASTÓMEROS.....	17
2.2.10. POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET).....	17
2.2.10.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PET .....	18
2.2.10.1.1. RESISTENCIA AL ATAQUE QUÍMICO .....	18
2.2.10.1.2. SOLUBILIDAD .....	18
2.2.10.1.3. RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO .....	18
2.2.10.1.4. ESTABILIDAD TÉRMICA.....	18
2.2.10.1.5. PERMEABILIDAD .....	18
2.2.10.1.6. DENSIDAD.....	18
2.2.10.2. TOXICIDAD DEL PET.....	19
2.2.10.2.1. ANTIMONIO .....	19
2.2.10.2.2. ACETALDEHIDO .....	19
2.2.10.2.3. FORMALDEHIDO .....	19
2.2.10.3. OBTENCIÓN DEL PET.....	20
2.2.10.4. USOS DEL PET.....	20
2.2.10.5. RECICLAJE DEL PET.....	20
2.2.10.5.1. ACOPIO .....	20
2.2.10.5.2. RECICLADO MECÁNICO.....	21
2.2.11. REFORZAMIENTO DE SUELOS CON FIBRAS DE POLIETILENO .....	21
2.2.11.1. CARACTERÍSTICAS DEL REFORZAMIENTO CON FIBRAS .....	21

2.2.11.2.PROCEDIMIENTO DE REFORZAMIENTO DE SUELOS MEDIANTE FIBRAS.....	22
2.2.11.3.COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS REFORZADOS CON FIBRAS .....	22
2.2.12. ENSAYOS DE SUELOS .....	22
2.2.12.1.ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO .....	22
2.2.12.2.PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO.....	26
2.2.12.3.ENSAYO DE GRANULOMETRÍA .....	27
2.2.12.4.RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR).....	28
2.2.12.5.CONTENIDO DE HUMEDAD.....	29
2.2.12.6.MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS).....	31
2.2.12.7.ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO .....	33
2.2.13. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO VS CBR .....	35
III. METODOLOGÍA .....	36
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.1. HIPÓTESIS .....	36
3.2.2. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	36
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO.....	37
3.3.1. POBLACIÓN .....	37
3.3.2. MUESTRA .....	37
3.3.3. MUESTREO.....	38
3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	41
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.7. PROCEDIMIENTOS .....	42
3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	44
3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	47
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	48
IV. RESULTADOS.....	51

4.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE TERRENO NATURAL .....	51
4.2.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO A LA MUESTRA NATURAL .....	53
4.3.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 1%.....	53
4.4.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 1,5%.....	55
4.5.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 1,15%.....	56
4.6.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 1,25%.....	57
4.7.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 2,5%.....	58
4.8.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1/2” AL 1,15%.....	59
4.9.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1/2” AL 1,25%.....	60
4.10.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 1%.....	61
4.11.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 1,5%.....	62
4.12.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 1,15%.....	63
4.13.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 1,25%.....	64
4.14.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 2,5%.....	65
4.15.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4” AL 1%.....	66

4.16.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4" AL 1,15%.....	67
4.17.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4" AL 1,25%.....	68
4.18.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO COMPARACIÓN DE MUESTRAS TOTALES CON PET VS MUESTRA NATURAL .....	69
4.19.	ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DEL TERRENO NATURAL .....	70
4.20.	ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DE PET AL 1.15% .....	71
4.21.	ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DE PET AL 1.25% .....	72
4.22.	ENSAYOS DE CBR COMPARACIÓN DE MUESTRAS CON PET VS MUESTRA NATURAL .....	73
4.22.1.	EXPANSIÓN .....	73
4.22.2.	CBR .....	74
4.23.	ASPECTO NORMATIVO.....	75
4.23.1.	MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS .....	75
4.23.2.	MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN .....	76
4.23.2.1.	SECCIÓN 207. MEJORAMIENTO DE SUELOS.....	76
4.23.2.2.	SECCIÓN 403. BASES GRANULARES .....	77
4.23.3.	NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS .....	77
4.24.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	77
4.25.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	78
4.25.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	78
4.25.2.	PARTIDAS DEL PROYECTO.....	79
4.25.3.	PRESUPUESTO TOTAL .....	79

V. DISCUSION.....	80
5.1. PUNTOS DE EXPLORACIÓN .....	80
5.2. ESTRATO A ANALIZAR.....	80
5.3. MÉTODO DE MEZCLADO .....	80
5.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO .....	81
5.4.1. FIBRAS DE PET DE 1/2” .....	81
5.4.2. FIBRAS DE PET DE 1”.....	81
5.4.3. FIBRAS DE PET DE 2.5” .....	82
5.4.4. FIBRAS DE PET DE 4”.....	83
5.4.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DE DOSIFICACIONES ÓPTIMAS .....	84
5.5. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) .....	85
5.5.1. EXPANSIÓN .....	85
5.5.2. CBR .....	86
5.6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES.....	88
5.6.1. LÓPEZ ORTIZ, JOSÉ ALBERTO. “SUELOS ARCILLOSOS REFORZADOS CON MATERIALES DE PLÁSTICO RECICLADO (PET)” .....	88
5.6.2. RAMOS HINOJOSA, GABRIEL PAÚL. “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014” .....	89
5.7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	89
5.8. EVALUACION ECONÓMICA.....	90
5.8.1. DISEÑO DE PAVIMENTOS MODELO .....	90
5.8.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PARTIDAS .....	91
5.8.3. PRESUPUESTO TOTAL .....	92
VI. CONCLUSIONES .....	93
VII. RECOMENDACIONES.....	95
VII. LISTA DE REFERENCIAS .....	97
VIII. ANEXOS.....	101
ANEXO 01: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	101

ANEXO 02: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	109
ANEXO 03: ANÁLISIS DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	143
ANEXO 04: ANÁLISIS ECONÓMICO .....	148
ANEXO 05: RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET. 167	
ANEXO 07 FIGURAS.....	216
ANEXO 07: TABLAS .....	231
ANEXO 08: GRÀFICOS.....	242
ANEXO 09: MAPAS .....	244

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Calicatas en Terreno de la Clínica USAT .....	37
Figura 2: Estratos de la Calicata 1 .....	39
Figura 3: Estratos de la Calicata 2 .....	39
Figura 4: Estratos de la Calicata 3 .....	40
Figura 5: Excavación de puntos de investigación .....	42
Figura 6: Calicata 2 .....	42
Figura 7: Recolección de botellas PET de agua y gaseosas .....	43
Figura 8: Botellas PET cortadas en rollos .....	43
Figura 9: Tiras de PET en diferentes longitudes .....	43
Figura 10: Muestras extraídas del área de estudio .....	44
Figura 11 Área de Estudio del Proyecto.....	101
Figura 12: Ubicación de Calicatas en Terreno de la Clínica USAT .....	102
Figura 13: Estratos de la Calicata 1 .....	103
Figura 14: Estratos de la Calicata 2 .....	104
Figura 15: Estratos de la Calicata 3 .....	104
Figura 16 Distrito de Chiclayo dentro de Lambayeque .....	113
Figura 17 Clínica USAT en planta .....	113
Figura 18 Clínica USAT .....	114
Figura 19 Área de Estudio del Proyecto.....	115
Figura 20 Recorrido desde USAT a Clínica USAT .....	115
Figura 21 Mapa de Altitudes de Chiclayo.....	117
Figura 22 Algarrobo .....	117
Figura 23 Faique.....	118
Figura 24 Hualtaco .....	118
Figura 25 Zapote .....	119
Figura 26 Venado .....	119
Figura 27 Oso Negro .....	120
Figura 28 Ardilla .....	120
Figura 29 Iguana.....	120
Figura 30 Colambo.....	121
Figura 31 Sapo .....	121

Figura 32 Libélula .....	121
Figura 33 Alacrán.....	122
Figura 34 Huanchaco .....	122
Figura 35 Huerequeque .....	122
Figura 36 Pava Aliblanca .....	123
Figura 37 Guantes de Seguridad .....	143
Figura 38 Anteojos con Anteojeas .....	143
Figura 39 Orejeras .....	144
Figura 40 Mascarilla Filtrante .....	145
Figura 41 Botas de Seguridad Tipo II .....	147
Figura 42: Extracción de Muestras.....	216
Figura 43 Calicata N° 01 .....	216
Figura 44 Calicata N° 02.....	216
Figura 45 Calicata N° 03 .....	217
Figura 46 Muestra extraída de la Calicata N° 02 .....	217
Figura 47 Botellas PET recolectadas para el proyecto.....	217
Figura 48: Ejecución de Granulometría .....	218
Figura 49: Ensayo de Proctor Modificado al Terreno Natural.....	218
Figura 50: Compactación de Ensayo de Proctor Modificado de Terreno Natural .....	218
Figura 51: Ensayo de Proctor Modificado a Terreno Natural .....	219
Figura 52: Homogeneidad de la muestra extraída.....	219
Figura 53: Copa de Casagrande .....	219
Figura 54: Preparación para Proctor Modificado .....	220
Figura 55: Tiras de Plástico PET dosificadas en peso .....	220
Figura 56: Dosificación de PET en peso .....	220
Figura 57: PET dosificado en peso de 1 pulgada .....	221
Figura 58: Mezclado de PET con suelo arcilloso.....	221
Figura 59: Suelo arcilloso con PET de 1" al 1% .....	221
Figura 60: Mezclado con humedad del 10% para Proctor Modificado al 1% de PET de 1".....	222
Figura 61: Ensayo de Proctor Modificado con 1" al 1% .....	222
Figura 62: Compactación de Proctor de 1" al 1.5% .....	222
Figura 63: Mezcla con poca trabajabilidad con 1" al 1.5% .....	223
Figura 64: Muestras para conocer el contenido de humedad .....	223
Figura 65 Mezcla de PET de 2.5% 1.5% .....	223

Figura 66 PET de 2.5" 1% .....	224
Figura 67 Mezcla con PET 1" 2.5% .....	224
Figura 68 Ensayo de Proctor Modificado con PET 1" 2.5% .....	224
Figura 69 Mezcla con PET 4" 1% .....	225
Figura 70 Molde de Proctor Modificado con PET 4" 1% .....	225
Figura 71 Preparación Mezcla con PET 4" 1.25% .....	225
Figura 72 PET de 4" al 1% .....	226
Figura 73 Mezcla con PET 4" al 1.25% .....	226
Figura 74 PET de 1/2" al 1.15% .....	226
Figura 75 Molde de Proctor con PET 4" al 1.25% .....	227
Figura 76 Mezcla de PET 4" 1.25% .....	227
Figura 77 Moldes para ensayo de CBR.....	227
Figura 78 Proceso de Ensayo de CBR a Terreno Natural .....	228
Figura 79 Compactación de Ensayo de CBR a Terreno Natural.....	228
Figura 80 Ensayo de CBR a Terreno con Adición de PET de 1" al 1.15% .....	228
Figura 81 Preparación de Muestra de CBR para Sumergir .....	229
Figura 82 Muestra para ensayo de CBR lista para Sumergir .....	229
Figura 83 Muestras Naturales y con PET de 1" al 1.25% y 1.15% en Poza .....	229
Figura 84 Medición de Asentamiento a las Muestras .....	230
Figura 85 Muestras de CBR para Penetración .....	230
Figura 86 Máquina para Penetración de CBR.....	230

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación económica entre alternativas para mejoramiento de suelos arcillosos	3
Tabla 2: Porcentaje de Plástico PET diario a utilizar en m <sup>3</sup> de suelo arcilloso	4
Tabla 3 Categorías de Subrasante	15
Tabla 4: Número de Puntos de Investigación para Pavimentos Urbanos	38
Tabla 5: Resultados de Muestra 01	51
Tabla 6: Resultados de la Muestra 02	52
Tabla 7: Resultados de la Muestra 03	52
Tabla 8: Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1” al 1% .....	53
Tabla 9: Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1” al 1,5% .....	55
Tabla 10 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1” al 1,15% .....	56
Tabla 11 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1” al 1,25% .....	57
Tabla 12 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1” al 2,5% .....	58
Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1/2” al 1,15%.....	59
Tabla 14 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1/2” al 1,25%.....	60
Tabla 15 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 1% .....	61
Tabla 16 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 1,5%.....	62
Tabla 17 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 1,15%.....	63
Tabla 18 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 1,25%.....	64
Tabla 19 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 2,5%.....	65

Tabla 20 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4” al 1% .....	66
Tabla 21 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4” al 1,15% .....	67
Tabla 22 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4” al 1,25% .....	68
Tabla 23 Resultados de CBR Muestra Natural .....	70
Tabla 24 Resultados de CBR 1.15% PET .....	71
Tabla 25 Resultados de CBR 1.25% PET .....	72
Tabla 26 Categorías de Subrasante .....	76
Tabla 27 Resumen de Matriz de Leopold por Actividades .....	78
Tabla 28 Resultados de APU de Base Granular con Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	78
Tabla 29 Resultados de APU de Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	79
Tabla 30 Partida de Conformación de Base Granular con Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	79
Tabla 31 Partida de Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%	79
Tabla 32 Comparación de Totalidad del Presupuesto de Pavimentación con Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	79
Tabla 33 Contenido Óptimo de Humedad del Terreno Natural, 1.15% PET y 1.25% PET ..	84
Tabla 34 Cambio de Contenido Óptimo de Humedad .....	84
Tabla 35 Contenido Óptimo de Humedad de la Muestra Natural vs Mezclas con PET .....	85
Tabla 36 Porcentaje de Expansión de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural .....	85
Tabla 37 Cambios del CBR con respecto al Terreno Natural .....	86
Tabla 38 Porcentaje de CBR de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural con MDS de 95% .....	87
Tabla 39 Porcentaje de CBR de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural con MDS de 100% .....	88
Tabla 40 Precio de Base Granular de Pavimento con Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	91
Tabla 41 Precio de Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15% .....	92
Tabla 42 Resultados de Laboratorio por Muestra .....	103

Tabla 43 Ficha de Identificación de Pasivos Ambientales - Suelos Arcillosos de la Zona de Estacionamiento de la Clínica USAT.....	124
Tabla 44 Ficha de Identificación de Pasivos Ambientales - Plástico PET.....	126
Tabla 45 Matriz de Leopold del Proyecto (Obtención de Fibras PET).....	129
Tabla 46 Matriz de Leopold del Proyecto (Conformación de la Subrasante con PET).....	130
Tabla 47 Tabla 32 Matriz de Leopold del Proyecto Total .....	131
Tabla 48 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de SUELO..	136
Tabla 49 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras SUELO .....	137
Tabla 50 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de ATMÓSFERA .....	137
Tabla 51 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras ATMÓSFERA.....	138
Tabla 52 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de FLORA..	138
Tabla 53 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras FLORA .....	138
Tabla 54 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de FAUNA.	139
Tabla 55 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras FAUNA .....	139
Tabla 56 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de PAISAJE	140
Tabla 57 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras PAISAJE.....	140
Tabla 58 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de POBLACIÓN .....	140
Tabla 59 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras POBLACIÓN .....	141
Tabla 60 Tipos de Botas de Seguridad.....	146
Tabla 61 APU: Obtención de PET de 1" al 1.15% Manual .....	149
Tabla 62: APU Obtención de PET de 1" al 1.15% Maquina .....	149
Tabla 63 APU: Excavación Hasta Nivel de Subrasante.....	150
Tabla 64 APU: Eliminación de Material Excedente .....	150
Tabla 65 APU: Base Granular e=15cm.....	151
Tabla 66 APU: Base Granular e=12cm.....	151
Tabla 67 APU: Conformación de Subrasante con Material Propio e=15cm .....	152

Tabla 68 APU: Conformación de Subrasante con Adición PET 1" 1.15% e=15cm.....	152
Tabla 69 Presupuesto de Pavimento de la Clínica USAT con Subrasante de Terreno Natural .....	153
Tabla 70 Presupuesto de Pavimento de la Clínica USAT con Subrasante con Adición de PET de 1" al 1.15% .....	153
Tabla 71: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Enero .....	231
Tabla 72: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Febrero .....	232
Tabla 73: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Marzo .....	233
Tabla 74: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Mayo.....	234
Tabla 75: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Junio .....	235
Tabla 76: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Julio .....	236
Tabla 77: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Agosto .....	237
Tabla 78: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Setiembre.....	238
Tabla 79: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Octubre .....	239
Tabla 80: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Noviembre.....	240
Tabla 81: Tipos de Suelos Predominantes por Sectores en Chiclayo .....	241

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1% .....	54
Gráfica 2 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,5% .....	55
Gráfica 3 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,15% .....	56
Gráfica 4 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,25% .....	57
Gráfica 5 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 2,5% .....	58
Gráfica 6 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1/2" 1,15% .....	59
Gráfica 7 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1/2" 1,25% .....	60
Gráfica 8 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1% .....	61
Gráfica 9 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1,5% .....	62
Gráfica 10 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1,15% .....	63
Gráfica 11 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1,25% .....	64
Gráfica 12 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 2,5% .....	65
Gráfica 13 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1% .....	66
Gráfica 14 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1,15% .....	67
Gráfica 15 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1,25% .....	68
Gráfica 16 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad Muestras con PET vs Muestra Natural .....	69
Gráfica 17 Máxima Densidad Seca Muestras con PET vs Muestra Natural .....	69
Gráfica 18 CBR vs Densidad de Muestra Natural .....	70
Gráfica 19 CBR vs Densidad de 1.15% .....	71
Gráfica 20 CBR vs Densidad de 1.25% .....	72
Gráfica 21 Expansión del Material .....	73
Gráfica 22 Expansión del Terreno Natural vs Mezclas con PET .....	74
Gráfica 23 Resultados de CBR Terreno Natural y Mezclas con PET .....	74
Gráfica 24 Cambio del CBR de mezcla con PET vs Terreno Natural .....	75
Gráfica 25 Estructura del Pavimento con Terreno Natural de Subrasante .....	90
Gráfica 26 Estructura del Pavimento con PET 1" al 1.15% de Subrasante .....	91
Gráfica 27 Promedios Multianuales de Temperaturas Máximas y Mínimas .....	116
Gráfica 28 Promedios Multianuales de Precipitación Acumulada Mensual .....	116
Gráfica 29 Estructura del Pavimento con Terreno Natural de Subrasante .....	148
Gráfica 30 Estructura del Pavimento con PET 1" al 1.15% de Subrasante .....	148
Gráfica 31 Estructura del Pavimento con CBR de 3.1% de Subrasante Natural .....	154

Gráfica 32 Estructura del Pavimento con CBR de 3.1% de Subrasante con PET de 1" al 1.15% ..... 154

Gráfica 33 Estructura del Pavimento con CBR de 9.9% de Subrasante Natural ..... 155

Gráfica 34 Estructura del Pavimento con CBR de 9.9% de Subrasante con PET de 1" al 1.15% ..... 155

# I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el medio ambiente y el deterioro que éste está sufriendo debido a los residuos sólidos urbanos que la misma población viene generando día a día, siendo especialmente un gran problema los residuos plásticos, nos alienta a pensar en las distintas maneras que podrían plantearse para convertir dichos residuos que causan problemas en la solución de distintos problemas ingenieriles.

Uno de los problemas ingenieriles que se presentan así mismo en la actualidad para diversos proyectos ingenieriles es la calidad de los suelos adyacentes, debido a que las propiedades que estos posean afectarán de manera significativa el comportamiento de la estructura que se estén soportando.

Según Calderón en [1], las arcillas para la ingeniería civil son vistas como los materiales o tipos de suelos que pueden tornarse más contradictorios al momento de ser considerados sus distintos usos, pero también se debe reconocer que son materiales con propiedades muy valiosas al mismo tiempo. Por lo cual, estas dificultades que traen consigo han tratado de ser mejoradas mediante diversos métodos de estabilización como lo son la adición de cementos, aditivos, cales, emulsiones, fibras de diversas procedencias y distintas enzimas.

En la actualidad, el proceso más común para mejorar las propiedades mecánicas de las arcillas es la adición de cal o de cemento, siendo estos recursos que al ser utilizados en diversos procesos constructivos y explotados mucho más a cada momento se encontrarán en un futuro dentro de una situación de escasez, por lo cual nuestra misión es encontrar materiales alternos y sostenibles que pudieran reemplazarle en un futuro, en la presente investigación se propondrá evaluar el efecto que produciría la adición de plástico PET proveniente del reciclaje de botellas de agua y gaseosas en las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos, sin la necesidad de cambiar sus propiedades químicas ni alterar su estructura química.

En la ciudad de Chiclayo los suelos arcillosos son predominantes, siendo evidencia que estos estén presentes en el sector I con arcillas de tipo Cl y CH, en el sector II con arcillas del mismo tipo y en el sector III y IV con arcillas de media y alta plasticidad del tipo CL, CH y CL.ML, siendo las mayoritarias en ambos sectores [2]. Adicionalmente, la presencia de las arcillas en los sectores III y IV consideradas las de media y alta plasticidad, afectan la capacidad portante de dichos sectores viéndose expresado en promedios de 0.5-1.0 kg/cm<sup>2</sup> en el sector III y de 0.0 – 0.5 kg/cm<sup>2</sup> en el sector IV [2]. Para el presente estudio, se analizará los locales que posee la Universidad USAT, donde conocemos que, en la Clínica ubicada en Ciudad del

Chofer (dentro del Sector I), predominan los suelos arcillosos de tipo CL y CH y podrían presentar problemas de baja capacidad portante dentro del área de su estacionamiento.

Exponiendo el problema de los residuos plásticos podemos decir que en el caso de los residuos plásticos del Perú, en el año 2010 según el informe Nacional de Residuos Sólidos en [3], ellos representaban el 8,07% del total de los residuos, para incrementarse el 2011 pasando a ser un 9,48% así mismo en el año 2012. A pesar de que la materia orgánica supera en porcentaje a los demás residuos, el plástico (Duro, PET, y bolsas) son los que toman la posición de los segundos residuos con mayor generación con un porcentaje de 10,1% [4] lo cual demuestra que luego de los residuos orgánicos los plásticos son los residuos más emitidos de la población peruana y que además año a año se va incrementando el porcentaje de éste en su aporte dentro de los residuos.

De igual manera el plástico PET conforma una importante parte de la composición de los residuos sólidos en Chiclayo, siendo algunos separados para reciclaje, sin embargo, no se reciclan dentro del departamento, sino que estos son enviados a otros para que los residuos de plástico sean procesados y reutilizados en fábricas recicladoras de la capital. [5]

Por lo cual en esta investigación se propondrá una alternativa que aporte beneficios de carácter ambiental y económico, proponiendo explorar los efectos que produciría en las características físico-mecánicas de los suelos arcillosos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT la adición de plástico PET proveniente del reciclado, lo cual actuará como un medio de reforzamiento, en lugar de utilizar aditivos convencionales que existen en el mercado local, los cuales alteran las propiedades químicas de los suelos arcilloso, dándole una nueva oportunidad a los desechos que se generan en la misma localidad, contribuyendo a disminuir el impacto que los antes mencionados plásticos traen al medio ambiente.

A continuación, se procederá a evaluar cada uno de los aspectos que traería consigo esta investigación:

Evalutando desde el ámbito económico, el hecho de utilizar un material de desecho como es el plástico PET que actualmente se vende en S/.0.8 por kilogramo [6] comparado con aditivos convencionales como lo son la cal y el cemento podemos encontrar que son alternativas con precios similares a menores, dependiendo de la dosificación que estos necesiten, sin tomar en cuenta que la generación de trabajo que procesar esta materia traería a la localidad.

Para poder ilustrarlos costes entre las distintas alternativas se ha efectuado un cuadro comparativo donde se evalúa la adición de plástico PET con las opciones convencionales como lo son la cal y el cemento, cuyos porcentajes se han elegido considerando suelos de tipo

CL con un IP de aproximadamente 10%, para las cuales según la investigación de la Universidad de Costa Rica [7] serían los porcentajes a añadir de 2% y 9% respectivamente.

Tabla 1: Comparación económica entre alternativas para mejoramiento de suelos arcillosos

	Cal	Cemento	Plástico PET				
	2.00%	9.00%	1.00%	1.15%	1.25%	1.50%	2.50%
<b>Muestra (Kg)</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
<b>Cantidad de Material Adicionado (Kg)</b>	0.02	0.09	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05
<b>Precio Material</b>	S/. 0.50	S/. 0.56	S/. 0.80	S/. 0.80	S/. 0.80	S/. 0.80	S/. 1.80
<b>Precio Material Dosificado</b>	S/. 0.01	S/. 0.05	S/. 0.01	S/. 0.01	S/. 0.01	S/. 0.01	S/. 0.09

**Fuente:** Elaboración Propia

Desde el punto de vista ecológico, la reutilización de los plásticos procedentes de los residuos sólidos del país, aportará un impacto positivo y significativo, al ser estos plásticos una parte importante, así como una cantidad considerable dentro de los residuos sólidos que se emiten cada año en el Perú, debido a que son el segundo tipo de residuo sólido emitido durante muchos años, desde el 2010 con un 8,07% y el 2011 con el 9,85% [3] siguiendo con su crecimiento en el año 2012 con el 10,1% [4] y en el 2013 con un 9,5% de los residuos totales, siendo los residuos orgánicos el desecho predominante con un 47% de los residuos sólidos emitidos [8].

Adicionalmente, en la provincia de Chiclayo se han desechado el año 2017, 31999.76 kg de plástico PET [6] siendo el promedio diario de 87.67 kg, los cuales se recolectan para ser enviados a fábricas recicladoras fuera del departamento, las cuales podrían ser reutilizadas dentro de este para fines como el propuesto en la presente tesis.

Mediante las dosificaciones que se proponen para el refuerzo de los suelos arcillosos de la zona de estacionamiento de la Clínica USAT, lo necesario para reforzar un m<sup>3</sup> de suelo arcilloso representa una cantidad significativa del plástico PET emitido en un día de la ciudad de Chiclayo, lo cual está representado en la siguiente tabla:

<b>Muestra (m3)</b>	1
<b>Peso Muestra (Kg)</b>	1760
<b>PET Diario Emitido (Kg)</b>	87.67

Tabla 2: Porcentaje de Plástico PET diario a utilizar en m<sup>3</sup> de suelo arcilloso

	Kg de PET utilizado por m <sup>3</sup>				
	1.00%	1.15%	1.25%	1.50%	2.50%
PET (Kg)	17.6	20.24	22	26.4	44
% PET Diario	20.08%	23.09%	25.09%	30.11%	50.19%

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, siendo tomado el punto de vista científico, los estudios sobre la utilización del plástico PET para mejorar las características físico-mecánicas de los suelos arcillosos son escasas, por lo cual se busca ahondar más en este tema, induciendo a más estudiantes y profesionales a la búsqueda de materiales de reciclaje alternativos que puedan ser utilizados en el ámbito ingenieril.

Teniendo en cuenta lo ya descrito anteriormente surge la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo influye la adición del plástico PET proveniente del reciclaje de botellas de agua y gaseosas en las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos para su uso como subrasantes dentro del estacionamiento de la Clínica USAT en el periodo 2018-2019? Siendo planteada como hipótesis: Los suelos arcillosos del área de estacionamiento de la Clínica USAT al ser mezclados con las tiras de plástico reciclado PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, lo cual los hará más aptos para cumplir sus funciones como sub rasantes. Por lo cual se definió como objetivo general evaluar el efecto de la adición de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas sobre las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT para su uso en subrasantes en el periodo 2018-2019. Así mismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

Determinar las propiedades de los suelos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT, ciudad de Chiclayo en el periodo 2018-2019

Cuantificar los cambios producidos en las propiedades físico- mecánicas de los suelos arcillosos a utilizar en sub rasantes al agregar tiras de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas mediante los ensayos de Proctor Modificado a las diferentes dosificaciones y longitudes propuestas.

Cuantificar los cambios producidos en las propiedades físico- mecánicas de los suelos arcillosos a utilizar en sub rasantes al agregar tiras de plástico PET a aquellas

dosificaciones consideradas anteriormente óptimas aplicándole a éstas el ensayo de CBR.

Determinar el porcentaje idóneo de tiras de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas adicionadas para mejorar las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos, con respecto al peso, considerando diferentes porcentajes.

Determinar la longitud más adecuada de dichas fibras de plástico PET a ser adicionadas para reforzar los suelos arcillosos a ser utilizados como subrasantes, evaluando entre diferentes longitudes con un espesor de 2mm a 5mm.

Evaluar el impacto ambiental de la adición de tiras de plástico PET a los suelos arcillosos a utilizar en subrasantes para mejorar sus propiedades físico-mecánicas.

Efectuar la evaluación económica de la adición de tiras de plástico PET a los suelos arcillosos a utilizar en subrasantes para mejorar sus propiedades físico-mecánicas.

## II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

**Blanco Diaz, Tatiana; Brango Negrete, Yiseth y Rivera Gonzales, José. “Reutilización del Desecho de PVC como Agente Estabilizador de Sub-Bases Granulares”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingenierías. Univ. de la Costa CUC, Barranquilla, 2012**

En esta tesis [9] busca desarrollar un proceso metodológico para estabilizar subbases granulares utilizando el PVC reciclado en porcentajes de 2%, 4% y 6%, para mejorar la capacidad portante de las subbases, disminuyendo su permeabilidad y haciéndolo más durable ante la erosión que puedan generar las cargas obre estas. Analiza en primer lugar las características el material sin la adición del estabilizante y luego con la adición de él y concluyendo que la adición del PVC provoca la perdida de humedad y densidad, aumentando la resistencia a la penetración a partir del 2% de inclusión de residuos del estabilizante.

**López Ortiz, José Alberto. “Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado (PET)”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Univ. EIA, Antioquia, 2013.**

Este proyecto de grado de López Ortiz [10] se busca el perfeccionamiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, agregando fibras de 3,0 y 5,0 cm de longitud de PET (polietileno Tereftalato) reciclado. Se prepararon 48 probetas de suelo con 4 porcentajes diferentes de fibra de PET (0,2%, 0,5%, 1,0% y 1,5% del peso del suelo). Mediante ensayos de compresión simple se encontró el cambio generado en el suelo debido a las fibras.

Los resultados obtenidos mediante la investigación de López Ortiz [10] demostraron una mejora en los parámetros evaluados en los ensayos, se debe tener en cuenta que porcentaje de fibra puede agregarse y que longitudes son aptas para moldear apropiadamente las probetas. Finalmente se ha encontrado que los porcentajes ideales se encuentran entre el 0,2 y 2% siendo las longitudes de fibras menores las más idóneas para que se puedan homogeneizar mejor.

**Quispe Supo, Freddy.” Estabilización de Suelos No Aptos con Desechos de Policloruro de Vinilo para su Uso en la Conformación de la Capa Base y Sub Base de Pavimentos”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Univ. Nacional del Altiplano, Puno, 2014.**

La investigación de Quispe Supo en [11] presenta los resultados experimentales de ensayar los suelos de las canteras: Salcedo, Jallihuaya y Cuntur Wasi ubicadas en la Provincia de Puno

- Distrito de Puno, estabilizadas con desechos de Policloruro de Vinilo (PVC), suministrado por la E.I.R.L. RESITEC DEL SUR-PUNO. Al final de la investigación se encontró que el porcentaje más eficiente de adición de PVC es 6% con lo cual se puede llegar al CBR requerido con una menor compactación.

**Muñoz Pérez, Liliana. “Estudio del Uso del Polietileno Tereftalato (PET) como Material de Restitución en Suelos de Baja Capacidad de Carga”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Univ. Nacional Autónoma de México, México DF, 2012.**

En esta tesis de Liliana Muñoz [12] se estudia el comportamiento mecánico del PET bajo esfuerzos de compresión estáticos mediante pruebas de laboratorio para elegir en primer lugar el que poseyera las mejores características con respecto a relación peso-resistencia, accesibilidad y menor deformación. En una segunda etapa estas botellas fueron rellenas con bolsas de plástico para luego ser evaluadas mediante ensayos que fueron comparados con los envases vacíos y finalmente en la tercera etapa se evaluó el comportamiento de los envases en conjunto con configuraciones distintas evaluando la resistencia que tenían en conjunto e individualmente.

**Jara Anyaypoma, Robinson. “Efecto de la Cal como Estabilizante de una Subrasante de Suelo Arcilloso”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Univ. Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2014.**

Esta tesis [13] evalúa el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso para el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas. Se trabajó con porcentajes de cal de 0%, 2%, 4% y 6%, logrando obtener los mejores resultados añadiendo el 4% con lo cual se obtiene el aumento del CBR en un 11,48%.

**Fernández Calvo, C. “Estudio experimental de Refuerzo de Suelos con Fibras Sintéticas”. Centro Regional de Control de Calidad. 2006.**

Esta investigación [14] presenta los métodos empleados y los resultados de laboratorio de la investigación sobre el comportamiento mecánico de las arcillas reforzadas con fibras sintéticas. Los resultados indicaron que el reforzamiento aumenta la resistencia al cortante, cuyo aumento depende de la longitud de las fibras.

**Triana Rodríguez, Carlos y Villamizar Duarte, Diego. “Estudio del Comportamiento de Suelos Arcillosos después de la Adición de Geotextil Tejido T-2400”. Tesis de Ingeniería Civil. Escuela de Ingenierías y Administración. Univ. Pontificia Bolivariana, Medellín, 2010**

Esta tesis de investigación de Triana y Villamizar [15] tiene como finalidad conocer el comportamiento de suelos finos mediante la adición de fibra de geotextil tejido T-2400, se trabajó con arcilla la cual se caracterizó mediante diferentes ensayos, siendo el principal el ensayo de corte para conocer la variación del ángulo de fricción interna y la cohesión mediante dicha adición. El geotextil se adicionó en diferentes longitudes y porcentajes, se eligieron longitudes de 1cm, 2cm y 3cm, vs porcentajes de 0,25%, 0,50% y 0,75%. El mejor porcentaje encontrado es de 0,26% con longitud de 2cm donde aumentó el ángulo de fricción en un 36,7% y la cohesión aumentó en un 16,5%.

**Meneses Rincón, Liz y Fuentes Campos Lizeth. “Base Estabilizada con Cemento, Modificada con PET Reciclado”. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Univ. de la Salle, 2015.**

La presente investigación se diseña en primer lugar la mezcla de suelo-cemento, para que luego sean incluidos en peso porcentajes de PET en 5%, 10% y 15%, siendo probadas en primer lugar su resistencia a la compresión y diversos ensayos. Al culminar la investigación se ha encontrado que los mejores resultados se obtuvieron con un 5% de PET con un menor porcentaje óptimo de cemento y una mayor resistencia.

**López Lara, T; Rosales Hurtado, D; Hernández Zaragoza, JB y Horta Rangel, J. “Características mecánicas de un suelo fino reforzado con micro fibras de polipropileno”. Investigación de Posgrado. Facultad de Ingenierías. Univ. Autónoma de Querétaro, México.**

El presente trabajo de López, Rosado y Hernández [16] estudia el comportamiento del suelo reforzado mediante la adición de micro fibras de manera aleatoria, esto para tener una matriz de suelo reforzada de manera homogénea y así disminuir posibles planos potenciales de falla. Los materiales utilizados en el programa de pruebas fueron un suelo arcilloso clasificado como CH con características expansivas y micro fibras de polipropileno. Se analiza el efecto de la adición aleatoria y homogénea de las micro fibras dentro del suelo a distintas dosificaciones respecto a su peso seco (0,5%, 1%, 1,5% y 2%), así como a distintas longitudes de fibra (9,5 y 19 mm).

**Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl. “Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014”. Investigación de Grado. Facultad de Ingeniería Civil. Univ. Nacional del Centro del Perú, Huancayo.**

En la presente investigación de Ramos [17] se utilizaron las botellas de plástico reciclado PET como aditivo poder mejorar a aquellos suelos de baja capacidad portante de una carretera no pavimentada en Pucará-Paccho Molino en el distrito de Paucará- Acobamba Huancavelica dividiéndose en dos tramos a analizar, uno con suelo arcilloso con grava y arena y el otro suelo arcilloso con arena y muy carente de grava. En esta investigación se realizaron 22 ensayos de CBR para elegir la mejor dosificación para ser comparados con la adición de cal, además de los polímeros junto con la cal. Se concluyó que se recomienda utilizar la cantidad de 1,5% con dimensiones entre 5 y 10 mm, lo cual incrementa en un 26% el CBR y la expansión disminuye en un 1,5%.

## **2.2 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS**

### **2.2.1. NORMA DE SUELOS Y CIMENTACIONES - PERÚ, E-050 2006**

La norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (2016) nos habla acerca de los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de suelos, además de las técnicas de investigación de campo aplicables a cada tipo de suelo que pueda existir en los terrenos donde se ubicarán las diversas estructuras, separando dichos ensayos que pueden ser aplicados a ciertos tipos de suelos y cuales no son recomendados para otros.

### **2.2.2. MANUAL DE CARRETERAS, SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS – PERÚ, 2014**

El manual en mención presenta las consideraciones básicas para el diseño de las carreteras y de sus componentes, abarcando todos los estudios necesarios para la correcta elección de las sub rasantes y de ser el caso su estabilización. Algunos de los estudios son el análisis granulométrico, límites de Atterberg, contenido de humedad, gravedad específica, ensayo de Proctor Modificado, Materia orgánica en los suelos y Densidad y Peso Unitario in situ mediante el cono de arena.

### **2.2.3. NORMAS ASTM - PERÚ**

Las normas ASTM son usadas en todo el mundo por ser respetadas y consideradas las menores en la ingeniería. Asimismo, se sabe que más de sesenta países han tomado a las normas ASTM como base para sus reglamentos técnicos y más del cuarenta por ciento de estas es vendida fuera de los Estados Unidos. Estas normas en conjunto son repartidas al mundo por ASTM

International, siendo uno de los editores técnicos de normas, documentos técnicos, información y artículos más reconocido del mundo. [18]

Este conjunto de normas es repartida por la ASTM International, el que es de los más reconocidos editores técnicos de artículos, documentos y normas técnicas e información relacionada más reconocido en el mundo.

En el mismo portal de ASTM [18] se puede encontrar que se trata de una organización ánimo de lucro, la cual realiza la publicación de normas voluntarias por consenso mediante foros, lo cual se aplica para materiales, servicios, sistemas y productos.

#### *2.2.4. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP) - PERÚ*

##### *2.2.4.1. MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, NTP 339.128: 1999*

Esta norma publicada por INACAL [19] establece el método de análisis granulométrico realizado por medio de tamices y por el método de sedimentación de los suelos. HA sido publicada el 11 de Julio del 2014.

##### *2.2.4.2. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO, NTP 339.129: 1999*

Esta norma publicada por INACAL [19] establece los métodos de ensayo para mediante diversos ensayos conocer el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014.

##### *2.2.4.3. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO, NTP 339.131: 1999*

Esta norma publicada por INACAL [19] Se encarga de establecer los pasos a seguir para conocer el peso específico relativo de las partículas sólidas de suelo utilizando el picnómetro. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014. [19]

##### *2.2.4.4. CONTENIDO DE HUMEDAD, NTP 339.127*

Esta norma publicada por INACAL [19] Se encarga de establecer los pasos para realizar el ensayo para cuantificar el contenido de humedad de la muestra de suelo mediante el uso de una balanza y un horno controlado. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014 [19]

##### *2.2.4.5. MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS), NTP 339.134*

Se propone el sistema para poder clasificar los suelos entre minerales y orgánicos minerales, esta clasificación se basa en la determinación mediante ensayos de laboratorio de granulometría, límite líquido y finalmente del índice de plasticidad. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014 [19]

#### 2.2.4.6. *ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO*, NTP 339.141

El ensayo menciona los procedimientos mediante los cuales se utiliza la compactación en laboratorio para conocer la relación entre el contenido de agua y el peso de los suelos unitario seco, lo cual se compactará dentro de un molde con un diámetro de 101.6 o 152.4 mm mediante un pisón de 44.5 N cayendo desde una altura de 18 pulg. Su fecha de publicación es el 07 de setiembre del 2014.

#### 2.2.4.7. *RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)*, NTP 339.145:1999

En este ensayo se determina el CBR de ya sea una base, sub-base o subrasante de pavimentos y de materiales granulares de aquellas muestras que sean compactadas en laboratorio, de esta manera se evalúa la resistencia de los materiales cohesivos cuyo tamaño máximo de partículas sea 19mm, pero sin estar limitado a ello.

Su fecha de publicación fue 07 de setiembre de 2014.

#### 2.2.5. *LEY GENERAL DEL AMBIENTE*, (LEY N°28611)

Esta ley aborda temas relacionados con el ambiente en el Perú, planteando una serie de derechos en relación al tema mencionado, para que sea garantizado un ambiente apropiado, equilibrado y saludable para que dentro de éste se desarrolle la vida; además, exige que se cumplan ciertas medidas para que todos contribuyan en la gestión ambiental y se pueda proteger el medio ambiente. Se resalta además de esto, el objetivo de regular diversos instrumentos para contribuir con la gestión ambiental en el país, buscando aportar con la responsabilidad social del daño ambiental.

#### 2.2.6. SUELOS

El término suelos ha sido definida durante la historia de diferentes maneras y se le ha dado una definición proveniente de las distintas ramas de estudios al que estos se encuentran relacionados.

Para el geólogo es un material que resulta luego de la descomposición y el proceso de desintegración de distintas rocas por ataques de agentes que se encuentran en el ambiente. El agrónomo lo define como la delgada parte que se encuentra en lo más alto del manto de rocas que las raíces de las plantas pasan y de donde ellas toman agua y todas las sustancias necesarias para vivir (Tschebotarioff). Para los ingenieros civiles como A. Rico y H. del Castillo [20] se define al suelo como un conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o química de las rocas preexistentes, así mismo Alfred R. Jumikis define a los suelos como sedimentos no consolidados y depósitos de partículas sólidas derivadas de la desintegración de las rocas.

Según Crespo en [21] la definición más completa es que el suelo es “una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan”

## 2.2.6.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

### 2.2.6.1.1. RELACIÓN PESO-VOLUMEN

Según Duque y Escobar [22] en un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la líquida, la fase sólida y última fase siendo la gaseosa. La fase sólida de los suelos se compone por las partículas minerales del suelo (volumen de sólidos  $V_s$ ), la fase líquida por el agua y la gaseosa (volumen de vacíos  $V_v$ ) por los espacios libres donde se encuentran los gases.

Las relaciones que existen entre las distintas fases del suelo nos ayudan debido a que poseen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para cuantificar la masa de un suelo, la magnitud de los esfuerzos diversos aplicados al suelo por ya sea un cimiento y los empujes sobre las distintas estructuras.

### 2.2.6.1.2. DENSIDAD

En el libro de Duque y Escobar [22] se refiere a la densidad como la medida de la compactación de un suelo que se da mediante una relación, expresada en porcentaje, de en primer lugar, la relación de vacíos que posea un suelo no cohesivo que se encuentre en su estado más suelto y cualquier relación de un suelo compactado y en segundo lugar la diferencia que exista entre las relaciones de vacíos de ese suelo en su estado más suelto vs el más denso.

Así mismo Duque y Escobar expresan que  $0 \leq DR \leq 1$ , siendo más resistente el suelo cuando  $DR \approx 0$  y menor cuando  $DR \approx 1$ . Generalmente, los suelos cohesivos tienen mayor proporción de vacíos que los granulares

### 2.2.6.1.3. GRANULOMETRÍA

En el libro de Crespo Villalaz [21] presenta al análisis de granulometría como la clasificación de los suelos debido a el tamaño y porcentaje de los granos de su composición, lo cual luego de los resultados se representa mediante un gráfico llamado curva granulométrica.

Mediante esta clasificación se diferencian entre suelos de grano fino y aquellos que sean de grano grueso, eso dependiendo de si pasan por el tamiz N° 200 pasa más o menos del 50% del peso total de las partículas de la muestra

### 2.2.6.1.4. PLASTICIDAD

En el libro de Crespo Villalaz [21] se puede definir a la plasticidad como la propiedad que poseen los suelos de deformarse sin romperse hasta un cierto límite, siendo esta propiedad

exclusiva de las arcillas y los fimos, es decir de los suelos de grano fino, por lo cual podemos concluir que la plasticidad es la propiedad de un suelo de grano fino a soportar deformaciones rápidas sin presentar un rebote elástico ni variación volumétrica sin agrietarse ni presentar desmoronamiento.

Esta propiedad se mide mediante los límites de Atterberg, los cuales son llevados a cabo en laboratorio definiéndose el límite plástico y el límite líquido.

#### 2.2.6.1.4.1. LÍMITE LÍQUIDO

Podemos definir según el libro de Crespo Villalaz [21] al límite líquido como el porcentaje de contenido de humedad relacionado al peso seco de la muestra a evaluar mediante el cual dicho suelo ensayado pasa del estado líquido al estado plástico.

Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia baja al ser sometidos a esfuerzos de corte, pero definida, siendo 25g/cm<sup>2</sup> un valor dado por Atterberg. Así mismo, la cohesión de un suelo que se encuentra en su límite líquido es prácticamente nula.

#### 2.2.6.1.4.2. LÍMITE PLÁSTICO

El límite plástico está definido en el libro de Crespo Villalaz [21] como el porcentaje de humedad relacionado al peso de la muestra seca luego de haber sido secada en el horno, esto expresa el contenido de humedad para el cual los suelos pasarían del estado semisólido a un estado totalmente plástico.

#### 2.2.6.1.4.3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se denomina Índice de Plasticidad o Índice Plástico a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico [21]

Ambos límites dependen de la cantidad y tipo de arcilla que dicho suelo posea, siendo más importante la cantidad de arcilla presente.

#### 2.2.7. ARCILLAS

El término arcillas puede ser empleado dentro de distintos campos, siendo considerada en el sentido petrográfico como un tipo de roca, en el sentido mineralógico como un conjunto de minerales que comparten unas características químico-estructurales y en un sentido granulométrico como una roca en la que el tamaño de sus granos satisface un rango de medida.

En general, el término arcilla se aplica a un material natural, terroso, de tamaño de grano fino y que muestra plasticidad cuando es mezclado con una cierta proporción de agua. Su composición química está caracterizada por la presencia de Si, Al y H<sub>2</sub>O, junto a cantidades variables de Mg, Mn, Fe, Ca, Na y K, principalmente.

Desde el punto de vista granulométrico, un material se considera arcilla si, de acuerdo a la clasificación de Wentworth, el tamaño de grano de sus partículas constituyentes es inferior a 1/256 mm.

## 2.2.8. SUB RASANTE

### 2.2.8.1. DEFINICIÓN

La unidad de sub rasante es definida por el Manual de Carreteras [23], en la sección de Suelos y Pavimentos, como parte de la infraestructura del camino, siendo esta la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la infraestructura del pavimento o afirmado.

### 2.2.8.2. CARACTERÍSTICAS

Según el Manual de Carreteras, para que un suelo pueda ser aceptado como apto para una sub rasante debe cumplir con que los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, a una profundidad no menos de 0.60m, deberán ser suelos adecuados y estables con un CBR  $\geq$  6%; si este fuera el caso corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable deberá evaluar la técnica más conveniente tanto económica como técnicamente.

### 2.2.8.3. CATEGORÍAS DE LA SUB RASANTE

El Manual de Carreteras del MTC [23] ha realizado una categorización de la sub rasante, teniendo como parámetro el CBR. Para que esta categorización pueda ser realizada adecuadamente es necesario un buen ensayo del CBR, para ello se deberá considerar:

1. Si se tiene 6 o más sectores para analizar el CBR dados por el tipo de suelo que se considere representativo o por sección de característica homogéneas de los suelos, el valor del CBR de la sub rasante se determinará considerando un valor promedio total de los valores analizados.
2. En el caso de tener sectores con menos de 6 sectores analizados para el CBR, el valor de este se determinará en función de los siguientes criterios:
  - Si los valores resultan ser iguales o similares, se debe considerar un valor promedio.
  - Si los valores no son iguales o no son similares, tomar el valor que se considere crítico (siendo este el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o sub tramo, según lo siguiente:

Tabla 3 Categorías de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
<b>S<sub>0</sub>: Sub rasante Inadecuada</b>	CBR < 3%
<b>S<sub>1</sub>: Sub rasante Insuficiente</b>	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
<b>S<sub>2</sub>: Sub rasante Regular</b>	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
<b>S<sub>3</sub>: Sub rasante Buena</b>	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
<b>S<sub>4</sub>: Sub rasante Muy buena</b>	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
<b>S<sub>5</sub>: Sub rasante Excelente</b>	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras del MTC

## 2.2.9. PLÁSTICOS

### 2.2.9.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS

En 1860 el inventor norteamericano Wesley Hyatt, desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol dando así origen al plástico. Este producto, fue patentado con el nombre de celuloide el cual tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz. [24]

El celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol.

En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Este producto podía moldearse a medida que se formaba y resultaba duro al solidificar, no conducía electricidad, era resistente al agua y los disolventes, pero fácilmente mecanizable. Se lo bautizó con el nombre de baquelita (o bakelita), el primer plástico totalmente sintético de la historia.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En

la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron PE -Polietileno-. Hacia los años 50 aparece el PP -Polipropileno.

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el PVC -Cloruro de Polivinilo-, un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo, que al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC, es el PTFE-Politetrafluoretileno-, conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

En 1953, el químico alemán Karl Ziegler realizó avances sobre el polietileno, y en 1954 el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno, que son los dos plásticos más utilizados en la actualidad. En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros.

En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del PET, material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases

#### 2.2.9.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS

Podemos conocer mediante Sánchez y Paredes [25] que los plásticos son caracterizados por poseer alta resistencia y densidad, lo cual los convierte en excelentes aisladores térmicos así como eléctricos además de resistir de buena manera a los ácidos álcalis y a los disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas es decir que estas se ablandan al calor, mientras que las entrecruzadas son termo endurecibles esto quiere decir que se endurecen con calor.

#### 2.2.9.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS SEGÚN SU PLASTICIDAD

Los plásticos se clasifican según su plasticidad en frente a la elevación de la temperatura

##### 2.2.9.3.1. TERMOPLÁSTICOS

Según Sánchez y Paredes los termoplásticos cuando se enfrentan al calor comienzan a fluir como líquidos viscosos y cuando se enfrían se solidifican, y estos cambios de calentamiento y enfriamiento pueden repetirse varias veces sin cambiar las propiedades de dichos plásticos.

Los termoplásticos representan al menos el 85% de los plásticos presentes y

Los principales tipos de termoplásticos son: Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, Cloruro de Polivinilo, Nylon y Polietileno Tereftalato (PET). [25]

#### 2.2.9.3.2. TERMOESTABLES

Este tipo de plásticos se funden al aplicar calor y se solidifican al aplicar aún más calor. Son aquellos polímeros que solamente son plásticos al calentarlos por primera vez, debido a su estructura molecular de forma reticular tridimensional, sin embargo, estos pueden reprocesarse por fusión. Estos polímeros generalmente son más resistentes, aunque más frágiles, que los termoplásticos.

Los principales tipos de termoestables son: Resina de Poliéster, Melanina Formaldehído, Urea Formaldehído, Fenol Formaldehído.

#### 2.2.9.3.3. ELASTÓMEROS

Los elastómeros forman una gran familia de polímeros amorfos con una temperatura de transición vítrea baja. Los elastómeros tienen una capacidad característica de sufrir grandes deformaciones elásticas sin ruptura, debido a que son blandos y tienen un bajo modulo elástico.

#### 2.2.10. POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET)

El PET, cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato, es un plástico que se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza, resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, es 100% reciclable y se identifica con el número uno, o las siglas PET, o "PETE" en inglés, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según el sistema de identificación SPI.

Según [25] las propiedades generales de los plásticos PET pueden enumerarse en:

- Procesable por soplado, inyección, extrusión.
- Transparencia y brillo por efecto lupa.
- Barrera contra gases.
- Alto grado de reciclabilidad.
- Liviano.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

## 2.2.10.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PET

### 2.2.10.1.1. RESISTENCIA AL ATAQUE QUÍMICO

La resistencia al ataque químico obedece a la naturaleza de los grupos funcionales que conforman los monómeros y a su estructura. El PET presenta una resistencia química a los hidrocarburos, alcoholes, grasas y aceites, éter, bases diluidas y ácidos [26].

### 2.2.10.1.2. SOLUBILIDAD

El PET es insoluble en solventes orgánicos, aunque presenta una solubilidad en mayor o menor grado a algunos solventes como cetonas, compuestos clorados y alcoholes de cuatro u ocho carbonos, solventes halogenados, aromáticos, cetonas de bajo peso molecular y bases. [26]

### 2.2.10.1.3. RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO

La masa de PET se deteriora en forma irreversible al paso del tiempo debido a influencia de condiciones externas, lo cual puede modificar con el paso de tiempo sus propiedades estéticas, además de poder disminuir sus propiedades mecánicas, sin embargo, estas últimas son susceptibles al envejecimiento en menor medida, por lo cual se le atribuye una buena resistencia al envejecimiento.

Por otro lado, algunos de los ácidos y gases atmosféricos al estar polímeros expuestos prolongadamente a ellos, comienzan a perder tonicidad, fragmentándose y dispersándose. Sin embargo, cuando este tipo de envases está enterrado tiene una vida más duradera. [25]

### 2.2.10.1.4. ESTABILIDAD TÉRMICA

Generalmente a los poliésteres cuando se les aplica temperaturas mayores a los 70 grados centígrados van perdiendo sus propiedades, debido a que el calor provoca cambios químicos en la masa plástica, se van produciendo: reacciones de eliminación, despolimerización, descomposición, fragmentación y reacciones en los grupos funcionales.

La temperatura máxima a la que el PET alcanza a resistir es de 71 °C, pero el PET cristalizado alcanza a resistir temperaturas de hasta 230 °C. [25]

### 2.2.10.1.5. PERMEABILIDAD

En los plásticos, la permeabilidad es definida como la cantidad de determinados gases que puede traspasar el material, en este caso el PET, por unidad de superficie durante un determinado tiempo y en ciertas condiciones.

El PET presenta muy buena barrera al dióxido de carbono, al oxígeno y a la humedad [25]

### 2.2.10.1.6. DENSIDAD

El PET en estado amorfo tiene una densidad que oscila entre 1,33 – 1,37 g/cm<sup>3</sup>, en estado cristalino una densidad que oscila entre 1,45 – 1,51 g/cm<sup>3</sup>. [27]

### 2.2.10.2. TOXICIDAD DEL PET

La migración es un proceso químico basado en el desplazamiento de compuestos presentes en un medio a otro medio en contacto con el anterior. Los principales productos a tener en cuenta en la migración desde el polietileno tereftalato son el antimonio, el acetaldehído y el formaldehído.

#### 2.2.10.2.1. ANTIMONIO

La totalidad de los estudios de revisión analizados coinciden en que el antimonio (Sb) es el elemento más representativo de la migración de sustancias desde el PET, al agua, por medio del proceso de lixiviado. El antimonio es considerado un contaminante prioritario por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (USEPA) y por la Unión Europea (EU), marcando el límite máximo de migración en 5 µg/L.

Algunos autores postulan que la migración desde las botellas de PET al agua de bebida libera aproximadamente el 1% de la ingesta diaria tolerable (TDI), establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Actualmente, el límite de migración específica para alimentos envasados en PET se encuentra en 40 µg/kg para sólidos, y en 5 µg/L para el agua de bebida, pero en todos los estudios valorados no se superó bajo ninguna condición el límite específico de migración (SML) estipulado por la regulación de envases europea; lo que sí que se pudo observar es que la lixiviación de antimonio en el agua incrementa rápidamente durante el primer período de almacenamiento y después la migración se mantiene en valores estables.

Además, la difusión de antimonio es un proceso activado térmicamente, depende del tiempo de almacenamiento y es influenciado por la presencia de CO<sub>2</sub> en el agua mineral y por el color de la botella de PET.

En cuanto a la influencia de la temperatura sobre la migración de antimonio, se encontró un incremento de la concentración de antimonio desde 0.44 a 1.90 µg/L por la aplicación de altas temperaturas (70 °C durante 9 horas)

#### 2.2.10.2.2. ACETALDEHIDO

Su valor de SML es 6mg/kg, el cual no llega a ser superado dentro de los plásticos PET, haciéndolo seguro para estar en contacto con el agua hasta temperaturas continuas de 70°C. Así mismo, su contenido dentro del PET se controla mediante químicos secuestrantes.

#### 2.2.10.2.3. FORMALDEHIDO

Su valor de SML es 15mg/kg, no siendo superado por el PET, haciéndolo toxicológicamente seguro dentro de los límites impuestos por la Unión Europea.

### 2.2.10.3.OBTENCIÓN DEL PET

Desde la rama industrial, para obtener el PET se pueden utilizar dos productos intermedios los cuales son el Ácido Tereftálico (TPA) y el Dimetiltereftalato (DMT).

Estos productos intermedios pasan por distintos procesos dentro de la polimerización, lo cual da como resultado un gránulo amorfo pero brillante, con baja viscosidad, el cual es apto para la producción de botellas.

Luego de la polimerización sigue la cristalización, que es el cambio de estructura de los polímeros semicristalinos, de estructura amorfa (transparente a la luz), a una estructura cristalina (opaca a la luz) que le confiere a la resina una coloración blanca lechosa. El proceso industrial consiste en un tratamiento térmico a 130 - 160 °C, durante un tiempo que puede variar de 10 minutos a una hora. Con la cristalización, la densidad del PET pasa de 1,33 g/cm<sup>3</sup> del amorfo a 1.4 del cristalino.

Como tercer paso tenemos a la polimerización en estado sólido, donde el gránulo cristalizado es sometido a un flujo de nitrógeno a una temperatura mayor a los 200°C, lo que produce una reacción que aumenta el peso molecular de la resina, siendo ya esta resina un material idóneo para fabricar botellas.

Finalmente la fabricación de botellas PET consiste en un proceso de inyección-estirado-soplado, esto consiste en que los pequeños cilindros o chips de PET utilizados se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples de las que salen las preformas, recipientes similares a tubos de ensayo pero con rosca para un tapón, las cuales son sometidas a un proceso de calentamiento controlado y gradual y a un moldeado donde son estirados por medio de una varilla hasta el tamaño definitivo del envase. Por último, son "soplados" con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.

### 2.2.10.4.USOS DEL PET

El empleo actual del PET es verdaderamente diverso, su uso como envase es quizás el más conocido, este se emplea en bebidas isotónicas, bebidas carbónicas, aguas minerales, zumos, té, vinos, bebidas alcohólicas, productos cosméticos, productos químicos, lubricantes y productos para tratamientos agrícolas.

En forma de film, se emplea además para fabricar contenedores de alimentos, láminas audio, video y fotografía, blisters, embalajes especiales, aplicaciones eléctricas y electrónicas.

### 2.2.10.5.RECICLAJE DEL PET

#### 2.2.10.5.1. ACOPIO

El acopio se trata de separar, seleccionar y acumular los residuos sólidos que puedan ser reutilizados o reciclados.

En esta etapa lo acumulado se compacta de preferencia lo más posible, ya sea mediante prensas, autos, camiones, etc.

#### 2.2.10.5.2. RECICLADO MECÁNICO

Siendo el más utilizado en estos días, se trata de moler, separar y luego lavar los envases anteriormente recolectados para obtener escamas las cuales se podrán utilizar de forma directa o indirecta para generar nuevos productos.

Este proceso se divide en dos fases siendo la primera la identificación, clasificación, lavado, triturado y en la segunda fase se seca lo obtenido, se aumenta la viscosidad y finalmente se cristaliza quedando apto para su reutilización en nuevos productos de PET.

#### 2.2.11. REFORZAMIENTO DE SUELOS CON FIBRAS DE POLIETILENO

La adición de fibras de polietileno al suelo mejora las capacidades de resistencia mecánica a los suelos, dentro de sus mejoras se encuentra el aumento de la energía de fractura del suelo, la tenacidad también aumenta trayendo consigo una mayor capacidad de deformación y así mismo aumenta la resistencia a la compresión no confinada, así como el valor del CBR.

Existen diferentes fibras que pueden ser utilizadas en el refuerzo de suelos. Las más comunes para usar en estos momentos son las acrílicas poliacrilonitrilo, las de poliéster y las de polipropileno

##### 2.2.11.1. CARACTERÍSTICAS DEL REFORZAMIENTO CON FIBRAS

Como se ha visto en el apartado anterior, se deben elegir las fibras en función de sus características técnicas y también en función de su facilidad de servicio y su coste.

Las características por las cuales se elige la adhesión de fibras como refuerzo para los suelos son las siguientes:

- Las fibras son simplemente adheridas y mezcladas con el suelo, como cualquier mezcla de suelo con cemento, cal o cualquier otro aditivo
- Las fibras distribuidas aleatoriamente limitan planos potenciales de debilitamiento que se puedan generar en dirección paralela al refuerzo convencional orientado horizontalmente
- La inclusión de fibras solo cambia las propiedades físicas del suelo y no tiene impacto en el ambiente, ni la composición química del suelo.

#### 2.2.11.2.PROCEDIMIENTO DE REFORZAMIENTO DE SUELOS MEDIANTE FIBRAS

1. El procedimiento de reforzamiento exige una excavación del material al espesor que se desee reforzar. La geometría de la excavación (mediante bermas horizontales y taludes) debe facilitar la posterior colocación del material.
2. Se procede a mezclar las fibras obtenidas con la zona de suelo con máquinas mezcladoras que pueden ser a rotación o con gradas rotatorias.
3. Una vez realizada la mezcla del suelo con las fibras, el material se extiende y compacta con medios convencionales, que deben especificarse en proyecto. No obstante, parece recomendable alcanzar, salvo criterios específicos de la obra, densidades del orden del 95 % del Proctor Normal, siendo preferible el uso de compactadores de pata de cabra, con espesores de tongada limitados por la longitud de los dientes. [14]

#### 2.2.11.3.COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS REFORZADOS CON FIBRAS

Los suelos mezclados con fibras se asemejan al concreto reforzado, ya que las propiedades de los suelos se mejoran por refuerzos paralelos a sus deformaciones, mejorando la falta de resistencia del suelo.

El material mezclado con fibras posee las siguientes características:

- La transferencia de esfuerzos entre el suelo y el refuerzo sucede de manera continua a lo largo del refuerzo.
- Los esfuerzos se transfieren al refuerzo por fricción o por resistencia pasiva dependiendo de la geometría del refuerzo.
- La contribución de cada mecanismo de transferencia para un refuerzo en particular dependerá de la rugosidad de la superficie.

Las fibras y el suelo trabajan debido a que las partículas de los suelos, luego de su compactación, empujan y traban a las fibras, otorgándoles resistencia y transmitiendo los esfuerzos

#### 2.2.12. ENSAYOS DE SUELOS

##### 2.2.12.1.ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO

Este método es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos y para especificarla fracción de grano fino de materiales de construcción.

La norma empleada es la NTP 339.129 y fue empleada para analizar las propiedades del suelo. Los aparatos y materiales utilizados en los ensayos son los siguientes:

Base de caucho duro con una dureza D del Durómetro de 80 a 90

Copa de bronce, con un peso, incluido el manubrio entre 185 g y 215 g

Leva diseñada para levantar la copa suave y continuamente hasta su máxima altura, sobre una distancia de por lo menos 180° de rotación de leva.

Soporte, construido de forma tal que permita un ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de una copa hasta 10 mm.

Acanalador hecho de plástico o de metal no corrosible que tenga las dimensiones esenciales.

Calibre metálico para ajustar la altura de la caída de la copa.

Contenedores resistentes a la corrosión con tapas de cierre hermético para especímenes de contenido de humedad

Balanza con una aproximación de 0.01g

Contenedor para almacenaje del espécimen preparado y prevenir la pérdida de humedad.

Placa de vidrio pulido cuadrada de 30cm de lado y 1cm de espesor.

Espátula con hoja flexible y dimensiones aproximadas de 2cm de ancho y de 10cm a 13 cm de longitud.

Tamiz N°40

Frasco de lavado o contenedor similar para lavar los finos

Horno controlado, capaz de mantener continuamente una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Recipiente de lavado, circular de base plana, de por lo menos 7.6 cm de profundidad y un diámetro ligeramente mayor en la base (8pulg)

Agua destilada o desmineralizada

El procedimiento que se debe de seguir es el descrito a continuación para preparar el material:

Primero, el suelo debe ser cribado por la malla N°40, el que debe ser vaciado en una cápsula de porcelana y debe humedecerse 24 horas antes de estas determinaciones.

Segundo, las charolas de aluminio deben de ser pesadas (4 para LL y 2 para LP).

El procedimiento para obtener el límite líquido es el siguiente:

Primero, colocar una porción del suelo preparado en la copa del dispositivo de límite líquido esparciéndola en la copa formando una superficie aproximadamente horizontal.

Segundo, utilizando el acanalador dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el más bajo sobre el borde de la copa.

Tercero, verificar que no existan restos de suelo por debajo de la copa

Cuarto, levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que las dos mitades del suelo estén en contacto en la base de la ranura a una longitud de 13 mm.

Quinto, Los golpes son contados y registrados en la columna de número de golpes. Debe tratarse que en esta condición se cumpla entre 4 y 40 golpes, para que la prueba se tome como bien ejecutada; se recomienda que esta condición se logre una vez en

cada uno de los siguientes intervalos de golpes: una vez entre 30 y 40 golpes, otra entre 20 y 30 golpes, otra entre 10 y 20 golpes, y otra entre 4 y 10 golpes

Sexto, las muestras se llevan al horno para determinar el contenido de humedad.

Séptimo, cuando el suelo tenga la humedad correspondiente al LL (ensaye en el intervalo de 20 a 30 golpes), se llena el molde rectangular, en 3 capas, dándole los suficientes golpes a cada capa contra la mesa, con el fin de extraerle el aire atrapado, para después engrasar el molde, limpiar exteriormente con una franela y pesar, anotándolo como: peso del molde + suelo húmedo.

Por último, las muestras son sacadas del horno, se dejan enfriar y se pesan, registrando en la columna de: tara + suelo seco. Con estos datos se obtiene el contenido de agua en los 4 ensayos, con lo que se procede a graficar: número de golpes contra contenido de agua, obteniéndose cuatro puntos, por los que se traza una línea recta por los puntos o parte intermedia de ellos (curva de fluidez), dentro de ella en los 25 golpes se intercepta el contenido de humedad, que corresponderá al límite líquido.

El procedimiento para obtener el límite plástico es el siguiente:

Primero, elegimos la muestra menos húmeda pero moldeable y hacemos una esfera de 1.5 cm aproximadamente.

Segundo, empezamos a girar o rolar con la palma de la mano sobre la placa de vidrio haciendo un cilindro alargado con un diámetro de 3.2 mm.

Tercero, si este cilindro presenta agrietamientos múltiples, se dice que el suelo presenta el límite plástico, donde se obtendrá muestras de suelo, se someterán al secado para determinar el contenido de agua, el cual equivale al LP.

Cuarto, en caso de no cumplirse la anterior condición, se hará de nuevo una esfera con el suelo y se repetirá el proceso hasta que se cumpla lo especificado.

Para obtener el índice de plasticidad se debe restar el LL-LP.

## 2.2.12.2.PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO

El peso específico es la relación entre el peso en aire del volumen de un material, a una temperatura indicada y el peso en aire de idéntico volumen de agua destilada a la misma temperatura.

Este ensayo está basado en la norma NTP 339.131: 1999.

Los aparatos a utilizar en este ensayo son los siguientes:

Picnómetro con capacidad aproximada de 100 cm<sup>3</sup>

Balanza con aproximación de 0.01 g

Bomba de vacío capaz de producir una presión absoluta igual o menor de 100mm de columna de mercurio

Desecador

Varios: cápsulas de porcelana, termómetro, pipeta, etc.

Para realizar el ensayo debemos realizar el procedimiento siguiente:

Primero, debemos tener en cuenta que el ensayo se realiza por duplicado.

Segundo, se coloca la muestra en el picnómetro evitando producir pérdidas y se llena hasta  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad con agua destilada el frasco volumétrico.

Tercero, se elimina el aire atrapado.

Cuarto, se reduce la presión de aire del picnómetro

Quinto, Se llena el picnómetro de agua destilada, se limpia y se seca la parte externa.

El peso específico de las partículas sólidas a una temperatura T, se calcula con la siguiente ecuación:

$$G_s = \text{Peso específico } (T / T \text{ } ^\circ\text{C}) = \frac{M_o}{M_o + (M_a - M_b)}$$

Donde:

$G_s$  peso específico relativo de las partículas

$M_o$  masa de la muestra de suelo seco al horno

$M_a$  Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura T en gramos

$M_b$  Masa del picnómetro lleno con agua y suelo a la temperatura T, en gramos

T temperatura de los contenidos del picnómetro cuando se determinó la masa  $M_b$  en grados centígrados.

### 2.2.12.3. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Este ensayo realiza el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada con uno de los métodos indicados.

Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños

Se basa en la norma NTP 339.128

Los aparatos a utilizar para este ensayo son los siguientes:

Balanza de sensibilidad de 0,01 g

Tamices

Un horno que pueda mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo es el siguiente:

Primero, se separan las porciones retenidas en cada tamiz, el tamizado se efectúa con un movimiento lateral y vertical del tamiz acompañado con un golpeteo.

Segundo, se determina la masa de cada fracción con la balanza, verificando que la suma del total de los tamices y de la porción última debe ser aproximadamente igual a la masa original.

#### 2.2.12.4. RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Este método de ensayo comprende la determinación del CBR de subrasante de pavimentos, sub-base, base y materiales granulares de especímenes compactados en el laboratorio. Es para evaluar principalmente la resistencia de materiales cohesivos de tamaño máximo de partículas menores a 19mm.

Este ensayo está basado en la norma NTP 339.145:1999.

Los aparatos a emplear en este ensayo son los siguientes:

Máquina de carga

Molde cilindro de compactación

Martillo de compactación

Placa de metal

Sobrecargas metálicas

Deformímetro

Cilindro de Penetración

Balanza de precisión

El procedimiento para realizar el ensayo es el siguiente:

Primero, se prepara la muestra seleccionando la más representativa

Segundo, tomar el peso del molde, datos de sus dimensiones y armar el equipo de compactación

Tercero, Introduce el disco espaciador sobre la base perforada y sobre este el papel filtro.

Cuarto, se lleva a cabo la etapa de compactación, para luego retirar la camisa superior del molde y se enrasa la muestra, del resto se determina el porcentaje de humedad.

Quinto, con el fin de determinar el peso unitario del suelo se retira el disco espaciador y se pesa el suelo compactado más el molde.

Sexto, Una vez se haya invertido el molde, se colocará sobre la muestra compactada, la placa perforada con el vástago y las sobrecargas previamente determinadas y cuyo valor se debe registrar.

Sétimo, Sumergir el molde en el tanque con todo su conjunto y asegurarse que el nivel del agua sobrepase el extremo superior de la muestra. Se recomienda que la lámina de agua superior este 20 mm arriba del punto donde empieza la camisa superior.

Octavo, se ajusta el deformímetro de caratula y se registra la primera lectura, registrando también la hora y el día exacto. El ensayo puede tener una duración de 96 horas, pero se puede dar por terminado cuando se registren valores cero de expansión por un periodo mayor a 24 horas. Así mismo es recomendable hacer lecturas en los intervalos de 0, 1,2,4,8,12,24,36,48,72 y 96 horas.

Por último, retirar el agua y permitir el espécimen drenar durante 15 min, retirar las pesas, la placa perforada el papel filtro para luego registrar la masa.

#### 2.2.12.5. CONTENIDO DE HUMEDAD

El ensayo de contenido de humedad nos presenta la relación entre el peso de agua y los sólidos del suelo.

Su objetivo es conocer la cantidad de agua que posee la muestra de suelo con respecto al peso de la muestra seca. Esta basado en la norma NTP 339.127.

El equipo que se utiliza para realizar este ensayo es:

Una balanza con precisión a 0.1g

Una espátula

Una charola y cápsula de aluminio

Un horno que pueda mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo es el siguiente:

Primero, se pesan cinco taras de metal en una balanza eléctrica, los cuales proporcionan datos precisos.

Segundo, se coloca las muestras en las taras y luego llenar cada tara hasta  $\frac{3}{4}$  con suelo.

Tercero, se toma el peso de la tara más la muestra húmeda.

Cuarto, se colocan las taras con muestras de cada extracto en el horno a  $110^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Quinto, luego de haberse pasado las 24 horas retiramos cada muestra seca del horno con los guantes y se deja enfriar a temperatura ambiente.

Sexto, se pesa la muestra seca más la tara en gramos.

Por último, se procede al cálculo para cada una de las muestras, el peso del suelo seco, del agua y obtener el porcentaje de humedad de cada muestra y el promedio que representa el estado final.

Fórmula del contenido de humedad

$$UJ = \frac{W_w - W_s}{W_s} * 100$$

$W_w$  = Peso de la muestra húmeda

$W_s$  = Peso de la muestra seca

#### 2.2.12.6. MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

Este método se utiliza en ingeniería para la clasificación de suelos tanto minerales como orgánicos, este método se basa en la determinación de sus características de granulometría, límites de Atterberg y debe ser utilizado cuando se requiera una clasificación precisa.

Este ensayo está basado en la NTP 339.134.

Los aparatos que pueden ser requeridos para este ensayo son los siguientes:

Carta de plasticidad

Curva de distribución acumulativa del tamaño de las partículas

El procedimiento para clasificar los suelos de grano fino es el siguiente:

El suelo es una arcilla inorgánica si dentro de la carta de plasticidad cae sobre la línea “A”, su índice plástico es mayor que 4 y su contenido de materia orgánica no influye en la determinación del límite líquido.

El suelo es una arcilla de baja plasticidad (CL), si el límite líquido es menor de 50

El suelo es una arcilla de alta plasticidad (CH) si el límite líquido es mayor o igual que 50

El suelo es una arcilla limosa (CL-ML), si su posición en la carta de plasticidad cae en o sobre la línea “A” y el índice plástico se encuentre entre 4 y 7.

El suelo es un limo inorgánico si dentro de la carta de plasticidad cae por debajo la línea “A” o su índice plástico es menor que 4 y su contenido de materia orgánica no influye en la determinación del límite líquido.

El suelo es un limo de baja plasticidad (ML), si el límite líquido es menor de 50

El suelo es un limo de alta plasticidad (MH) si el límite líquido es mayor o igual que 50

El suelo es un limo orgánico o una arcilla orgánica si existe presencia de materia orgánica suficiente como influenciar el valor del límite líquido.

Si menos del 30% pero el 15% o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla N° 200 las palabras “con arena y/o grava” deberán ser añadidas al símbolo.

Si el 30% o más del espécimen es retenido en la malla N° 200 las palabras “arenoso” o “gravoso” deberán ser añadidas al símbolo.

El procedimiento para la clasificación de suelos de grano grueso es la siguiente:

Clasifique al suelo como grava si más de 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N°4

Clasifique al suelo como una arena si el 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N°4

Si el 12% o menos del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200 se deberá graficar la curva granulométrica (ANEXOS) y calcular el coeficiente de uniformidad  $C_u$  y de curvatura  $C_c$ .

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$$

Donde:

$D_{30}$ ,  $D_{60}$  y  $D_{10}$  = diámetros de partículas correspondientes al 10, 30 y 60% del peso acumulado que pasa en la curva granulométrica.

Si menos del 5% del espécimen pasa la malla N° 200 clasifique al suelo como una grava bien graduada GW o arena bien graduada SW, si  $C_u$  es mayor que 4 para grava o mayor de 6 para arena y  $C_c$  es mayor o igual que 1 pero no mayor que 3.

Si menos del 5% del espécimen pasa la malla N° 200 clasifique al suelo como una grava pobremente graduada GW o arena pobremente graduada SW.

Si más del 12% pasa la malla N° 200 deberá ser considerado como suelo de grano grueso con finos arcillosos o limosos dependiendo de su posición en la carta de plasticidad.

Si del 5% al 12% del espécimen pasa la malla N° 200 asigne al suelo una clasificación dual utilizando dos símbolos de grupo.

Si es espécimen es predominantemente grava o arena, pero contiene 15% o más de otros constituyentes de grano grueso, las palabras “con grava” o “con arena” deberán acompañar al nombre.

#### 2.2.12.7. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO

Este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos compactado en un molde con un pisón que cae a una altura de 18 pulg. Este ensayo se basa en la NTP 339.141

Los aparatos a utilizar en este ensayo son los siguientes:

Molde de 4 pulg de diámetro

Material que pase la malla N° 4

Pisón de 4.55 kg

Balanza con aproximación de 1g

Horno de secado

Regla recta

## Tamices

El procedimiento para el ensayo es el siguiente:

Primero se coloca un suelo con contenido de agua seleccionado en cinco capas dentro de un molde

Segundo, se asegura que cada capa se compacta con 25 o 56 golpes

Tercero, Determinar el peso unitario seco resultante

Por último, se repite con un número suficiente de contenido de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo.

### 2.2.13. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO VS CBR

PROCTOR MODIFICADO	CBR
Determina la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado	Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, mide la calidad del terreno.
Limitada a los suelos que pasen totalmente por la malla No 4, o que tengan un retenido máximo del 10 % en esta malla, pero que pase (dicho retenido) totalmente por la malla 3/8"	Se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico
Existen dos tipos de ensayo Próctor normalizados; el "Ensayo Próctor Normal", y el "Ensayo Próctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Próctor modificado.	Los valores del índice C.B.R van 0 a 100 cuanto mayor es su valor mejor es la capacidad portante del suelo. Valores por debajo de 6 deben descartarse
El ensayo Proctor se realiza para determinar la humedad óptima a la cual un suelo alcanzará su máxima compacidad. La humedad es importante pues aumentando o disminuyendo su contenido en el suelo se pueden alcanzar mayores o menores densidades del mismo.	Es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras.
Empleado para evaluar y efectuar estudios de compactación para distintos materiales a utilizar como relleno	Para evaluar el CBR (en subrasante o superficie de colocación de estructuras) de un suelo donde se va a fundar una estructura se emula en laboratorio lo más próximo las condiciones del suelo en sitio y así se obtiene el CBR del suelo que mejor represente esa situación [28]

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo al tipo de investigación es experimental, esto se considera de esta manera debido al manejo que se les da a las variables para que se pueda alcanzar el logro de los objetivos específicos que se han tomado en cuenta, que todos en convergencia nos ayudan a llegar al cumplimiento del objetivo general. Así mismo, esta investigación se considera descriptiva porque en ella se exponen las características o rasgos de la situación o del fenómeno que se encuentra en calidad de investigado como es el caso de la presente investigación.

Las variables que consideramos como dependientes e independientes son las que dan fe completamente de lo descrito anteriormente. Las variables independientes son: la longitud del plástico PET y la dosificación de éste en la mezcla y las dependientes son las propiedades de los suelos arcillosos y el impacto ambiental que adicionar el plástico PET a las subrasantes traería consigo.

Finalmente, podemos decir que por el fin que se persigue en el presente estudio, la investigación también es considerada como aplicada debido a que su fin es conocer o descubrir un conocimiento para alcanzar la solución del problema anteriormente expuesto.

#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. HIPÓTESIS**

La Hipótesis que se plantea es: Los suelos arcillosos del área de estacionamiento de la Clínica USAT al ser mezclados con las tiras de plástico reciclado PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, lo cual los hará más aptos para cumplir sus funciones como subrasantes.

##### **3.2.2. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

El diseño a emplearse en la presente investigación es cuantitativo, esto se debe a que las variables serán representadas por números exactos y en ningún momento influenciados por agentes externos, creencias o pensamientos personales. Estos números expresarán resultados tangibles de los diversos ensayos que se han planteado para determinar los efectos causados por la adición del material elegido sobre los suelos a analizar.

### 3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

#### 3.3.1. POBLACIÓN

La población de la presente investigación son los suelos que se encuentran dentro de la zona de estacionamiento de la Clínica USAT ubicada en Ciudad del Chofer en el periodo 2018-2019.

#### 3.3.2. MUESTRA

La muestra que se tomará de los suelos arcillosos del estacionamiento de la Clínica USAT son tres calicatas realizadas dentro del área con una profundidad de 1.8m repartidas uniformemente dentro del terreno como se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Ubicación de Calicatas en Terreno de la Clínica USAT

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. MUESTREO

El muestreo que ha sido considerado para la presente investigación corresponde al método no probabilístico por conveniencia y juicio ya que se encuentra justificado con el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú según los criterios referidos por la norma CE 010 “Pavimentos Urbanos” en su Capítulo 3, punto 3.2.2 donde expone:

“El número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la Tabla 3, con un mínimo de tres (03):”

Tabla 4: Número de Puntos de Investigación para Pavimentos Urbanos

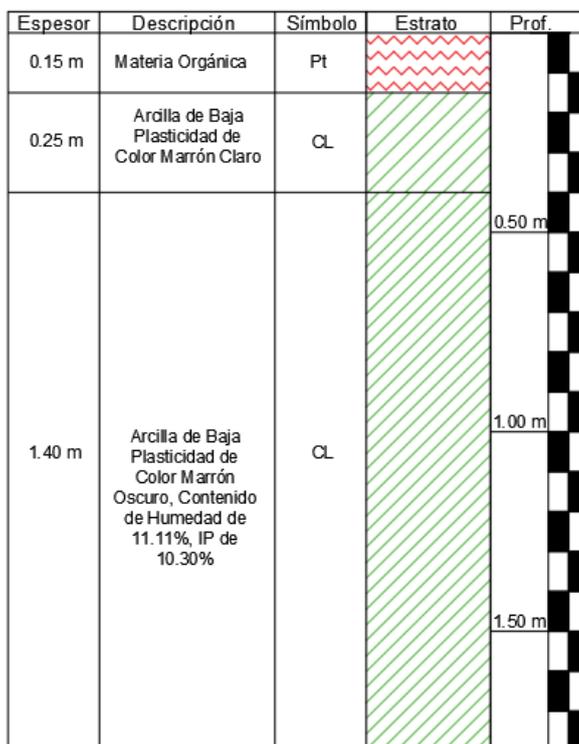
<b>TIPO DE VÍA</b>	<b>NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Expresas</b>	1 cada	2000
<b>Arteriales</b>	1 cada	2400
<b>Colectoras</b>	1 cada	3000
<b>Locales</b>	1 cada	3600

Fuente: RNE

Por lo cual, la presente investigación al estar realizándose en zona urbana se considerará el tipo de vía como local, dando un total de tres muestras dentro del área del estacionamiento de la Clínica, siendo aproximadamente de 3278,11m<sup>2</sup>, siendo el resultado realizar un solo punto de investigación, pero siendo el mínimo de tres para toda ocasión.

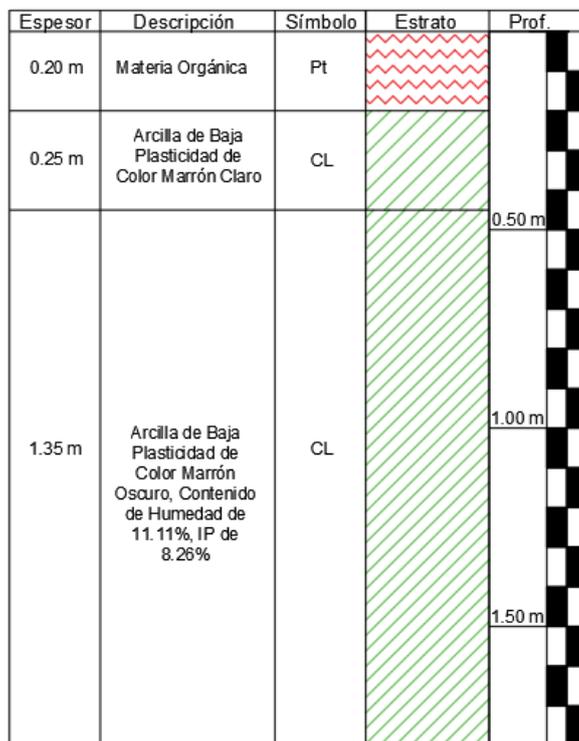
Así mismo, se ha decidido utilizar las muestras del segundo estrato de suelo encontrado, al ser este el mayoritario, uniforme en todo el terreno y a una profundidad adecuada para ser utilizado con fines de subrasante como se muestra en las Figuras 2,3 y 4.

Figura 2: Estratos de la Calicata 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Estratos de la Calicata 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Estratos de la Calicata 3

Espesor	Descripción	Símbolo	Estrato	Prof.
0.15 m	Materia Orgánica	Pt		
0.30 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Claro	CL		
1.35 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Oscuro, Contenido de Humedad de 11.11%, IP de 8.40%	CL		
				0.50 m
				1.00 m
				1.50 m

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios para seleccionar los puntos utilizados en la presente investigación, como ya se ha descrito anteriormente en la sección de muestreo se ha realizado según lo estipulado en la norma CE 010 “Pavimentos Urbanos” que nos indica realizar tres muestras, de las cuales al poder observar la homogeneidad de sus estratos se ha optado por realizar los ensayos con el segundo estrato encontrando siendo el mayoritario y a profundidad razonable para ser utilizado como subrasante.

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente	Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice
Suelos Arcillosos	Composición de los Suelos Arcillosos	Ensayos	Ensayo de Compactación de Proctor Modificado	NTP 339.141	% gr/cm <sup>3</sup>
			Razón de Soporte California (CBR)	NTP 339.145: 1999	%
			Limites de Atterberg	NTP 339.129: 1999	%
			Contenido de Humedad	NTP 339.127	%
			Clasificación Unificada de Suelos SUCS	NTP 339.134	Índices de Suelos
			Granulometría	NTP 339.128: 1999	%
	Longitud del plástico PET	Medición	Longitud	Medición	pulg
	Dosificación de Plástico PET para Suelos Arcillosos	Ensayos /Comparación	Ensayo de Compactación de Proctor Modificado	NTP 339.141	% gr/cm <sup>3</sup>
			Razón de Soporte California (CBR)	NTP 339.145: 1999	%
	Impacto Ambiental	Evaluación de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental del Plástico PET	Matriz de Leopold	Clasificación de Magnitud e Importancia

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para la presente investigación es la observación de tipo participante, debido a que se obtienen los datos mediante la percepción intencionada y selectiva del objeto de investigación, donde así mismo se toma parte y se manipula el objeto de la investigación. Los instrumentos de recolección de datos son los ensayos para caracterizar los suelos que son los Límites de Atterberg, el Contenido de Humedad y la Granulometría, así como los ensayos para conocer las propiedades de los suelos como subrasantes que son el Ensayo de Compactación de Proctor Modificado y el ensayo de Razón de Soporte California (CBR), finalmente la adición de fibras PET será controlada por longitud de dichas fibras y el porcentaje en peso de adición de estas.

### 3.7. PROCEDIMIENTOS

3.7.1. Extracción de muestras de tres calicatas dentro de la Clínica USAT a un 1.8 m de profundidad con la ubicación mostrada en la Figura 1, siendo evidenciada en las Figuras 5 y 6.



Figura 1: Excavación de puntos de investigación

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2: Calicata 2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.2. Recolección de botellas de plástico PET provenientes de botellas de agua y gaseosas.



Figura 3: Recolección de botellas PET de agua y gaseosas

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3. Cortado de plástico PET primero en rollos y luego en tiras con las respectivas longitudes de manera manual para motivos de investigación.



Figura 4: Botellas PET cortadas en rollos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 5: Tiras de PET en diferentes longitudes

Fuente: Elaboración Propia

3.7.4. Observación de la uniformidad de las muestras presentes en el área de estudio y elección del estrato a ser estudiado como subrasante.



Figura 6: Muestras extraídas del área de estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5. Realización de los ensayos a las muestras de suelo natural para ser clasificadas y conocer sus propiedades para ser utilizados como subrasantes, los ensayos son los siguientes:

- Granulometría
- Límite Líquido y Plástico
- Contenido de Humedad
- Ensayo de Compactación de Proctor Modificado
- Razón de Soporte California (CBR)

3.7.6. Realización de ensayos de Proctor Modificado y de CBR a los suelos con la adición de diferentes porcentajes (1%, 1,15%, 1,25%, 1,5%, y 2,5%) y longitudes (1/2", 1", 2,5" y 4") de plástico PET provenientes de botellas de agua y de gaseosas. Cabe resaltar que dichos porcentajes y longitudes pueden variar a lo largo de la investigación.

3.7.7. Procesamiento de datos y elección de porcentaje y longitud óptimo de fibras a utilizar

### **3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Esta investigación presenta un plan de procesamiento para análisis de datos dividida en 5 fases, las cuales se describen a continuación

## FASE I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

1. Recopilación de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
2. Análisis de información de proyectos similares.
3. Revisión de la normativa vigente.
4. Revisión de los ensayos disponibles
5. Revisión parcial por parte del asesor

## FASE II: OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES Y ENSAYOS AL SUELO

1. Visita de campo al lugar de obtención del suelo.
2. Obtención del plástico PET.
3. Ensayos de laboratorio para el suelo arcilloso.
  - Granulometría
  - Peso Específico
  - Contenido de Humedad
  - Ensayo de Compactación de Proctor Modificado
  - Límites de Atterberg
  - Razón de Soporte California (CBR)
4. Trabajo de gabinete.
5. Revisión parcial por parte del asesor

## FASE III: ELABORACIÓN DE MUESTRAS, ENSAYOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Elaboración de las muestras de arcilla adicionando plástico PET.
2. Ensayos comparativos entre las dosificaciones.
  - Ensayo de Compactación de Proctor Modificado
  - Razón de Soporte California (CBR)
3. Evaluación de impacto ambiental.
4. Trabajo de gabinete
5. Revisión parcial por parte del asesor.

## FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Análisis de los resultados y elección de la dosificación que brinde mayor mejoramiento a las propiedades físico-mecánicas.
2. Análisis de evaluación de impacto ambiental (Finalización)

3. Trabajo de gabinete
4. Revisión parcial por parte del asesor
5. Definición de fecha y sustentación de tesis.

**FASE V: PRESENTACIÓN FINAL PREVIA CORRECCIONES FINALES,  
IMPRESIONES Y EXPOSICIÓN**

1. Presentación del proyecto definitivo a los jurados.
2. Levantamiento de Observaciones.
3. Impresión de proyecto definitivo.
4. Definición de fecha y sustentación final de tesis.

### 3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización		
			Variables	Indicadores	Metodología
<p>¿Cómo influye la adición del plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas en las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos dentro del área de estacionamiento de la Clínica USAT para su uso como subrasantes?</p>	<p><b>Objetivo General:</b>                      Evaluar el efecto de la adición de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas sobre las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT para su uso en subrasantes en el año 2018.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b>                      Efectuar los ensayos de caracterización correspondientes a los suelos ubicados en la zona de estacionamiento de la Clínica USAT, ciudad de Chiclayo en el año 2018.</p> <p>Cuantificar los cambios producidos en las propiedades físico- mecánicas de los suelos arcillosos a utilizar en sub rasantes al agregar tiras de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas en el año 2018.</p> <p>Determinar el porcentaje idóneo de tiras de plástico PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas adicionadas para mejorar las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos, con respecto al peso, considerando diferentes porcentajes</p> <p>Determinar la longitud más adecuada de dichas fibras de plástico PET a ser adicionadas para reforzar los suelos arcillosos a ser utilizados como subrasantes, evaluando entre diferentes longitudes con un espesor de 2mm a 5mm.</p> <p>Evaluar el impacto ambiental de la adición de tiras de plástico PET a los suelos arcillosos a utilizar en subrasantes para mejorar sus propiedades físico-mecánicas.</p> <p>Efectuar la evaluación económica de la adición de tiras de plástico PET a los suelos arcillosos a utilizar en subrasantes para mejorar sus propiedades físico-mecánicas.</p>	<p>Los suelos arcillosos del área de estacionamiento de la Clínica USAT al ser mezclados con las tiras de plástico reciclado PET provenientes del reciclaje de botellas de agua y gaseosas mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, lo cual los hará más aptos para cumplir sus funciones como sub rasantes.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud del Plástico PET</li> <li>- Dosificación de Plástico PET para Suelos Arcillosos</li> </ul> <p><b>Variables Dependientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiedades de los suelos arcillosos</li> <li>- Impacto Ambiental</li> </ul> <p><b>Variables Interviniente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos de proceso constructivo</li> <li>- Contaminación</li> </ul>	<p><b>Para la Variable Dependiente Suelo Arcilloso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensayo de Compactación de Proctor Modificado</li> <li>- Razón de Soporte California (CBR)</li> <li>- Límites de Atterberg</li> <li>- Peso Específico</li> <li>- Contenido de Humedad</li> <li>- Clasificación Unificada de Suelos SUCS</li> <li>- Granulometría</li> </ul> <p><b>Para la Variable Independiente Plástico PET</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud</li> <li>- Porcentaje en peso respecto al suelo</li> <li>- Trabajabilidad</li> </ul> <p><b>Para la Variable Costos de Proceso Constructivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de Costos Unitarios (costo por m2)</li> </ul> <p><b>Para la Variable Impacto Ambiental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matriz de Leopold</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>De acuerdo al diseño de investigación es experimental porque manipula variables mediante experimentos</p> <p>De acuerdo al fin que se persigue es aplicada debido a que busca la solución a un problema</p> <p>Descriptiva debido a que selecciona cuestiones y las mide para describir lo que se investiga</p> <p>Cuantitativa debido a que los resultados pueden ser medidos con exactitud</p> <p><b>Población</b>                      Suelos del estacionamiento de la Clínica USAT del 2018</p> <p><b>Muestra</b>                      Tres calicatas dentro del estacionamiento de la Clínica USAT</p>

3.10.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Consideración	Antecedentes			Investigación Propia	Comentario
	Autor	Título	Elección		
Ubicación y Número de Puntos de Estudio	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento	Norma CE 010 "Pavimentos Urbanos"	El número de puntos de estudio fue elegido según el área que presenta el terreno de estacionamiento de la Clínica USAT siendo de 3278.11m2, la cual se ha considerado ser un pavimento urbano de tipo local, lo cual nos indica según la norma CE 010 "Pavimentos Urbanos" que se deben realizar un punto de investigación cada 3600 m2, siendo tres puntos de investigación en el área del estacionamiento como mínimo en cada exploración.	El número de puntos de estudio se tomaron respetando la norma CE 010 "Pavimentos Urbanos", siendo lo estipulado tres puntos mínimos en el área de 3278.11 m2 del área de estacionamiento de la Clínica USAT, siendo estos repartidos en el área para tomar muestras representativas	Los puntos tomados en el área de estacionamiento de la Clínica USAT fueron tres, ubicados para obtener una muestra uniforme del área estudiada
Elección del Estrato a Utilizar	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos	Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con CBR $\geq$ 6%. En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un CBR < 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo alternativas de solución	El manual de carreteras nos indica la posibilidad de luego de haber analizado los estratos encontrados en el estacionamiento podemos tomar el tercer estrato conformado por arcillas para tomar como nuestro suelo de subrasante, por encontrarse entre las alturas de 0.45 m y 1.8m	Se ha tomado el tercer estrato encontrado en las calicaras, siendo suelo CL
Obtención del PET	Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl	Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014	Para obtener el polímero reciclado como aditivo, se cortó con una cizalla para obtener cortes de dimensiones diferentes de forma cacerá, así mismo se utilizó la máquina "Trituradora PET G-34". Luego estos fueron tamizados para separarlos en dimensiones con los tamices ¾", ½", 3/8", ¼", N°4 y N°8. (pág. 44-45)	Se utilizó para obtener las tiras de PET con espesor de 2mm a 5mm el método manual, en el cual con tijeras y las manos se cortaba primero en rollos del espesor antes mencionado, para luego estos ser cortados en las longitudes propuestas	En la investigación anterior se utilizan cuadrados de PET para añadir al suelo estudiado, en la investigación que se propone ahora se utilizan tiras de PET con espesores de 2mm a 5mm de distintas longitudes
Elección de Porcentajes a Utilizar	Lopez Lara y Rosales Hurtado	Características Mecánicas de un Suelo Fino Reforzado con Micro Fibras de Polipropileno	En esta investigación se consideró dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.	Basándonos en las investigaciones previas de los cuatro autores mencionados, se han propuesto las dosificaciones de 1%, 1.5%, 2.5% y 3%; estando estos sujetos a cambios durante la investigación por condiciones ya sea de trabajabilidad u otras. Estos rangos se han establecido para poder acortar el rango de trabajo a analizar, basándose en investigaciones previas y resultados que estas tuvieron.	Las dosificaciones propuestas pueden ser ajustadas según los ensayos que se vayan realizando, dependiendo de la trabajabilidad debido a que la muestra debe ser homogénea
	A. Zaimoglu y T. Yetimoglu,	Strength behavior of fine grained soil reinforced with randomly distributed polypropylene fibers	Experimentaron con un limo de alta compresibilidad, el cual reforzaron con fibras de polipropileno con dosificaciones de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%, demostrando que las pruebas de corte directo aumentaban hasta el porcentaje del 0.75% y las pruebas de CBR con el 0.75% aumentaron en un 80%, así mismo la dosificación del 1% no presentó mayores avances		
	J. A. Lopez Ortiz	Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado PET	Encontró que los porcentajes ideales para el aumento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos se encuentra ente el 0.2% y 2%		
	Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl	Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014	Con ensayos de Proctor se decidió que la mejor dimensión de polímeros es de 5 a 10 mm y con ello se empezó a realizar ensayos con las dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% respecto al peso seco del suelo. (pág. 86) Se encuentra que para el primer tramo el porcentaje adecuado para la estabilización es del 1.5% y para el segundo tramo es del 1.48% con respecto al peso seco del suelo. (pág. 88 y 90)		

Consideración	Antecedentes			Investigación Propia	Comentario
	Autor	Título	Elección		
Elección de Longitudes a Utilizar	C. Fernandez Calvo, J. Martínez Santamaría y J. Thode Mayoral	Refuerzo de Suelos Con Fibras Sintéticas	Las longitudes “estándar” que se encuentran en el mercado son 25mm, 60mm, 80mm, así mismo, pueden conseguirse longitudes menores y mayores para casos especiales	Se ha optado por las fibras de 1”, 2,5” y 4” para proceder con la investigación, todas con un espesor de 2mm a 5mm. Esto se ha elegido porque son consideradas “longitudes estandar” en el mercado para todo lo que son fibras de refuerzo tanto para suelos como para concreto. Por lo cual se ha optado probar dichas longitudes en la presente investigación.	Las fibras elegidas fueron las de 1” , 2,5” y 4” las cuales se probarán con las distintas dosificaciones planteadas
	Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl	Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014	Luego de triturar el PET con cizalla y con “Trituradora PET G-34”, lo obtenido fue tamizado para separarlos en dimensiones que pasen los tamices ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, Nº4 y Nº8. (pág. 44-45), estos luego fueron ensayados con proctor al porcentaje de 1%, donde se eligieron las dimensiones de 5 a 10 mm como las óptimas, con la cual se procedió a evaluar los distintos porcentajes propuestos.		
Método de Mezclado	Lopez Lara y Rosales Hurtado	Características Mecánicas de un Suelo Fino Reforzado con Micro Fibras de Polipropileno	Propone mezclar manualmente un periodo de tiempo hasta que la mezcla tenga apariencia homogénea	Se ha optado por el mezclado manual siguiendo recomendaciones de investigaciones pasadas, además de ser conveniente para los ensayos de laboratorio, pero siempre siendo mezclados durante un tiempo adecuado para que la mezcla sea homogénea.	El método de mezclado será manual hasta obtener una mezcla homogénea con la que se podrá trabajar
	C. Fernandez Calvo, J. Martínez Santamaría y J. Thode Mayoral	Refuerzo de Suelos Con Fibras Sintéticas	Efectúa mezclado manual del suelo para sus respectivos ensayos de laboratorio.		
Ensayos Realizados	Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl	Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014	Se realizaron un ensayo de Proctor y de CBR para caracterizar el suelo natural y poder compararlo con el que se adicionará PET. Luego para encontrar el porcentaje idóneo se realizaron 22 CBR para evidenciar el cambio al adicionar PET	Se ha optado realizar ensayos de Proctor modificado de los distintos porcentajes y longitudes a utilizar dando en un inicio un total de 36 ensayos, estando estos sometidos a la disminución o aumento por el ajuste de los porcentajes. Luego de conocer el porcentaje y longitud idóneos se pasará a realizar 3 ensayos de CBR para compararlos con el suelo natural y conocer el efecto del PET sobre la calidad de la sub rasante	La diferencia entre la investigación anterior y la propuesta radica en los ensayos realizados, en la anterior optan por realizar ensayos de CBR para caracterizar la mezcla nueva del suelo, por otro lado en la propuesta se utiliza el proctor para elegir la dosificación y longitud óptima y con el CBR se verifica el aumento o disminución de la calidad del suelo para su uso como sub rasante
Suelos Analizados	Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl	Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014	Los suelos analizados son de plasticidad media, el primer tramo en promedio tiene un IP menor al 10% y el segundo tramo en promedio tiene un IP mayor al 10%. (pág. 75).	Los suelos a analizar son arcillas de baja plasticidad con un IP entre 8 y 10.5% , con un contenido de humedad del 11.11%	Los suelos analizados en ambas investigaciones son de características diferentes, lo cual cambia las condiciones de ensayo y los posibles resultados que se obtendrán de la presente investigación
			En tanto a clasificación de los suelos de ambos tramos, se ha encontrado que en el primer tramo los suelos son arcillas ligeras y tipo grava con arena, por otro lado, en el segundo tramo se ha encontrado que los suelos con arcillas ligeras arenosas (pág. 76)	La muestra natural dio como resultados del Proctor Modificado una máxima densidad seca de 1.844 g/cm <sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad del 14,1%	

Presentando el anterior cuadro donde se pueden evidenciar los antecedentes de los cuales se están tomando algunas consideraciones y guías para la presente investigación, sabiendo que toda investigación toma antecedente, incluso desde el momento que nace la idea de la investigación como lo expresan los siguientes autores:

- José Antonio del Busto [29] en su libro sobre tesis universitaria en la pág. 75 en el listado de requisitos para realizar una buena investigación como punto número doce habla de buscar la originalidad diciendo que “ El ideal sería hacer una investigación que antes nadie ha hecho, pero como esto como esto no siempre se puede, debemos conformarnos con hacerla como hasta ahora nadie la ha hecho... recurramos a un enfoque nuevo basado en los últimos hallazgos de los demás”.
- Loraine Blaxter, Christina Hughes y Malcolm Tight [30] en el libro de su autoría en la pág. 35 dan quince definiciones de lo que es la originalidad para una investigación donde una de ellas expresa: “Continuar con un trabajo original hecho anteriormente” y además en la pág. 55 nos recomienda :” Considere la posibilidad de reproducir un proyecto anterior, utilizando los mismo métodos para analizar el mismo problema, pero en un lugar o en una institución diferente. Reproducir el enfoque de una investigación no significa que no sea original. De hecho, imitar una investigación previa para confirmar los hallazgos originales, agregar otros nuevos o ponerlos en tema de juicio suele ser muy útil y esclarecedor.”
- Cesar Augusto Bernal [31] que un tema de investigación es pertinente cuando “no se ha tratado o lo ha sido muy poco, o cuando se propone una nueva forma de abordar un problema o una situación” así mismo cuando “es un tema que busca contrastar resultados anteriores de otras investigaciones en otros contextos “
- Roberto Hernández, Carlos Fernández y María Baptista [32] en su libro de Metodología de la Investigación en la pág. 26 expresan que un tema de investigación es apropiado si se analiza desde una perspectiva diferente y que, aunque los problemas o fenómenos sean los mismos, pueden analizarse de diversas formas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE TERRENO NATURAL

Las muestras del terreno natural al ser uniformes se han procedido a caracterizar tres de ellas obteniendo los siguientes resultados, encontrando las fichas de informe con sus gráficos correspondientes en los anexos del documento.

#### MUESTRA NÚMERO 01

La muestra número uno fue analizada para encontrar sus propiedades de granulometría, límite líquido, límite plástico y contenido de humedad presentando los resultados en la Tabla 5

Tabla 5: Resultados de Muestra 01

<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Granulometría</b>	Arcilla de Baja Plasticidad
<b>Contenido de Humedad</b>	11,11
<b>Límite Líquido</b>	25,56%
<b>Límite Plástico</b>	15,27%
<b>Índice Plástico</b>	10,30%

Fuente: Elaboración Propia

Se presentarán las respectivas tablas, curvas granulométricas, y de fluidez en los anexos

#### MUESTRA NÚMERO 02

La muestra número dos fue analizada para encontrar sus propiedades de granulometría, límite líquido, límite plástico y contenido de humedad presentando los resultados en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados de la Muestra 02

<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Granulometría</b>	Arcilla de Baja Plasticidad
<b>Contenido de Humedad</b>	11,11
<b>Límite Líquido</b>	23,13%
<b>Límite Plástico</b>	14,87%
<b>Índice Plástico</b>	8,26%

Fuente: Elaboración Propia

Se presentarán las respectivas tablas, curvas granulométricas, y de fluidez en los anexos

### MUESTRA NÚMERO 03

La muestra número tres fue analizada para encontrar sus propiedades de granulometría, límite líquido, límite plástico y contenido de humedad presentando los resultados en la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados de la Muestra 03

<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Granulometría</b>	Arcilla de Baja Plasticidad
<b>Contenido de Humedad</b>	11,11
<b>Límite Líquido</b>	23,27%
<b>Límite Plástico</b>	14,87%
<b>Índice Plástico</b>	8,40%

Fuente: Elaboración Propia

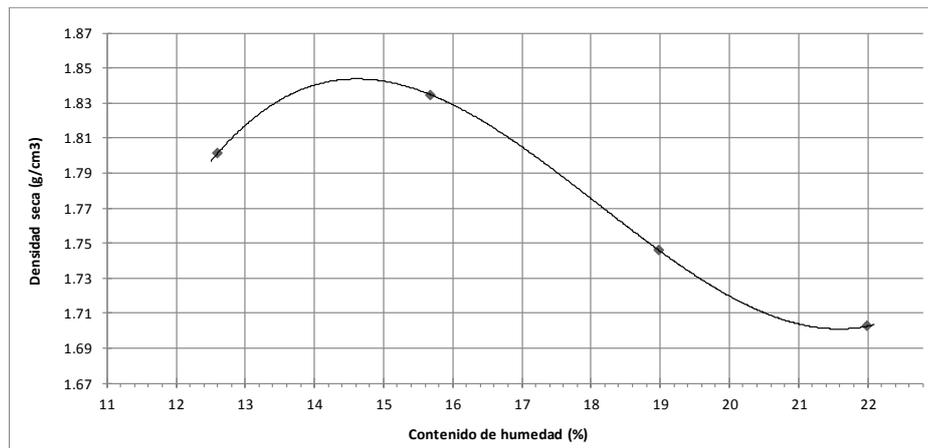
Se presentarán las respectivas tablas, curvas granulométricas, y de fluidez en los anexos

Por lo tanto con los resultados mostrados podemos concluir que las muestras tomadas de las calicatas son uniformes y el suelo encontrado puede ser ensayado por igual para la presente investigación

#### 4.2. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO A LA MUESTRA NATURAL

La muestra natural dio como resultados del Proctor Modificado una máxima densidad seca de 1.844 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad del 14,1%, con la siguiente curva de densidad vs contenido de humedad presentada en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad Muestra Natural



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 1%

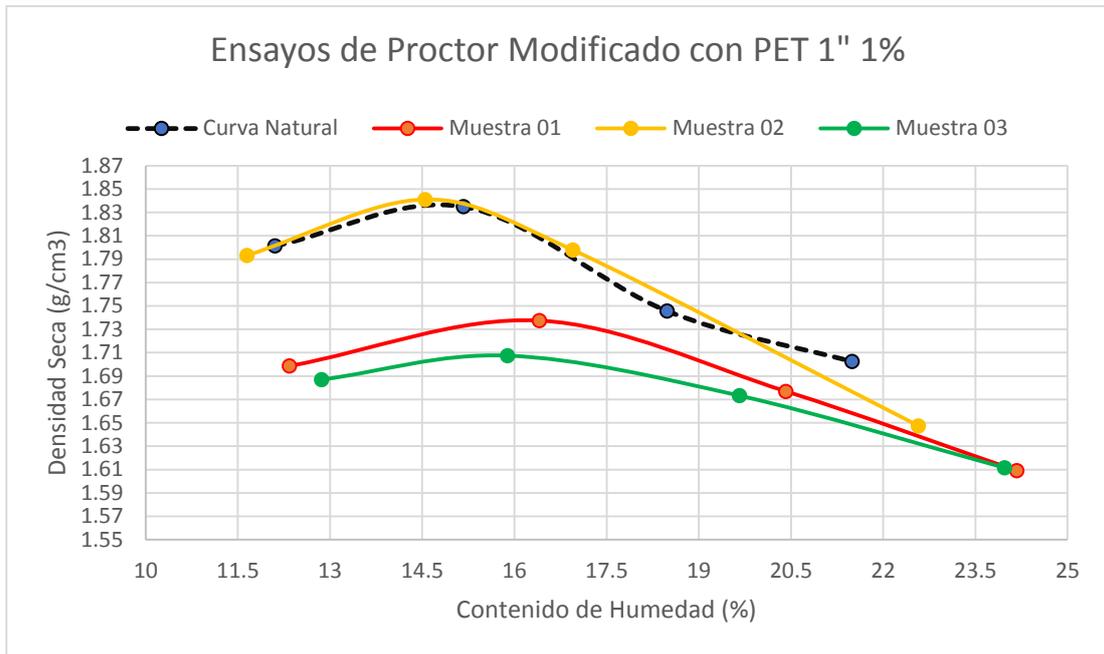
Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1" al 1% del peso de la muestra. Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 8: Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1" al 1%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1.74	1.844	1.71
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	15,50	14,14	15,59

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 1 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 1,5%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1" al 1,5% del peso de la muestra.

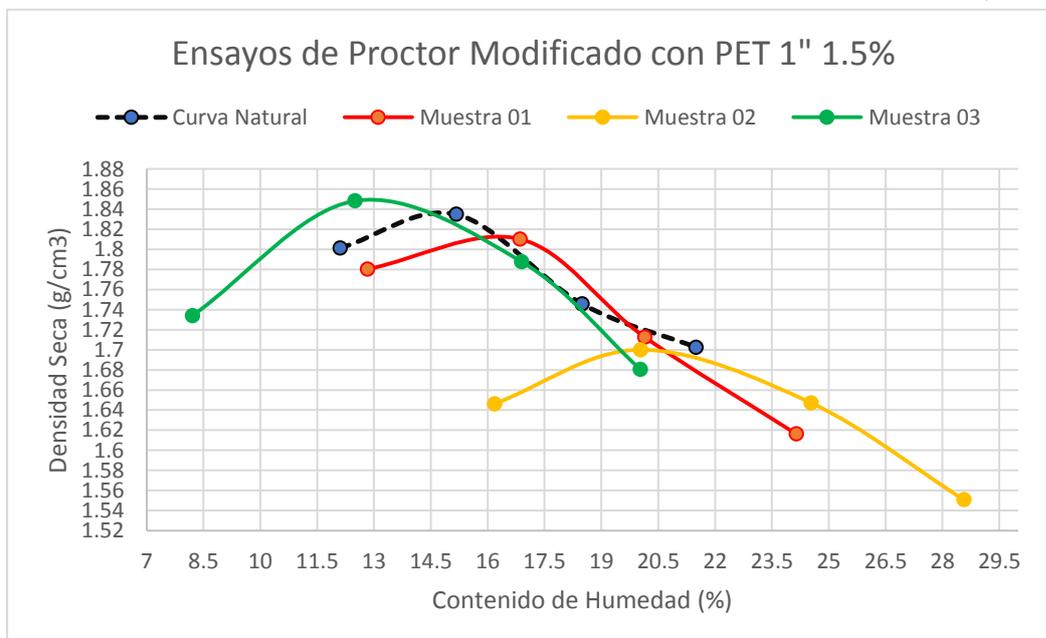
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 9: Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1" al 1,5%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1.829	1.700	1.849
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	15,2	20,0	13,0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 2 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,5%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 1,15%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1" al 1,15% del peso de la muestra.

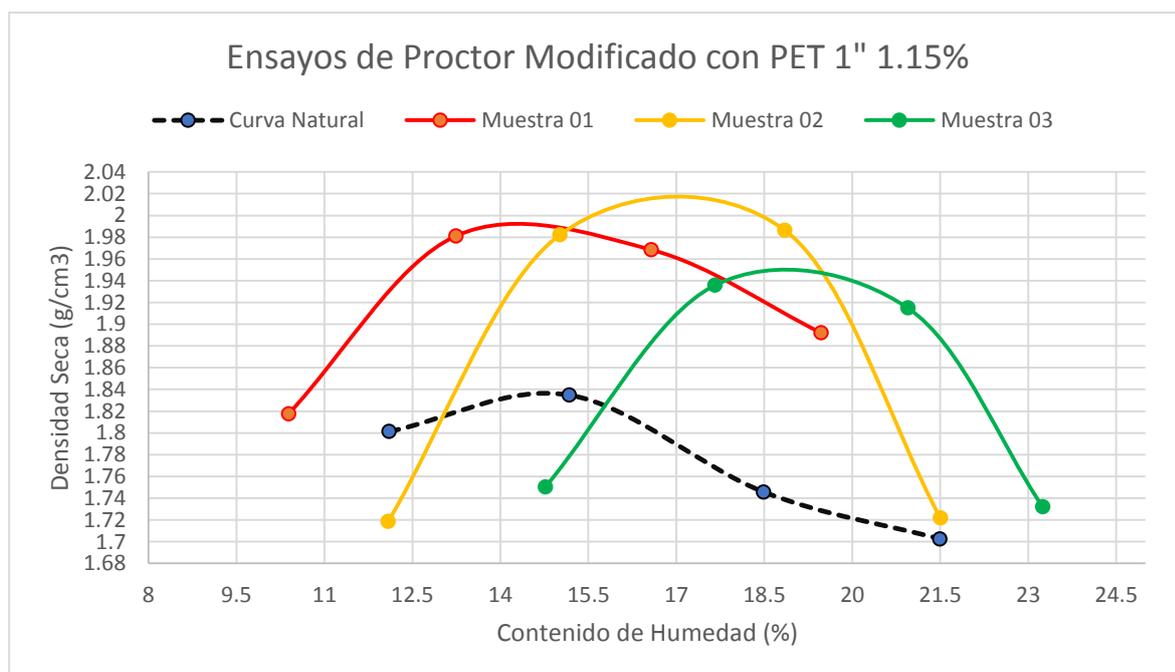
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 10 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1" al 1,15%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,995	2,04	1,96
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	14,50	17,10	19,15

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,15%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.6. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 1,25%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1" al 1,25% del peso de la muestra.

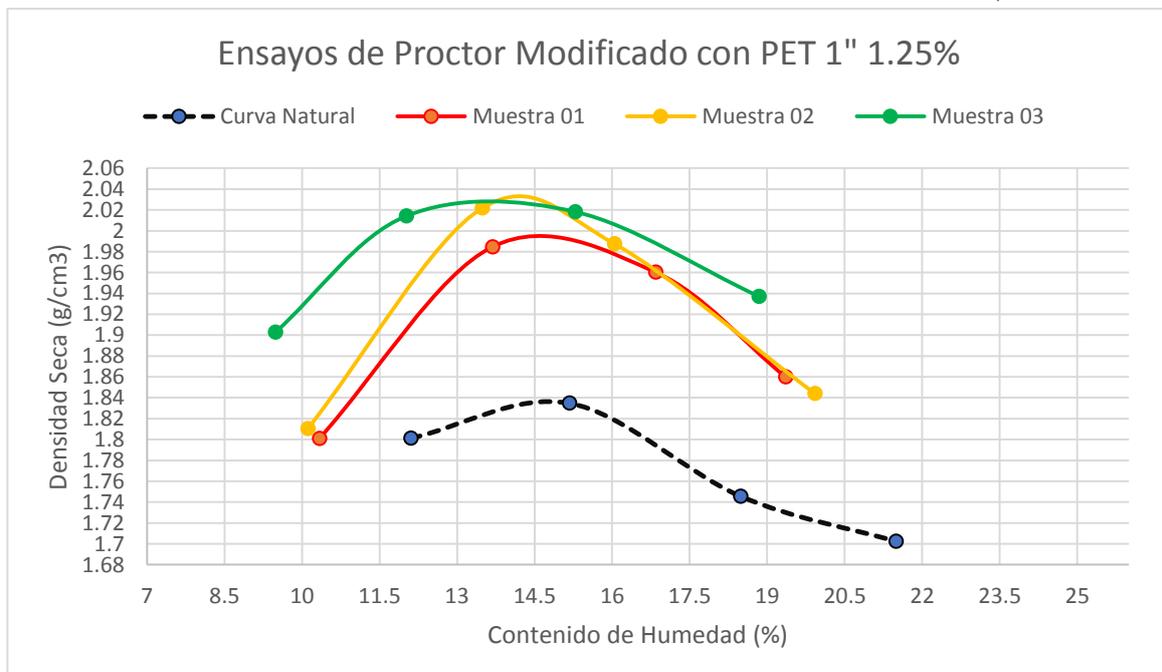
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 11 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1" al 1,25%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,99	2,03	2,03
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	14,80	14,00	13,65

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 1,25%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.7. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 2,5%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1" al 2,5% del peso de la muestra.

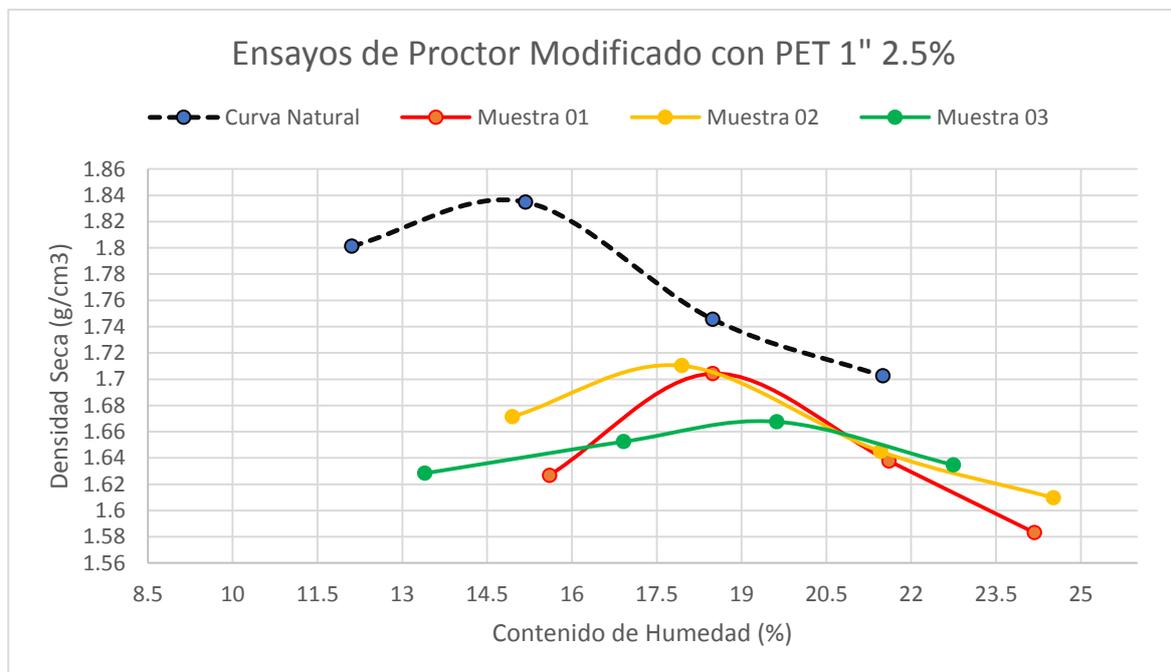
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 12 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1" al 2,5%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,71	1,71	1,67
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	18,20	17,40	19,75

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 5 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1" 2,5%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.8. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1/2" AL 1,15%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1/2" al 1,15% del peso de la muestra.

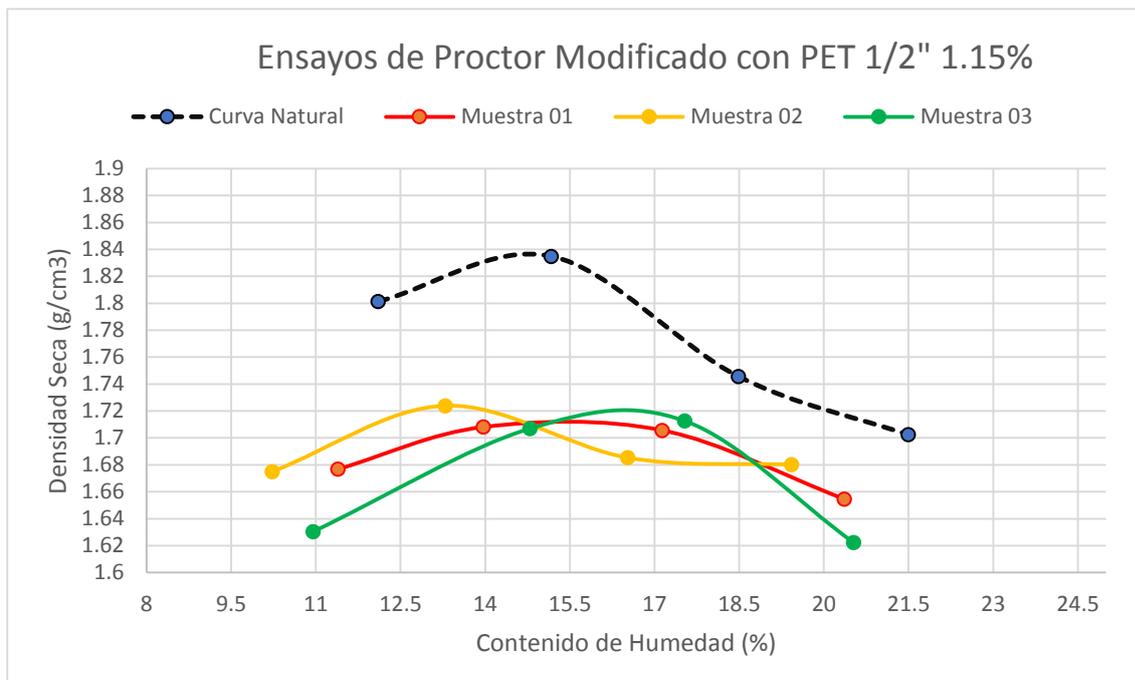
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1/2" al 1,15%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,71	1,73	1,72
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	15,45	12,90	16,50

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 6 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1/2" 1,15%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.9. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 1/2" AL 1,25%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 1/2" al 1,25% del peso de la muestra.

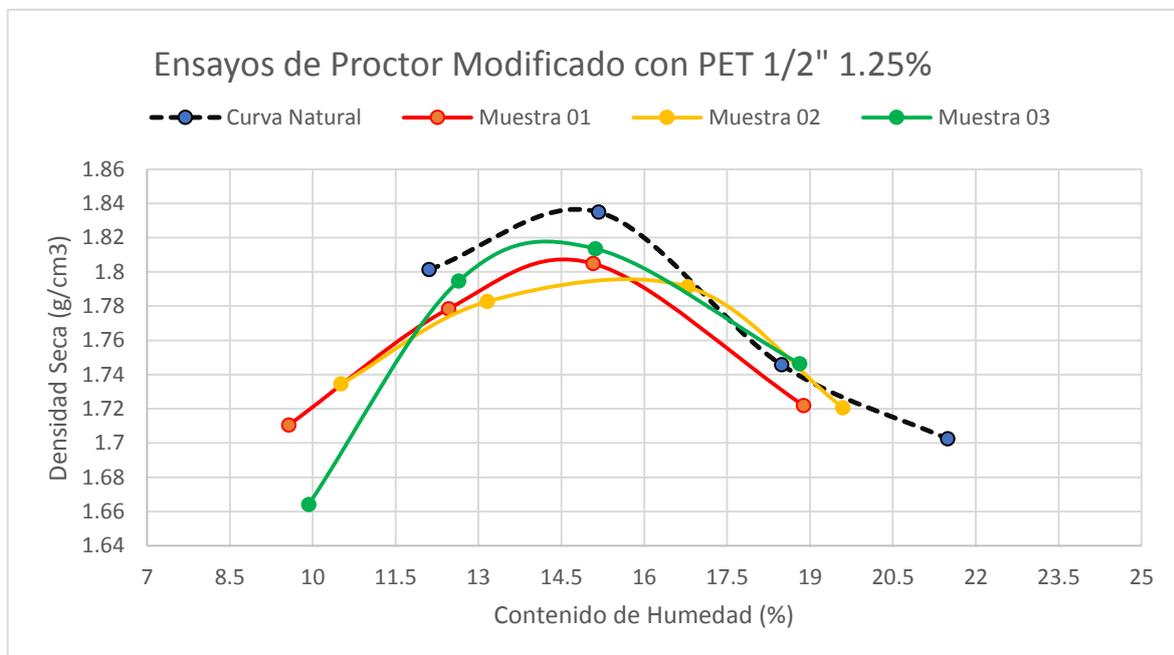
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 14 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 1/2" al 1,25%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,81	1,80	1,82
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	15,00	15,40	14,60

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 7 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 1/2" 1,25%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.10. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5" AL 1%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 2,5" al 1% del peso de la muestra.

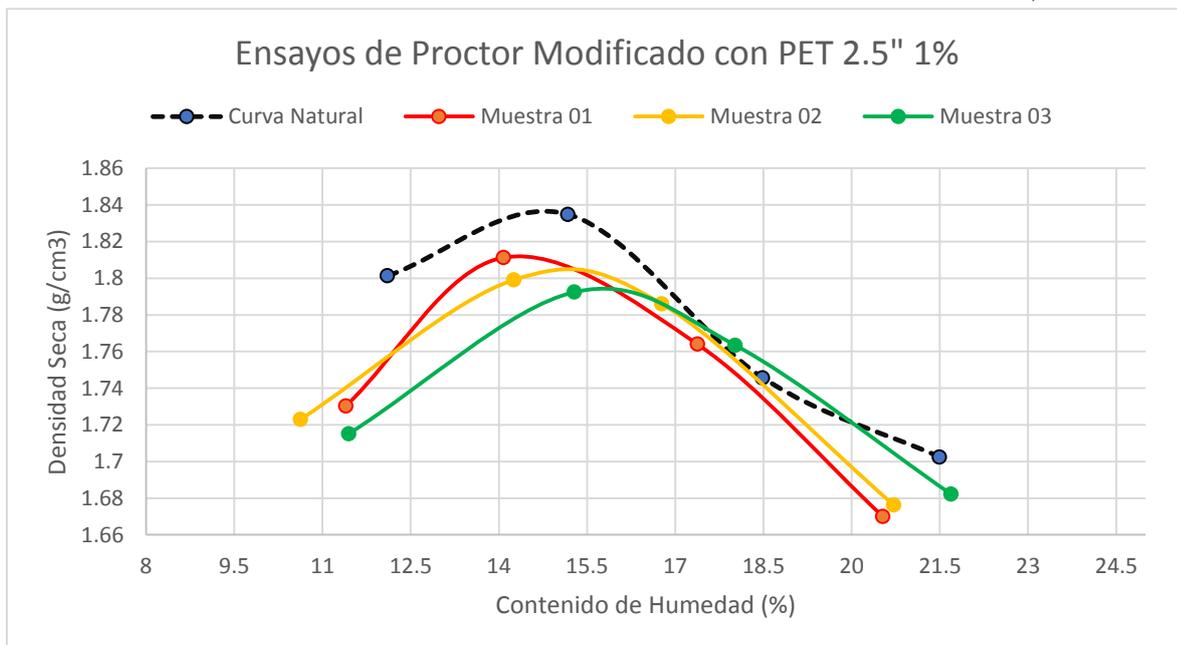
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 15 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5" al 1%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,844	1,81	1,80	1,79
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	14,50	15,05	15,39

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 8 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.11. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5” AL 1,5%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 2,5” al 1,5% del peso de la muestra.

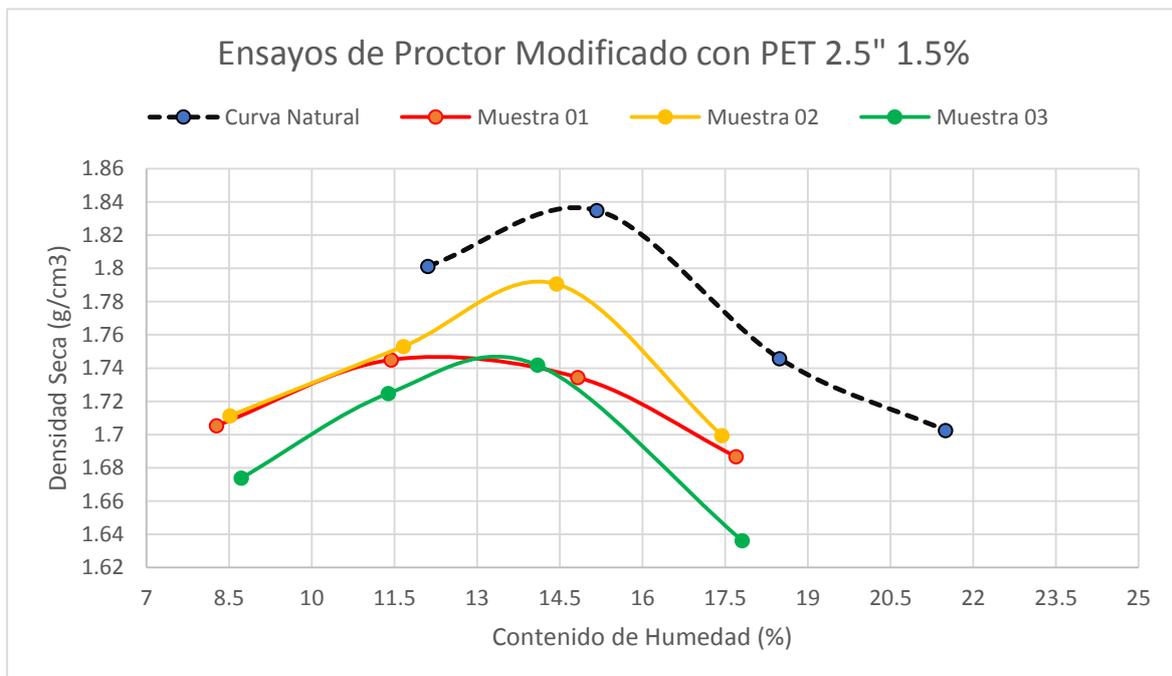
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 16 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5” al 1,5%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,75	1,79	1,74
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	12,45	14,54	13,65

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 9 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5” 1,5%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.12. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5" AL 1,15%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 2,5" al 1,15% del peso de la muestra.

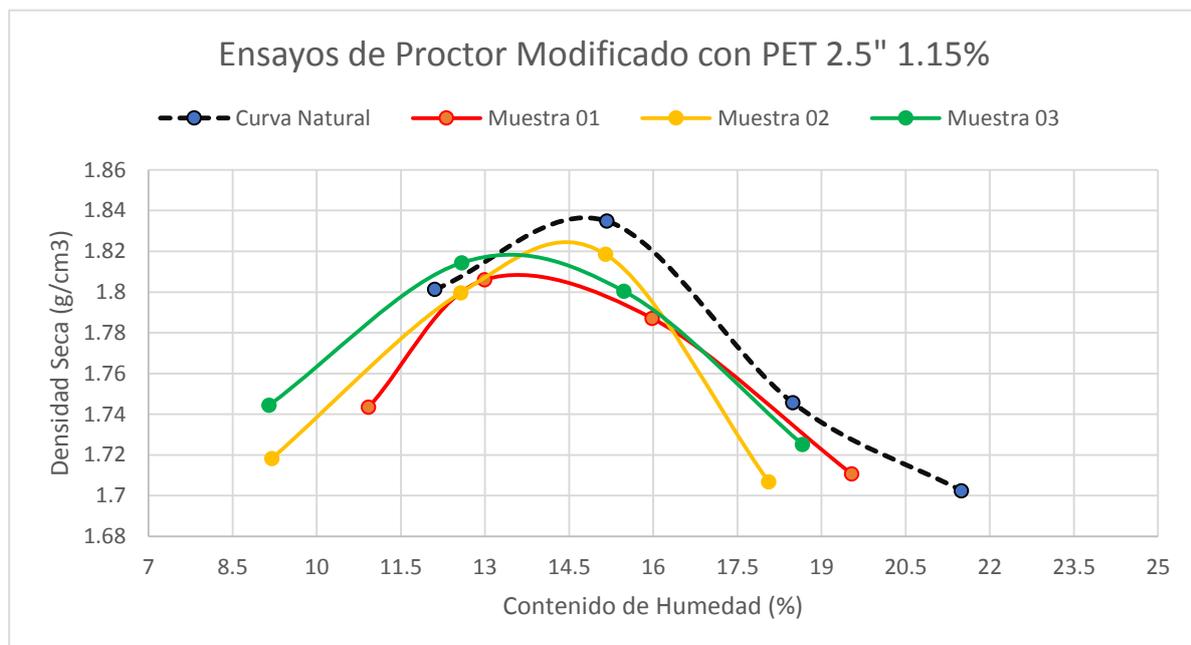
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 17 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5" al 1,15%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,81	1,82	1,82
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	13,90	14,70	13,50

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 10 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1,15%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.13. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5" AL 1,25%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 2,5" al 1,25% del peso de la muestra.

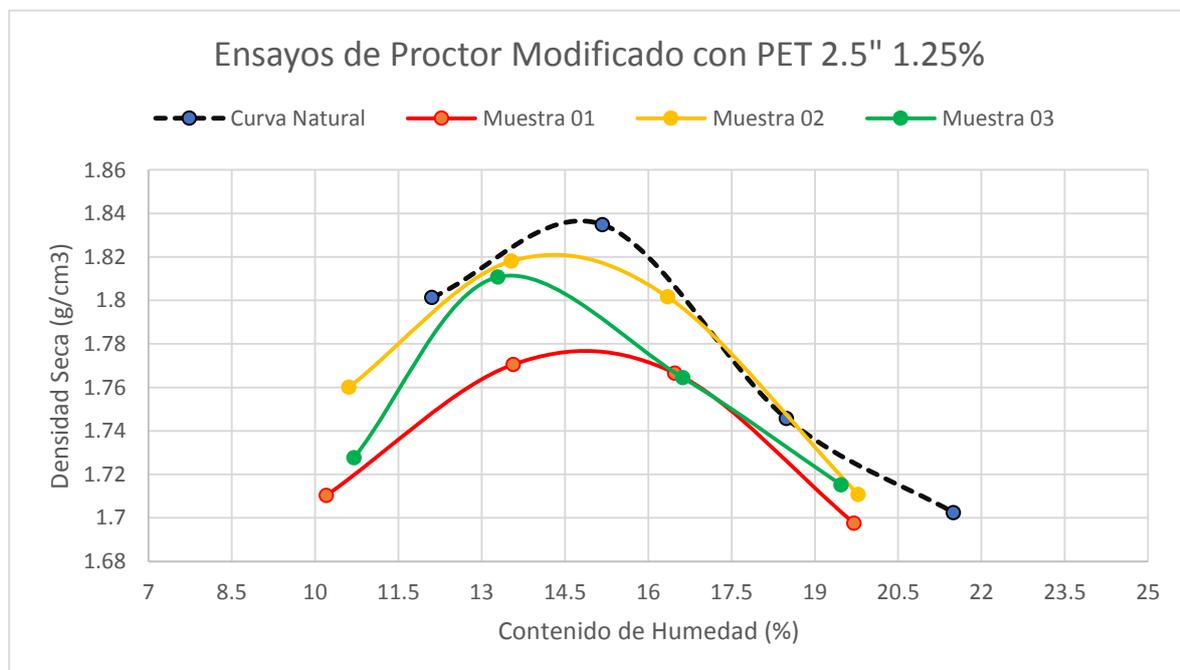
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 18 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5" al 1,25%

Propiedad	Muestra Natural	M1	M2	M3
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.844	1,78	1,82	1,81
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14,10	14,90	14,35	13,68

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 11 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 1,25%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.14. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 2,5" AL 2,5%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 2,5" al 2,5% del peso de la muestra.

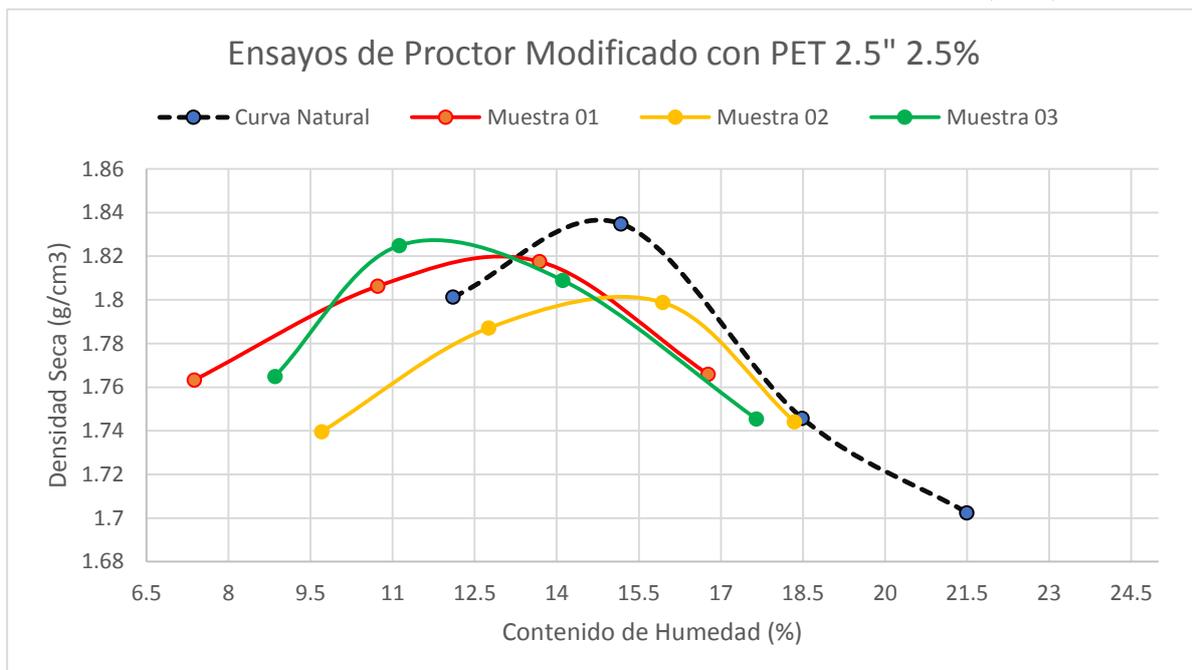
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 19 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 2,5" al 2,5%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,82	1,80	1,83
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	13,00	15,00	12,00

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 12 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 2,5" 2,5%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.15. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4" AL 1%

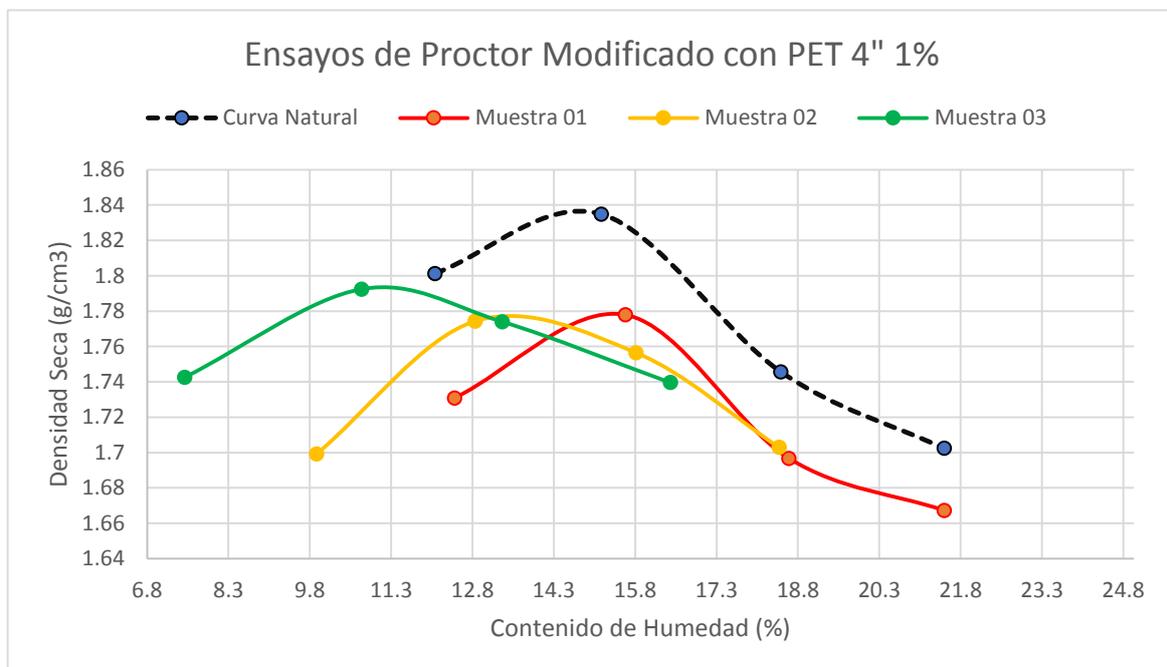
Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 4" al 1% del peso de la muestra. Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 20 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4" al 1%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,79	1,78	1,79
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	14,70	13,58	10,80

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 13 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.16. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4" AL 1,15%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 4" al 1,15% del peso de la muestra.

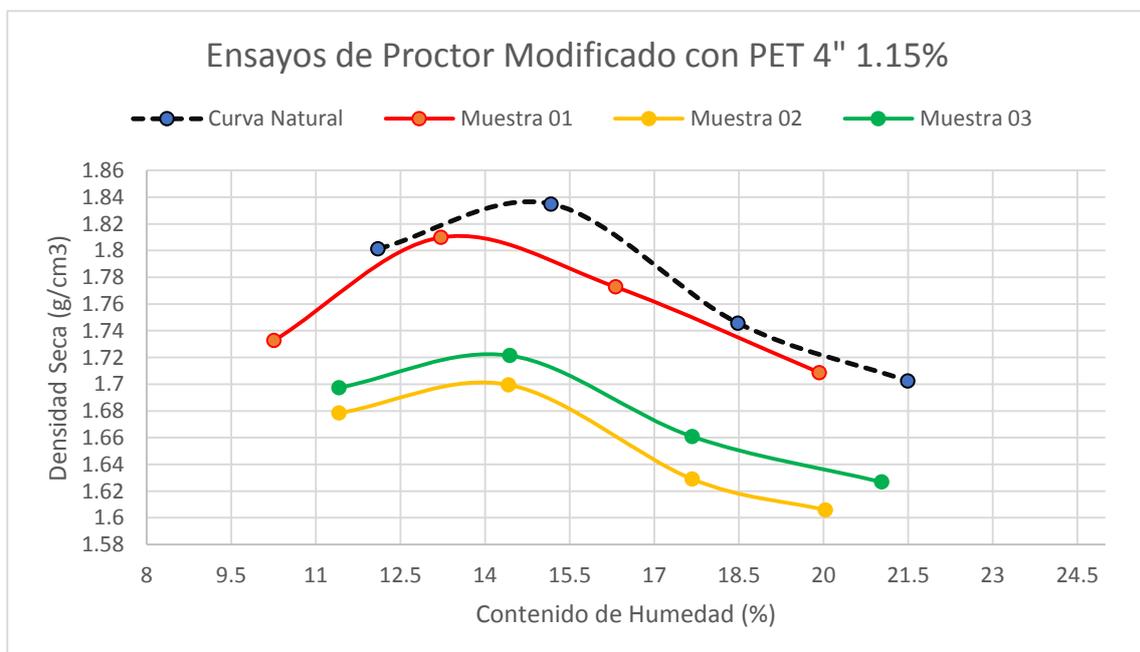
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 21 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4" al 1,15%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,844	1,81	1,71	1,71
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	13,25	13,32	13,32

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 14 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1,15%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.17. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET DE 4" AL 1,25%

Se han realizado ensayos de Proctor modificado teniendo en cuenta realizar el ensayo tres veces para poder comparar los resultados con la muestra natural y verificar el cambio de las propiedades del suelo arcilloso al adicionar en este caso PET de 4" al 1,25% del peso de la muestra.

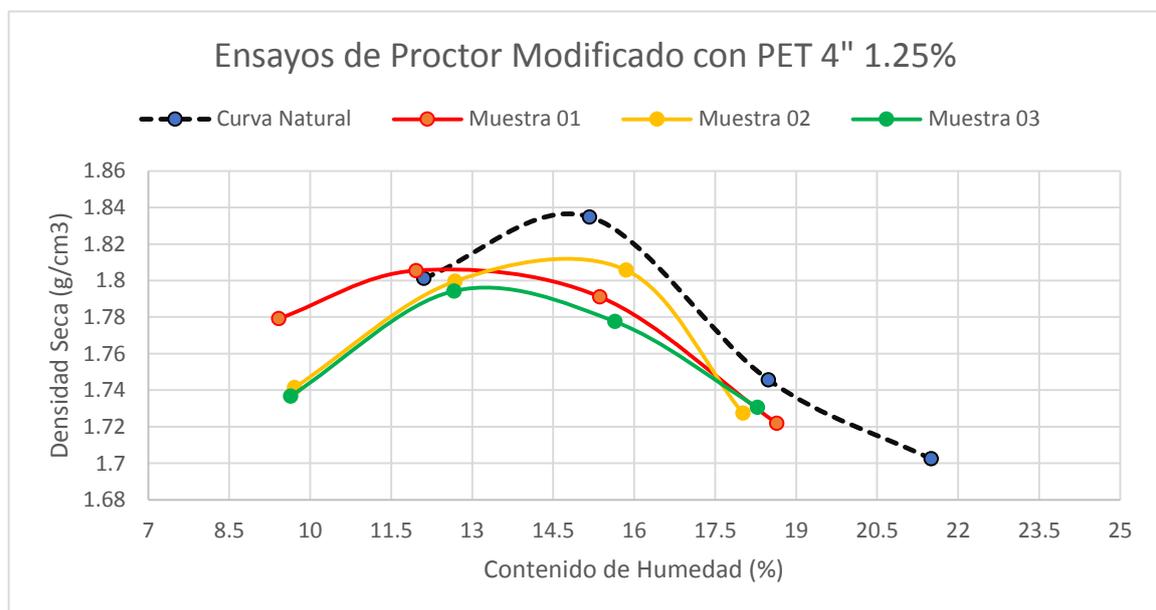
Los resultados que se obtuvieron de las tres muestras se demuestran en la presente tabla.

Tabla 22 Resultados de Proctor Modificado Muestra Natural vs Muestras con PET 4" al 1,25%

Muestra	Natural	M1	M2	M3
<b>Propiedad</b>				
<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.844	1,81	1,82	1,80
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	14,10	12,98	14,58	13,25

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 15 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad PET 4" 1,25%

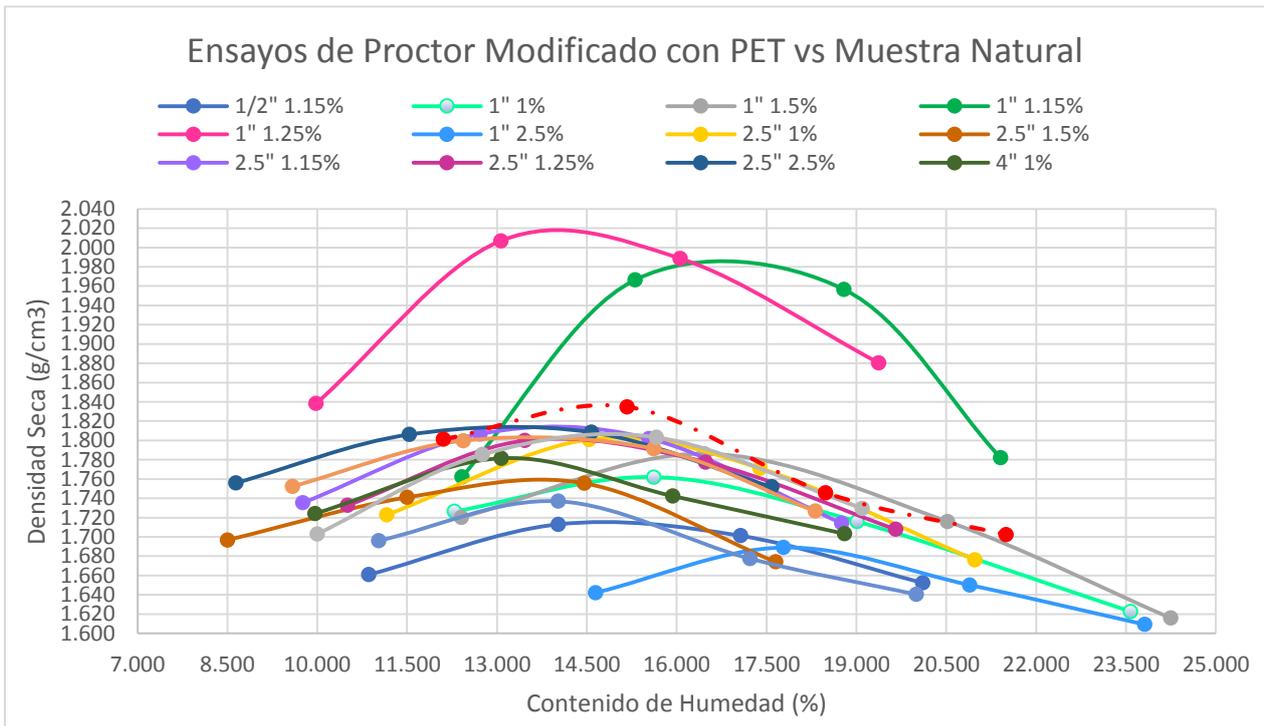


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.18. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO COMPARACIÓN DE MUESTRAS TOTALES CON PET VS MUESTRA NATURAL

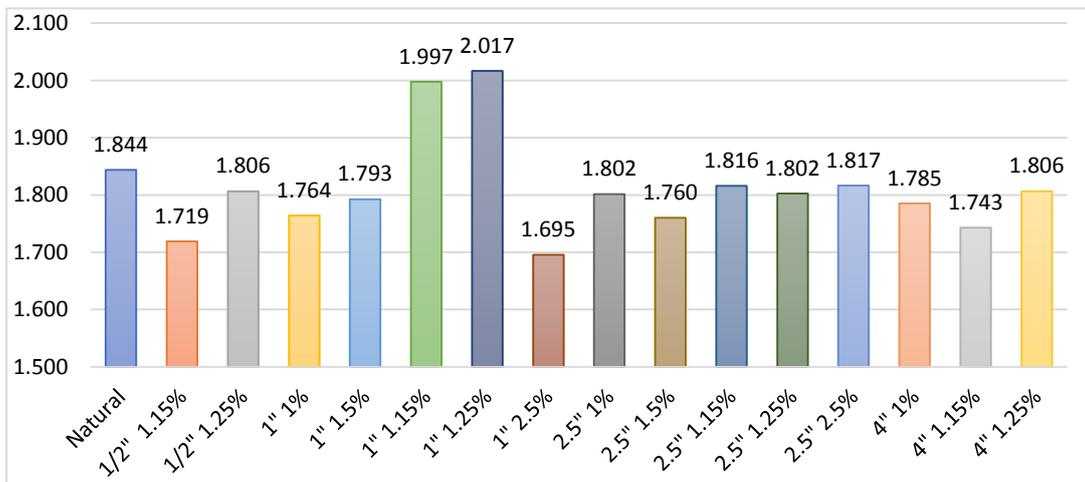
En los presentes gráficos se presentan tanto las curvas de Proctor obtenidos luego de la mezcla del suelo arcilloso para subrasante con plástico PET vs la muestra natural, así como las máximas densidades secas, donde se evidenciarán los cambios que esta adición ha proporcionado al suelo.

Gráfica 16 Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad Muestras con PET vs Muestra Natural



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 17 Máxima Densidad Seca Muestras con PET vs Muestra Natural



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.19. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DEL TERRENO NATURAL

Se ha realizado el ensayo de CBR para poder conocer la resistencia que posee el suelo natural que se ha extraído de la zona de estacionamiento de la Clínica USAT para luego ser comparados con las muestras alteradas adicionando plástico PET que han presentado un aumento en su máxima densidad seca en los ensayos de Proctor Modificado anteriormente efectuados.

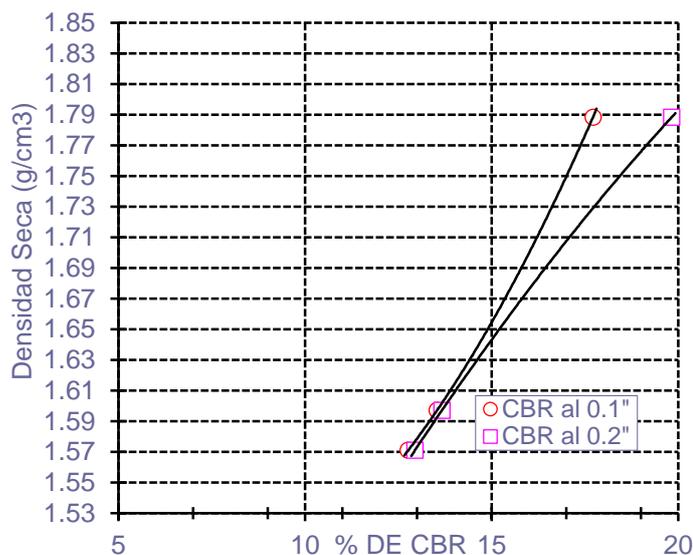
Los resultados que se obtuvieron se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 23 Resultados de CBR Muestra Natural

Terreno Natural							
Espécimen	Número de golpes por capa	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (pulg)		% de MDS	CBR (%)
01	56	1.788	59.2	0.1 "	0.1"	100	18.01
02	25	1.597	72.6		0.1"	95	16.91
03	10	1.571	73.8	0.2 "	0.2"	100	20.23
					0.2"	95	16.83

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 18 CBR vs Densidad de Muestra Natural



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.20. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DE PET AL 1.15%

Se realizó el ensayo CBR al agregar el 1.15% en peso de la muestra de PET al terreno natural para luego poder compararlo con los resultados de la muestra natural y verificar el cambio de la capacidad del terreno para resistir las cargas a las que podría ser sometida dentro de su trabajo como su subrasante.

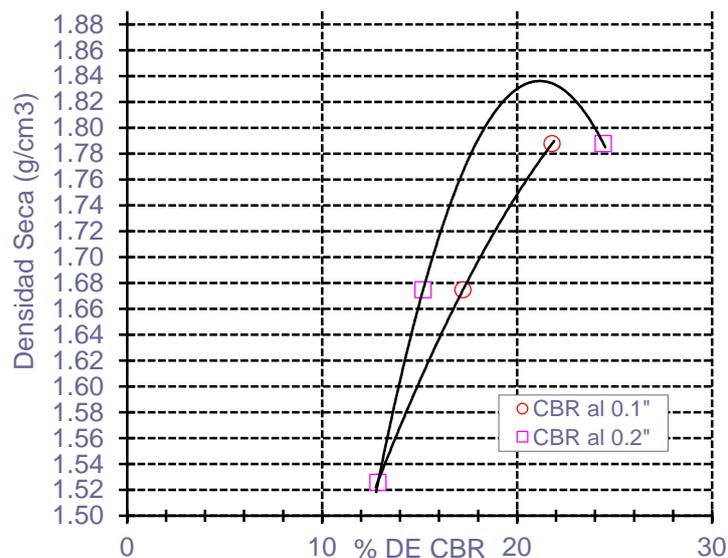
Los resultados que se obtuvieron de la muestra se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 24 Resultados de CBR 1.15% PET

1.15 % PET							
Espécimen	Número de golpes por capa	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (pulg)		% de MDS	CBR (%)
01	56	1.788	41.6	0.1 "	0.1"	100	21.81
02	25	1.675	69.4		0.1"	95	17.93
03	10	1.526	63.3	0.2 "	0.2"	100	24.44
					0.2"	95	15.55

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 19 CBR vs Densidad de 1.15%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.21. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DE PET AL 1.25%

Se realizó el ensayo CBR al agregar el 1.25% en peso de la muestra de PET al terreno natural para luego poder compararlo con los resultados de la muestra natural y verificar el cambio de la capacidad del terreno para resistir las cargas a las que podría ser sometida dentro de su trabajo como su subrasante.

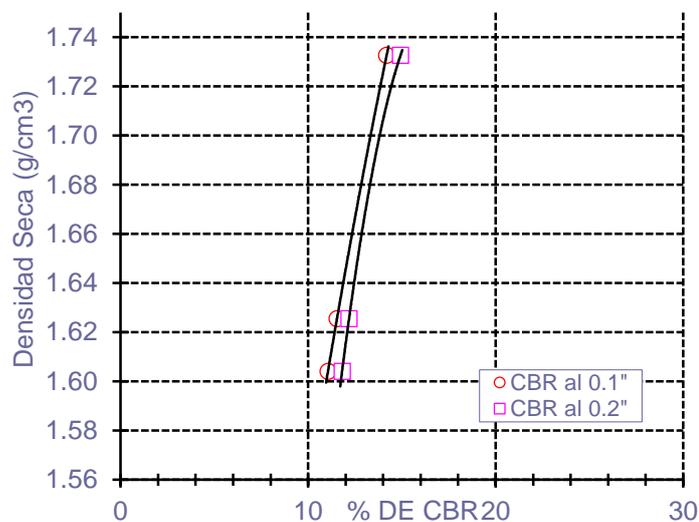
Los resultados que se obtuvieron de la muestra se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 25 Resultados de CBR 1.25% PET

1.25 % PET							
Espécimen	Número de golpes por capa	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (pulg)		% de MDS	CBR (%)
01	56	1.733	80.0	0.1 "	0.1"	100	14.76
02	25	1.625	85.8		0.1"	95	12.5
03	10	1.604	70.9	0.2 "	0.2"	100	15.53
					0.2"	95	12.92

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 20 CBR vs Densidad de 1.25%



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.22. ENSAYOS DE CBR COMPARACIÓN DE MUESTRAS CON PET VS MUESTRA NATURAL

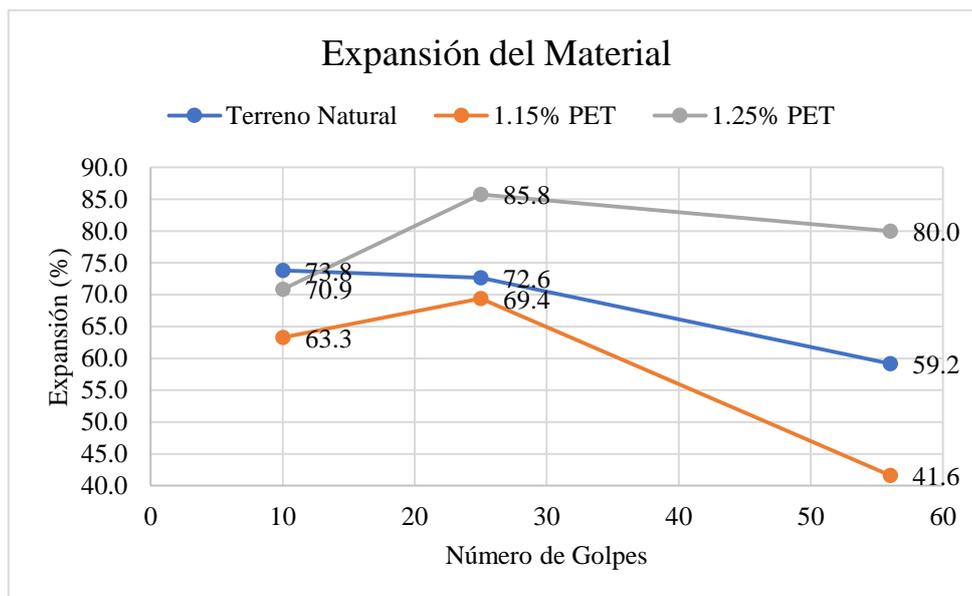
Luego de haber efectuado los respectivos ensayos de CBR a el suelo natural y a suelos con adición de PET de 1” en 1.15% y 1.25% para poder comparar el cambio de sus propiedades como suelo a ser utilizado como subrasante.

Las propiedades principales a ser comparadas son la expansión y el más importante el CBR debido a que éste evidenciará su capacidad de soporte para ser material de subrasante de la mezcla propuesta.

##### 4.22.1. EXPANSIÓN

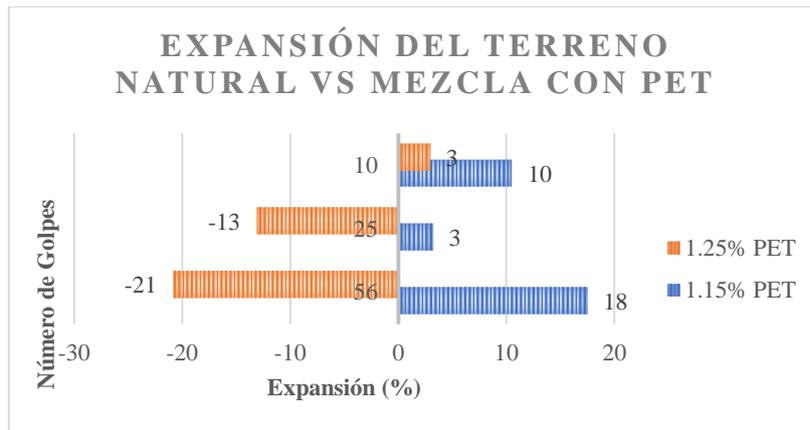
Se procederá en los siguientes gráficos a en primer lugar presentar los datos obtenidos en laboratorio tanto para la muestra natural como para ambos porcentajes de adición de PET con 1”, para luego en el siguiente presentar el cambio que presentan ambas dosificaciones de 1.15% y 1.25% con respecto al terreno natural.

Gráfica 21 Expansión del Material



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 22 Expansión del Terreno Natural vs Mezclas con PET

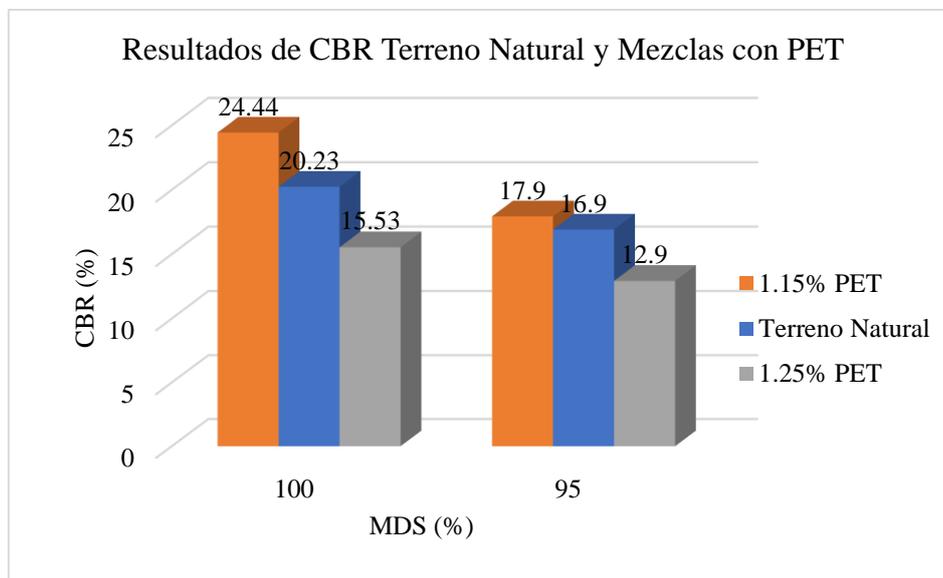


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.22.2. CBR

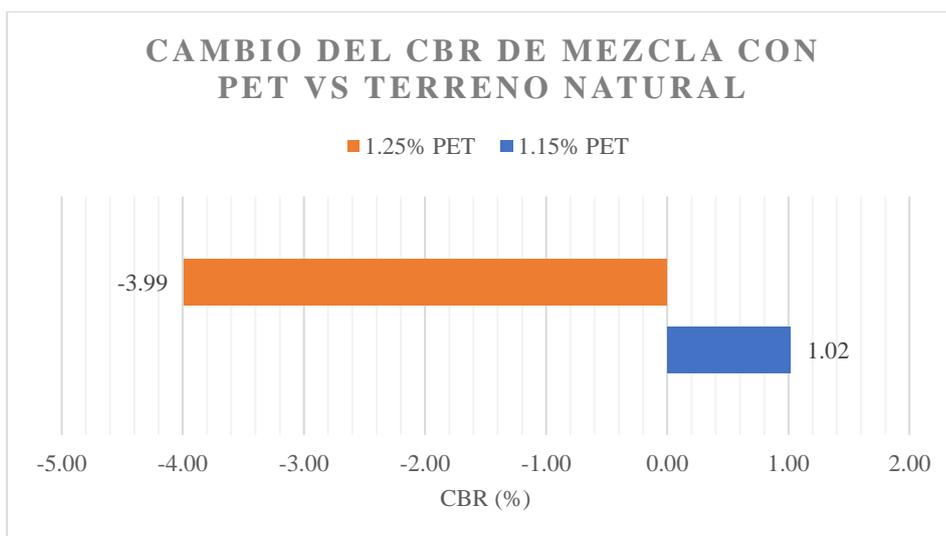
Se procederá en los siguientes gráficos a en primer lugar presentar los datos obtenidos en laboratorio tanto para la muestra natural como para ambos porcentajes de adición de PET con 1", para luego en el siguiente presentar el cambio que presentan ambas dosificaciones de 1.15% y 1.25% con respecto al terreno natural.

Gráfica 23 Resultados de CBR Terreno Natural y Mezclas con PET



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 24 Cambio del CBR de mezcla con PET vs Terreno Natural



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.23. ASPECTO NORMATIVO

##### 4.23.1. MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

En el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos de 2013 [23] en la Sección 3.3 Subrasante del Camino nos dice que, en la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor modificado. Este proceso es válido tanto para el suelo natural como para el suelo mejorado con PET.

Además, los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con  $CBR \geq 6\%$ . En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un  $CBR < 6\%$  (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos

En el numeral 4.3 Descripción de los Suelos del Manual del MTC [23] en el artículo g sección 3 dice que una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 26 Categorías de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
<b>S<sub>0</sub>: Sub rasante Inadecuada</b>	CBR < 3%
<b>S<sub>1</sub>: Sub rasante Insuficiente</b>	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
<b>S<sub>2</sub>: Sub rasante Regular</b>	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
<b>S<sub>3</sub>: Sub rasante Buena</b>	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
<b>S<sub>4</sub>: Sub rasante Muy buena</b>	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
<b>S<sub>5</sub>: Sub rasante Excelente</b>	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras del MTC

De acuerdo a los datos obtenidos la subrasante analizada en este proyecto se califica como una S<sub>3</sub>: Sub rasante Buena

#### **4.23.2. MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN**

##### **4.23.2.1. SECCIÓN 207. MEJORAMIENTO DE SUELOS**

En el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción [33] en la Sección 207 sobre Mejoramiento de Suelos en el apartado de Requerimientos de Construcción dentro del numeral 207.04 Generalidades especifica que los espesores de las capas a conformar en el mejoramiento deberán ser como máximo de 30 cm, exceptuando los 30 cm por debajo del nivel de la subrasante que será conformado en 2 capas de 15cm. Así mismo en el punto a. Escarificación nos indica que no se debe afectar esta operación a una profundidad menor de 15 cm, ni mayor de 30 cm.

En el apartado de Aceptación de los trabajos del Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción [33] en el numeral 207.06 Criterios en el punto b. Calidad del trabajo terminado, nos especifica que se realizarán comprobaciones de los trabajos mediante en primer lugar la compactación dentro del cual nos indica que las densidades individuales del tramo deberán ser, como mínimo, el 95% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de Proctor Modificado de referencia y la humedad de trabajo no debe variar en ±2% respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el Proctor Modificado

#### **4.23.2.2. SECCIÓN 403. BASES GRANULARES**

En esta sección del Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción [33] dentro del apartado de Aceptación de los Trabajos en el numeral 403.13 Calidad del Trabajo Terminado en la sección a. Compactación nos indica que la densidad a obtener en las pruebas realizadas cada 250m<sup>2</sup> deben tener valores individuales iguales o mayores al 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor Modificado y que la humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 1,5$  % respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el ensayo Próctor Modificado.

#### **4.23.3. NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS**

En la norma CE.010 Pavimentos Urbanos dentro del capítulo 3 numeral 3.5.1 En la Subrasante, nos habla de los controles y tolerancias que se tendrá para esta capa del pavimento a conformar, indicando que la humedad de compactación no deberá variar en  $\pm 2\%$  del Optimo Contenido de Humedad a fin de lograr los porcentajes de compactación especificados y que el grado de compactación tanto para materiales granulares como finos será del 95% de la Máxima Densidad Seca Teórica obtenida del Proctor Modificado y en donde la subrasante haya sido estabilizada se realizará un mínimo de tres verificaciones por cada tipo de agente estabilizador

Para lo que corresponde a la capa de base del pavimento la noma CE.010 [34] indica que el grado de compactación será como mínimo el 100% de la Máxima Densidad Seca obtenida en el ensayo de Proctor Modificado.

#### **4.24. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Luego de efectuada la matriz de Leopold, la cual se puede encontrar dentro del anexo de estudio de impacto ambiental, podemos evidenciar que se obtuvo como resultado 99 positivo, lo cual nos indica que el proyecto trae beneficios al medio ambiente, siendo estos mayoritarios a los efectos contrarios como lo son el movimiento de tierras, emisión de particulados, de ruido entre otros.

Para su análisis se ha dividido los impactos ambientales en dos etapas fundamentales del proyecto: la obtención de la fibra PET y la conformación de la subrasante con plástico PET. En la etapa de obtención de la fibra se obtuvo un impacto positivo con un ponderado de 207 debido a que en esta etapa el reciclaje, la eliminación de residuos y la generación de trabajos forman una gran parte de ella. En la etapa de conformación de la subrasante con plástico PET se obtuvo un ponderado de 108 pero de afectación al medio ambiente debido a la gran cantidad de movimiento de tierras y a los particulados y gases emitidos durante los trabajos.

Tabla 27 Resumen de Matriz de Leopold por Actividades

COMPONENTE AMBIENTAL	ACCIONES DEL PROYECTO	Obtención de las Fibras PET						Conformación de subrasante con PET									
		Recolección de Plástico PET		Obtención de Tiras de PET		Almacenamiento del producto		Trazo y Replanteo		Excavación y Nivelación		Mezclado de la subrasante		Adición del Contenido de Humedad		Perfilado y Compactación	
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	
IMPACTO TOTAL	MAGNITUD	25		12			-3		-26		-25		4		3		-4
	IMPORTANCIA	24		19		4		33		27		47		8		10	
	PONDERADO	136		77		-6		-97		-80		71		6		-8	

IMPACTO TOTAL		
Magnitud	Importancia	Ponderado
Suma de Fila		99
Suma de Columna		99

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.25. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se ha efectuado el análisis económico en el Anexo N° 04 del cual se ha obtenido los siguientes resultados luego de haber analizado el proyecto tanto mediante los análisis de precios unitarios, por partidas del proyecto y el presupuesto general de la conformación de ambas estructuras, la que posee subrasante conformada por terreno natural y aquella a la cual se le ha adicionado material PET de 1" al 1.15% en peso.

##### 4.25.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Las partidas que contienen la diferenciación en el proyecto son aquellas de la base granular ya que el espesor de ésta disminuye al añadir PET y la conformación de la subrasante ya en ella se hace la adición del material que es el foco de la investigación.

Para la conformación de la base granular por m<sup>2</sup> tenemos los siguientes resultados del análisis de precios unitarios que se encontrarán mayormente detallado en el anexo correspondiente.

Tabla 28 Resultados de APU de Base Granular con Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR (m <sup>2</sup> )	
Terreno Natural	Subrasante con PET de 1" al 1.15%
BASE GRANULAR e= 15 cm (6pulg)	BASE GRANULAR e= 12 cm (5pulg)
S/9.40	S/8.26

Fuente: Elaboración Propia

En lo correspondiente a la subrasante del proyecto por m<sup>2</sup> podemos observar los resultados mostrados a continuación en la tabla, el principal aumento de precio de este APU se debe principalmente a la adición del material PET al terreno natural de dicha capa del pavimento.

Tabla 29 Resultados de APU de Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE (m2)</b>	
<b>Terreno Natural</b>	<b>Subrasante con PET de 1" al 1.15%</b>
<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO e=0.15m</b>	<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 1" 1.15% e=0.15cm</b>
S/3.35	S/19.90

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.25.2. PARTIDAS DEL PROYECTO

En esta sección se ha analizado ambas partidas del apartado anterior, pero con respecto al proyecto a analizar que es el área del estacionamiento de la Clínica USAT que posee 3278.11 m2 dentro de los cuales se efectuará el diseño.

Tabla 30 Partida de Conformación de Base Granular con Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

<b>CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR (totalidad estacionamiento)</b>	
<b>Terreno Natural</b>	<b>Subrasante con PET de 1" al 1.15%</b>
<b>BASE GRANULAR e= 15 cm (6pulg)</b>	<b>BASE GRANULAR e= 12 cm (5pulg)</b>
S/30,823.08	S/27,086.04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31 Partida de Subrasante de Terreno Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE (totalidad estacionamiento)</b>	
<b>Terreno Natural</b>	<b>Subrasante con PET de 1" al 1.15%</b>
<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO e=0.15m</b>	<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 1" 1.15% e=0.15cm</b>
S/10,992.81	S/65,245.53

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.25.3. PRESUPUESTO TOTAL

Al comparar la totalidad del proyecto dentro del área de estudio con ambas opciones, es decir, con subrasante de terreno natural vs subrasante con PET de 1" al 1.15% se ha obtenido los siguientes resultados.

Tabla 32 Comparación de Totalidad del Presupuesto de Pavimentación con Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

<b>TOTALIDAD DEL PROYECTO</b>	
<b>Terreno Natural</b>	<b>Subrasante con PET de 1" al 1.15%</b>
S/54,249.59	S/103,876.91

Fuente: Elaboración Propia

## **V. DISCUSION**

En vista de los hallazgos encontrados, podemos decir que estamos en camino de aceptar la hipótesis planteada para el presente estudio que establece que los suelos al ser mezclados con tiras de plástico PET proveniente del reciclaje de botellas de agua y gaseosas (los cuales serán cortados de manera manual para la presente investigación) mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, lo cual los hará más aptos para cumplir sus funciones como subrasantes, esto siendo efectuado con la longitud y porcentajes adecuados para que los suelos mejoren sus propiedades como subrasantes.

### **5.1. PUNTOS DE EXPLORACIÓN**

En primer lugar, para optar por la cantidad de puntos de exploración se tomó en cuenta a la Clínica USAT como una zona urbana de ámbito local debido a que la zona en la cual se encuentra ubicada existen diversas viviendas y construcciones de dicha naturaleza, por lo cual se debe tomar un punto de investigación cada 3600 m<sup>2</sup> del área, siendo siempre el mínimo de tres según lo indica el RNE en su norma CE 010 de Pavimentos Urbanos [34], siendo los tres requeridos por dicha norma los tomados dentro del área a ser investigada.

### **5.2. ESTRATO A ANALIZAR**

Así mismo, se ha elegido tomar el segundo estrato de arcilla encontrada en las cuales solo se diferenciaban entre sí por el color, sin embargo el segundo estrato de esta se encontraba a nivel de subrasante según lo indica el MTC en su Manual de carreteras [23] diciendo que “Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables”, además de ser el estrato predominante en el área de estacionamiento de la Clínica USAT con profundidades entre 1.30m-1.40m.

### **5.3. MÉTODO DE MEZCLADO**

El método de mezclado de los suelos arcillosos con la adición del plástico ha tomado como referencia a dos investigaciones que se asemejan a la investigación presente, la primera de ellas es la de López Lara [16] donde se propone mezclar manualmente las fibras con el suelo hasta obtener una mezcla homogénea y la segunda es la de Fernández Calvo [14] que de la misma manera mezcla de manera manual el suelo con las fibras para realizar sus respectivos ensayos. Así mismo, durante el proceso de mezclado hemos podido evidenciar que en la pequeña variación de dosificación entre las mismas longitudes de fibras de un 0,5% el proceso de

mezclado se ha tornado más laborioso al aumentar dicho porcentaje y la mezcla se ha vuelto menos homogénea, coincidiendo con lo encontrado por varios autores como lo son en primer lugar López Ortiz [10] que expresa que a mayor longitud y porcentaje de fibras añadidas a los suelos arcillosos se tornan más difíciles de manipular y moldear desmoronándose fácilmente; en segundo lugar López [16] que concluye en su investigación que al aumentar la dosificación de la fibra el proceso de mezclado y obtención de una mezcla homogénea se vuelve más complicado, por lo cual los porcentajes planteados en primer lugar como inicio de investigación fueron ajustados durante esta.

#### **5.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO**

Para realizar los ensayos de Proctor Modificado se ha efectuado la adición de PET de las diferentes longitudes y porcentajes en peso del material para poder obtener una mayor precisión en la adición de dicho material y en los resultados a obtener.

En tanto a los resultados de los ensayos de Proctor modificado a los suelos con diferentes porcentajes de fibras y longitudes se han obtenido los siguientes hallazgos:

##### **5.4.1. FIBRAS DE PET DE 1/2”**

- Adición de PET 1/2” al 1.15%: Al adicionar PET de 1/2” de longitud al 1.15% en peso con respecto al suelo la densidad seca promedio de las muestras fue 1.719 g/cm<sup>3</sup> (1719 kg/m<sup>3</sup>), lo cual nos indica que ha disminuido en un 6.80% en comparación con la muestra natural dentro de los mismos rangos de contenido de humedad, lo cual nos demuestra que esta dosificación perjudica sus propiedades como subrasante.
- Adición de PET 1/2” al 1.25%: Adicionando PET de 1/2” de longitud al 1.25% en peso con respecto al suelo la densidad seca de las muestras ha disminuido en un 2.04%, al ser el promedio de 1.806 g/cm<sup>3</sup> (1806 kg/m<sup>3</sup>) en comparación con la muestra natural dentro de los mismos rangos de contenido de humedad, por lo que podemos ver que no perjudica en gran medida sus propiedades y podría ser considerado si sólo se busca rehusar los residuos de PET para ayudar al medio ambiente.

##### **5.4.2. FIBRAS DE PET DE 1”**

- Adición de PET 1” al 1%: Con la mezcla la densidad seca de la muestra con respecto a la natural ha disminuido en un 4.34%, por lo cual perjudica sus propiedades como subrasante y no es la adecuada por tener una densidad máxima promedio de 1.764 g/cm<sup>3</sup> (1764 kg/m<sup>3</sup>)

- Adición de PET 1” al 1.5%: Al mezclar PET de 1” al 1.5% del peso de la muestra obtenemos que la máxima densidad seca promedio disminuye, siendo el resultado de 1.793 g/cm<sup>3</sup> (1793 kg/m<sup>3</sup>) con respecto a la natural en un 2.78%, siendo perjudicial la adición del material para este caso.
- Adición de PET 1” al 1.15%: Para la presente dosificación encontramos que el promedio de la máxima densidad seca es 1.997 g/cm<sup>3</sup> (1997 kg/m<sup>3</sup>), lo cual nos demuestra que con respecto a la muestra natural ha aumentado 0.153 g/cm<sup>3</sup>, representando un 8.32% del valor natural, siendo esta dosificación la segunda mejor en aumentar la calidad de la mezcla con suelo natural.
- Adición de PET 1” al 1.25%: Es la dosificación con mayor aumento de la máxima densidad seca promedio de las muestras, siendo el valor de 2.017 g/cm<sup>3</sup> (2016 kg/m<sup>3</sup>) otorgando un aumento de 9.36% de dicha propiedad con rangos similares de contenido de humedad, por lo cual esta dosificación ha sido considerada como la óptima de este estudio.
- Adición de PET 1” al 2.5%: Con la presente dosificación la máxima densidad seca promedio disminuye en un 8.06% al tener el valor de 1.695 g/cm<sup>3</sup> (1695 kg/m<sup>3</sup>), indicando que su compactación y por lo tanto su resistencia ha disminuido significativamente, haciendo a esta mezcla no apta para la investigación.

#### **5.4.3. FIBRAS DE PET DE 2.5”**

- Adición de PET 2.5” al 1%: La presente dosificación ha disminuido la máxima densidad seca promedio en 2.30%, descartando de igual manera esta mezcla con respecto a la del suelo natural debido a no aportar mejoría en las propiedades del suelo, por su máxima densidad seca promedio de 1.802 g/cm<sup>3</sup> (1802 kg/m<sup>3</sup>)
- Adición de PET 2.5” al 1.5%: La mezcla de PET con fibras de 2.5” al 1.5% ha perjudicado al suelo natural con respecto a su máxima densidad seca en un 4.56%, siendo la máxima densidad seca promedio de 1.760 g/cm<sup>3</sup> (1760 kg/m<sup>3</sup>), haciendo que este sea menos compacto con los mismos rangos de contenido de humedad.
- Adición de PET 2.5” al 1.15%: Al realizar esta muestra los resultados arrojaron que la máxima densidad seca promedio de los ensayos efectuados es 1.816 g/cm<sup>3</sup> (1816 kg/m<sup>3</sup>), evidenciando que con respecto a la muestra natural ha disminuido en un 1.53%, dando prueba que esta dosificación no es la adecuada para mejorar las propiedades del suelo como subrasante.

- Adición de PET 2.5” al 1.25%: La dosificación propuesta nos otorga una máxima densidad seca promedio de 1.802 g/cm<sup>3</sup> (1802 kg/m<sup>3</sup>) lo cual comparado con la muestra natural podemos observar que disminuye en un 2.26% dando como resultado una muestra menos compacta y por lo tanto menos resistente.
- Adición de PET 2.5” al 2.5%: Con la dosificación propuesta de PET con fibras de 2.5” la máxima densidad seca promedio disminuye en un 1.48% con respecto a la natural, siendo de 1.817 g/cm<sup>3</sup> (1817 kg/m<sup>3</sup>) evidenciando que esta mezcla no es la adecuada para hacer trabajos de mejoramiento al suelo analizado.

#### **5.4.4. FIBRAS DE PET DE 4”**

- Adición de PET 4” al 1%: La menor de las dosificaciones con la longitud de 4” no presentó mejoras con respecto al suelo natural, más bien provocó una disminución de la máxima densidad seca promedio en un 3.20% del total, siendo de 1.785 g/cm<sup>3</sup> (1785 kg/m<sup>3</sup>), por lo cual no es apta para el trabajo propuesto de mejoramiento.
- Adición de PET 4” al 1.15%: Adicionando esta dosificación al terreno natural la máxima densidad promedio de las muestras es de 1.743 g/cm<sup>3</sup> (1743 kg/m<sup>3</sup>) lo cual representa una disminución comparándola con la muestra natural de un 5.48%.
- Adición de PET 4” al 1.25%: La dosificación mayor con fibras de mayor longitud presentó una disminución de la máxima densidad seca promedio con respecto a la muestra natural en un 2.04% del total, siendo el valor de 1.806 g/cm<sup>3</sup> (1806 kg/m<sup>3</sup>), además esta longitud de fibras fue difícil de manejar debido a la trabajabilidad de la mezcla.

Luego de presentar todos los resultados de los ensayos de Proctor Modificado, por su capacidad de mejoría del suelo estudiado se han considerado como dosificaciones óptimas las de longitud de 1” de 1.15% y 1.25%, las cuales en la continuación de la investigación serán evaluadas con respecto a su CBR siendo comparadas con el de la muestra natural para evaluar sus propiedades como subrasante.

Por otro lado, se debe explicar que las dosificaciones fueron modificadas durante los ensayos debido a problemas de trabajabilidad, tanto con porcentajes muy altos, siendo ya difícil trabajar con la dosificación de 2.5%, por lo cual se descartó la de 3% y se optó por agregar dos dosificaciones intermedias entre aquellas que estaban dando resultados cercanos a la muestra natural, las cuales fueron 1.15% y 1.25%.

Así mismo, al encontrar que los resultados más favorables se estaban encontrando con la longitud de 1” y al aumentar la longitud de las fibras disminuía la máxima densidad seca, se propuso utilizar una longitud menor para ratificar la óptima longitud empleada en las fibras, siendo ésta la de ½”, la cual arrojó resultados menores por lo cual se comprobó los resultados anteriormente encontrados.

#### 5.4.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DE DOSIFICACIONES ÓPTIMAS

Siendo comprobado mediante los ensayos de Proctor Modificado que las dosificaciones de 1” de 1.15% y de 1.25% resultaron óptimas en esta primera fase del proyecto se ha procedido a analizar así mismo los contenidos de humedad óptimos con respecto al terreno natural, ya que esto influiría en el contenido de agua al ser añadido durante la conformación de la subrasante en obra para aquella dosificación que resulte favorable.

Podemos observar en la siguiente tabla el contenido óptimo de humedad tanto del terreno natural como de las tres muestras tomadas de ambas dosificaciones y el promedio de dichas muestras para poder realizar las comparaciones debidas.

Tabla 33 Contenido Óptimo de Humedad del Terreno Natural, 1.15% PET y 1.25% PET

Contenido Óptimo de Humedad			
Muestras	Terreno Natural	1.15% PET	1.25% PET
M1	14.14	14.50	14.80
M2		17.10	14.00
M3		19.15	13.65
<b>PROMEDIO</b>	14.1	16.9	14.2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 Cambio de Contenido Óptimo de Humedad

Cambio del Contenido Óptimo de Humedad	
1.15% PET	1.25% PET
2.78	0.01

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar en esta tabla que el contenido óptimo de humedad con la mezcla al 1.15% ha aumentado con respecto al terreno natural en 2.78%, mientras que para la dosificación de 1.25% de PET sólo aumento en 0.01%

Tabla 35 Contenido Óptimo de Humedad de la Muestra Natural vs Mezclas con PET

	<b>Terreno Natural</b>	<b>1.15% PET</b>	<b>1.25% PET</b>
<b>Contenido Óptimo de Humedad (%)</b>	14.1	16.9	14.2
<b>% Con respecto al Terreno Natural</b>	100.00%	119.64%	100.07%

Fuente: Elaboración Propia

En esta última tabla se demuestra que con respecto a la dosificación de 1.15% de PET el contenido de humedad óptimo es el 119.64% del perteneciente al terreno natural y la segunda dosificación de 1.25% es el 100.07% del terreno natural, lo cual nos indica que en ambas dosificaciones la cantidad de agua para que la subrasante pueda ser conformada de manera óptima y alcance la compactación deseada ha aumentado para cada una de ellas.

### 5.5. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Luego de analizar las dosificaciones que según el ensayo de Proctor Modificado que son las fibras de PET de 1” de longitud con dosificaciones de 1.15% y 1.25% (dosificaciones realizadas en peso) se ha procedido a realizar los ensayos de CBR del terreno natural y de ambas dosificaciones para analizar los cambios de las propiedades de ambas mezclas para ser utilizadas como subrasante

#### 5.5.1. EXPANSIÓN

Luego de haber presentado los resultados de expansión en los Gráficos 21 y 22 se ha conformado la siguiente tabla donde se evidencia el cambio que hubo en la expansión con respecto al terreno natural ensayado para cada dosificación de fibra de 1”.

Tabla 36 Porcentaje de Expansión de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural

	<b>Terreno Natural</b>	<b>1.15% PET</b>	<b>1.25% PET</b>
<b>% Expansión Promedio</b>	68.5	58.1	78.9
<b>% Con respecto al Terreno Natural</b>	100.00%	84.81%	115.10%

Fuente: Elaboración Propia

Podemos ver en la tabla que la mezcla con PET de 1” y 1.15% de adición, ha logrado que el material reduzca su expansión pasando a expandirse solamente el 84.81% de lo que haría el terreno natural. Lo cual nos indica que esta mezcla en presencia de agua es menos susceptible al hinchamiento que el terreno natural (esto asemejaría a condiciones de nivel freático a los que podría estar expuesta la subrasante) y que además la capa de subrasante ocuparía un menor volumen al momento de conformarse.

Por otro lado, podemos ver en la tabla presentada que la mezcla con PET de 1” con 1.25% de adición aumenta el porcentaje de hinchamiento en un 115.10% expresando que la mezcla es más susceptible al hinchamiento en presencia de nivel freático y la capa a conformarse tendría un mayor grosor que el terreno natural y mucho más que la mezcla al 1.15%.

Estos cambios de expansión de las diferentes mezclas se deben al cambio de la estructura de las arcillas naturales cuando se les agrega las fibras de PET, al presentarse fibras cortas de 1” en la adecuada dosificación como lo es 1.15% se acomoda en los espacios libres y en la estructura de la arcilla, provocando una menor retención del agua dentro de su estructura, sin embargo si se trabaja con una dosificación mayor como 1.25% se genera una mayor cantidad de vacíos donde el agua puede ingresar y quedarse alojada como son las características de las arcillas.

### 5.5.2. CBR

Luego de haber presentado los resultados de los Gráficos 23 y 24 se han conformado las siguientes tablas donde se evidencia el cambio que hubo en el CBR con respecto al terreno natural ensayado para cada dosificación de fibra de 1” para 1.15% y 1.25% y así mismo para las máximas densidades secas al 95% y al 100%.

Tabla 37 Cambios del CBR con respecto al Terreno Natural

<b>CBR (%)</b>		
<b>MDS (%)</b>	<b>1.15% PET</b>	<b>1.25% PET</b>
95	1.02	-3.99
100	4.21	-4.70

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 29 podemos ver que el CBR para la dosificación de 1.15% en ambas máximas densidades secas de 95% y 100% ha aumentado 1.02% y 4.21%, pero en cambio, para la dosificación de 1.25% de PET adicionado el CBR ha disminuido en 3.99% y 4.70% para las densidades máximas secas de 95% y 100%. Por lo cual podemos concluir fácilmente que la primera dosificación es la adecuada a emplear en el mejoramiento del CBR de la subrasante arcillosa, pero al aumentar el porcentaje de PET adicionado obtenemos un resultado contrario al disminuir el valor del CBR obtenido en la mezcla.

Tabla 38 Porcentaje de CBR de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural con MDS de 95%

<b>MDS 95%</b>	<b>Terreno Natural</b>	<b>1.15% PET</b>	<b>1.25% PET</b>
<b>% CBR</b>	16.9	17.9	12.9
<b>% CBR con respecto al Terreno Natural</b>	100.00	106.03	76.40

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar por la tabla 30 que con la mezcla de 1.15% el CBR aumenta y se convierte en el 106.03% del CBR del terreno natural, evidenciado que al incluir el PET de 1” en esta dosificación, se mejora la capacidad del terreno para ser material de subrasante y de soportar las cargas o deformaciones a las que podría la capa estar expuesta.

Por otro lado, la mezcla con 1.25% disminuye al convertirse en el 76.40% del CBR del terreno natural, evidenciando que con la primera dosificación se presentan mejoras, pero con la segunda la calidad del material como subrasante disminuye, lo cual nos hace concluir que esta dosificación no sería la adecuada a utilizar si es que buscamos además de reutilizar el material PET, conseguir mejoras en las propiedades del material como subrasante.

Tabla 39 Porcentaje de CBR de las Mezclas con PET respecto al Terreno Natural con MDS de 100%

<b>MDS 100%</b>	<b>Terreno Natural</b>	<b>1.15% PET</b>	<b>1.25% PET</b>
<b>% CBR</b>	20.2	24.4	15.5
<b>% CBR con respecto al Terreno Natural</b>	100.00	120.81	76.77

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar por la tabla 31 que con la mezcla de 1.15% el CBR aumenta y se convierte en el 120.81% del CBR del terreno natural, evidenciado que al incluir el PET de 1” en esta dosificación, se mejora la capacidad del terreno para ser material de subrasante y de soportar las cargas o deformaciones a las que podría la capa estar expuesta.

Por otro lado, la mezcla con 1.25% disminuye al convertirse en el 76.77% del CBR del terreno natural, evidenciando que con la primera dosificación se presentan mejoras, pero con la segunda la calidad del material como subrasante disminuye, lo cual nos hace concluir que esta dosificación no sería la adecuada a utilizar si es que buscamos además de reutilizar el material PET, conseguir mejoras en las propiedades del material como subrasante.

## **5.6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES**

### **5.6.1. LÓPEZ ORTIZ, JOSÉ ALBERTO. “SUELOS ARCILLOSOS REFORZADOS CON MATERIALES DE PLÁSTICO RECICLADO (PET)”**

En la tesis de López Ortiz [10] se presentan las siguientes conclusiones que serán comparadas con los obtenidos en la presente investigación:

- El autor comenta que los porcentajes ideales para mejorar las capacidades de los suelos arcillosos se encuentran entre 0.2% y 2.0% lo cual concuerda con la presente investigación que ha hallado el porcentaje idóneo en un 1.15%, sin embargo, estas diferencias se deben a que las muestras fueron analizadas mediante ensayos de cohesión no drenada (lo cual analiza corte y cohesión) y en la investigación presente

ha empleado el ensayo de CBR y de Proctor Modificado (que analiza su capacidad de soportar cargas y analiza la calidad del terreno como subrasante).

- La longitud de fibra que según López Ortiz [10] aporta mayores mejoras a las propiedades son las fibras largas, sin embargo, en esta investigación dichas fibras mayores a 1” disminuyeron las propiedades de la subrasante, lo cual se ha podido evidenciar en los ensayos realizados.
- Comenta en su investigación algo que concuerda con la investigación realizada, lo cual es que este tipo de proyectos aportan beneficios ambientales al reutilizar el material PET reciclado.
- Finalmente, observa al igual que en esta investigación que al agregar mayor porcentaje de fibras, así como el uso de fibras más largas dificulta la trabajabilidad de la mezcla, provocando que esta no sea homogénea, se disgregue (se separa el terreno del plástico PET añadido) y rechace el agua que se le ha agregado.

#### **5.6.2. RAMOS HINOJOSA, GABRIEL PAÚL. “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014”.**

En la investigación de Ramos Hinojosa [17] se presentan las siguientes conclusiones que serán comparadas con los resultados de la investigación propia:

- Se considera en la investigación de Ramos Hinojosa [17] un porcentaje idóneo de 1.5% de adición de PET lo cual difiere en la investigación realizada al ser considerada como 1.15% el porcentaje idóneo, siendo una diferencia que puede ser sustentada en la diferencia del material utilizado como terreno para subrasante, las cuales poseen diferentes contenidos de humedad, granulometría e índice de plasticidad.
- Además, considera el aumento del CBR del material en un 26%, lo cual en la presente investigación se considera un aumento del 6% al 20% del CBR del material.

#### **5.7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

La evaluación de impacto ambiental como resultado general nos da como resultado que el proyecto es una actividad beneficiosa para el medio ambiente, principalmente por las actividades que traen consigo el reciclaje de las botellas de plástico PET provenientes de agua y gaseosas.

Se puede llegar a esta afirmación luego de haber analizado el proyecto en dos etapas: la obtención de fibra PET y la conformación de la subrasante añadiendo el plástico PET, para la

cual la primera debido a las actividades de reciclaje y generación de trabajo trajeron consigo un impacto positivo considerable con impactos mitigables y con medidas de prevención asequibles. Por otro lado, la segunda etapa de análisis presentó impactos negativos, sin embargo, no mayoritarios a la primera fase, debido a el movimiento de tierra y la maquinaria a utilizar en los trabajos a realizar, pero que pueden ser mitigados con medidas expresadas en el anexo de estudio de impacto ambiental presentado.

## 5.8. EVALUACION ECONÓMICA

### 5.8.1. DISEÑO DE PAVIMENTOS MODELO

Al iniciar la evaluación económica para poder comparar la alternativa de utilizar en la conformación de la subrasante sea el material natural vs el material mejorado con fibra PET de 1” al 1.15% se ha procedido a efectuar el diseño de un pavimento genérico con un características propuestas y estándar en lo cual el valor a ser modificado para evidenciar los cambios sería el CBR de la subrasante que cambia para ambos materiales propuestos.

Se ha procedido a diseñar los pavimentos modelo con las siguientes características.

- ESAL:  $3 \cdot 10^6$
- Nivel de Confiabilidad: 75%
- Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ): -0.841 (Por ser una vía local urbana)
- Error Estándar ( $S_o$ ): 0.45
- Variación de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ): 2
- CBR de la Base: 80%
- Coeficiente de Drenaje de la Base:  $m_1$
- Modulo Elástico de la Carpeta Asfáltica  $E(\psi)$ : 450000

Luego de efectuar el diseño correspondiente mediante el método AASHTO-93 se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfica 25 Estructura del Pavimento con Terreno Natural de Subrasante



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 26 Estructura del Pavimento con PET 1" al 1.15% de Subrasante



Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que al utilizar la subrasante mejorada con PET de 1" al 1.15% se ha reducido la capa de base en 1", lo cual provocará que los costos de conformación de dicho espesor disminuyan, lo cual será detallado a continuación.

### 5.8.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PARTIDAS

Los APU tanto como las partidas han sufrido en el caso de la base granular una disminución en su costo y el resultado inverso para el caso de la subrasante que será explicado a continuación. Cabe recalcar que dichos análisis de precios unitarios fueron analizados por m<sup>2</sup> de terreno a ser conformado como las distintas bases analizadas de la estructura de pavimento.

Para la capa de base granular se ha producido la disminución del precio de dicha capa, siendo el precio de la base un 87.88% del precio de un pavimento con subrasante natural, esto debido a que el espesor de dicha base se ha disminuido en 1 pulgada, lo cual trajo consigo una disminución del material a utilizar y del tiempo de maquinaria y personal a emplear para dicha conformación, lo cual se encuentra mejor detallado en el Anexo N° 04

Tabla 40 Precio de Base Granular de Pavimento con Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR (m <sup>2</sup> )	
Terreno Natural	Subrasante con PET de 1" al 1.15%
<b>BASE GRANULAR e= 15 cm (6pulg)</b>	<b>BASE GRANULAR e= 12 cm (5pulg)</b>
100.00%	87.88%

Fuente: Elaboración Propia

En la subrasante si se pudo presenciar un aumento significativo, siendo el precio de la nueva subrasante con PET el 593.53% del precio de la subrasante natural, esto debido en su gran parte por la incorporación del material PET que posee un costo adicional de obtención para esta partida. Los cambios encontrados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 41 Precio de Subrasante Natural vs Subrasante con PET de 1" al 1.15%

<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE (m2)</b>	
<b>Terreno Natural</b>	<b>Subrasante con PET de 1" al 1.15%</b>
<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO e=0.15m</b>	<b>CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 1" 1.15% e=0.15cm</b>
100.00%	593.53%

Fuente: Elaboración Propia

### 5.8.3. PRESUPUESTO TOTAL

Al comparar el precio total del proyecto dentro del área de estacionamiento de la Clínica USAT, a pesar de que la capa de base disminuye el precio, la subrasante lo aumenta de manera significativa, resultando que el proyecto en general tenga un precio más elevado que al utilizar el terreno natural. El precio de utilizar PET en la subrasante significaría que el costo nuevo representaría el 191.48% el precio que se utilizaría al emplear el material natural arcilloso del lugar como subrasante.

## VI. CONCLUSIONES

- Los suelos encontrados a nivel de subrasante en la Clínica USAT dentro del área del estacionamiento son arcillas de baja plasticidad CL con un contenido de humedad del 11.11% y mayormente uniforme a lo largo de toda el área de investigación del estacionamiento de la Clínica USAT. Así mismo, luego de haber sido realizados los ensayos para conocer las características del terreno natural como subrasante se encontró como resultados de Compactación de Proctor Modificado una máxima densidad seca de 1.844 g/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 14.1% y con respecto al Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) se obtuvieron valores tomando la máxima densidad seca al 95% y 100% siendo estos de 16.9% y 20.23% clasificando a la calidad de dicha subrasante como Subrasante Buena.
- Las dosificaciones que resultaron ser óptimas al ser analizadas en una primera instancia mediante el ensayo de Proctor Modificado fueron ambas con fibras de 1” de longitud, siendo la mejor la de adición al 1.25% en peso con una mejoría del 9.36% de la densidad máxima seca promedio con respecto al suelo natural y la que le sigue en mejoría de sus propiedades es la dosificación de 1.15% de adición en peso, con un aumento del 8.32% con respecto a los resultados de la muestra natural.
- Los resultados de CBR a las mezclas de 1” de longitud con adición de 1.15% y 1.25% de PET fueron analizadas con máximas densidades secas al 95% y al 100%. Los resultados evidenciaron que para la dosificación de 1.15% en ambas máximas densidades secas de 95% y 100% ha aumentado 1.02% y 4.21% con respecto a su valor de CBR como terreno natural, pero en cambio, para la dosificación de 1.25% de PET adicionado el CBR ha disminuido en 3.99% y 4.70% para las densidades máximas secas de 95% y 100%. Por lo cual podemos concluir fácilmente que la primera dosificación es la más adecuada entre las evaluadas para emplear en el mejoramiento del CBR de la subrasante arcillosa analizada en esta investigación, pero al aumentar el porcentaje de PET adicionado obtenemos un resultado contrario al disminuir el valor del CBR obtenido en la mezcla. Cabe recalcar que dichas dosificaciones son realizadas en peso del material y no en volumen para obtener mayor precisión en el proceso de adición del material.
- Luego de efectuar los ensayos de CBR a las mezclas de 1” al 1.15% y 1.25% se ha encontrado que con respecto a la expansión del material la primera mezcla provoca una disminución del volumen de la mezcla, siendo su nuevo volumen un 84.81% del terreno natural, mientras tanto, la segunda mezcla de 1.25% provoca que se expanda más que el

terreno natural, aumentando su volumen, pasando a representar un 115.10% del volumen del terreno natural. Por lo tanto, podemos inferir que la primera mezcla hace que la capa de subrasante sea menos susceptible a hincharse en presencia de nivel freático, pero, por otro lado, la mezcla de 1.25% sea mucho más susceptible a ello que el terreno natural, dando esto a conocer que la primera dosificación de PET de 1” de longitud con 1.15% en adición es la más adecuada entre las dosificaciones propuestas para mejorar las propiedades de los suelos arcillosos como subrasante.

- La evaluación de impacto ambiental como resultado general nos da como resultado que el proyecto es una actividad beneficiosa para el medio ambiente, principalmente por las actividades que traen consigo el reciclaje de las botellas de plástico PET provenientes de agua y gaseosas. Esto se reafirma como resultado de un estudio de impacto ambiental que se seccionó en dos etapas: la obtención de fibra PET y la conformación de la subrasante añadiendo el plástico PET.
- Al emplear material PET de 1” al 1.15% añadido al terreno natural para conformar la subrasante se logra disminuir el costo de la capa de base debido a la disminución de espesor, sin embargo, el precio de la capa de subrasante aumenta significativamente debido al incremento de un material adicional, lo cual llega a sobrepasar los costos. Lo cual nos lleva a concluir que la propuesta en general representaría el 191.48% del costo del mismo proyecto, pero empleando el material natural arcilloso de la zona como subrasante.
- El uso de material PET como estabilizante para suelos arcillosos con suelos que posean un CBR que los califique como bueno o muy buenos no es rentable económicamente, debido a que a pesar de que la capa de base se disminuye, el costo de conformar la subrasante con PET implica un costo adicional que en resultado trae consigo que la alternativa en su totalidad represente una desventaja económica.

## VII. RECOMENDACIONES

- Expresar detalladamente en todos aquellos proyectos en los cuales se va a utilizar la adición de plástico PET a la subrasante que se debe utilizar los contenidos de humedad encontrados en laboratorio, el proceso de compactación debe ser tal que se llegue al grado óptimo encontrado también en laboratorio y siempre recordar que las dosificaciones deben hacerse en peso mas no en volumen.
- Se recomienda en obra que luego de haber realizado los trabajos de adición de plástico, mezclado y compactación, también realizar el ensayo de CBR de campo para verificar los resultados obtenidos de la mezcla.
- Este tipo de adición de plástico PET puede solo ser realizado en suelos donde no se haya encontrado nivel freático dentro de la altura de trabajo de la estructura del pavimento para que la mezcla trabaje de la manera más óptima.
- Considerar que esta propuesta significa un beneficio para el medio ambiente al involucrar la reutilización de botellas de agua y gaseosas, lo cual aporta a la calidad de vida de la población donde se realice, ya que ayuda a cuidar el medio ambiente donde se aplicaría este proyecto.
- Se ha podido evidenciar en el momento de efectuar los ensayos de Proctor Modificado que la trabajabilidad de la muestra se torna posible hasta dosificaciones de 2.5% para fibras pequeñas y hasta 1.25% para fibras más largas, luego de ello no se puede realizar una muestra homogénea y que se mantenga como una sola unión, sino que presenta fibras sobresaliendo o no provoca que la muestra se desmorone, por lo cual se recomienda buscar alternativas de solución a este problema o profundizar el comportamiento de la mezcla con estas longitudes y dosificaciones de fibra más a fondo.
- Extender este trabajo de investigación a distintos tipos de material para conformar subrasante como por ejemplo el afirmado, arenas u otros.
- Se recomienda que la recolección de las botellas de Plástico PET a emplear en el proyecto sea de aquellas que no se encuentren chancadas para que la obtención de las tiras o fibras pueda ser más sencilla y la adecuada.
- Se recomienda que en el momento del diseño de la capa de subrasante con Plástico PET para cualquier proyecto la dosificación a emplear sea realizada en peso y no en volumen del material.
- Se recomienda comprobar la presente investigación con subrasantes arcillosas con un CBR menor al 6%, siendo de CBR bajos o muy bajos, lo cual los clasifica como muy malas para

ser utilizadas en proyectos y que además dicha alternativa sea comparada con los resultados de estabilizar dicho suelo con materiales convencionales como lo son la cal y el cemento.

## VII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] O. R. Calderón, Modificación de la Resistencia de una Arcilla Plástica con Nano-Sílice, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.
- [2] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), «Plan de Prevención ante Desastres: Usos de Suelos y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Chiclayo,» Chiclayo, 2003.
- [3] Ministerio del Ambiente, «Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos,» Lima, 2013.
- [4] Ministerio del Ambiente, «Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en el Perú Gestión 2012,» Lima, 2012.
- [5] Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo, «Reporte de Residuos Sólidos Chiclayo Diciembre 2017,» Chiclayo, 2017.
- [6] Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo, «Informe de Residuos Sólidos 2017,» Chiclayo, 2017.
- [7] Unidad de Investigación (UI), «Guía para la Estabilización o Mejoramiento de Rutas no Pavimentadas,» Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica, 2008.
- [8] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), «Anuario de Estadísticas Ambientales 2013,» Lima, 2013.
- [9] T. Blanco Diaz, Y. Brango Negrete y J. Rivera Gonzales, Reutilización del Desecho de PVC como Agente Estabilizados de Sub-Bases Granulares, Barranquilla, 2012.
- [10] J. A. Lopez Ortiz, Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado PET, Antioquía, 2013.
- [11] F. Quispe Supo, Estabilización de Suelos No Aptos con Desechos de Policloruro de Vinilo para su Uso en la Conformación de la Capa Base y Sub-Base de Pavimentos, Puno, 2014.
- [12] L. M. Pérez, Estudio del Uso del Polietileno Tereftalato (PET) como Material de Restitución en Suelos de Baja Capacidad de Carga, México DF, 2012.
- [13] R. Jara Anyaypoma, «Efecto de la Cal Como Estabilizante de una Subrasante de Suelo Arcilloso,» Cajamarca, 2014.
- [14] C. Fernandez Calvo, J. Martinez Santamaría y J. Thode Mayoral, «Refuerzo de Suelos Con Fibras Sintéticas,» *Asociación Técnica de Carreteras*, 2012.
- [15] C. Triana Rodriguez y D. Villamizar Duarte, Estudio del Comportamiento de Suelos Arcillosos después de la Adición de Geotextil Tejido T-2400, Medellín, 2010.

- [16] T. L. Lara y R. Hurtado, Características Mecánicas de un Suelo Fino Reforzado con Micro Fibras de Polipropileno, Querétaro.
- [17] G. P. Ramos Hinojosa, Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polimeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014, Huancayo, 2014.
- [18] ASTM International, «[www.astm.org](http://www.astm.org),» mayo 2018. [En línea].
- [19] INACAL, «Tienda virtual inacal,» mayo 2018. [En línea].
- [20] R. A y d. C. H, La Ingeniería de Suelos, LIMUSA, 1978.
- [21] C. Crespo Villalaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, México, 2004.
- [22] G. Duque Escobar y C. E. Escobar P., Geomecánica, Medellín, 2016.
- [23] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos, 2013.
- [24] APREPET, «[aprepet.org.mx](http://aprepet.org.mx),» 2006. [En línea]. Available: [www.aprepet.org.mx](http://www.aprepet.org.mx).
- [25] M. A. Sanchez Sierra y P. A. Paredes Quiroga, Estudio de Viabilidad Técnica de la Implementación del Polietileno Tereftalato como Material para Estabilización de Taludes, Bogotá, 2014.
- [26] X. Elias y L. Jurado, Reciclaje de Residuos Industriales, Madrid: Dias de Santos S.A., 2012.
- [27] M. Beltrán Rico, Tecnología de los Polímeros, Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.
- [28] W. Araujo Navarro, Ecuaciones de Correlación del CBR con Propiedades índice de Suelos para la Ciudad de Piura, Piura, 2014.
- [29] J. A. Del Busto Duthutbutu, La Tesis Universitaria, Callao: ROCARME S.A., 1988.
- [30] L. Blaxter, H. Christina y T. Malcom, Cómo se hace una investigación, Gedisa.
- [31] C. A. Bernal Torres, Metodología de la Investigación, Pearson.
- [32] R. Hernandez Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, Buenos Aires: Mc Graw Hill.
- [33] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013.
- [34] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Norma CE 010 Pavimentos Urbanos, Lima, 2010.

- [35] T. C. d. Perú, «Compendio Normativo,» Centro de Estudios Constitucionales, Lima, 2015.
- [36] MET, «MET,» 15 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.met.igp.gob.pe/clima/HTML/chiclayo.html>.
- [37] Portal Lambayeque, «Lambayeque,» Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.lambayeque-peru.com/flora-de-lambayeque>.
- [38] V. Conesa Fernández-Vitora, Guia Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, Madrid: Mundi - Prensa, 2003.
- [39] M. Abrego D, S. Molinos B. y P. Ruiz A., «Equipos de Protección Personal,» ACHS.
- [40] Adil, «Adil,» Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.adilropadetrabajo.com/blog/2017/12/tipos-usos-mascarillas-proteccion-respiratoria/>.
- [41] VELAZIS, «VELAZIS,» 2018. [En línea]. Available: <http://velazis.com/blog/tipos-de-botas-de-seguridad/>.
- [42] Costos, Costos Edición 299 Abril - Mayo 2019, Costos, 2019.
- [43] Constructivo, Constructivo Edición Abril - Mayo 2019, Constructivo, 2019.
- [44] W. Ibañez, Costos y Tiempos en Carreteras, 1992.
- [45] J. G. Huachi Quintana y J. D. Rodriguez Mejía, Estudio de la Factibilidad para Reciclar Envases Plásticos de Polietileno Tereftalato (PET), en la Ciudad de Guayaquil, Guayaquil, 2010.
- [46] E. D. Cullquipuma Muñoz y W. A. Maldonado Sigüencia, Estudio del Procedimiento de Compactación a Aplicar en la Construcción de las Presas del Proyecto Pacalori, Cuenca, 2014.
- [47] Chausin, Manual de Plásticos, Barcelona: Editorial Hispano Europa, 2002.
- [48] F. Buono, Estabilización de Suelos, Rosario, 2012.
- [49] J. A. Abreu, La mecánica de suelos y las cimentaciones, 2012.
- [50] Ministerio del Ambiente, «Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal 2013,» Lima, 2014.
- [51] RNE, Norma E050 Suelos y Cimentaciones, Lima, 2016.
- [52] SIGERSOL, «Informe Anual 2014,» Lima, 2014.
- [53] Real Academia Española (RAE), Diccionario de la Real Academia Española, 2017.

- [54] MTC, “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, Lima, 2008.
- [55] A. Zaimoglu y T. Yetimoglu, «Strength behavior of fine grained soil reinforced with randomly distributed polypropylene fibers,» *Geotechnical and Geological Engineering*, p. 197–203, 2012.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 01: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

#### 1. GENERALIDADES

##### 1.1. ANTECEDENTES

El estudio de Mecánica de Suelos es indispensable en todo tipo de obra e investigación que esté relacionado con éste, debido a que toda obra civil se encuentra sobre este medio, por lo tanto, es necesario determinar las características físico mecánicas del suelo donde se asentará la cimentación de toda futura construcción. Por lo cual se han efectuado estudios de mecánica de suelos dentro del área a investigar de la Clínica USAT para conocer sus características naturales y compararlas con el objeto de estudio.

##### 1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente trabajo tiene por objetivo realizar la verificación de las condiciones geotécnicas del suelo perteneciente al nivel de subrasante de la zona de estacionamiento de la Clínica USAT en el periodo 2018-2019. Para esta evaluación se realizaron tres calicatas, las cuales serán analizadas mediante estudios de laboratorio con el fin de obtener las principales características físicas y propiedades que éste pueda tener para su uso como subrasante.

##### 1.3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en la Clínica USAT ubicada en Ciudad del Chofer, y el área de estudio es la zona de estacionamiento actual de la clínica.



Figura 5 Área de Estudio del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

## 1.4. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto contempla el análisis de la capa de sub rasante del área de estacionamiento de la Clínica USAT.

## 2. INVESTIGACIONES DE CAMPO

### 2.1. MUESTREO Y REGISTRO DE EXPLORACIÓN

Se realizaron tres calicatas dentro del área de estacionamiento de la Clínica USAT para el análisis de la sub rasante.

Se realizó una clasificación de forma visual y manual de los estratos, diferenciando cada uno de ellos por tipo de suelo, color y espesor del estrato.



Figura 6: Ubicación de Calicatas en Terreno de la Clínica USAT

Fuente: Elaboración propia

## 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se tomaron muestras del suelo que se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes para su identificación y clasificación de los suelos, cuyos resultados se muestran en los anexos y se presenta el siguiente resumen:

Tabla 42 Resultados de Laboratorio por Muestra

Propiedad	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
<b>Granulometría</b>	Arcilla de Baja Plasticidad	Arcilla de Baja Plasticidad	Arcilla de Baja Plasticidad
<b>Contenido de Humedad</b>	11,11	11,11	11,11
<b>Límite Líquido</b>	25,56%	23,13%	23,27%
<b>Límite Plástico</b>	15,27%	14,87%	14,87%
<b>Índice Plástico</b>	10,30%	8,26%	8,40%

Fuente: Elaboración Propia

Se presentarán las respectivas tablas, curvas granulométricas, y de fluidez en los anexos

#### 4. CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO

En base a los trabajos de campo y a la información recopilada en los sondajes, el área de estudio está conformada por:

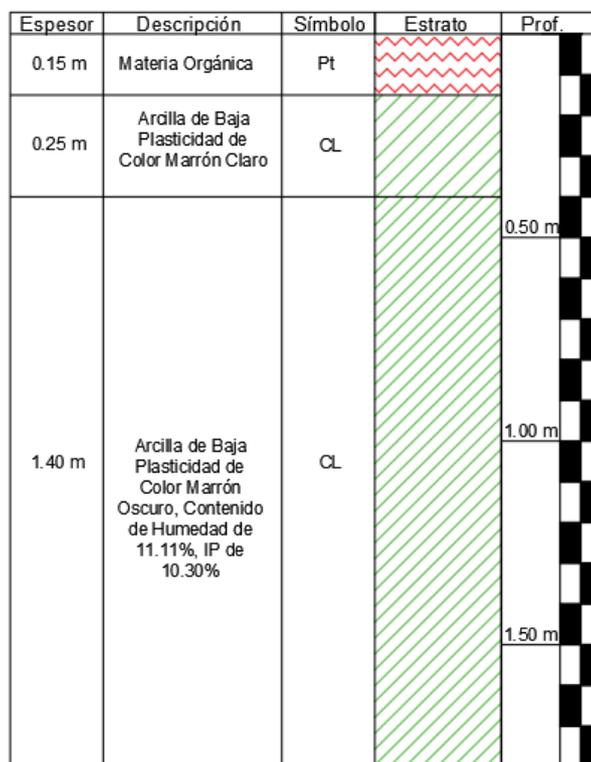


Figura 7: Estratos de la Calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Espesor	Descripción	Símbolo	Estrato	Prof.
0.20 m	Materia Orgánica	Pt		
0.25 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Claro	CL		
1.35 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Oscuro, Contenido de Humedad de 11.11%, IP de 8.26%	CL		
				0.50 m
				1.00 m
				1.50 m

Figura 8: Estratos de la Calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Espesor	Descripción	Símbolo	Estrato	Prof.
0.15 m	Materia Orgánica	Pt		
0.30 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Claro	CL		
1.35 m	Arcilla de Baja Plasticidad de Color Marrón Oscuro, Contenido de Humedad de 11.11%, IP de 8.40%	CL		
				0.50 m
				1.00 m
				1.50 m

Figura 9: Estratos de la Calicata 3

Fuente: Elaboración propia

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El área de estudio se encuentra ubicada en el área de estacionamiento de la Clínica USAT que se encuentra dentro de Ciudad del Chofer.
- En base a lo estudiado se han encontrado la presencia en primer lugar una capa de terreno orgánico, para luego encontrar hasta el nivel de subrasante dos estratos de arcillas.
- Al llegar a la profundidad de estudio no se ha encontrado nivel freático.
- Se ha encontrado que son arcillas de baja plasticidad con IP desde 8.26% a 10,30% con un contenido de humedad de 11.11%

## **6. ANEXOS**

ESCUELA : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
 TESISTA : Paola Imelda Flores León  
 : 0  
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"  
 Ubicación :  
 DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 1.80m.

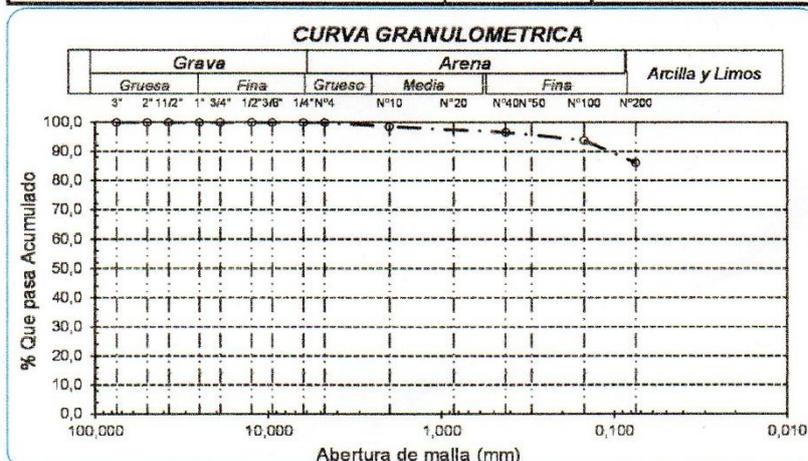
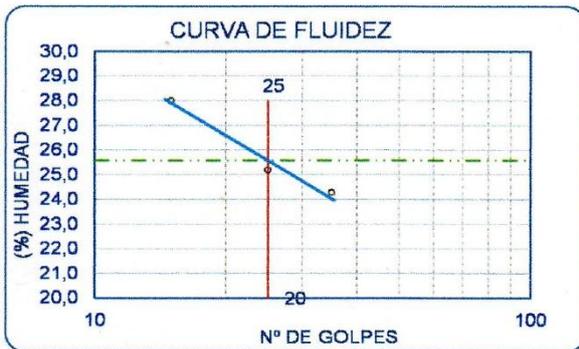
<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75,000	0,0	100,0
2"	50,000	0,0	100,0
1 1/2"	37,500	0,0	100,0
1"	25,000	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	100,0
1/4"	6,300	0,0	100,0
N° 4	4,750	0,0	100,0
N° 10	2,000	1,5	98,5
N° 20	0,850	2,4	97,6
N° 40	0,425	3,3	96,7
N° 50	0,300	4,0	96,0
N° 100	0,150	6,2	93,8
N° 200	0,075	13,9	86,1

<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.G. %	0,0	0,0
	G.F. %	0,0	
% Arena	A.G. %	1,5	13,9
	A.M. %	1,8	
	A.F. %	10,6	
% Arcilla y Limo		86,1	86,1
<b>Total</b>			100,0

<b>Ensayo de Limite de Atterberg</b>	
Límite líquido (LL)	25,56 (%)
Límite Plástico (LP)	15,27 (%)
Índice Plástico (IP)	10,30 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-4 (9)
Descripción	REGULAR-MALO



*[Handwritten Signature]*  
 Rina deyer Oblitas Jery  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León  
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"  
 Ubicación :  
 DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata - 2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 1.60m.

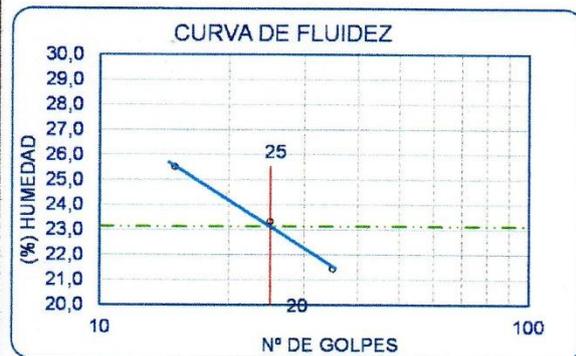
<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75,000	0,0	100,0
2"	50,000	0,0	100,0
1 1/2"	37,500	0,0	100,0
1"	25,000	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	100,0
1/4"	6,300	0,0	100,0
N° 4	4,750	0,0	100,0
N° 10	2,000	0,1	99,9
N° 20	0,850	0,4	99,6
N° 40	0,425	0,7	99,3
N° 50	0,300	0,9	99,1
N° 100	0,150	2,9	97,1
N° 200	0,075	8,5	91,5

<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.G. %	0,0	0,0
	G.F. %	0,0	
% Arena	A.G. %	0,1	8,5
	A.M. %	0,6	
	A.F. %	7,8	
% Arcilla y Limo		91,5	91,5
Total		100,0	100,0

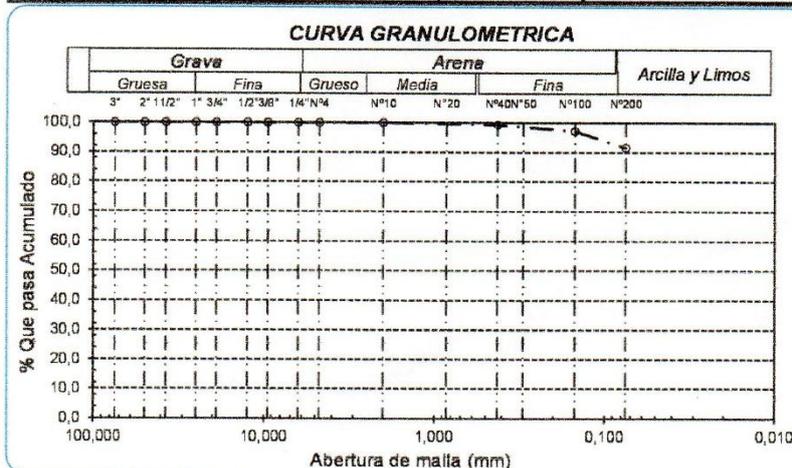
  

<b>Contenido de Humedad</b>	
	11,11



**Ensayo de Límite de Atterberg**

Límite líquido (LL)	23,13	(%)
Límite Plástico (LP)	14,87	(%)
Índice Plástico (IP)	8,26	(%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL	
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad	
Clasificación (AASHTO)	A-4 (9)	
Descripción	REGULAR-MALO	



*[Handwritten Signature]*  
 Rivaldo Leyva Oblitas Henrí  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



ESCUELA : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
 TESISTA : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

Ubicación : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata - 3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 1.60m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.1	98.9
N° 20	0.850	0.4	98.6
N° 40	0.425	0.7	99.3
N° 50	0.300	0.9	99.1
N° 100	0.150	2.9	97.1
N° 200	0.075	8.5	91.5

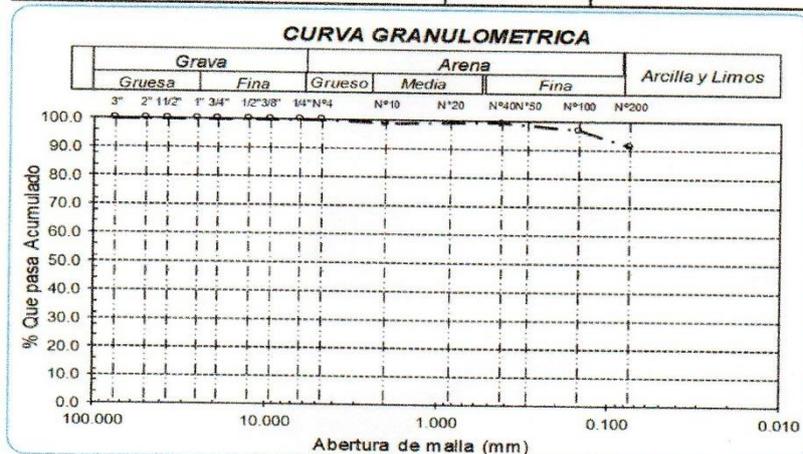
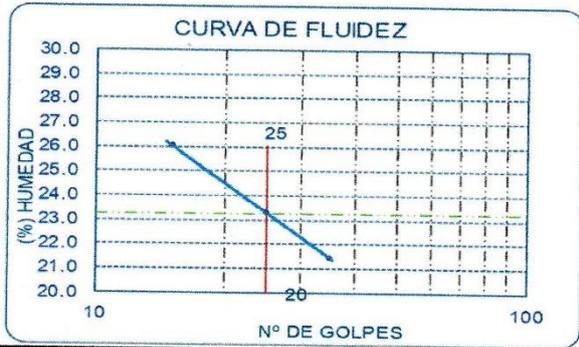
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G.F %	0.0	0.0
% Arena	A.G %	1.1	
	A.M %	-0.4	
	A.F %	7.8	8.5
% Arcilla y Limo		91.5	91.5
Total			100.0

Contenido de Humedad		11.11
----------------------	--	-------

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	23.27 (%)
Límite Plástico (LP)	14.87 (%)
Índice Plástico (IP)	8.40 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad	
Clasificación (AASHTO)	A-4 (9)
Descripción	
REGULAR-MALO	



*[Handwritten Signature]*  
 RIVERA Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

## **ANEXO 02: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **1. RESUMEN EJECUTIVO**

La presente evaluación de impacto ambiental aplicada al proyecto “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019” tiene como área de influencia, como su mismo nombre lo evidencia, el estacionamiento de la Clínica USAT, involucrando a los suelos que se encuentren dentro de esta área de investigación.

Se plantea como objetivo general el realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto denominado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019”; y como objetivos generales tenemos: describir el proyecto para la evaluación de impacto ambiental, definir los diferentes impactos generados por el proyecto denominado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019”, establecer la línea base ambiental para el EIA del proyecto en estudio, recomendar las medidas de prevención y mitigación para los efectos negativos que pudieran presentarse durante su construcción, operación y mantenimiento y finalmente, elaborar un programa de monitoreo y vigilancia para evaluar las medidas de mitigación y control de parámetros ambientales.

En base a todo ello es que se llegará a la conclusión de si este proyecto es beneficioso como un aporte para la calidad ambiental de los proyectos de ingeniería.

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto denominado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019”

#### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.2.1. Describir el proyecto para la evaluación de impacto ambiental

2.2.2. Definir los diferentes impactos generados por el proyecto denominado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019”.

2.2.3. Establecer la línea base ambiental para el EIA del proyecto en estudio.

2.2.4. Recomendar las medidas de prevención y mitigación para los efectos negativos que pudieran presentarse durante su construcción, operación y mantenimiento.

2.2.5. Elaborar un programa de monitoreo y vigilancia para evaluar las medidas de mitigación y control de parámetros ambientales.

### **2.3. ALCANCE**

El desarrollo del proyecto permitirá que el plástico PET emitido en la ciudad de Chiclayo pueda ser utilizado en la mejora de las subrasantes y así mismo, el reciclaje de estos residuos no tenga que necesariamente ser efectuado en lugares fuera de la ciudad lo cual deja de general puestos de trabajo en la ciudad de Chiclayo, así como elimina opciones para poder reciclar o rehusar el PET dentro de la localidad de donde proviene.

Al proponer utilizar el PET como aditivo para mejorar la calidad de sub rasante del suelo, es que podremos utilizar este material dentro de la localidad donde se ha generado el residuo y así mismo, generar puestos de trabajo para los recicladores y otra parte de la población que pueda involucrarse en la producción de este insumo, haciendo un apoyo muy grande al medio ambiente, a los puestos de trabajo y a la calidad de los suelos a utilizar en obras ingenieriles.

Finalmente, se realizará una evaluación del efecto que la adición de PET a las sub rasantes tendrá sobre el medio donde se realizará el proyecto.

## **3. MARCO LEGAL**

### **3.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ**

Es considerada como la norma legal con mayor trascendencia jurídica en el país, que resalta los derechos de la persona humana, la libertad, la calidad de vida y el desarrollo personal y social de la misma. En el Título III del Régimen Económico y en el Capítulo II del Ambiente y de los Recursos Naturales se sostiene que tanto los recursos renovables y no renovables son considerados como un patrimonio de la Nación. Por este motivo es que se sostiene el desarrollo sostenible de la mayoría de actividades realizadas en el país, así como la conservación de las áreas protegidas y la diversidad biológica. [35]

### **3.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA**

#### **3.2.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE, LEY N° 28611**

Esta ley aborda temas relacionados con el ambiente en el Perú, planteando una serie de derechos en relación al tema mencionado, para garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; además, exige que se cumplan ciertas medidas para que todos contribuyan en la gestión ambiental y la protección del medio ambiente. Se resalta además de esto, el objetivo de regular diversos instrumentos para contribuir con la gestión ambiental en el país, buscando aportar con la responsabilidad social del daño ambiental.

La Ley General del Ambiente tiene como principal objetivo “mejorar la calidad de vida de las personas y promover el desarrollo sostenible del país, mediante el aprovechamiento responsable de los recursos y el respeto de los derechos fundamentales de la persona.”

### **3.2.2. EJES ESTRATÉGICOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL**

Es el documento que comete los ejes y objetivos de la Política Ambiental aprobados por el Consejo de Ministros en su sesión del 10 de octubre de 2012. Este documento recoge el informe de la Comisión Multisectorial formada por la Resolución Suprema N° 189-2012-PCM compuesta por los ministerios de Agricultura, Cultura, Energía y Minas, Economía y Finanzas, Salud, Producción, Desarrollo e Inclusión Social, Ambiente y el presidente del Consejo de Ministros.

### **3.2.3. LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. LEY N° 27446**

Esta ley establece que los Ministerios deberán comunicar al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) las regulaciones al respecto. Esta ley no modifica las atribuciones sectoriales en cuanto a las autoridades ambientales competentes. Las actividades a realizarse no requerirán una coordinación directa con el CONAM. La autoridad competente ambiental para dichas actividades hará de conocimiento respectivo al CONAM, si el caso lo requiriese.

### **3.2.4. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS LEY N°29338**

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos en el Perú. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

### **3.2.5. LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS LEY N° 1278**

La presente ley indica que el manejo de los residuos que realiza toda persona deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado, con tal de prevenir impactos negativos y asegurar la protección de la salud.

## **3.3. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS**

### **3.3.1. MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, NTP 339.128: 1999**

Esta norma establece el método de análisis granulométrico por tamizado y por la sedimentación de los suelos. Ha sido publicada el 11 de Julio del 2014. [19]

### **3.3.2. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO, NTP 339.129: 1999**

Esta norma establece los métodos de ensayo para poder determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014. [19]

### **3.3.3. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO, NTP 339.131: 1999**

Se encarga de establecer el método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de suelo por medio de un picnómetro. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014. [19]

### **3.3.4. CONTENIDO DE HUMEDAD, NTP 339.127**

Se encarga de establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo mediante el uso de una balanza y un horno controlado. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014 [19]

### **3.3.5. MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS), NTP 339.134**

Describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico. Su fecha de publicación es el 11 de Julio del 2014 [19]

### **3.3.6. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO, NTP 339.141**

Este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos, compactada en un molde con diámetro de 101.6 o 152,4 mm con un pisón de 44.5N que cae a una altura de 18 pulg, produciendo un esfuerzo de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup>. Su fecha de publicación es el 07 de setiembre del 2014.

### **3.3.7. RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR), NTP 339.145:1999**

Este método de ensayo comprende la determinación del CBR de subrasante de pavimentos, sub-base, base y materiales granulares de especímenes compactados en el laboratorio. El método de ensayo es para evaluar principalmente la resistencia de materiales cohesivos, de tamaño máximo de partículas menores a 19 mm, sin embargo, no se encuentra limitado a ello. Su fecha de publicación fue 07 de setiembre de 2014.

#### **4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO**

##### **4.1. DATOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN**

##### **4.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

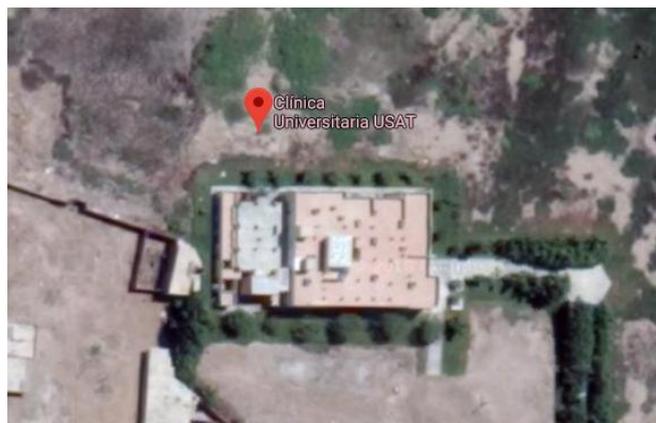
El proyecto se encuentra ubicado en Ciudad del Chofer del distrito de Chiclayo, Lambayeque, exactamente en la Clínica USAT dentro de la zona de estacionamiento, esta Clínica se encuentra a diez minutos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo a la cual pertenece.

Figura 10 Distrito de Chiclayo dentro de Lambayeque



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11 Clínica USAT en planta



Fuente: Elaboración Propia-Google Maps

Figura 12 Clínica USAT



Fuente: Elaboración Propia- Google

## 5. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para determinar el área de influencia del proyecto en primer lugar debemos determinar los diferentes aspectos e impactos que afectarán, tanto de manera positiva como negativa, al proyecto por ejecutarse. Para poder realizar la determinación del ámbito espacial que se tomará, tendremos en cuenta los aspectos bióticos, físicos y socioeconómicos más resaltantes del entorno del proyecto.

El área de influencia puede ser de manera directa o indirecta, estas se diferencian en que la primera puede experimentar cambios en su medio físico, biótico y socioeconómico, y la segunda está compuesta por dicha área que experimenta cambios debido a los efectos producidos por cambios directos.

El área directa, debido a que las muestras de terreno tomadas para la investigación pertenecen al terreno dentro del estacionamiento de la Clínica USAT, sería el área perteneciente a Ciudad del Chofer, más específicamente los terrenos colindantes a la Clínica USAT, el área de influencia indirecta sería la ciudad de Chiclayo con suelos con características similares a las encontradas en el área de estudio.

Este proyecto así mismo, será considerado de validez con suelos que tengan características similares a los del área de estudio, siendo estas arcillas de baja plasticidad (CL).

## 6. LÍNEA BASE AMBIENTAL

### 6.1. LÍNEA BASE FÍSICA

#### 6.1.1. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en Ciudad del Chofer del distrito de Chiclayo, Lambayeque, exactamente en la Clínica USAT dentro de la zona de estacionamiento



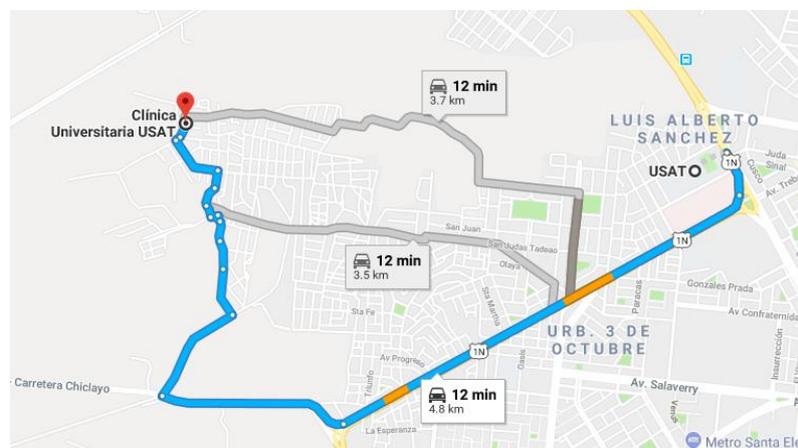
Figura 13 Área de Estudio del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.1.2. ACCESIBILIDAD

La ruta más corta desde la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo USAT, siguiendo la ruta de la Panamericana Norte en la mayoría del tramo, la distancia para llegar al destino sería de 4.8 km durante aproximadamente doce minutos dependiendo del tráfico.

Figura 14 Recorrido desde USAT a Clínica USAT



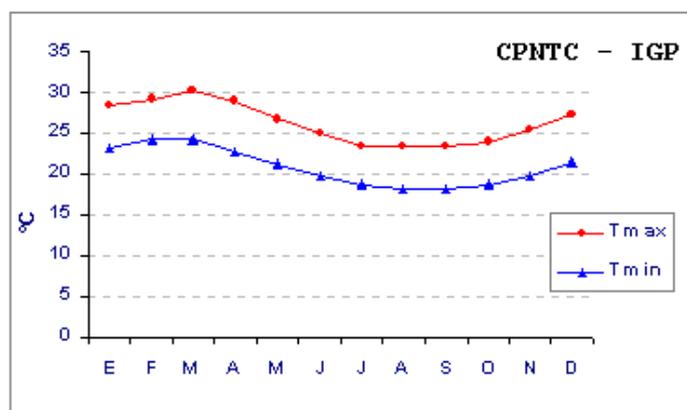
Fuente: Elaboración Propia- Google Maps

### 6.1.3. CLIMATOLOGÍA

La ciudad de Chiclayo, por estar situada en una zona tropical, cerca del ecuador, el clima debía ser caluroso, húmedo, y lluvioso; sin embargo su clima es subtropical, seco, sin lluvias, con fuertes vientos.

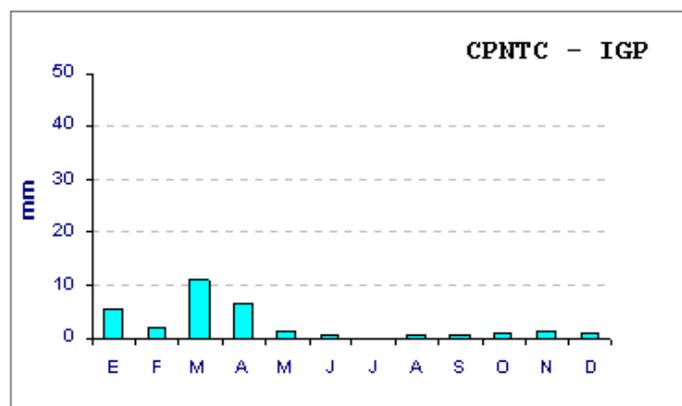
La media anual de temperatura máxima y mínima es de 26.3°C y 20.9°C respectivamente. La precipitación media acumulada anual es aproximadamente 29.6 mm [36]

Gráfica 27 Promedios Multianuales de Temperaturas Máximas y Mínimas



Fuente: MET

Gráfica 28 Promedios Multianuales de Precipitación Acumulada Mensual

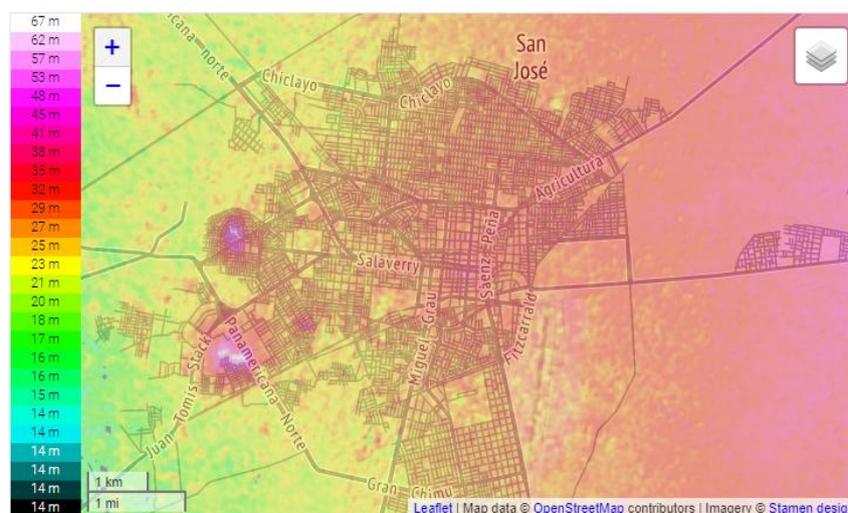


Fuente: MET

### 6.1.4. TOPOGRAFÍA

La ciudad de Chiclayo presenta las siguientes altitudes que podemos observar en el mapa

Figura 15 Mapa de Altitudes de Chiclayo



Fuente: Topographic-map

#### 6.1.4.1. RELIEVE

Lambayeque tiene un relieve poco accidentado, en otras palabras, se ubica en la llanura costera, con pequeñas lomas y planicies elevadas (pampas), donde se combinan las zonas desérticas, ricos valles y bosques secos.

#### 6.1.5. LÍNEA BASE BIOLÓGICA

##### 6.1.5.1. FLORA

- Algarrobo (prosopis pallida): Pertenece a las leguminosas, es un árbol propio de la costa Norte, de madera muy dura, utilizada para las construcciones de viviendas en el campo y también lo fue en las ciudades de Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, el empleo del ladrillo y cemento han reducido su empleo. También se usa para paradores, leña y carbón. Sus frutos o “algarrobas” son excelente forraje para los animales y de él se extrae la algarrobina jarabe delicioso. [37]

Figura 16 Algarrobo



Fuente: SERNANP

- Faiques (*Acacia macracantha*): También se le conoce como Huarango o Espino (*Acumacrocantha*), crece tanto en la Costa como en la Yunga, es muy espinoso, se utiliza en la construcción de viviendas, paradores de cercos, también para la quilla de embarcaciones pequeñas. [37]

Figura 17 Faique



Fuente: SERNANP

- Hualtaco (*Loxopteriginum huasango*): Es un árbol que crece en la Región Yunga, por la calidad de madera tiene gran valor para la fabricación de parque; el que se caracteriza por su veteado.

Figura 18 Hualtaco



Fuente: SERNANP

- Zapote (*Achras sapota* ó *Sapota achras*): crece en la Costa y en la Yunga, planta en los años sin lluvia vierte una resina llamada “goma de Zapote” de su madera se hacen diferentes objetos de artesanía. Sus frutos carnosos y buen forraje. [37]

Figura 19 Zapote



Fuente: SERNANP

#### **6.1.5.2. FAUNA**

La fauna del departamento de Lambayeque depende de los factores ambientales que la zona posee. Existen diversos animales dentro de la región clasificados en:

- Mamíferos como el venado, el oso negro, el zorro, la muca, el hurón, la ardilla, las ratas y ratones

Figura 20 Venado



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 21 Oso Negro



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 22 Ardilla



Fuente: Elaboración Propia- Google

- Reptiles como la iguana, lagartija, saltojo, camaleón, colambo y el sapo

Figura 23 Iguana



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 24 Colambo



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 25 Sapo



Fuente: Elaboración Propia- Google

- Insectos como el grillo, la libélula, garrapata, pulga, alacrán, araña negra, etc.

Figura 26 Libélula



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 27 Alacrán



Fuente: Elaboración Propia- Google

- Aves como la paloma, huanchaco, perdiz, cuculí, garza y la más representativa de todos el huerequere y la pava aliblanca.

Figura 28 Huanchaco



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 29 Huerequeque



Fuente: Elaboración Propia- Google

Figura 30 Pava Aliblanca



Fuente: Elaboración Propia- Google

## **6.1.6. LÍNEA BASE SOCIOECONÓMICA**

### **6.1.6.1. AMBIENTE SOCIAL**

#### **6.1.6.1.1. VIVIENDA**

El área urbana que se encuentra en la periferia de la Clínica está conformada principalmente por edificaciones de viviendas multifamiliares. La mayoría se encuentra conformada por construcciones de concreto armado y material noble.

#### **6.1.6.1.2. USO COMERCIAL**

Se puede encontrar en la periferia del área de estudio pequeños establecimientos de talleres de mecánica automotriz, así mismo se encuentran pequeñas bodegas para abastecer a la población que vive en la zona día a día para sus necesidades básicas.

#### **6.1.6.1.3. USO INDUSTRIAL**

No se encuentran edificaciones de uso industrial en los alrededores del área de estudio

## **7. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES**

Para la determinación de los pasivos ambientales hemos utilizado la matriz de importancia. Para esto se deben haber identificado las acciones y factores del medio. Esta valoración será del tipo cualitativo y se cruzarán dos puntos importantes de la evaluación de impacto ambiental: las incidencias ambientales que se pudieran presentar y la valoración de la importancia de los efectos. [38]

Para la determinación de los parámetros en la matriz de importancia, tenemos que tener en cuenta los siguientes términos:

- Signo: signo de impacto que se debe al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-)
- Intensidad (I): Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor impactado.

- Extensión (EX): Se refiere al grado de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.
- Momento (MO): Se refiere al tiempo de manifestación del impacto luego de haber realizado la acción.
- Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que permanecería dicho efecto.
- Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado. Ser reversible significa que sin la intervención de la mano del hombre puede volver a su estado natural.
- Recuperabilidad (MC): Se refiere a la capacidad de reconstrucción del factor afectado. Ser recuperable significa que con la intervención de la mano del hombre puede volver a su estado natural.
- Sinergia (SI): La capacidad de que el impacto se vea afectado (incrementado) por la intervención de otras acciones.
- Acumulación (AC): Acumulación del efecto progresivo, cuando se realiza dicha acción de forma continua.
- Efecto (EF): Se refiere directamente a la relación causa – efecto.
- Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de la manifestación del evento (ya sea de forma periódica o continua).

Los pasivos ambientales han sido determinados en esta investigación de acuerdo a la Ficha de Identificación de Pasivos Ambientales que PROVIAS provee para la identificación de ellos en obras de carreteras, siendo esta ficha utilizada para la presente investigación.

Tabla 43 Ficha de Identificación de Pasivos Ambientales - Suelos Arcillosos de la Zona de Estacionamiento de la Clínica USAT

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES N° 01</b>	
<b>Suelo Arcilloso de la Zona de estacionamiento de la Clínica USAT</b>	
<b>1. LOCALIZACIÓN</b>	
Zona de Estacionamiento de la Clínica USAT	
Ciudad del Chófer	
<b>2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL</b>	
Para la incorporación del plástico PET a nivel de subrasante se suele hacer excavaciones para poder realizar la mezcla, por lo cual afecta tanto a este medio, como al paisaje. La alteración del suelo se da debido a que se altera la estructura natural de este al agregarle el plástico PET.	

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

El pasivo ambiental es el suelo que es excavado y mezclado para obtener una adecuada subrasante



### 4. CAUSA / ORIGEN

Movimiento de Tierras y Mezclado del Suelo con el material Plástico PET

### 5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES

Deslizamiento y derrumbes		Erosión, sedimentación de cauce		Botaderos laterales indiscriminados	
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		Curva peligrosa	

### 6. MATRIZ DE IMPORTANCIA (Marcar con una X según evaluación)

INTENSIDAD	EXTENSIÓN		MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD		IMPORTANCIA
Baja	Local	X	Largo Plazo	Fugaz	Corto Plazo		<b>LIGERO</b>  
Media	X Regional		Mediano Plazo	Temporal	Mediano Plazo	X	
Alta	extrarregional		Inmediato	X Permanente	X Irreversible		
SINERGIA		ACUMULACIÓN	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD		
Sin sinergismo	X Simple	X	Indirecto	Discontinuo	Recuperable		
Sinérgico	Acumulativo		Directo	X Periódico	Mitigable		
Muy sinérgico				Continuo	X Irrecuperable	X	

### 7. CLASIFICACION:

No Crítico

### 8. CATEGORIA AMBIENTAL

Ecología		Aspectos Estéticos	X
Contaminación Ambiental		Aspectos de Interés Humano	

## 9. CROQUIS DE SOLUCIÓN



## 10. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O CORRECTIVAS

- En tanto al uso de maquinarias se debe verificar el correcto estado y manutención de estas, así mismo la velocidad de desplazamiento de los vehículos
- Se deberá minimizar al máximo la generación de ruidos de los equipos.
- Se deberá organizar las excavaciones y movimientos de tierras de modo de minimizar la voladura de polvo, además de regar periódicamente con agua la zona afectada y sus proximidades.
- Gestionar correctamente los residuos y la eliminación de material excedente.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44 Ficha de Identificación de Pasivos Ambientales - Plástico PET

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES N° 02</b>	
<b>Plástico PET</b>	
<b>1. LOCALIZACIÓN</b>	
Ciudad de Chiclayo	
<b>2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL</b>	
Para la preparación de las fibras de Plástico PET a mezclar con la subrasante se requiere recolectar botellas provenientes del reciclaje para luego estén sean procesadas para obtener dicho material. Si se demuestra que dicho material tendría un aporte al comportamiento del suelo arcilloso de la zona como subrasante significaría reutilizar este material considerado como un desecho para la población.	
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL</b>	
El pasivo ambiental es la reutilización de las botellas de Plástico PET.	



**4. CAUSA / ORIGEN**

Recolección de botellas provenientes de agua y gaseosas de material Plástico PET para su reutilización dentro de la capa de subrasante.

**5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES**

Deslizamiento y derrumbes		Erosión, sedimentación de cauce		Botaderos laterales indiscriminados	
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	<b>X</b>	Áreas degradadas	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		Curva peligrosa	

**6. MATRIZ DE IMPORTANCIA (Marcar con una X según evaluación)**

INTENSIDAD		EXTENSIÓN		MOMENTO		PERSISTENCIA		REVERSIBILIDAD		IMPORTANCIA
Baja		Local	<b>X</b>	Largo Plazo		Fugaz		Corto Plazo		<b>LIGERO</b>  
Media	<b>X</b>	Regional		Mediano Plazo		Temporal		Mediano Plazo		
Alta		Extra regional		Inmediato	<b>X</b>	Permanente	<b>X</b>	Irreversible	<b>X</b>	
SINERGIA		ACUMULACIÓN		EFECTO		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		
Sin sinergismo	<b>X</b>	Simple	<b>X</b>	Indirecto		Discontinuo		Recuperable		
Sinérgico		Acumulativo		Directo	<b>X</b>	Periódico	<b>X</b>	Mitigable		
Muy sinérgico						Continuo		Irrecuperable	<b>X</b>	

**7. CLASIFICACION:**

**No Crítico**

**8. CATEGORIA AMBIENTAL**

Ecología	<b>X</b>	Aspectos Estéticos	
Contaminación Ambiental		Aspectos de Interés Humano	

## 9. CROQUIS DE SOLUCIÓN



## 10. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O CORRECTIVAS

La reutilización de botellas de agua y gaseosas de Plástico PET es una actividad que favorece al medio ambiente por lo tanto no existen daños y por lo tanto tampoco existen medidas de mitigación para éstas.

Fuente: Elaboración Propia

## 8. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para esta parte, se identificaron las actividades durante la ejecución del proyecto que podrían generar algún tipo de impacto, ya sea positivo o negativo. Luego se realizará el Plan de Manejo Ambiental para la mitigación de los impactos.

### 8.1. MATRIZ DE LEOPOLD

Para este estudio es conveniente hacer un análisis matricial, para el cual usaremos la Matriz de Leopold. Se utilizó esta matriz debido a su fácil explicación y porque el fin de este Estudio de Impacto Ambiental es identificar y mitigar los impactos generados por las distintas actividades durante la realización del proyecto. El método de Batelle Columbus, por ejemplo, analiza los impactos antes y después de la realización del proyecto. [38]

Tabla 45 Matriz de Leopold del Proyecto (Obtención de Fibras PET)

COMPONENTE AMBIENTAL	ACCIONES DEL PROYECTO		Obtención de las Fibras PET						IMPACTO TOTAL		
			Recolección de Plástico PET		Obtención de Tiras de PET		Almacenamiento del producto				
			FACTORES AMBIENTALES		M	I	M	I	M	I	Magnitud
Factores Físico - Químicos	Tierra	Morfología del terreno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Contaminación del suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aire	Calidad (polvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad (gases,humo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ruido o contaminación sonora	0	0	-2	2	0	0	-2	2	-4
	Procesos	Erosión	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condiciones Biológicas	Flora	Diversidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fauna	Diversidad de especies	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factores Culturales	Usos del Suelo	Naturaleza y espacios abiertos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Pastos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Estética	Vistas escenicas y panorámicas	0	0	0	0	-3	2	-3	2	-6
	Nivel Cultural	Calidad de vida	7	4	0	0	-1	1	6	5	27
		Salud y seguridad	-1	1	-2	1	0	0	-3	2	-3
		Empleo estacional	4	2	4	3	1	1	9	6	21
	Actividades	Eliminación de residuos	7	6	6	4	0	0	13	10	66
		Beneficios económicos	-1	4	-1	2	0	0	-2	6	-6
Reciclaje		9	7	7	7	0	0	16	14	112	
IMPACTO TOTAL	MAGNITUD		25		12		-3				
	IMPORTANCIA		24		19		4				
	PONDERADO		136		77		-6				
		Suma de Fila		207							
		Suma de Columna		207							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46 Matriz de Leopold del Proyecto (Conformación de la Subrasante con PET)

COMPONENTE AMBIENTAL	ACCIONES DEL PROYECTO		Conformación de subrasante con PET										
			Trazo y Replanteo		Excavación y Nivelación		Mezclado de la subrasante mejorada		Adición del Contenido de Humedad		Perfilado y Compactación		
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	
	FACTORES AMBIENTALES												
Factores Físico - Químicos	Tierra	Morfología del terreno	-5	5	-7	7	-8	5	0	0	-3	2	
		Contaminación del suelo	-1	3	0	0	-2	5	0	0	0	0	
	Agua	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Calidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aire	Calidad (polvo)	-6	5	-2	3	-2	2	4	2	-2	2	
		Calidad (gases, humo)	-4	3	-2	2	-2	2	-2	2	-1	2	
		Ruido o contaminación sonora	-2	3	-2	2	-2	2	-1	2	-1	2	
Procesos	Erosión	-7	5	-3	2	-4	2	0	0	0	0		
Condiciones Biológicas	Flora	Diversidad	-1	1	-4	2	-1	2	0	0	0	0	
	Fauna	Diversidad de especies	-1	1	-4	2	-1	2	0	0	0	0	
Factores Culturales	Usos del Suelo	Naturaleza y espacios abiertos	-2	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	
		Pastos	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	
	Estética	Vistas escénicas y panorámicas	-1	1	-4	2	-1	1	0	0	0	0	
		Calidad de vida	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	
	Nivel Cultural	Salud y seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Empleo estacional	5	4	5	3	5	3	2	2	3	2	
		Eliminación de residuos	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	
	Actividades	Beneficios económicos	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	
		Reciclaje	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	
IMPACTO TOTAL	MAGNITUD		-26		-25		4		3		-4		
	IMPORTANCIA		33		27		47		8		10		
	PONDERADO		-97		-80		71		6		-8		

IMPACTO TOTAL		
Magnitud	Importancia	Ponderado
-23	19	-120
-3	8	-13
0	0	0
0	0	0
-8	14	-36
-11	11	-26
-8	11	-18
-14	9	-49
-6	5	-11
-6	5	-11
-3	2	-3
-2	2	-2
-6	4	-10
2	3	6
0	0	0
20	14	60
7	7	49
5	4	20
8	7	56

Suma de Fila	-108
Suma de Columna	-108

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47 Tabla 32 Matriz de Leopold del Proyecto Total

COMPONENTE AMBIENTAL	ACCIONES DEL PROYECTO		Obtención de las Fibras PET						Conformación de subrasante con PET									
			Recolección de Plástico PET		Obtención de Tiras de PET		Almacenamiento del producto		Trazo y Replanteo		Excavación y Nivelación		Mezclado de la sub rasante mejorada		Adición del Contenido de Humedad		Perfilado y Compactación	
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I
Factores Físico - Químicos	Tierra	Morfología del terreno	0	0	0	0	0	0	-5	5	-7	7	-8	5	0	0	-3	2
		Contaminación del suelo	0	0	0	0	0	0	-1	3	0	0	-2	5	0	0	0	0
	Agua	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aire	Calidad (polvo)	0	0	0	0	0	0	-6	5	-2	3	-2	2	4	2	-2	2
		Calidad (gases,humo)	0	0	0	0	0	0	-4	3	-2	2	-2	2	-2	2	-1	2
		Ruido o contaminación sonora	0	0	-2	2	0	0	-2	3	-2	2	-2	2	-1	2	-1	2
	Procesos	Erosión	0	0	0	0	0	0	-7	5	-3	2	-4	2	0	0	0	0
	Condiciones Biológicas	Flora	Diversidad	0	0	0	0	0	0	-1	1	-4	2	-1	2	0	0	0
Fauna		Diversidad de especies	0	0	0	0	0	0	-1	1	-4	2	-1	2	0	0	0	0
Factores Culturales	Usos del Suelo	Naturaleza y espacios abiertos	0	0	0	0	0	0	-2	1	-1	1	0	0	0	0	0	0
		Pastos	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0
	Estética	Vistas escénicas y	0	0	0	0	-3	2	-1	1	-4	2	-1	1	0	0	0	0
		Calidad de vida	7	4	0	0	-1	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
	Nivel Cultural	Salud y seguridad	-1	1	-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Empleo estacional	4	2	4	3	1	1	5	4	5	3	5	3	2	2	3	2
	Actividades	Eliminación de residuos	7	6	6	4	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0
		Beneficios económicos	-1	4	-1	2	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0
		Reciclaje	9	7	7	7	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0
IMPACTO TOTAL	MAGNITUD		25	12	-3	-26	-25	4	3	-4								
	IMPORTANCIA		24	19	4	33	27	47	8	10								
	PONDERADO		136	77	-6	-97	-80	71	6	-8								

IMPACTO TOTAL		
Magnitud	Importancia	Ponderado
-23	19	-120
-3	8	-13
0	0	0
0	0	0
-8	14	-36
-11	11	-26
-10	13	-22
-14	9	-49
-6	5	-11
-6	5	-11
-3	2	-3
-2	2	-2
-9	6	-16
8	8	33
-3	2	-3
29	20	81
20	17	115
3	10	14
24	21	168

Suma de Fila	99
Suma de Columna	99

Fuente: Elaboración Propia

## **9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Se procederá a plantear un plan de manejo ambiental (PMA), el cual consiste en un documento técnico que contiene un conjunto de medidas estructuradas con el fin de evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos que pueden presentarse durante la ejecución del proyecto de investigación planteado.

Para poder llegar al fin de dicho plan de manejo se considera la ejecución del programa de prevención y mitigación de impactos ambientales y el programa de monitoreo ambiental.

### **9.1. PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

Se identificó y evaluó los impactos ambientales con el fin de determinar aquellos que fueran más significativos, para los cuales se presentará las pertinentes medidas de mitigación para minimizar o eliminar dichos impactos negativos y si es posible maximizar los impactos positivos identificados anteriormente.

#### **9.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICA**

##### **9.1.1.1. Suelo**

- **Relieve**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
La morfología del terreno se impactará de manera negativa debido al movimiento de tierra a efectuarse para la conformación de la subrasante y el mezclado del material natural con el Plástico PET	Los trabajos deben ser realizados de manera eficaz y estrictamente planeada para que no se produzca movimiento de tierras innecesario.

### 9.1.1.2. Aire

#### ▪ Partículas

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Polvo generado al momento del movimiento de tierras y el mezclado del material natural, así mismo como en la conformación de la capa de subrasante.	Establecimiento de un horario de riego para evitar que dichas partículas se propaguen por el aire.  Los trabajos deben ser realizados de manera eficaz y con cuidado para evitar el excesivo movimiento de tierras que produzca los particulados.

#### ▪ Gases

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Emisión de gases combustibles de parte de los motores de los vehículos involucrados en las distintas partidas de la conformación de la subrasante.	Utilizar vehículos que se encuentren en constante mantenimiento y que estén en buen estado para minimizar la emisión de gases.

#### ▪ Ruido

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Ruido generado por la maquinaria involucrada en la conformación de la subrasante y su mezclado.  Ruido generado por la maquinaria o los operarios involucrados en la obtención de las tiras de PET para mezclar con la subrasante.	El personal involucrado en ambas tareas deberá hacer usos de implementos de seguridad que los protejan contra el ruido como lo son las orejeras y demás implementos.

### 9.1.1.3. Paisaje

#### ▪ Alteración del Paisaje

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
El ruido producido por las maquinarias involucradas en el proyecto produce incomodidad en el resto de las personas cercanas al área de trabajo.	Suministrar a las personas cercanas al área de trabajo implementos de protección contra ruidos y generar avisos con anterioridad para evitar incomodidades.

## 9.1.2. CONDICIONES BIOLÓGICAS

### 9.1.2.1. Flora

#### ▪ Afectación a la flora

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Al alterar la morfología del terreno algunas especies de flora pueden ser removidas para cumplir el trazo establecido	Procurar que el diseño no involucre el remover una gran cantidad de flora del lugar

### 9.1.2.2. Fauna

#### ▪ Afectación a la fauna

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
El ruido generado por la maquinaria para la conformación de la sub rasante, así mismo por la maquinaria para obtener el producto de las fibras de	Procurar que los horarios de trabajo estén bien cuadrados y no se extiendan durante largos periodos de tiempo.

### 9.1.3. FACTORES SOCIO CULTURALES

#### 9.1.3.1. Socio económico

- **Demanda de bienes y servicios**

Beneficios
<p>El requerir la recolección de botellas de plástico PET de agua y gaseosas genera empleo e ingreso para los recolectores.</p> <p>Además, el procesar ya el plástico recolectado en las fibras de PET así mismo genera empleo para dichas personas que podrían manejar la maquinaria para obtenerla o generarlas manualmente.</p> <p>Así mismo, los la conformación de la sub rasante y la mezcla de PET con material natural generará empleo e ingresos.</p>

- **Seguridad**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
<p>El ruido generado por la maquinaria en obra y aquella para obtener las fibras de PET afecta a quienes estén cercano a ellas o manipulándolas.</p> <p>Además de dicha obtención de las fibras podrían volar pequeñas escamas de plástico que al volar o desprenderse podrían cortar al operario o saltar a los ojos de las personas que se encuentren cerca.</p>	<p>Se debe hacer uso de mascarillas, lentes de seguridad, orejeras y demás implementos de seguridad para proteger a las personas operando la maquinaria o que se encuentren cercanas al proceso.</p>

- **Empleo**

Beneficios
<p>Se genera empleo a los reciclados de la ciudad de Chiclayo que son quienes recolectan las botellas a ser procesadas como nuevo material.</p> <p>Se genera empleo a distintas personas que luego de ser capacitadas estarían a cargo del proceso de obtención de las fibras de PET.</p>

- **Ingreso**

Beneficios
Los trabajos de conformación de la sub rasante, el mezclado, la recolección de botellas y la fabricación de las fibras de PET generan ingresos para todas las personas trabajando dentro del proyecto

### 9.1.3.2. Cultural

- **Costumbres**

Beneficios
Se establece una cultura de reciclaje para la población al darles a conocer que puede reutilizarse algo considerado como un desecho, por lo cual se impulsará a la separación reflexiva de sus residuos y la importancia que posee el reciclaje.

## 9.2. CONTENIDO DE PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL

El plan de monitoreo ambiental ayudará a efectuar la verificación del cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en los ítems anteriores.

Este programa es desarrollado con los equipos pertinentes según se de la evaluación de los factores negativos y mediante ello medir la calidad de vida óptima para la población que habita el área, directa o indirecta, de influencia del proyecto.

### 9.2.1. Suelo

Tabla 48 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de SUELO

SUELO		
Focos de Contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el Medio
Operaciones que modifiquen la potencialidad de erosión del suelo (deforestación)	Variación del riesgo de erosión	Pérdida del suelo vegetal
Explotación del suelo	Variación de la geomorfología	Deterioro del paisaje

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras SUELO

<b>SUELO</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Relieve	Subjetivo	Estimativo	Reforestación
Carácter Topográfico	Clasificación Topográfica	Tipo de Suelo	Mejoramiento de la estructura del suelo
Ocupación del suelo	% de utilización del suelo	%	Reutilización del suelo que sea eliminado

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.2. Aire

Tabla 50 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de ATMÓSFERA

<b>ATMÓSFERA</b>		
<b>Focos de Contaminación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Efectos sobre el Medio</b>
Vehículos Automóviles	CO2	Contaminación de la Atmósfera
Actividades de la Construcción	Ruido	Perturbación de la tranquilidad habitual
	Polvo	Afectación de la visibilidad y provocación de enfermedades respiratorias
	CO2	Contaminación de la Atmósfera
Obtención de Plástico PET	Ruido	Perturbación de la tranquilidad habitual
	Partículas de PET	Afectaciones a la salud
	CO2	Contaminación de la Atmósfera

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras ATMÓSFERA

<b>ATMÓSFERA</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Calidad del Aire	ICAIRE	%	Programa de Control y Vigilancia de la calidad del Aire
Nivel de Ruido	Nivel Sonoro	dBA	Aislamiento acústico
Nivel de Polvo	Concentración	mg/m <sup>3</sup>	Programa de Riego y Trabajo en campo abierto
Calidad del aire	ICAIRE	%	Programa de control y vigilancia de la calidad del aire

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.3. Flora

Tabla 52 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de FLORA

<b>FLORA</b>		
<b>Focos de Contaminación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Efectos sobre el Medio</b>
Explotación del suelo	Geomorfología	Deterioro del paisaje
Operaciones que implican la presencia de sustancias contaminantes	Contaminantes del suelo	Modificación de la química del suelo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras FLORA

<b>FLORA</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Vegetación Deforestada	Índice de Regeneración	Adimensional / %	Reforestación y aprovechamiento racional
Especies amenazada	Población ponderada	Adimensional / %	Reforestación

Fuente: Elaboración Propia

#### 9.2.4. Fauna

Tabla 54 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de FAUNA

<b>FAUNA</b>		
<b>Focos de Contaminación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Efectos sobre el Medio</b>
Contaminantes en el suelo	Sustancias expeditas por PET	Cambios químicos en el suelo
Pérdida de Hábitat	Degradación del hábitat	Afectación del hábitat de las especies

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras FAUNA

<b>FAUNA</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Fragilidad	Índice de sensibilidad a los cambios	Adimensional	Protección de contaminación de agua y vegetación
Especies y Población en general	Población afectada ponderada	%	Planes de protección y conservación de la fauna

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.5. Paisaje

Tabla 56 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de PAISAJE

<b>PAISAJE</b>		
<b>Focos de Contaminación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Efectos sobre el Medio</b>
Operaciones que modifican la topografía y el Suelo	Cambios topográficos y de perfil del Suelo	Degradación de la geomorfología
Operaciones que afectan la singularidad (Flora ejemplar)	Eliminación de vegetación	Dstrucción de elementos naturales

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras PAISAJE

<b>PAISAJE</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Topografía	Calidad Intrínseca	Adimensional	Adaptación a las formas del medio
Ocupación del suelo	Calidad Intrínseca	Adimensional	En función a la capacidad de acogida del lugar

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.6. Población

Tabla 58 Focos de Contaminación, Contaminantes y Efectos sobre el medio de POBLACIÓN

<b>POBLACIÓN</b>		
<b>Focos de Contaminación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Efectos sobre el Medio</b>
Nivel de Accidentes	Inseguridad en el Trabajo	Efectos sobre la Salud

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59 Factor Impactado, Indicador, Unidad de Medida y, Medidas Preventivas y Correctoras POBLACIÓN

<b>PAISAJE</b>			
<b>Factor Impactado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Medidas Preventivas y Correctoras</b>
Salud	Relación entre el número de personas afectadas y el Existente	%	Uso de EPP

Fuente: Elaboración Propia

### 9.3. CONCLUSIONES

- Se llega a la conclusión que el área de influencia del proyecto será el sector de la ciudad de Chiclayo denominado “Ciudad del Chófer”. Además de ello en el proyecto se demuestra la realidad en la que se encuentra dicha zona, lo cual será importante dentro del EIA ya que nos ayudará para identificar aquellos aspectos que tendrán relación directa y podrían ser afectados como lo son la flora, la fauna, los recursos humanos o el ambiente.
- Se ha dividido los impactos ambientales en dos etapas fundamentales del proyecto: la obtención de la fibra PET y la conformación de la subrasante con plástico PET. En la etapa de obtención de la fibra se obtuvo un impacto positivo con un ponderado de 207 debido a que en esta etapa el reciclaje, la eliminación de residuos y la generación de trabajos forman una gran parte de ella. En la etapa de conformación de la subrasante con plástico PET se obtuvo un ponderado de 108 pero de afectación al medio ambiente debido a la gran cantidad de movimiento de tierras y a los particulados y gases emitidos durante los trabajos.
- Los impactos ambientales más grandes a prevenir y mitigar son: en su primera etapa de la obtención de la fibra PET la emisión de partículas pequeñas al momento de su obtención y los ruidos así mismo que pudieran generarse y en la segunda etapa la modificación del terreno, los particulados emitidos y los ruidos generados por los trabajos.
- Las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales se encuentran así mismo relacionadas con ambas etapas del proyecto previamente identificadas, siendo para la primera etapa lo primordial el implementar al personal que fuera a trabajar en la obtención de la fibra con implementos de protección personal especializados sobre todo en las vías respiratorias, los ojos y su audición. Así mismo para la segunda etapa se enfrentarán los principales impactos con horarios fe riego, programación eficiente de los trabajos con la maquinaria e implementación de implementos de protección personal para todos los trabajadores.
- Los parámetros de medición de la contaminación ambiental para el plan de monitoreo ambiental están relacionados principalmente de la contaminación del aire para ambas etapas (tanto en la calidad del aire como en ruido) y en el suelo y demás aspectos de manera cualitativa.
- Finalmente se llega a la conclusión que le proyecto es en su mayoría beneficioso para el medio ambiente porque utiliza materiales considerados como desecho como un material que aporte a un problema presente en la zona de estudio, genera empleo y se presenta como una nueva alternativa a seguirse estudiando dentro del campo de la ingeniería.

## ANEXO 03: ANÁLISIS DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

### 1. GUANTES DE SEGURIDAD

En el presente proyecto existirán dos fases en las cuales será requerido la utilización de guantes de seguridad, la cual son en la etapa de fabricación y obtención de las fibras de plástico PET y la segunda fase es la conformación de la subrasante mejorada con dichas fibras. Los guantes en ambas fases serán de uso obligatorio para evitar lesiones como cortes o magulladuras

Figura 31 Guantes de Seguridad



Fuente: Hyflex

### 2. LENTES DE SEGURIDAD

En el caso de este proyecto, en el cual se va a cortar Plástico PET, del cual durante el corte podrían saltar o desprenderse partículas pequeñas del material, es necesario la utilización de protección para los ojos y que esto no ingrese en ellos pudiendo provocar heridas.

Según Abrego, Molinos y Ruiz [39] para aquellos trabajos manuales en los cuales existan partículas que salten de cualquier dirección los anteojos a utilizar deberían poseer anteojeras para mayor protección de todas las direcciones.

Figura 32 Anteojos con Anteojeras



Fuente: 3M

### 3. AUDÍFONOS PARA PROTECCIÓN

En el presente trabajo, se utilizará maquinaria para el procesamiento del Plástico PET, la cual generará ruidos de los cuales se debe proteger el operario y las personas que estén cercanos a dicha maquinaria y expuestos a los daños que esta pueda causar.

En este particular proyecto puede ser considerado según de Abrego, Molinos y Ruiz [39] tanto tapones como orejeras para evitar los perjuicios que podrían ser producidos por el ruido industrial en la fase de obtención de las fibras PET y en la fase de conformación de la subrasante mejorada.

Al utilizar los tapones en el informe de implementos de seguridad de Abrego y sus colegas [39] se deben colocar en el conducto auditivo externo, sin embargo, estos no poseen ningún tipo de método de sujeción, pueden así mismo presentarse en múltiples formas y tamaño para lo cual debe tomarse en cuenta el riesgo y características del personal que los empleará. Por otro lado, existe la posibilidad de utilizar orejeras, las cuales poseen rellenos con absorbentes de ruido que están siendo sujetados en su posición por una banda que se coloca en la cabeza ejerciendo presión sobre los oídos del empleador asegurando un buen ajuste.

Finalmente podemos concluir que en cuestión de efectividad son más recomendables las orejeras debido a que protegen de manera más eficiente contra el ruido y son más seguras en su sujeción al momento de ser empleadas.

Figura 33 Orejeras



Fuente:3M

#### **4. MÁSCARILLA DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Según el portal de Adil [40] los equipos especializados en la protección de las vías respiratorias ayudan a proteger a quien los emplea contra aquellos contaminantes que son transportador por el aire existente en el ambiente de trabajo.

Los protectores respiratorios se dividen en dos tipos: los filtrantes y aquellos aislantes, siendo los primeros dependientes del medio ambiente y los segundos independientes.

Por lo cual, luego de observar que para el presente trabajo debemos proteger al operador de las diferentes partículas de PET que pueden salir volando tanto de la máquina para que se procese el plástico, así como durante el momento en el que se corta de manera manual y en el proceso de conformación de la subrasante mejorada, podemos concluir que para este trabajo se utilizaría mascarilla de tipo filtrante de manera obligatoria durante todos los antes mencionados procedimientos.

Figura 34 Mascarilla Filtrante



Fuente: Catálogo 3M

#### **5. ZAPATOS DE SEGURIDAD**

Para la ejecución de todo trabajo se debe proteger a los pies por posibles accidentes que puedan ocurrir durante el manejo y operación de maquinaria y diversos procesos para poder obtener la materia prima.

Según VELAZIS [41] los distintos tipos de botas de seguridad que existen son los siguientes:

Tabla 60 Tipos de Botas de Seguridad

Nombre	Descripción	Características
<b>Tipo I</b>	Zapatos con protección de uso general	Diseñado para áreas de oficina o tránsito normal donde es poco probable que se exponga al trabajador a riesgos mecánicos o accidentes industriales
<b>Tipo II</b>	Calzado con puntera	Zapatos que protegen los dedos de los pies mediante un casco especial o con una cubierta protectora para evitar daños por accidentes mecánicos.
<b>Tipo III</b>	Zapatos de protección dieléctrico	Este calzado presenta una plantilla interna que dispersa la energía eléctrica, con el objetivo de proteger a los operarios de zonas con riesgo de descargas
<b>Tipo IV</b>	Calzado antiestático	Estos zapatos cuentan con plantilla o suela especial que permite disipar la estática para evitar choques eléctricos espontáneos.
<b>Tipo V</b>	Calzado con protección meta tarsal	Diseñados para proteger el empeine del pie contra impactos en la zona del metatarso.
<b>Tipo VI</b>	Zapatos contra objetos punzocortantes	Este tipo de calzado cuenta con una protección en la punta la cual blindada contra la penetración directa de objetos que son capaces de traspasar la suela del calzado.
<b>Tipo VII</b>	Calzado impermeable	Enfocados en mantener al empleado sin contacto directo con líquidos o polvos presentes en la zona del trabajo.

Fuente: VELAZIS

Por lo cual, siendo adecuado por el tipo de trabajo a realizar para la obtención del plástico PET se recomienda usar zapatos de seguridad Tipo II que son calzado con puntera para proteger a los operarios.

Figura 35 Botas de Seguridad Tipo II



Fuente: Rhyno

## 6. RECOMENDACIONES ESPECIALES

- Se recomienda restringir el ingreso a las instalaciones de obtención de la fibra PET a personas ya sea embarazadas, niños, adultos mayores o personas con discapacidad debido a que podría resultar peligroso tanto para ellos como para los trabajadores del lugar.
- Recomendar que la instalación donde se utilizará la máquina para obtener las fibras se encuentre ubicada donde no produzca molestias a casas, edificios residenciales, hospitales u otros ambientes donde pueda incomodar a los vecinos durante horario de trabajo.
- Se recomienda almacenar las fibras PET obtenidas en contenedores o sacos que no tengan poros o sean mallas para que el material no escape por ellos hacia el ambiente contaminándolo.

## ANEXO 04: ANÁLISIS ECONÓMICO

En el presente análisis económico se va a analizar las diferencias entre el mejoramiento a nivel de subrasante con material propio vs el material al cual se le adicionará PET de 1” al 1.15% de su peso.

### 1. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUBRASANTE DE TERRENO NATURAL VS SUBRASANTE CON ADICIÓN DE PET DE 1” AL 1.15%

Para poder efectuar el cambio que produciría dicha adición de PET se procedió en primer lugar a realizar diseño del pavimento flexible con condiciones iguales utilizando el método AASHTO-93 de pavimentos flexibles, sólo variando el CBR obtenido de ambas subrasantes a ser comparadas en este proyecto.

Las condiciones a ser utilizadas son las siguientes:

- ESAL:  $3 \times 10^6$
- Nivel de Confiabilidad: 75%
- Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ): -0.841 (Por ser una vía local urbana)
- Error Estándar ( $S_o$ ): 0.45
- Variación de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ): 2
- CBR de la Base: 80%
- Coeficiente de Drenaje de la Base:  $m_1$
- Modulo Elástico de la Carpeta Asfáltica  $E(\psi)$ : 450000

Para lo cual se obtuvo las siguientes estructuras para ambas alternativas:

Gráfica 29 Estructura del Pavimento con Terreno Natural de Subrasante



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 30 Estructura del Pavimento con PET 1" al 1.15% de Subrasante



Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos efectuados para obtener las estructuras presentadas anteriormente serán incluidos en los anexos de este informe.

## 2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PARTIDAS QUE SE VERÁN AFECTADAS

Para poder corroborar el cambio del precio de conformar un pavimento al cual se le haya añadido fibra PET de 1" al 1.15% vs un pavimento con subrasante natural se ha procedido a analizar aquellas partidas que sufrirían cambios dentro de la conformación de una estructura de pavimento, donde según el diseño presentado anteriormente las capas que han sido afectadas por esta adición fueron la base y la subrasante.

Para conformar estos análisis de precios unitarios se ha tomado de referencia los precios de materiales, mano de obra y equipos de las Revistas Costos [42] y Constructivo [43], por otro lado, los rendimientos se han tomado referenciados del libro del Ing. Walter Ibáñez [44]

### 2.1. OBTENCIÓN DE FIBRA PET

Esta partida describe el precio para obtener un Kg de material de PET de 1" a ser añadido en la capa de subrasante arcillosa del pavimento a ser conformado por metro cuadrado, para este proyecto se ha obtenido el material de manera manual, sin embargo, se ha procedido de igual manera a analizar tanto la partida de obtención manual, como una partida en la cual se utilizaría métodos industriales para obtener el material.

Tabla 61 APU: Obtención de PET de 1" al 1.15% Manual

OBTENCIÓN DE PET DE 1" AL 1.15% MANUAL					KG	3.30
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	0.5000	KG/día		
<b>Materiales</b>						
PET DE BOTELLAS DE AGUA Y GASEOSA	KG		2.0000	1.60	3.20	3.20
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	HH	2.000	0.0064	14.66	0.09	0.09
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		10.0000	0.09	0.01	0.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62: APU Obtención de PET de 1" al 1.15% Maquina

OBTENCIÓN DE PET DE 1" AL 1.15% MAQUINA					KG	4.93
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	25.0000	KG/día		
<b>Materiales</b>						
PET DE BOTELLAS DE AGUA Y GASEOSA	KG		2.0000	1.60	3.20	3.20
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	HH	2.000	0.0064	19.86	0.13	0.13
<b>Equipo</b>						
FILETEADORA MECANICA	HM	1.000	0.3200	5.00	1.60	1.60

Fuente: Elaboración Propia

El precio considerado de la compra de las botellas de PET se ha considerado un dato proporcionado por la Gerencia del Desarrollo Ambiental de Chiclayo [5], el precio a considerar aproximado para el material PET producido industrialmente se ha tomado un aproximado del material PET procesado que se vende en la página Mercado Libre de un distribuidor independiente en Lima.

## 2.2. EXCAVACIÓN HASTA NIVEL DE SUBRASANTE

Esta partida será afectada más que todo en que el volumen de material a excavar será menor en aquel pavimento cuya subrasante contenga material PET debido a que el espesor de la base ha disminuido, sin embargo, el análisis de precios unitarios en sí, es el misma en ambos casos.

Tabla 63 APU: Excavación Hasta Nivel de Subrasante

EXCAVACIÓN HASTA NIVEL DE SUBRASANTE					M3	3.29
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	840.0000	M3/día		
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	2.000	0.0190	25.82	0.49	
OPERARIO	HH	1.000	0.0095	19.86	0.19	
PEÓN	HH	8.000	0.0762	14.66	1.12	1.80
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.80	0.05	1.49
RETROEXCAVADORA CAT 225	HM	1.0000	0.0095	151.39	1.44	

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE

Esta partida al igual que la anterior se basa en el volumen de material a eliminar, el cual depende de los espesores de las bases que conformaran el pavimento, en el cual aquel que se ha mejorado su subrasante con PET de 1" es menor. Sin embargo, el análisis de precios unitarios como tal siempre será el mismo.

Tabla 64 APU: Eliminación de Material Excedente

ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA					M3	4.61
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	728.0000	M3/día		
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	1.000	0.0110	25.82	0.28	
OPERARIO	HH	2.000	0.0220	19.86	0.44	
PEÓN	HH	3.000	0.0330	14.66	0.48	1.20
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.20	0.04	3.41
CARGADOR FRONTAL CAT 950	HM	1.000	0.0110	160.28	1.76	
VOLQUETE 6X4 10M3 330HP	HM	1.0000	0.0110	146.80	1.61	

Fuente: Elaboración Propia

## 2.4. CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR

En esta partida si se presenciara un cambio significativo ya que al ser analizada por M2 la partida cambiará dependiendo del espesor que se obtenga en el diseño del pavimento, por lo cual se diferenciará entre la base que resulta del diseño del pavimento con subrasante natural y la base que resulta del diseño con subrasante con PET al 1.15%

En la primera partida se presenta la base granular procedente de la subrasante con material natural que resulto con un espesor de 15 cm.

Tabla 65 APU: Base Granular e=15cm

BASE GRANULAR e= 15 cm (6pulg)					M2	9.40
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	2,500.0000	M2/dia		
<b>Materiales</b>						
MATERIAL DE BASE	M3		0.1676	37.82	6.34	
AGUA	M3		0.0186	7.60	0.14	6.48
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	1.000	0.0032	25.82	0.08	
OPERARO CISTERNA	HH	1.000	0.0032	102.09	0.33	
OPERARIO RODILLO LISO	HH	1.000	0.0032	176.03	0.56	
OPERARIO MOTONIVELADORA	HH	1.000	0.0032	130.38	0.42	
OPERARIO	HH	2.000	0.0064	19.86	0.13	
PEÓN	HH	2.000	0.0064	14.66	0.09	1.61
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.61	0.05	1.31
MOTONIVELADORA 130-135 HP	HM	1.0000	0.0032	201.74	0.65	
RODILLO VIB.LISO AUTOP 210 HP	HM	0.3000	0.0010	231.83	0.23	
CARGADOR FRONTAL CAT 950	HM	0.500	0.0016	160.28	0.26	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP -1500 G	HM	0.300	0.0010	125.29	0.13	

Fuente: Elaboración Propia

En la segunda partida se presenta la base granular que ha resultado de la subrasante con material al cual se le ha agregado PET de 1" al 1.15%, la cual será conformada por 12 cm aproximadamente.

Tabla 66 APU: Base Granular e=12cm

BASE GRANULAR e= 12 cm (5pulg)					M2	8.26
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	2,640.0000	M2/dia		
<b>Materiales</b>						
MATERIAL DE BASE	M3		0.1397	37.82	5.28	
AGUA	M3		0.0085	7.60	0.06	5.34
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	1.000	0.0032	25.82	0.08	
OPERARO CISTERNA	HH	1.000	0.0032	102.09	0.33	
OPERARIO RODILLO LISO	HH	1.000	0.0032	176.03	0.56	
OPERARIO MOTONIVELADORA	HH	1.000	0.0032	130.38	0.42	
OPERARIO	HH	2.000	0.0064	19.86	0.13	
PEÓN	HH	2.000	0.0064	14.66	0.09	1.61
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.61	0.05	1.31
MOTONIVELADORA 130-135 HP	HM	1.0000	0.0032	201.74	0.65	
RODILLO VIB.LISO AUTOP 210 HP	HM	0.3000	0.0010	231.83	0.23	
CARGADOR FRONTAL CAT 950	HM	0.500	0.0016	160.28	0.26	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP -1500 G	HM	0.300	0.0010	125.29	0.13	

Fuente: Elaboración Propia

## 2.5. CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE

Esta es la partida elemental debido a que en esta partida se encuentra el cambio elemental que es la adición del Plástico PET de 1" al 1.15% vs el terreno natural ya que el espesor de la capa de subrasante es de 15cm para ambos casos debido a la normativa citada anteriormente. Siendo esto analizado para cada M2 de subrasante de su espesor correspondiente.

Tabla 67 APU: Conformación de Subrasante con Material Propio e=15cm

CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO e=0.15m					M2	3.35
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	3,000.0000	M2/día		
<b>Materiales</b>						
AGUA	M3		0.0100	7.60	0.08	<b>0.08</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	1.000	0.0027	25.82	0.07	
OPERARO CISTERNA	HH	0.800	0.0021	102.09	0.21	
OPERARIO RODILLO LISO	HH	0.500	0.0013	176.03	0.23	
OPERARIO MOTONIVELADORA	HH	0.800	0.0021	130.38	0.27	
OPERARIO TRACTOR ORUGA	HH	1.000	0.0027	166.36	0.45	
OPERARIO	HH	1.000	0.0027	19.86	0.05	
PEÓN	HH	5.000	0.0133	14.66	0.19	<b>1.47</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.47	0.04	<b>1.80</b>
MOTONIVELADORA 130-135 HP	HM	0.8000	0.0021	204.74	0.43	
RODILLO VIB.LISO AUTOP 210 HP	HM	0.5000	0.0013	231.83	0.30	
TRACTOR DE ORUGA 140-160	HM	1.0000	0.0027	284.79	0.77	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP -1500 G	HM	0.8000	0.0021	125.29	0.26	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68 APU: Conformación de Subrasante con Adición PET 1" 1.15% e=15cm

CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 1" 1.15% e=0.15cm					M2	19.90
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
		Rendimiento	2,550.0000	M2/día		
<b>Materiales</b>						
AGUA	M3		0.0210	7.60	0.16	<b>16.63</b>
PET DE 1" AL 1.15%	KG		3.3399	4.93	16.47	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	HH	1.000	0.0027	25.82	0.07	
OPERARO CISTERNA	HH	0.800	0.0021	102.09	0.21	
OPERARIO RODILLO LISO	HH	0.500	0.0013	176.03	0.23	
OPERARIO MOTONIVELADORA	HH	0.800	0.0021	130.38	0.27	
OPERARIO TRACTOR ORUGA	HH	1.000	0.0027	166.36	0.45	
OPERARIO	HH	1.000	0.0027	19.86	0.05	
PEÓN	HH	5.000	0.0133	14.66	0.19	<b>1.47</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.47	0.04	<b>1.80</b>
MOTONIVELADORA 130-135 HP	HM	0.8000	0.0021	204.74	0.43	
RODILLO VIB.LISO AUTOP 210 HP	HM	0.5000	0.0013	231.83	0.30	
TRACTOR DE ORUGA 140-160	HM	1.0000	0.0027	284.79	0.77	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP -1500 G	HM	0.8000	0.0021	125.29	0.26	

Fuente: Elaboración Propia

### 3. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO FINAL

Se ha analizado el precio de conformar con ambos pavimentos diseñados el área del estacionamiento de la Clínica USAT que es de 3278.11 m<sup>2</sup> con los diferentes espesores y partidas ya presentadas en los apartados anteriores.

#### 3.1. PRESUPUESTO DE PAVIMENTO CON SUBRASANTE NATURAL

El presupuesto con subrasante natural nos otorgó un total de S/. 54 249.48 para el área total del estacionamiento de la Clínica USAT.

Tabla 69 Presupuesto de Pavimento de la Clínica USAT con Subrasante de Terreno Natural

PRESUPUESTO DE OBRA					
Ubicación:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAYEQUE				
Fecha:	MAYO 2019				
PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	SUBTOTAL
<b>CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO</b>					<b>54,249.59</b>
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>12,433.69</b>
EXCAVACIÓN HASTA NIVEL DE SUBRASANTE	M3	1967.11	3.29	6,468.26	
ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	M3	1292.67	4.61	5,965.43	
<b>PAVIMENTO</b>					<b>41,815.90</b>
BASE GRANULAR e= 15 cm (6pulg)	M2	3278.11	9.40	30,823.08	
CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO e=0.15m	M2	3278.11	3.35	10,992.81	
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>54,249.59</b>
<b>IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS</b>			<b>0.18</b>	<b>%</b>	<b>9,764.93</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>54,249.59</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. PRESUPUESTO DE PAVIMENTO CON SUBRASANTE CON ADICIÓN DE PET 1" AL 1.15%

El presupuesto con subrasante natural nos otorgó un total de S/. 103 876.91 para el área total del estacionamiento de la Clínica USAT.

Tabla 70 Presupuesto de Pavimento de la Clínica USAT con Subrasante con Adición de PET de 1" al 1.15%

PRESUPUESTO DE OBRA						
Ubicación:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAYEQUE					
Fecha:	MAYO 2019					
PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	SUBTOTAL
<b>01.00.00 CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO</b>					<b>103,876.91</b>	
<b>02.01 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>11,545.34</b>	
02.01.01	EXCAVACIÓN HASTA NIVEL DE SUBRASANTE	M3	1854.71	3.29	6,098.64	
02.01.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	M3	1180.27	4.61	5,446.70	
<b>02.02.01 PAVIMENTO</b>					<b>92,331.57</b>	
02.02.01.01	BASE GRANULAR e= 12 cm (5pulg)	M2	3278.11	8.26	27,086.04	
02.02.01.02	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 1" 1.15% e=0.15cm	M2	3278.11	19.90	65,245.53	
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>103,876.91</b>	
<b>IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS</b>			<b>0.18</b>	<b>%</b>	<b>18,697.84</b>	
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>103,876.91</b>	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. DISEÑOS CON CBR ALTERNATIVOS

##### 4.1. CBR DE 3.1%

Se ha procedido a diseñar un pavimento que posee un CBR de 3.1% de la zona de Chiclayo que corresponde a Avenida Raymondi, Desde la Avenida Augusto B. Leguía Hasta la Avenida Pedro Ruiz.

Se ha procedido a diseñar con el CBR del terreno natural y con uno aumentado en un 106 % al igual que lo obtenido con los resultados de esta investigación, de lo cual se ha obtenido los siguientes resultados:

Gráfica 31 Estructura del Pavimento con CBR de 3.1% de Subrasante Natural



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 32 Estructura del Pavimento con CBR de 3.1% de Subrasante con PET de 1" al 1.15%



Fuente: Elaboración Propia

De los cuales podemos observar que el pavimento ha disminuido en 2 pulgadas para la capa de base, sin embargo, la capa de subrasante sigue siendo un costo adicional, lo cual trajo consigo que el presupuesto total pase de S/ 109,641.20 para el pavimento con subrasante natural y S/ 154,446.45 para el que posee subrasante con PET de 1" al 1.15%

## 4.2. CBR DE 9.9%

Se ha procedido a diseñar un pavimento que posee un CBR de 9.9% de la zona de Chiclayo que corresponde a Avenida Raymondi, Desde la Avenida Augusto B. Leguía Hasta la Avenida Pedro Ruiz.

Se ha procedido a diseñar con el CBR del terreno natural y con uno aumentado en un 106 % al igual que lo obtenido con los resultados de esta investigación, de lo cual se ha obtenido los siguientes resultados:

Gráfica 33 Estructura del Pavimento con CBR de 9.9% de Subrasante Natural



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 34 Estructura del Pavimento con CBR de 9.9% de Subrasante con PET de 1" al 1.15%



Fuente: Elaboración Propia

De los cuales podemos observar que el pavimento ha disminuido en 1 pulgada para la capa de base, sin embargo, la capa de subrasante sigue siendo un costo adicional, lo cual trajo consigo que el presupuesto total pase de S/ 67,535.71 para el pavimento con subrasante natural y S/ 117,064.69 para el que posee subrasante con PET de 1" al 1.15%

## 5. CONCLUSIONES

- La obtención del material PET de manera manual es más tediosa, demora más y tiene un menor rendimiento a pesar de ser más económica en S/ 1.63. Sin embargo, no conviene en lo que respecta a rendimiento para obras de gran magnitud debido a que tardaría demasiado en obtener la cantidad necesaria de material para el proyecto.
- Se reduce el precio de la conformación de la base granular por m<sup>2</sup> en S/ 1.14, en el momento de conformar la capa de subrasante para toda el área de estacionamiento se reduce el precio mediante la adición de PET en la subrasante en S/ 3,737.05.
- Con respecto a la capa de subrasante de terreno natural vs la subrasante con adición de PET de 1” al 1.15% esta última resulta ser más cara tanto en análisis de precio unitario como en la conformación de todo el proyecto, siendo en el primer caso más cara en S/ 16.55 y con respecto a la conformación de toda el área de la Clínica USAT resulta ser una alternativa más elevada diferenciándose en S/ 54,252.72.
- En el presupuesto general para la conformación del área de estacionamiento de la Clínica USAT la alternativa de agregar PET de 1” al 1.15% a la subrasante resulta ser de un precio más elevado con respecto a utilizar el terreno natural en S/ 49,627.33 a pesar de la reducción de la capa de base, siendo elevado por el material adicional agregado a la capa de subrasante.

## **6. ANEXOS**

### **FICHA TÉCNICA DE FIBRA PET DE 1”**

#### **DESCRIPCIÓN**

El PET de 1” de longitud se adiciona en forma de tiras o fibras, brindando mejores características al material utilizado como subrasante, en este caso arcillas. Se trata de un material compuesto de polietileno tereftalato que presenta una gran resistencia a los químicos, baja toxicidad al contacto con el agua y el ambiente y que posee una gran resistencia a las tensiones que se le pueda someter

El proceso de fabricación de este material puede ser mediante métodos manuales o mecánicos, siendo los últimos más ventajosos y eficientes con respecto al tiempo que requiere obtener el material. Además, al utilizar los implementos de seguridad adecuados no presenta mayores riesgos en el momento de su obtención y sobre todo representa una alternativa que ayuda al medio ambiente debido a que utiliza materiales procedentes del reciclaje.

#### **USOS**

Este material será utilizado para mejorar las características de materiales a ser utilizados como subrasantes de pavimentos para mejorar sus características para soportar cargas provenientes del tráfico a enfrentar.

#### **VENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS**

- Aumento entre 106% y 120% del CBR del material natural utilizado como subrasante
- Disminución de la expansión del material empleado como subrasante, el cual adopta una expansión del 85% de la que posee el material natural empleado, en este caso arcillas.
- Alternativa para el uso de materiales provenientes de residuos sólidos que trae consigo una implementación de la cultura del reciclaje

#### **DATOS TÉCNICOS**

- Ancho de fibra: 2mm a 5mm
- Largo: 1 pulgada
- Material: Plástico PET proveniente de botellas de agua y gaseosas

## **DOSIFICACIÓN**

Se debe adicionar al material natural arcilloso a utilizar como subrasante el 1.15% del peso del material, tomando así mismo en cuenta el Contenido Óptimo de Humedad obtenido mediante ensayos de laboratorio para el contenido de agua a añadir.

## **MÉTODO DE APLICACIÓN**

Las fibras PET de 1” serán adicionadas en el momento de la conformación de la subrasante, luego de la escarificación se realizará un proceso de adición y de mezclado con el contenido de humedad óptimo, mezclando con la maquinaria adecuada hasta que se pueda observar un material homogéneo, para luego esta capa ser compactada hasta obtener las especificaciones que el proyecto demande.

## **ALMACENAMIENTO**

El material PET será almacenado en contenedores que no permitan que las fibras escapen y se esparzan dentro del lugar, un contenedor sólido que no posea poros por los cuales estas puedan escapar al medio ambiente.

Además, el lugar donde éstas sean almacenadas debe ser fresco y alejado de los rayos solares, corrientes de aire o cualquier otra fuente de contaminación que pueda alterar la composición del material.

## **PRECAUSIONES**

- Se recomienda siempre estar al tanto del Contenido de Humedad Óptimo que debe tener la mezcla a ser conformada y el Contenido de Humedad del material natural para conseguir la dosificación correcta de agua.
- Se recomienda transportar el material a obra en volquetes o contenedores cerrados para que estos no se esparzan al medio ambiente durante su traslado.
- Se recomienda procurar una dosificación en peso lo más aproximada posible para lograr los efectos esperados y utilizar la dosificación recomendada en este documento, si esta sería modificada deberá ser sustentada mediante ensayos de laboratorio.
- En la etapa de obtención de las fibras todo aquel operario que se encuentre en contacto con el material deberá emplear los implementos de seguridad adecuados mencionados en el anexo de implementos de seguridad. Así mismo, restringir la entrada al ambiente de fabricación a personas ancianas, a niños, mujeres embarazadas y personas con alguna discapacidad que podría poner su vida y la de los operarios en riesgo.

# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUBRASANTE DE TERRENO NATURAL

Tipo de Vehículo	N° Veh/día (2 sentidos)	N° Veh/día (1 sentido)	N° Veh/año	Fc	ESAL en el carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESAL diseño
Auto	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Station Wagon	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Pick Up	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Rural Combi	400	200	73000	0.0001	7.3	11.4639	83.686319
Micro	100	50	18250	3.56	64970	11.4639	744808.239
<b>TOTAL</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>	<b>365000</b>		<b>65004.675</b>		<b>745205.749</b> 3000000

## 1.- Carril de Diseño

Instituto del Asfalto	
N° de Carriles (2 direcciones)	% de Camiones en el Carril de Diseño
2	50
4	45 (35-48)
6 o más	40 (25-48)

AASHTO	
N° de Carriles (1 direccion)	% ESAL en el Carril de Diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

## 2.- Crecimiento del Tránsito

Tasa de crecimiento anual (%), r	3.0%
Período de Diseño en años, n	1000.0%

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

$$\text{Factor de Crecimiento} = 11.4639$$

## 3.- Factor de Confiabilidad, R

Clasificación Funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectores	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

Nivel de Confiabilidad (%)	75
----------------------------	----

## 3.- Desviación Estandar Normal (Zr) y Error Estándar (So)

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (ZR)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Desviación Normal Estándar (Zr)	-0.841
Error Estándar (So)	0.45

## 4.- Pérdida de Serviciabilidad

Índice de serviciabilidad Inicial (Po)	4
Índice de serviciabilidad Final (Pt)	2

Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	2
-------------------------------------	---

## 5.- Módulo Resiliente Efectivo del Suelo

CBR Subrasante (%)	16.900
Mr Subrasante (Psi)	15604.000

## 6.- CBR de las Capas

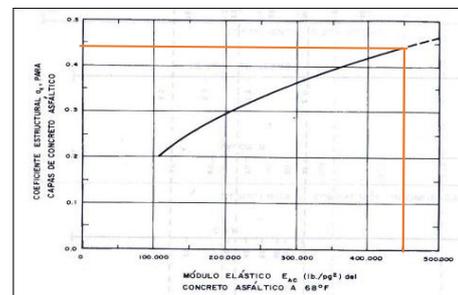
CBR Base (%)	80
--------------	----

## 7.- Coeficiente de Drenaje

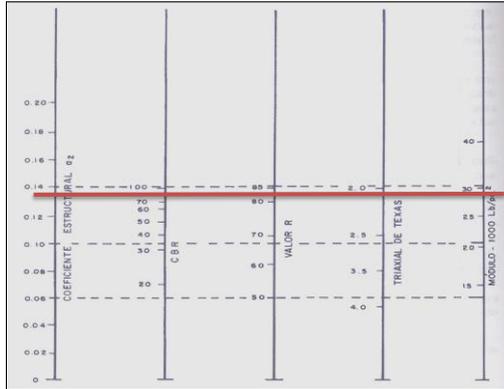
Coeficiente de Drenaje (mi1)	1.00
Coeficiente de Drenaje (mi2)	1.00

## 8.- Carpeta Asfáltica

E (psi)	450000
a1 (pulg)	0.44

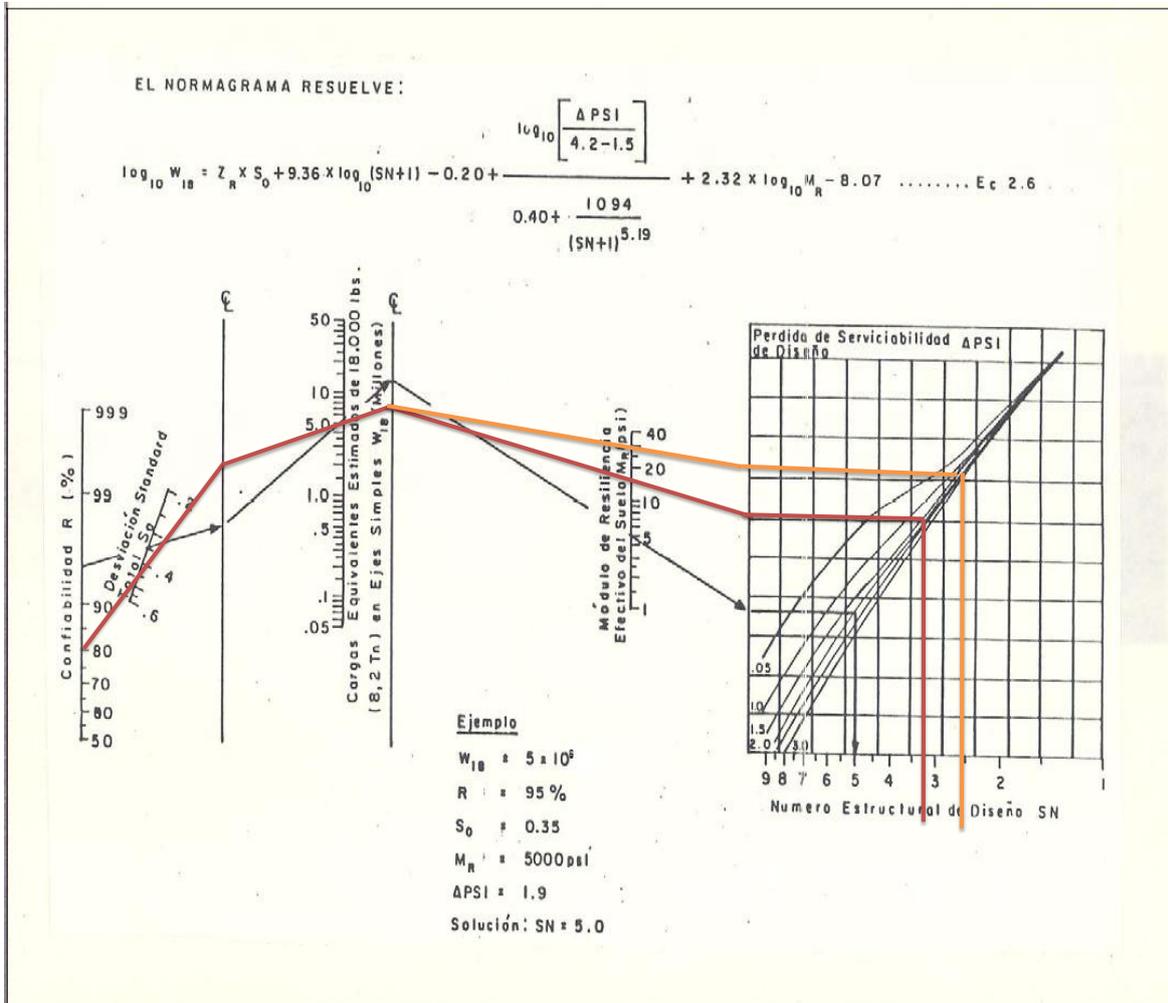


Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas



a2	0.134
Mr	29400.0 lb/pulg2
SN1	2.5

Nomograma para resolver la Ecuación AASHTO-93



SN	3.25
----	------

SN	3.25
a1	0.44

SN1	2.5
a2	0.134
m2	1

D1	5.68181818
D1 (redond)	5.5
SN1c	2.42

D2	6.19402985
D2 (redond)	6
SN2c	3.224

SN	3.22	ok
----	------	----



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUBRASANTE CON ADICIÓN DE PET DE 1" AL 1.15%

Tipo de Vehículo	N° Veh/día (2 sentidos)	N° Veh/día (1 sentido)	N° Veh/año	Fc	ESAL en el carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESAL diseño
Auto	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Station Wagon	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Pick Up	500	250	91250	0.0001	9.125	11.4639	104.607899
Rural Combi	400	200	73000	0.0001	7.3	11.4639	83.686319
Micro	100	50	18250	3.56	64970	11.4639	744808.239
TOTAL	2000	1000	365000		65004.675		745205.749
							3000000

## 1.- Carril de Diseño

Instituto del Asfalto	
N° de Carriles (2 direcciones)	% de Camiones en el Carril de Diseño
2	50
4	45 (35-48)
6 o más	40 (25-48)

AASHTO	
N° de Carriles (1 direccion)	% ESAL en el Carril de Diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

## 2.- Crecimiento del Tránsito

Tasa de crecimiento anual (%), r	3.0%
Período de Diseño en años, n	10

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

$$\text{Factor de Crecimiento} = 11.4639$$

## 3.- Factor de Confiabilidad, R

Clasificación Funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectores	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

Nivel de Confiabilidad (%)	75
----------------------------	----

## 3.- Desviación Estandar Normal (Zr) y Error Estándar (So)

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (ZR)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Desviación Normal Estándar (Zr)	-0.841
Error Estándar (So)	0.45

## 4.- Pérdida de Serviciabilidad

Índice de serviciabilidad Inicial (Po)	4
Índice de serviciabilidad Final (Pt)	2

Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	2
-------------------------------------	---

## 5.- Módulo Resiliente Efectivo del Suelo

CBR Subrasante (%)	17.900
Mr Subrasante (Psi)	16188.880

## 6.- CBR de las Capas

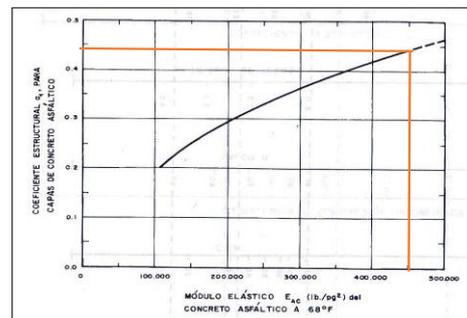
CBR Base (%)	80
--------------	----

## 7.- Coeficiente de Drenaje

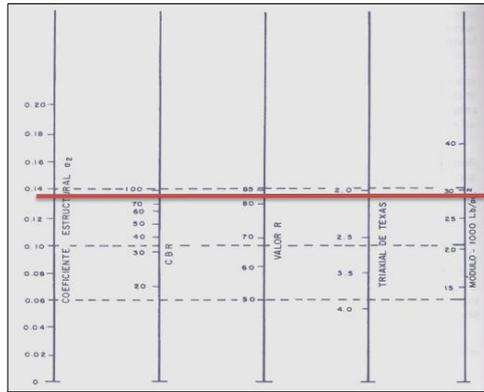
Coeficiente de Drenaje (mi1)	1.00
Coeficiente de Drenaje (mi2)	1.00

## 8.- Carpeta Asfáltica

E (psi)	450000
a1 (pulg)	0.44

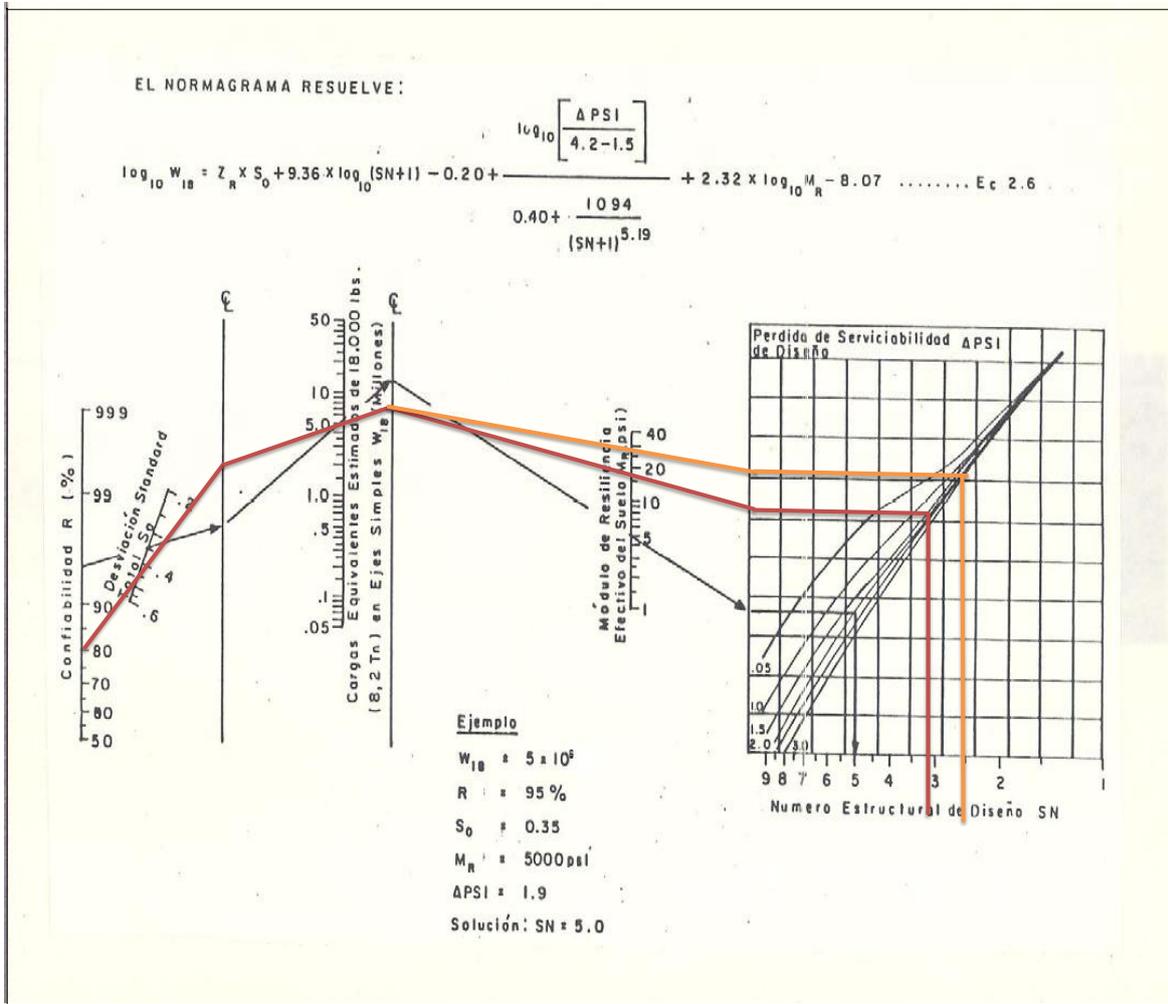


Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas



a2	0.134
Mr	29400 lb/pulg2
SN1	2.5

Nomograma para resolver la Ecuación AASHTO-93



SN	3.1
----	-----

SN	3.1
a1	0.44

SN1	2.5
a2	0.134
m2	1

D1	5.68181818
D1 (redond)	5.5
SN1c	2.42

D2	5.07462687
D2 (redond)	5
SN2c	3.09

SN	3.09	ok
----	------	----



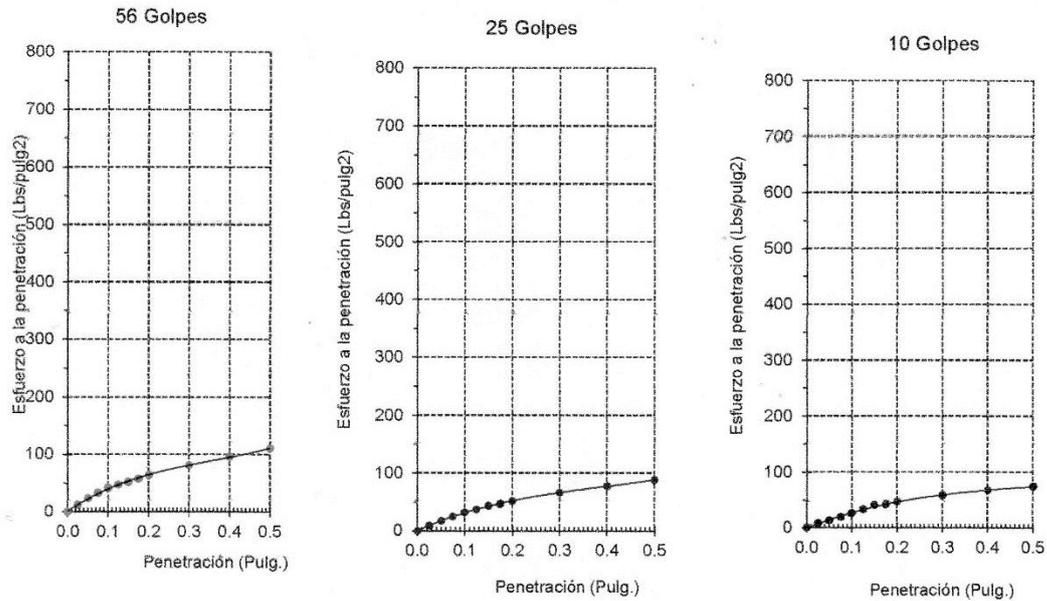
# INFORME DE CBR DE SUBRASANTES PARA DISEÑOS ALTERNATIVOS

Lugar : Avenida Raymond, Desde la Avenida Augusto B. Leguía Hasta la Avenida Pedro Ruiz, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra : Muestra : Terreno Natural  
 Profundidad : 0.73 a 1.50 m  
 Calicata : C-1  
 Coordenadas : 627676.4 9252323.9

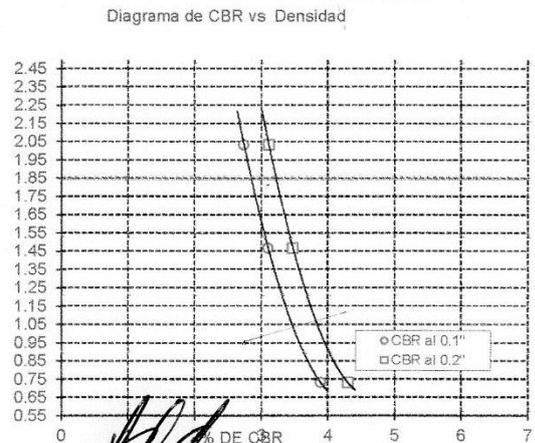
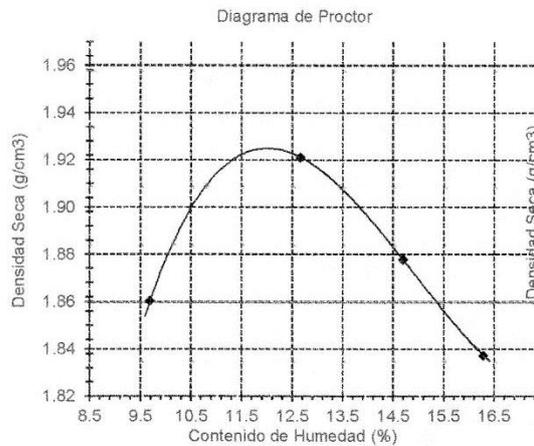
DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 10 golpes.



LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.925 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	12.1 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MDS	CBR (%)
01	56	3.9	0.731	4.9	0.1"	100	2.7
02	25	3.1	1.469	6.7	0.1"	95	2.7
03	10	2.7	2.034	1.7	0.2"	100	3.0
					0.2"	95	3.1



Rivado Jorge Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

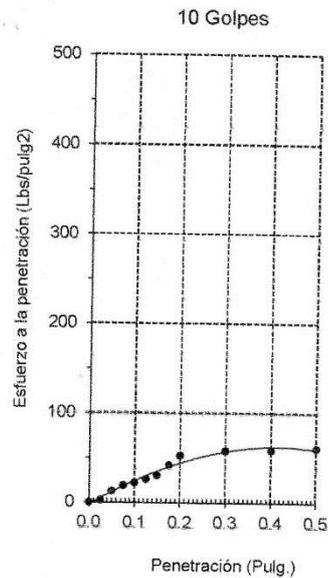
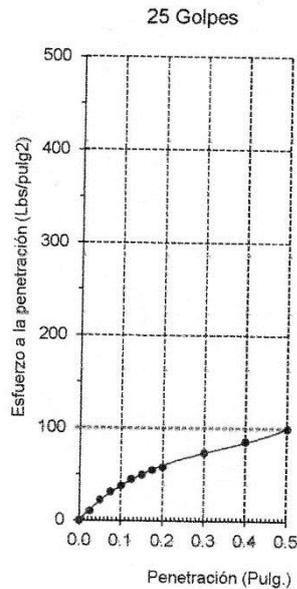
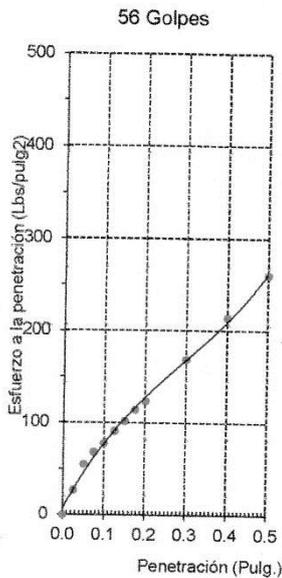
:"Rehabilitación de la Avenida Raymondi, Desde la Avenida Augusto B. Leguía Hasta la Avenida Pedro Ruiz, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque"

Ubicación : Avenida Raymondi, Desde la Avenida Augusto B. Leguía Hasta la Avenida Pedro Ruiz, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque  
 Obra : Pavimentación de Calles y Drenaje Pluvial del Pueblo Joven San Salvador (Jayanca)  
 Ubicación : Chiclayo, 23 de Mayo del 2016

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra  
 Muestra : Terreno Natural  
 Profundidad : 0.26 a 1.50 m  
 Calicata : C-5  
 Coordenadas : 627577.5 925196.41

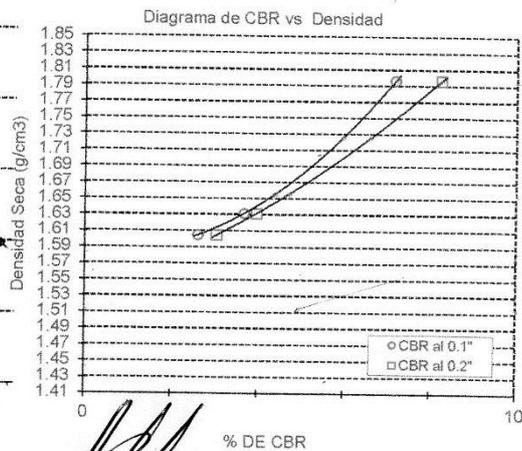
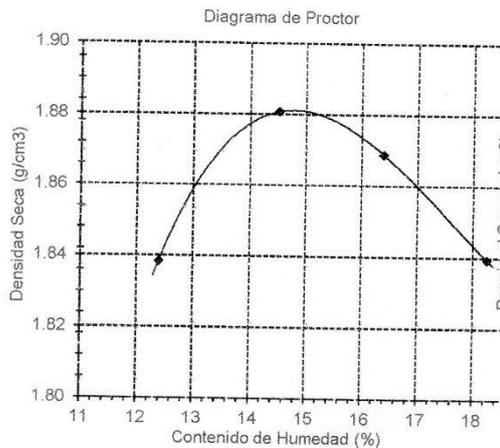
DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 10 golpes.



LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.881 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	14.8 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm3)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.2	1.797	53.6	0.1"	100	9.2
02	25	3.7	1.632	24.7	0.1"	95	9.9
03	10	2.6	1.605	23.2	0.2"	100	10.4
					0.2"	95	9.3



*Rivadeneira Oblitas Henry*  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**

# ANEXO 05: RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DE PET



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

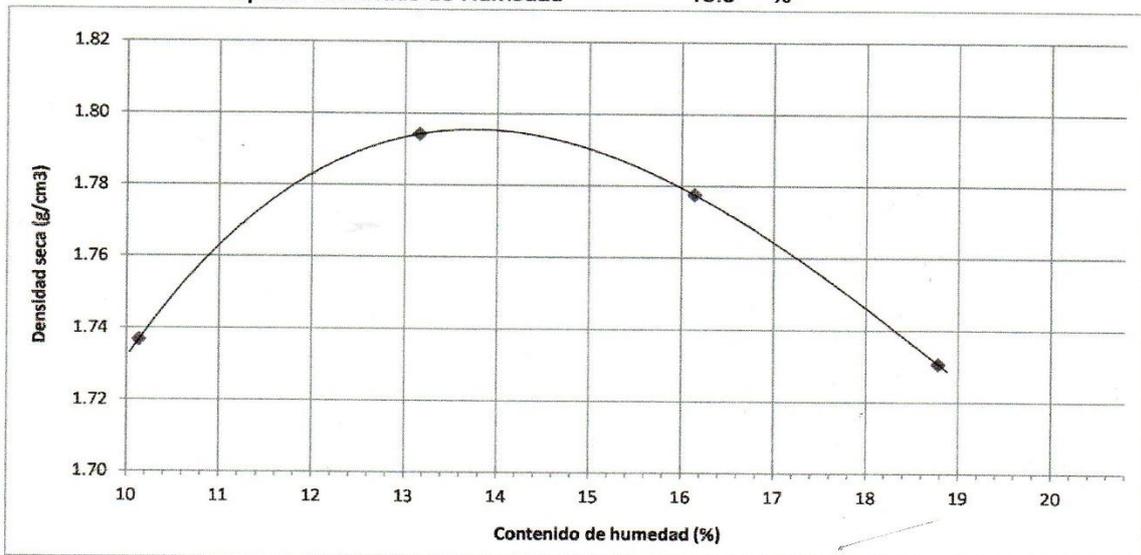
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 1.25% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.795 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.3 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

Rivadeneira Obitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

208

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

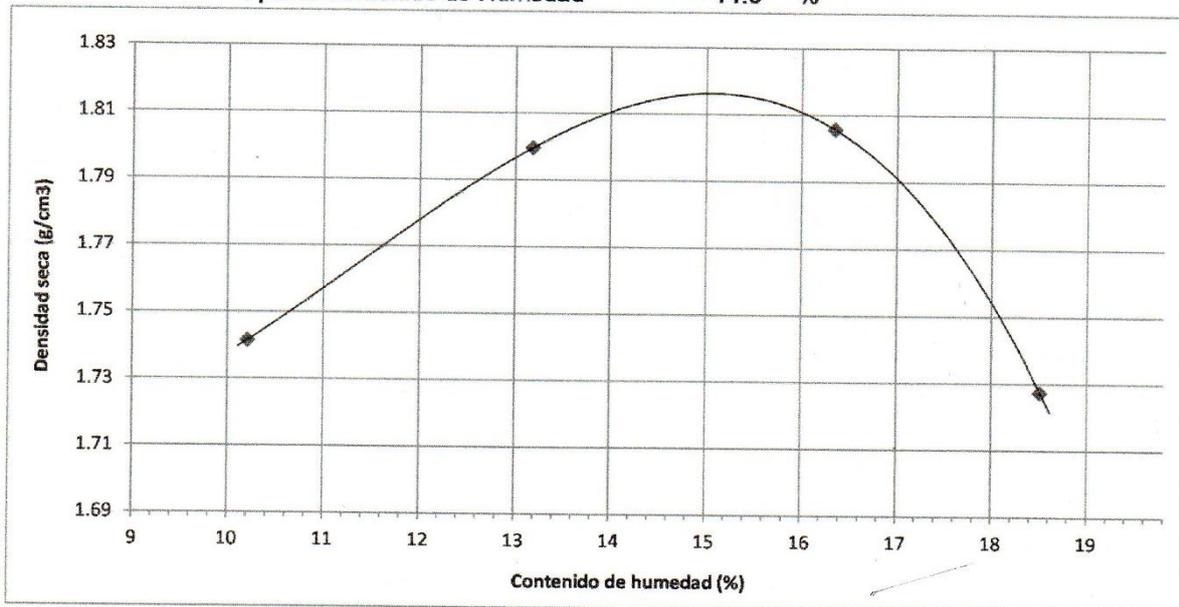
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 - 1.25% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.817 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.6 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivendera Obilias Jentz*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

207

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

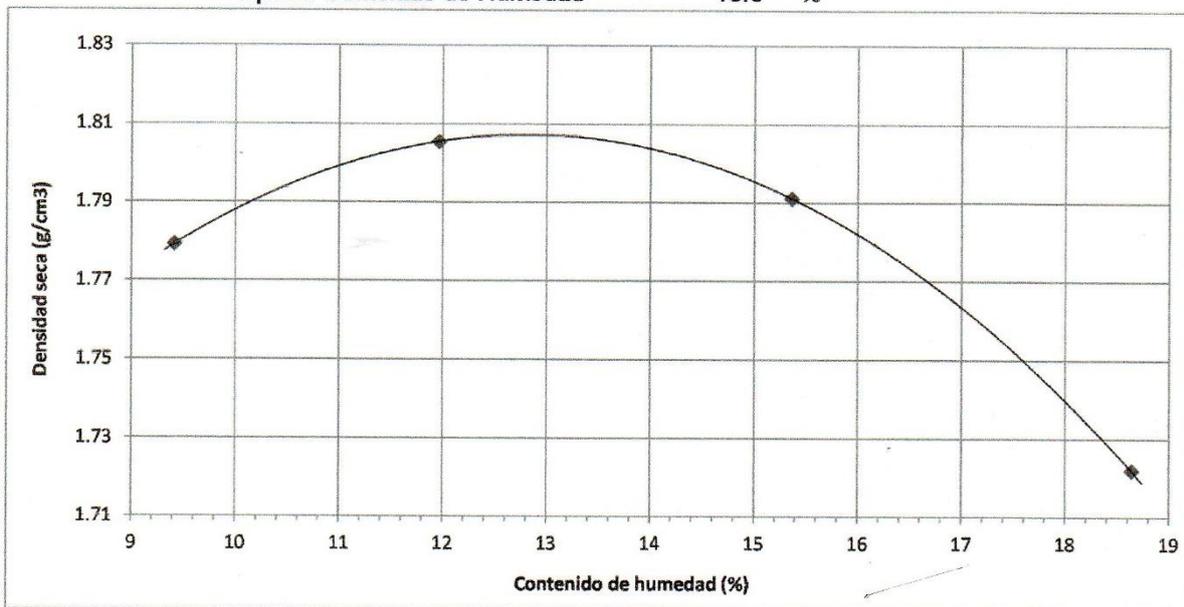
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 1.25% - 4"  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.807 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 13.0 %



OBSERVACIONES : Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
 Rivadeneira Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

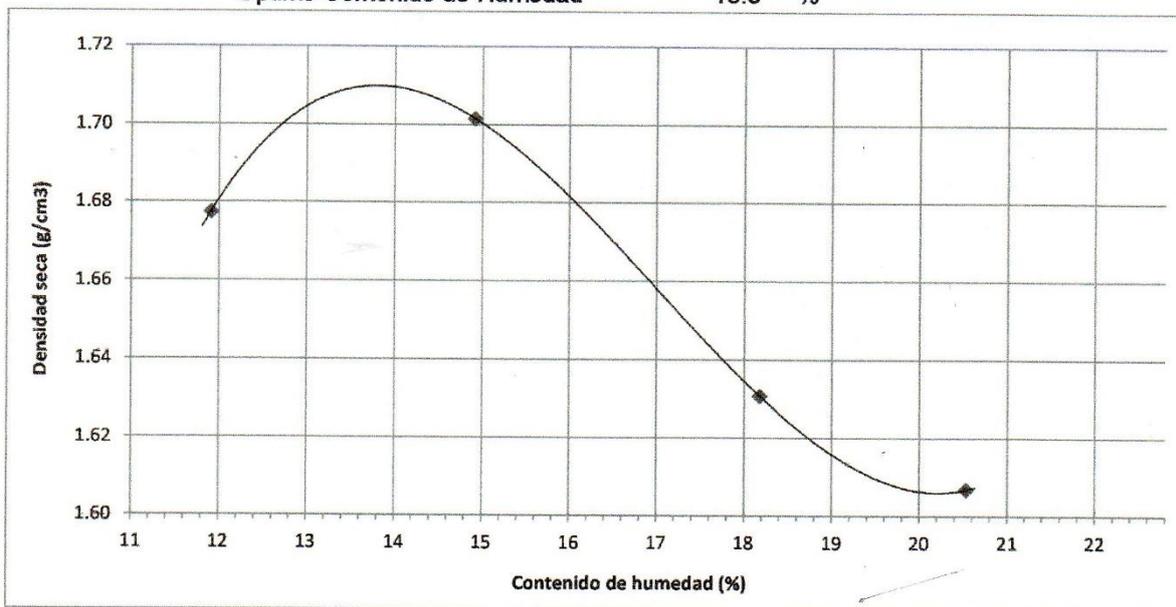
Muestra : M2 - 1.15% - 4"

Profundidad : 0.45 - 1.80 mts

Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.710 g/cm<sup>3</sup>

Óptimo Contenido de Humedad 13.3 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivendygra Oblitas Jenty*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

205

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

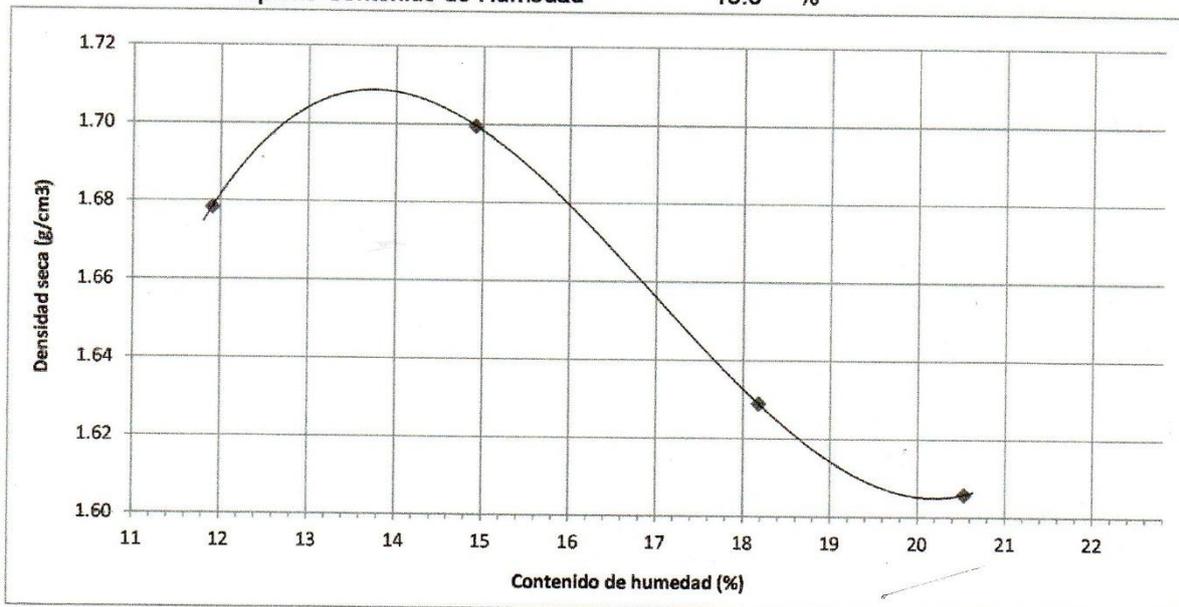
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 - 1.15% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.709 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.3 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

  
Riviera, Oblas, Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

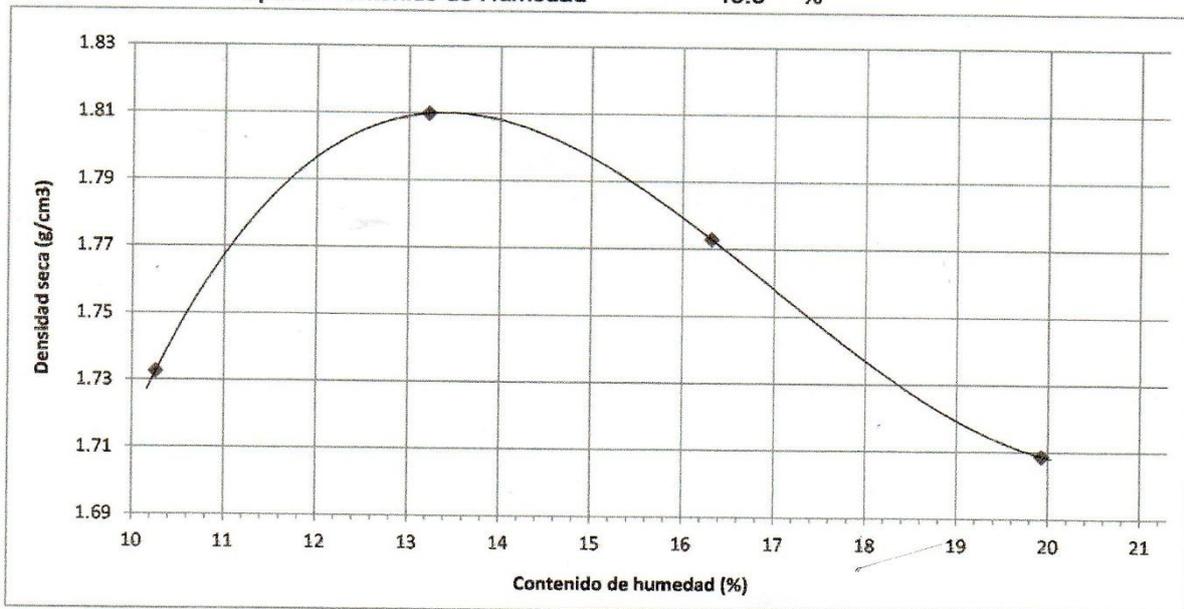
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 1.15% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.810 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.3 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
Rivendegya Ojitas Jenty  
TÉCNICO DE LABORATORIO

203

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

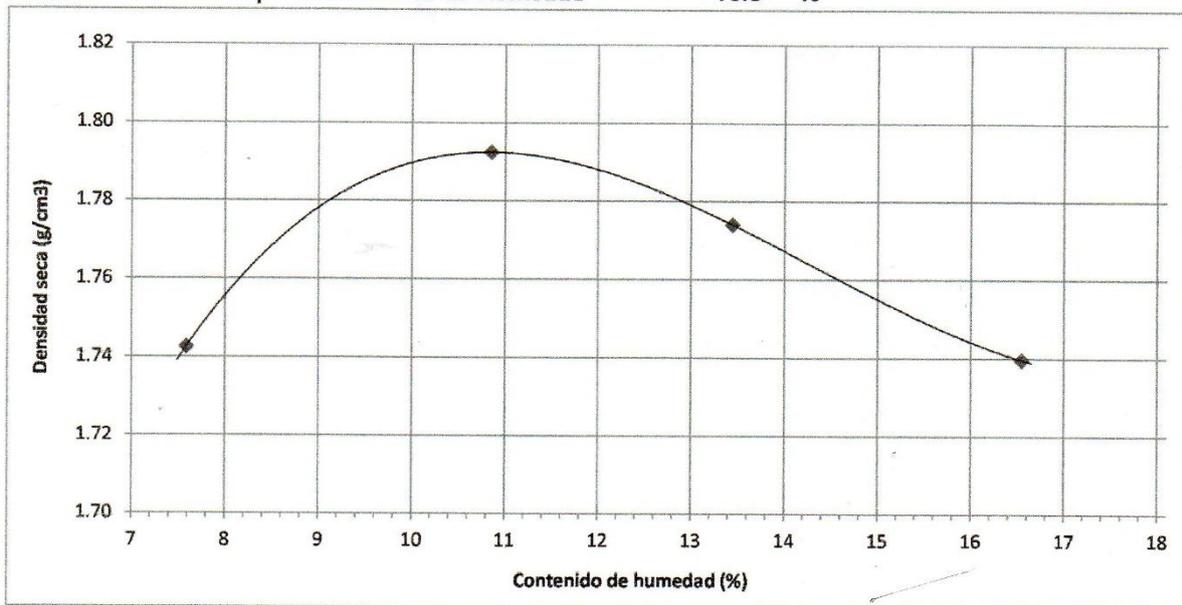
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pe3))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 1% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.792 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 10.8 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
Rivudo Regra Obilitas Henz  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

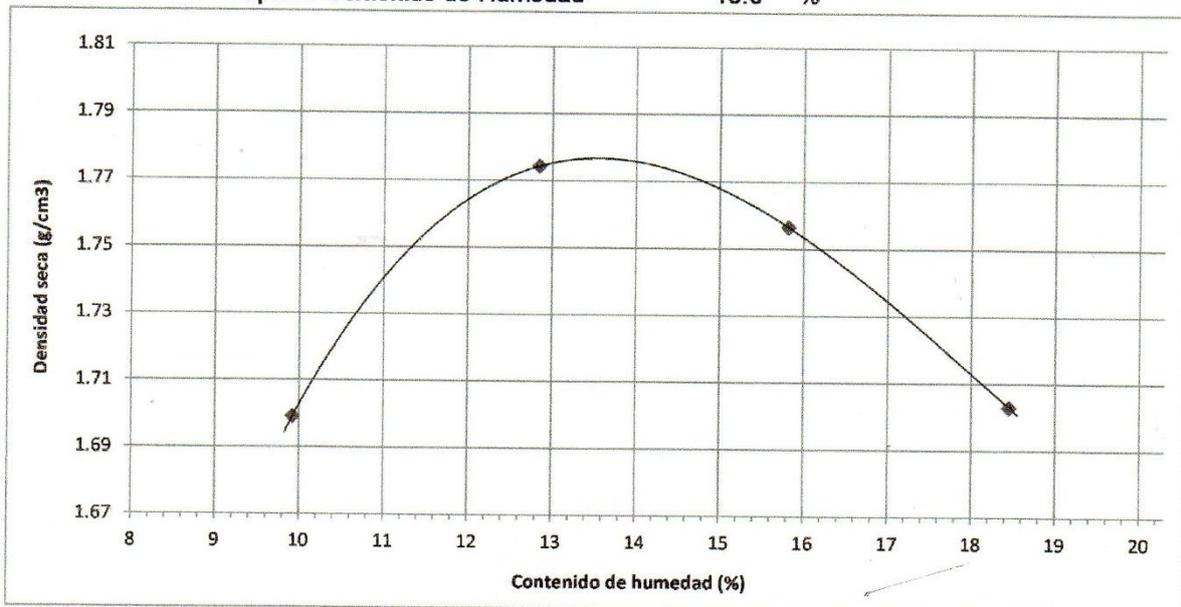
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 - 1% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.777 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.6 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivinderey Obitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

201



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

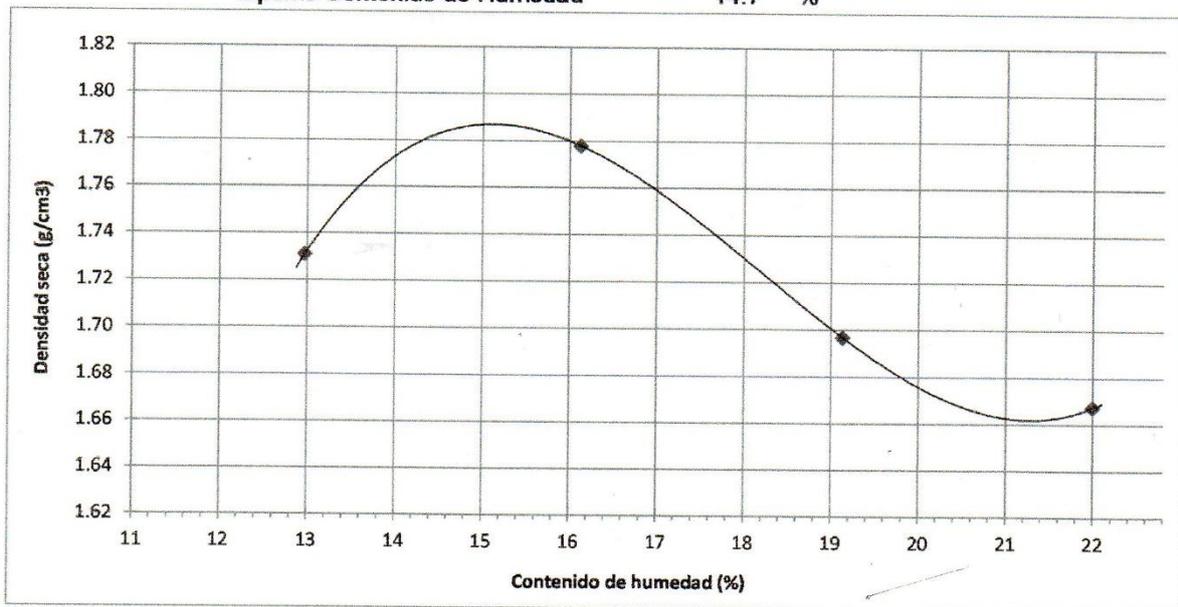
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 1% - 4"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.786 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.7 %



OBSEVACIONES :

Método : "A"

*Rivendeneira Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

200



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

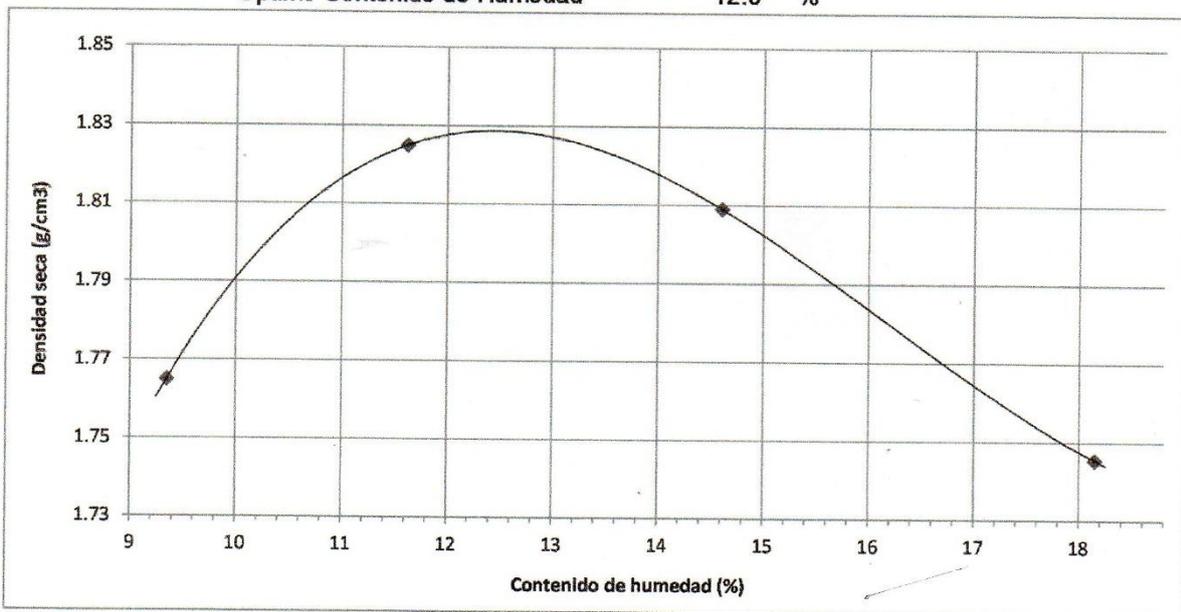
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 2.5% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.828 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 12.0 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
Rivadeneira Oelitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

199

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

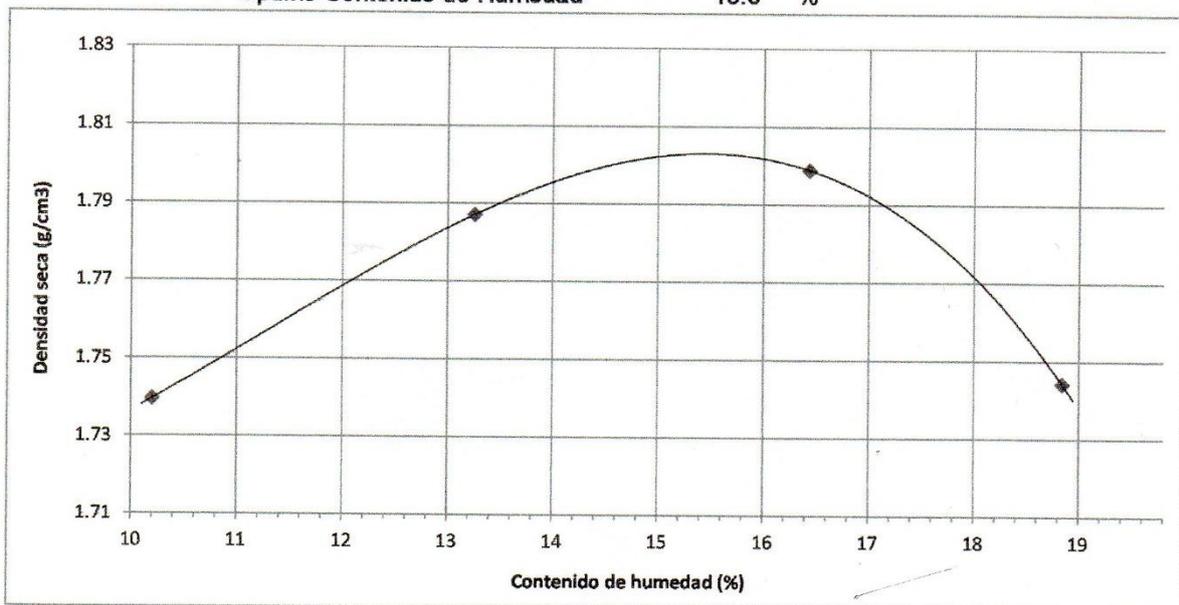
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 - 2.5% - 2.5"  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.803 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 15.0 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivdreyfa Oblitas Jenty*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

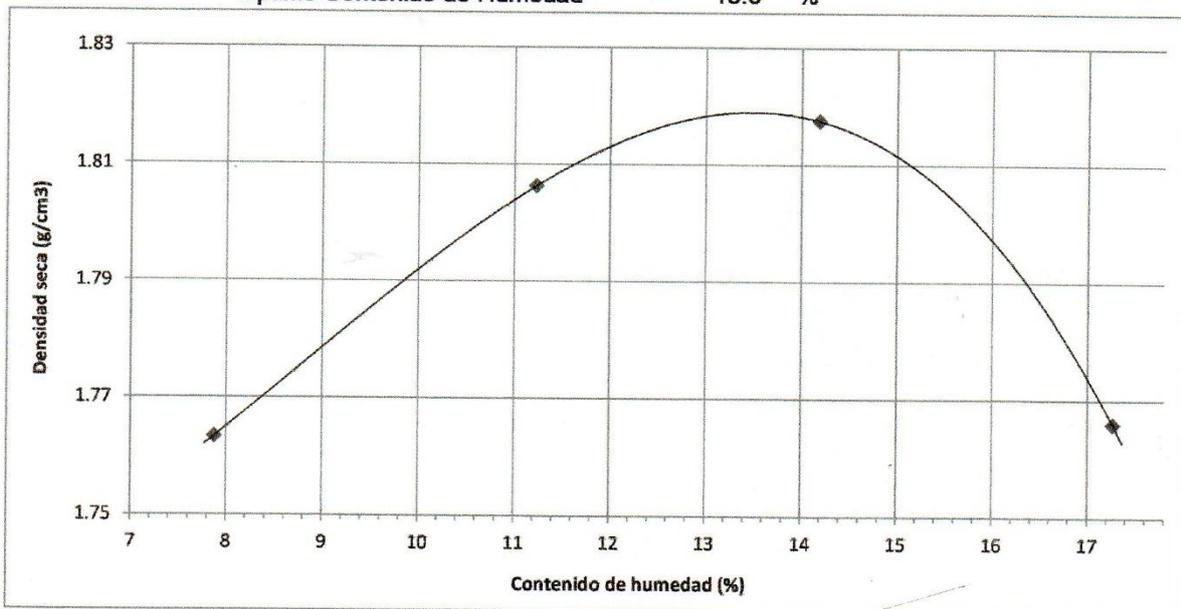
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 2.5% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.819 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.0 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*[Firma manuscrita]*  
Rivande Negra Oblitas Henrí  
TÉCNICO DE LABORATORIO

197

178



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

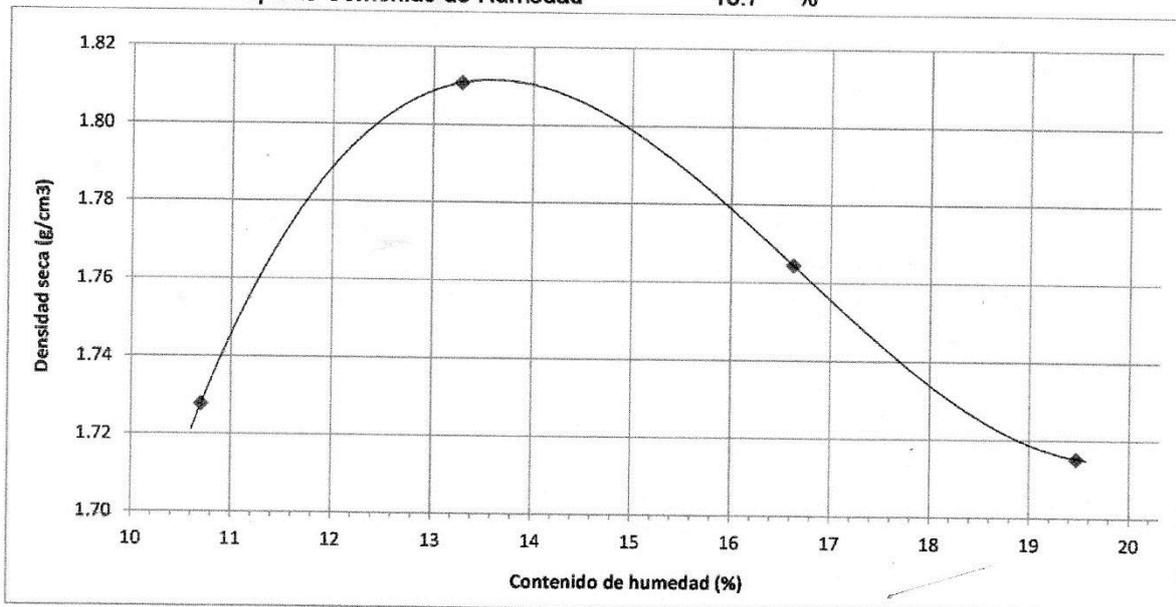
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 1.25% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.811 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.7 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

Rivendeyra Oblltas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

196

179



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

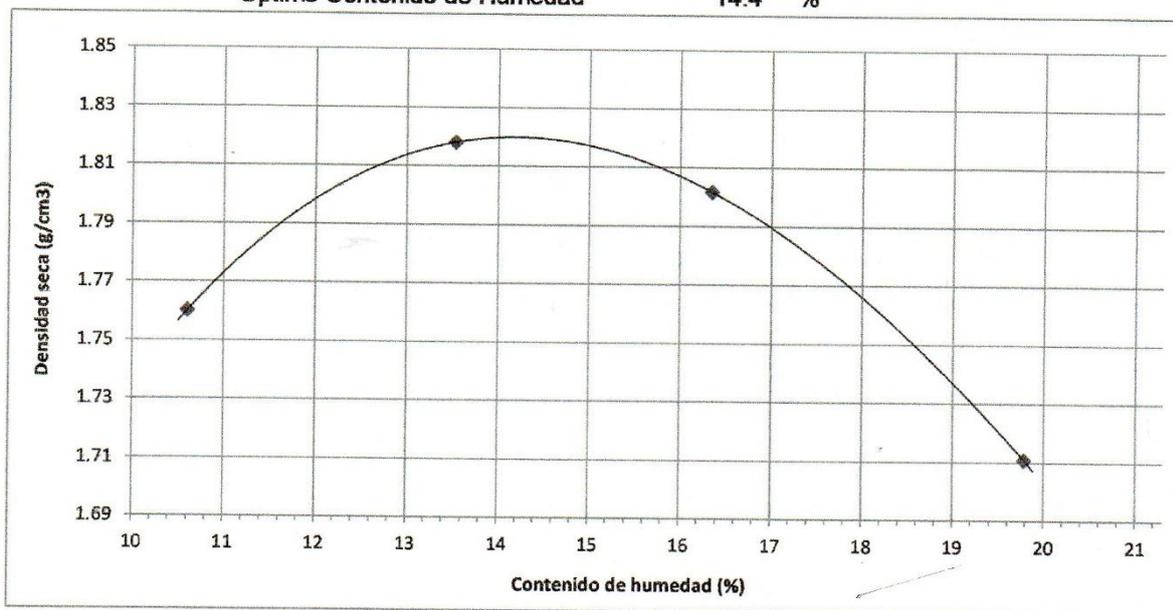
Muestra : M2 - 1.25% - 2.5"

Profundidad : 0.45 - 1.80 mts

Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.821 g/cm<sup>3</sup>

Óptimo Contenido de Humedad 14.4 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivendera Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

195

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

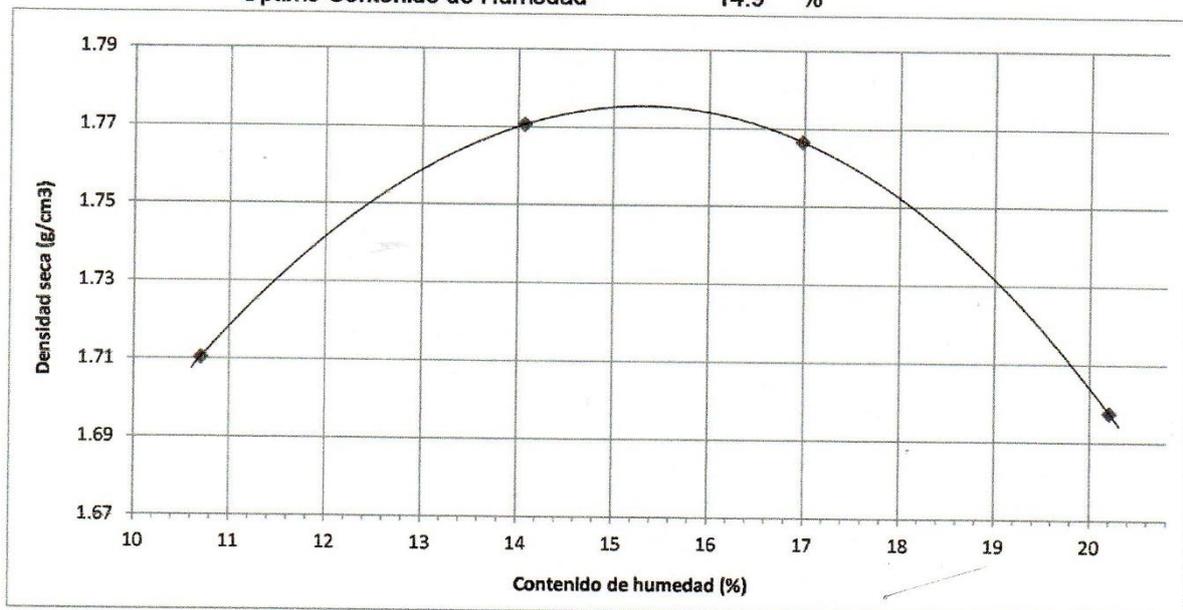
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 1.25% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.775 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.9 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

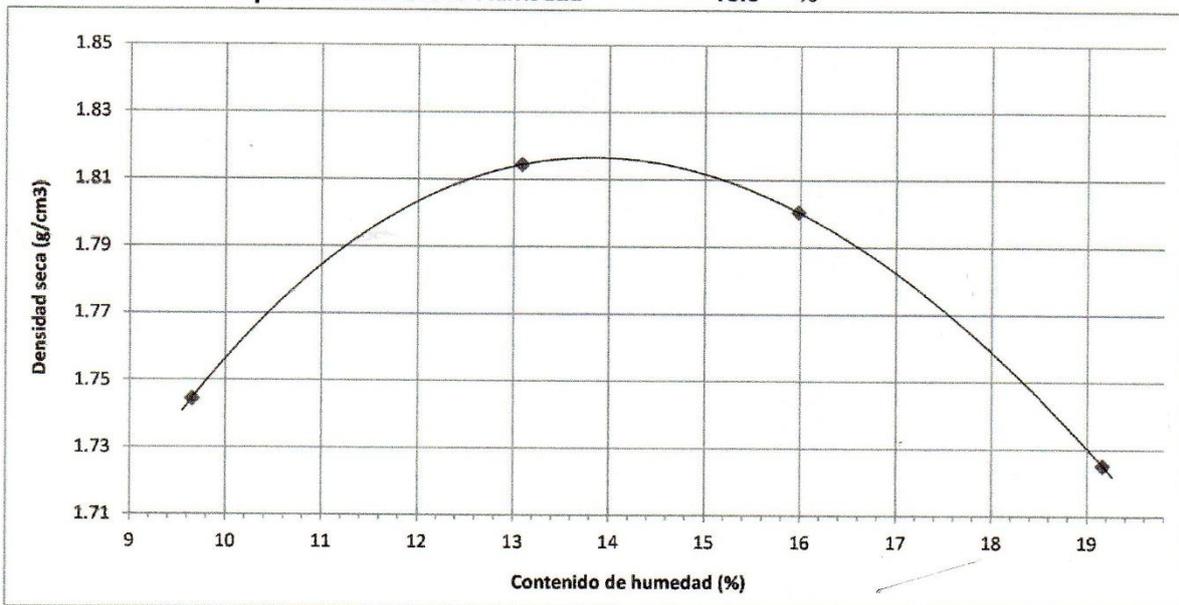
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pe<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 1.15% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.816 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 13.5 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

Rivendergía Obilitas Aenti  
TÉCNICO DE LABORATORIO

193

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

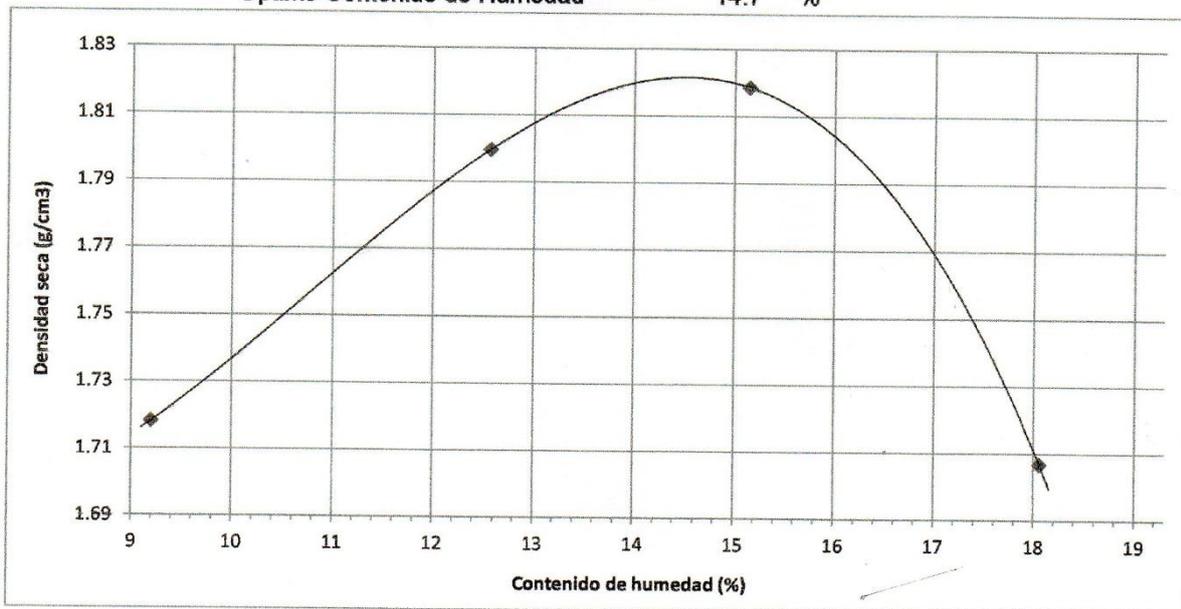
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pe<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 - 1.15% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.821 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.7 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Firma manuscrita]*  
Rivenderley Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

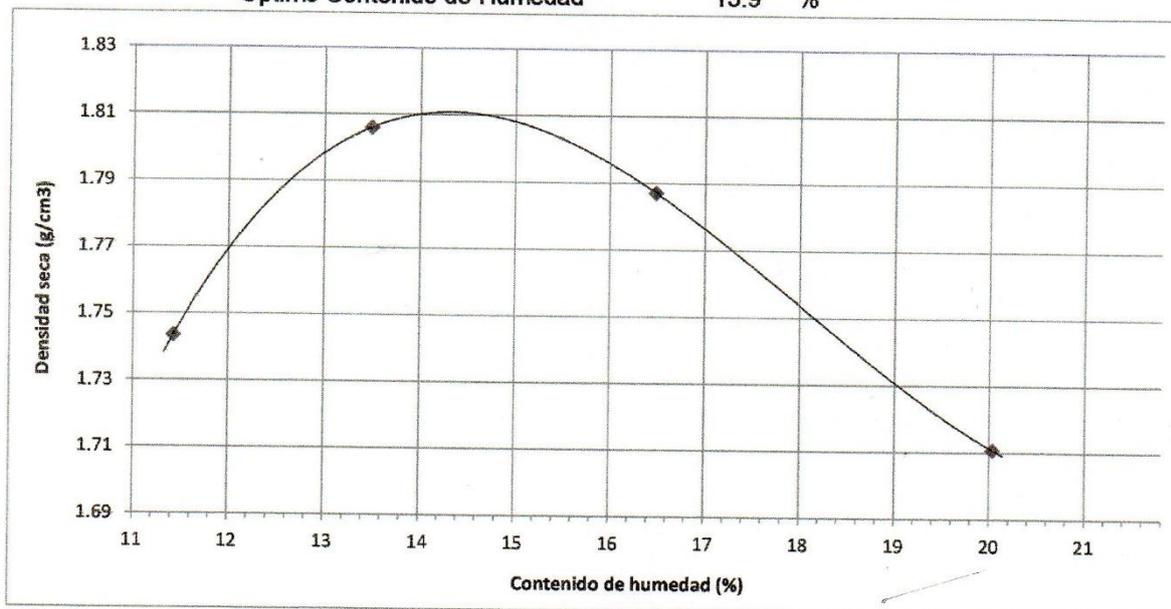
Muestra : M1 - 1.15% - 2.5"

Profundidad : 0.45 - 1.80 mts

Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.811 g/cm<sup>3</sup>

Óptimo Contenido de Humedad 13.9 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

  
Rivendeneza Obitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

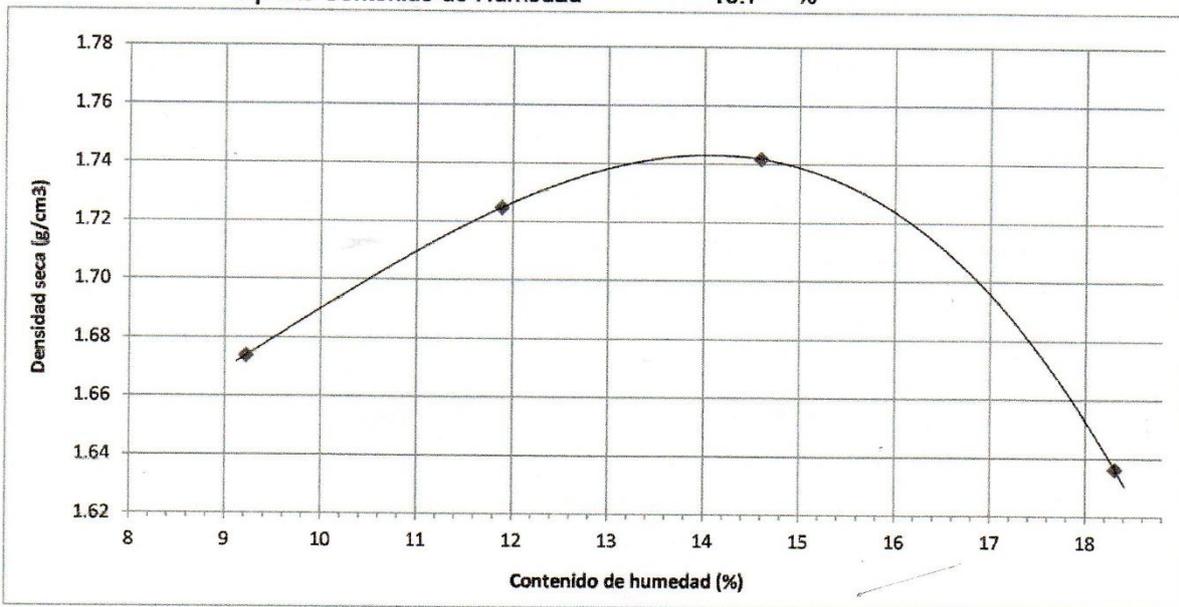
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 - 1.5% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.743 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 13.7 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

Rivandreyra Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

190



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

REFERENCIA : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

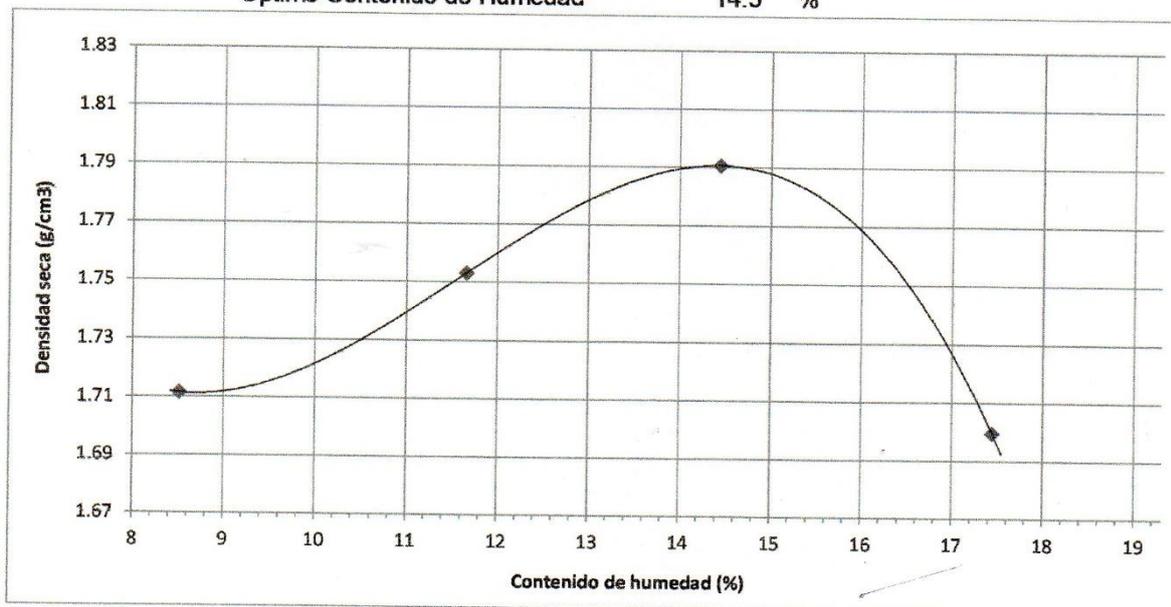
Muestra : M2 - 1.5% - 2.5"

Profundidad : 0.45 - 1.80 mts

Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.790 g/cm<sup>3</sup>

Óptimo Contenido de Humedad 14.5 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivadeneira Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

189

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

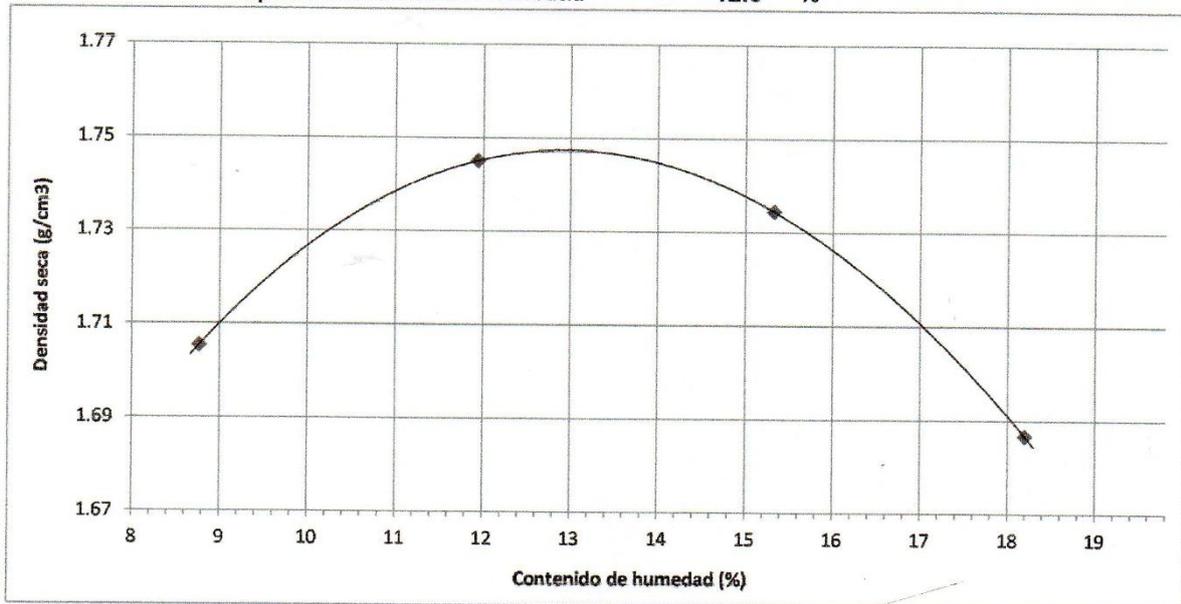
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 - 1.5% - 2.5"  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.747 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 12.5 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

  
Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

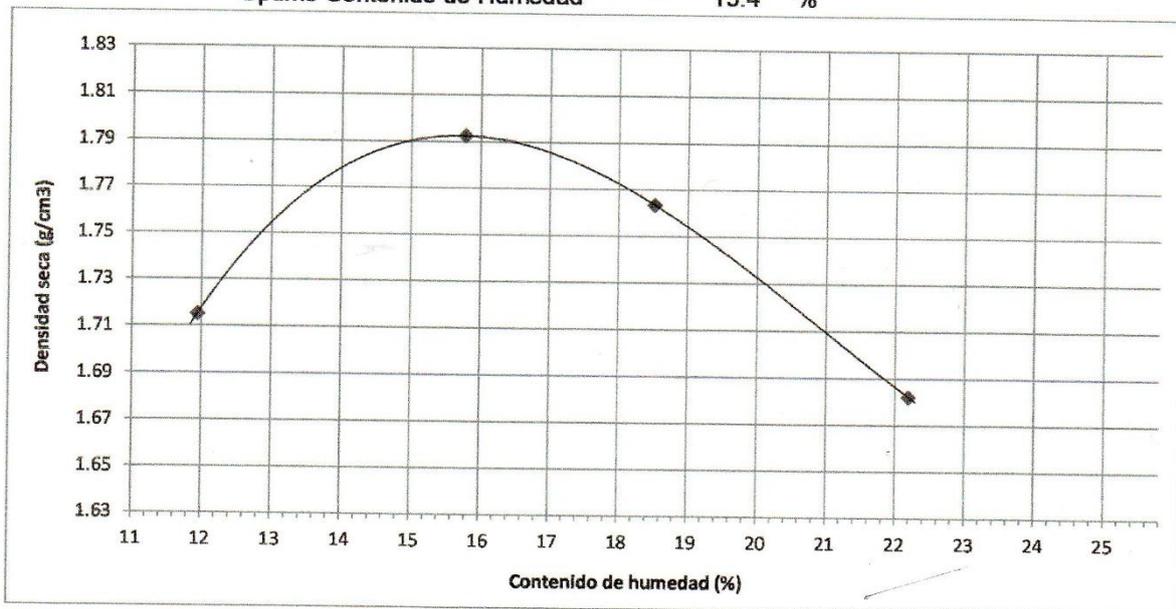
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 2.5" 1%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.793 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 15.4 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivindergra Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

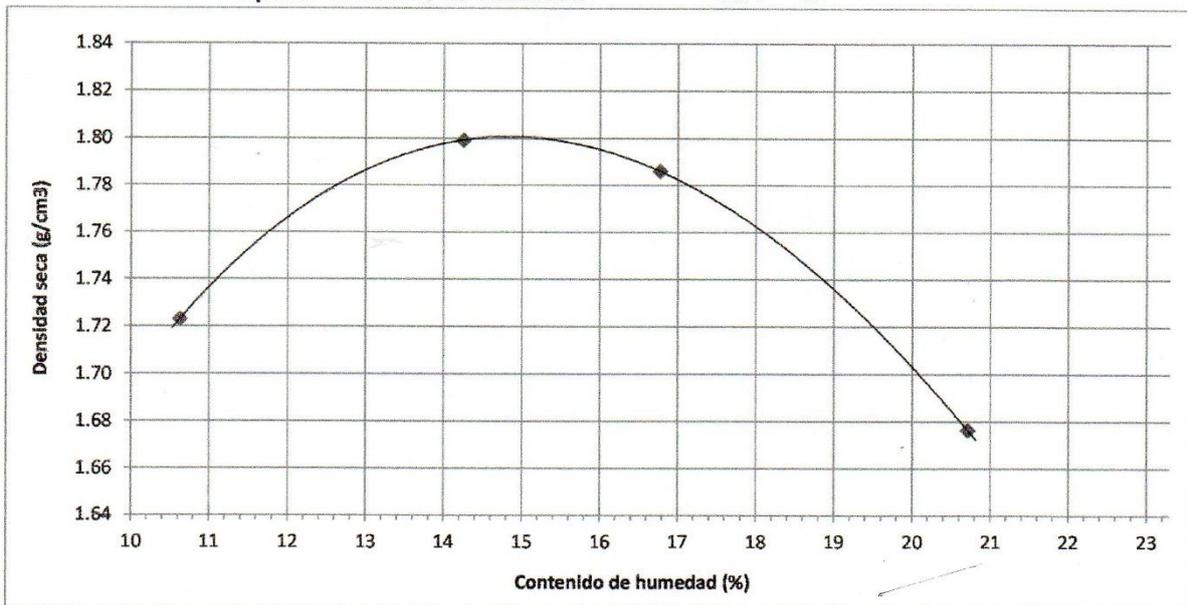
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 2.5" 1%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.800 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 15.1 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivendegra Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

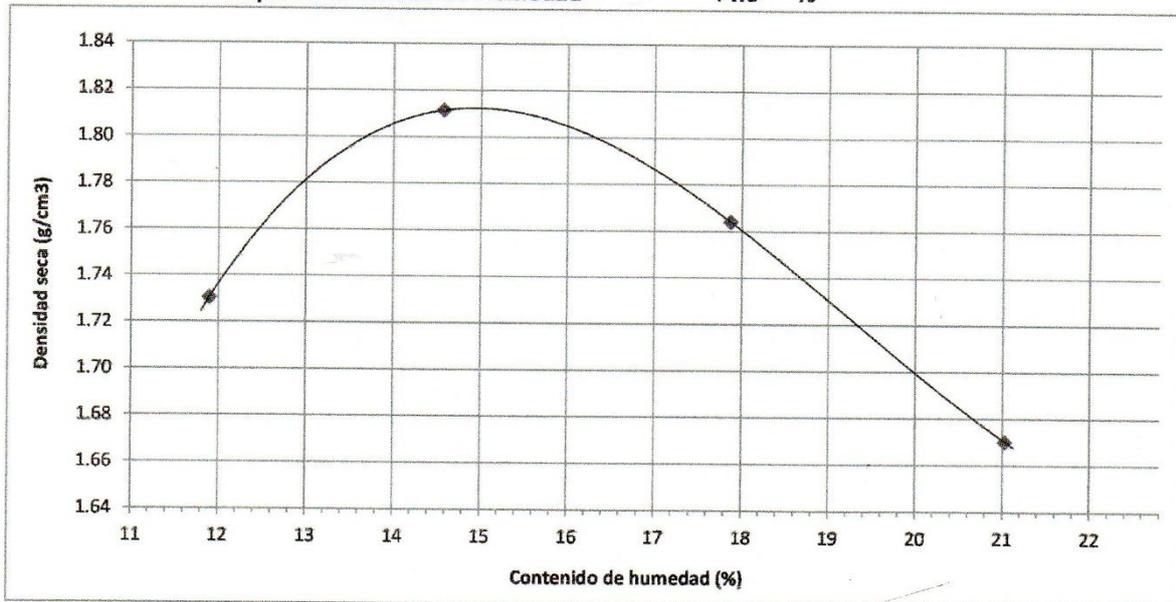
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 2.5" 1%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.812 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 14.5 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
 Rivaldo Negra Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

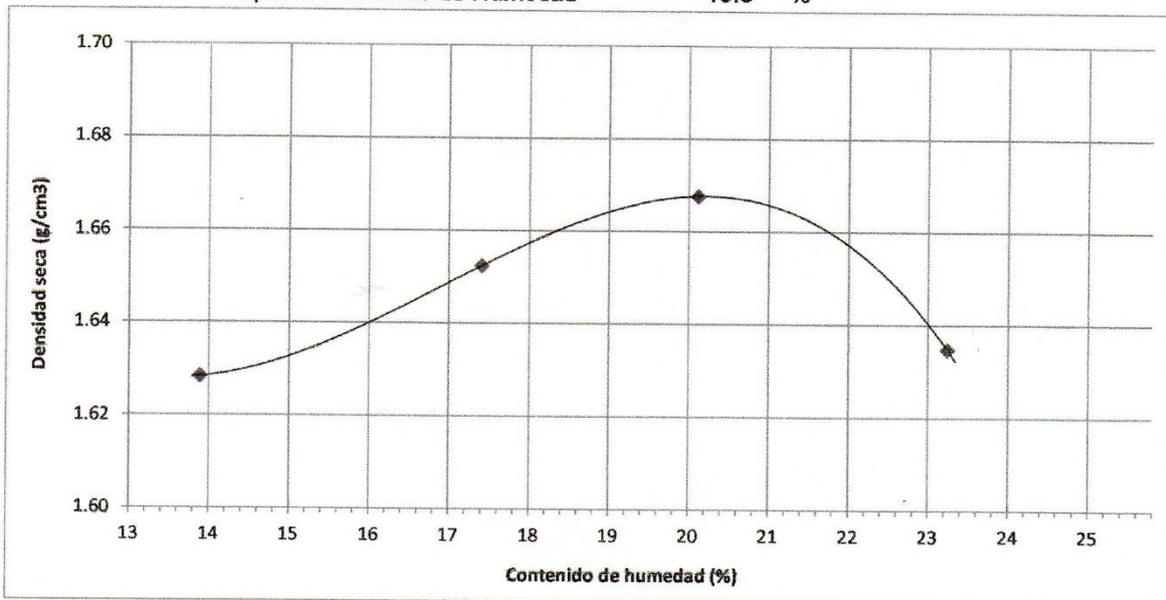
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1" 2.5%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.668 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 19.8 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
 Riva Obilias Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**ESCUELA** : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTAS** : Paola Imelda Flores León

**TESIS** : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

**UBICACIÓN** : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

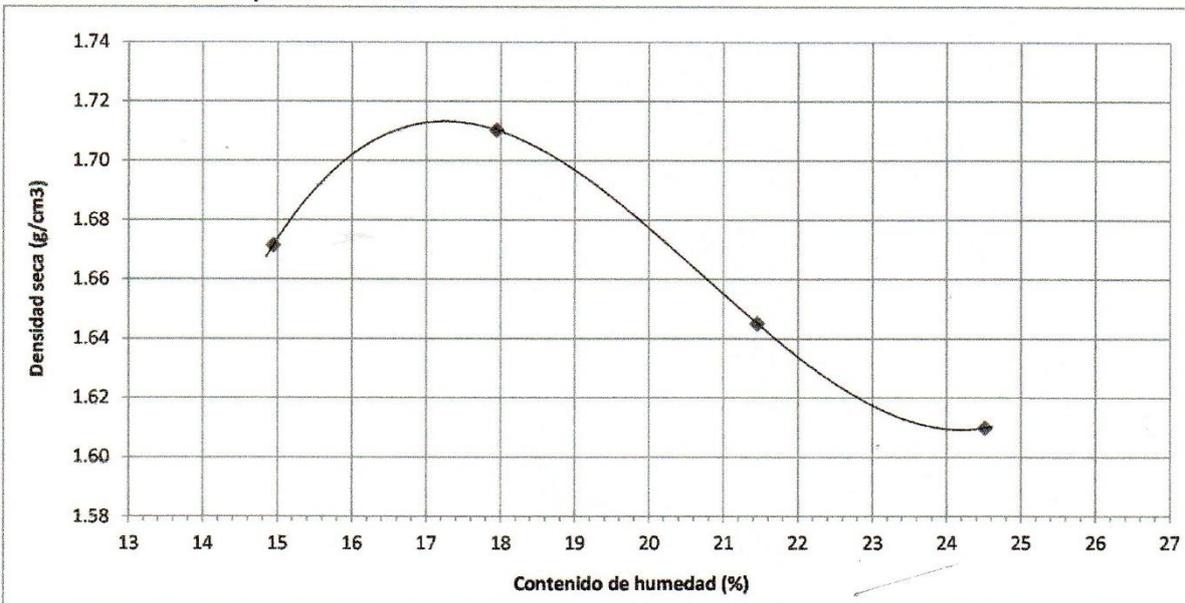
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1" 2.5%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.713 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 17.4 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*[Firma manuscrita]*  
Rivindrey Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

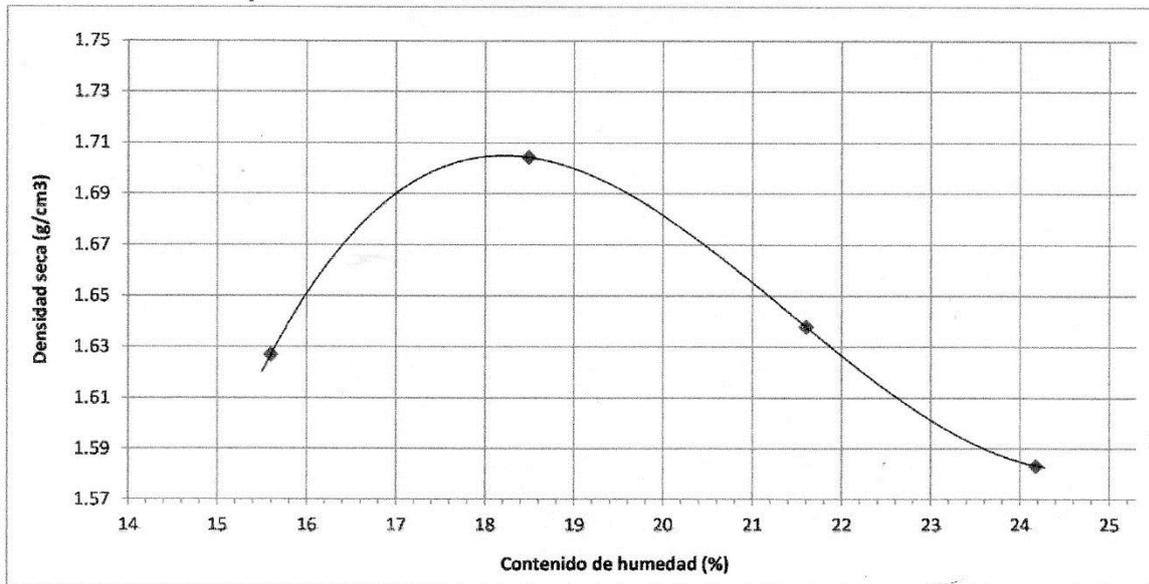
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1" 2.5%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.705 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 18.2 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

Rivaldo Regra Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

182

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

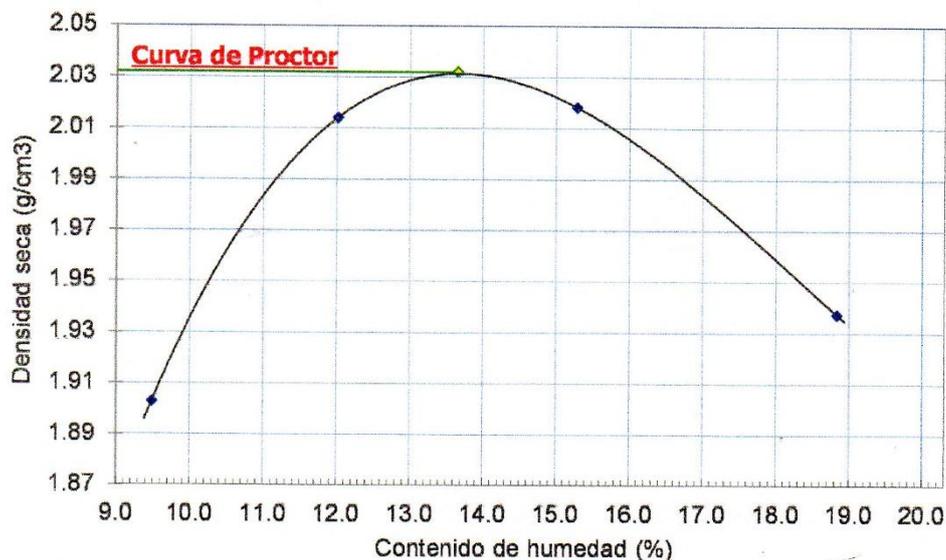
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1" 1.25%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 2.032 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 13.7 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Firma manuscrita]*  
 RIVINDO OBLITAS HENRY  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

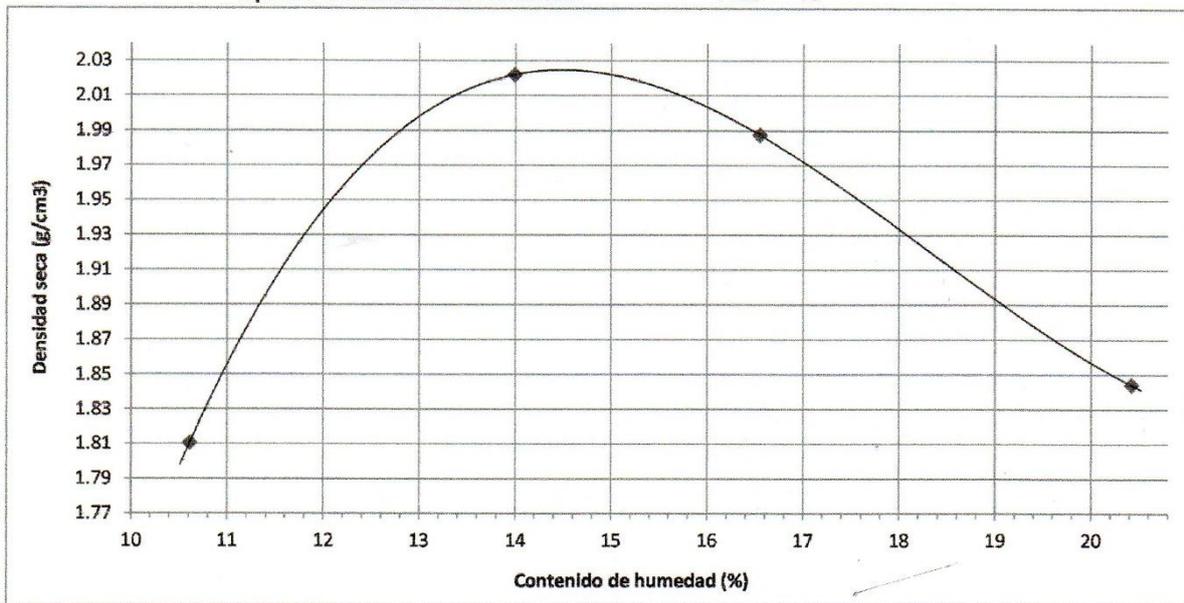
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1" 1.25%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 2.025 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 14.0 %



OBSEVACIONES : Método : "A"

  
 Rivaldo E. Obitas Jenty  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

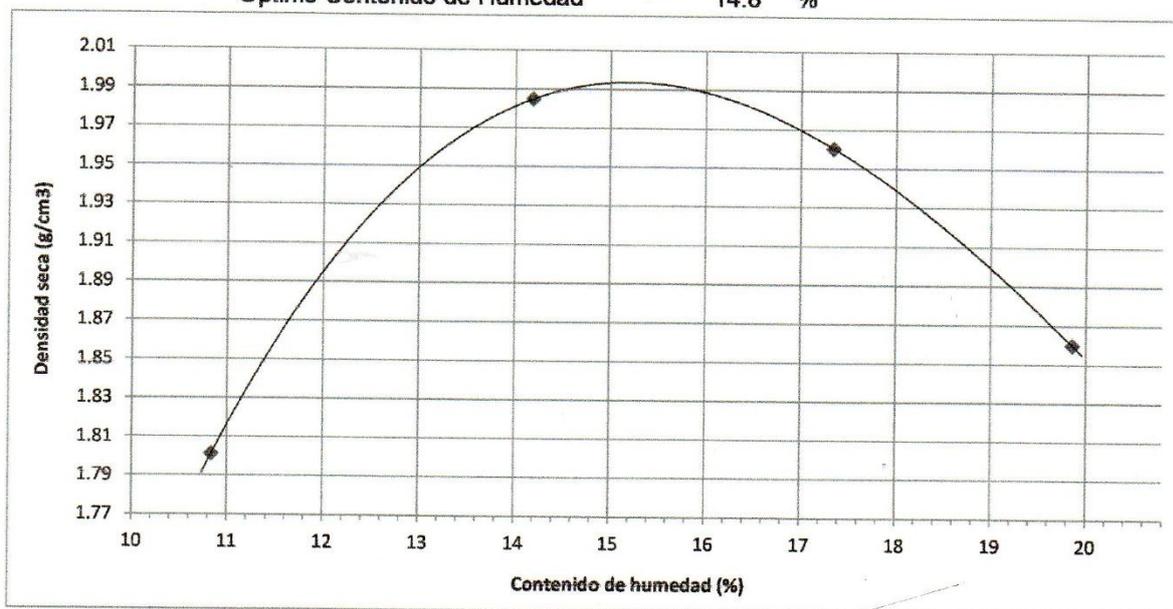
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1" 1.25%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.993 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 14.8 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*Rivadeneira Oblitas Henry*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

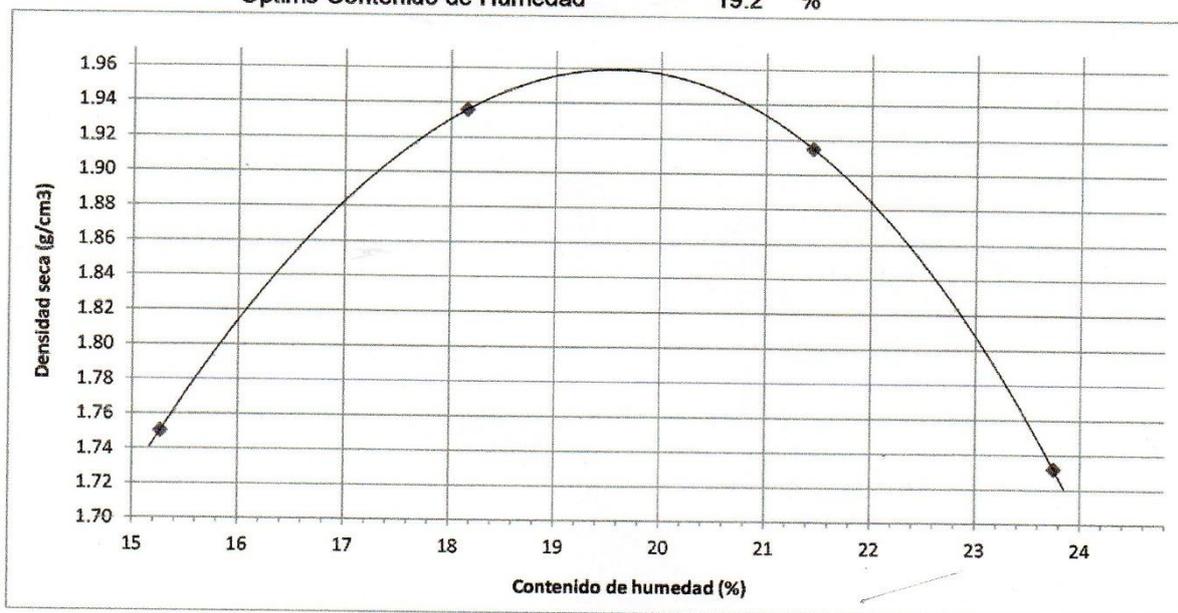
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1" 1.15%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.960 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 19.2 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivandería Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

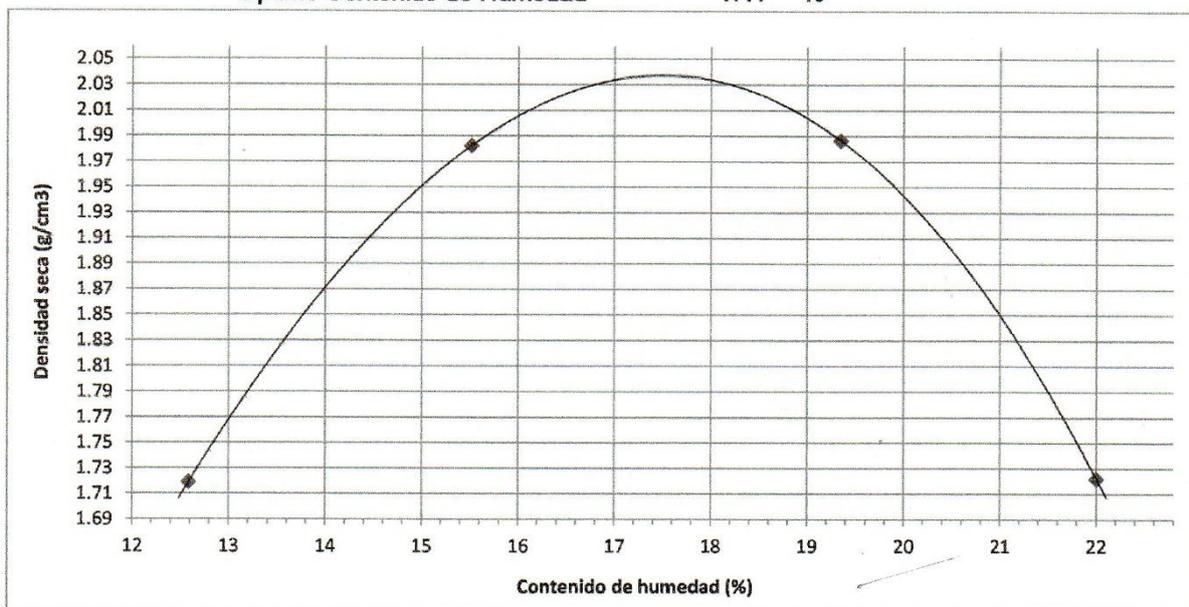
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1" 1.15%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 2.037 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 17.1 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

  
Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

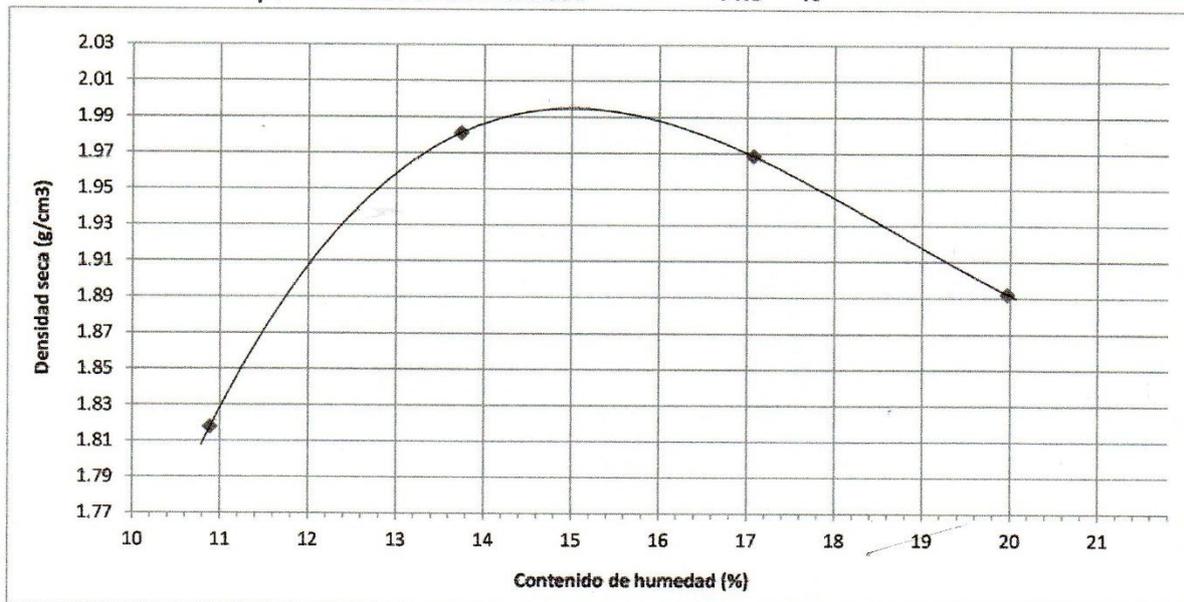
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1" 1.15%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.995 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.5 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

  
Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

**ESCUELA** : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTAS** : Paola Imelda Flores León

**TESIS** : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

**UBICACIÓN** : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

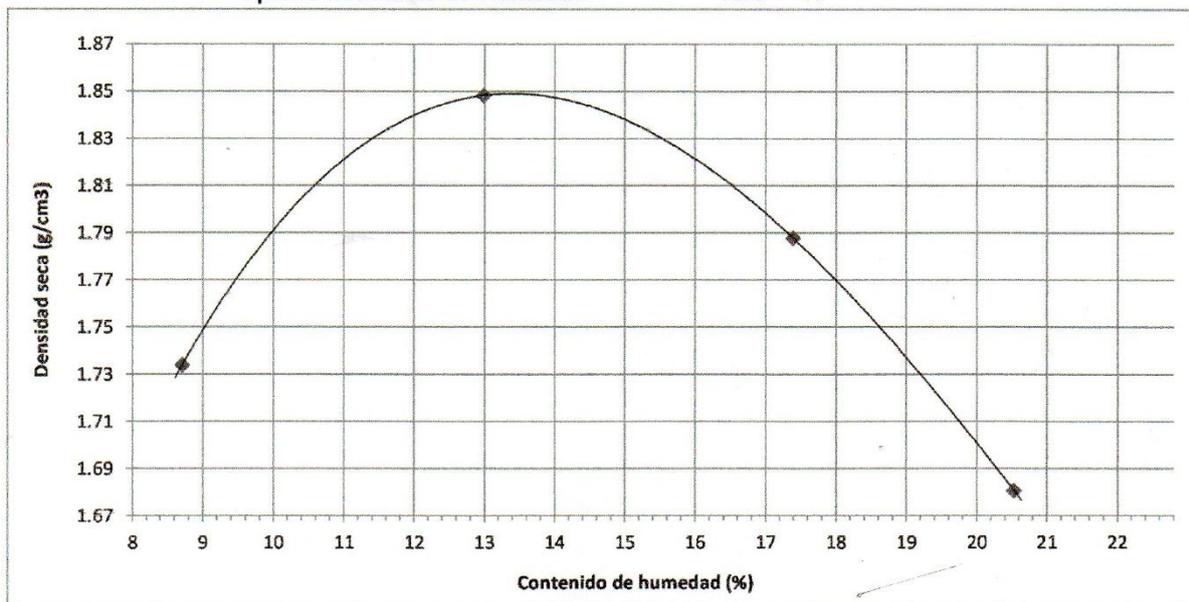
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1" 1.5%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.849 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 13.0 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivadeneira Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

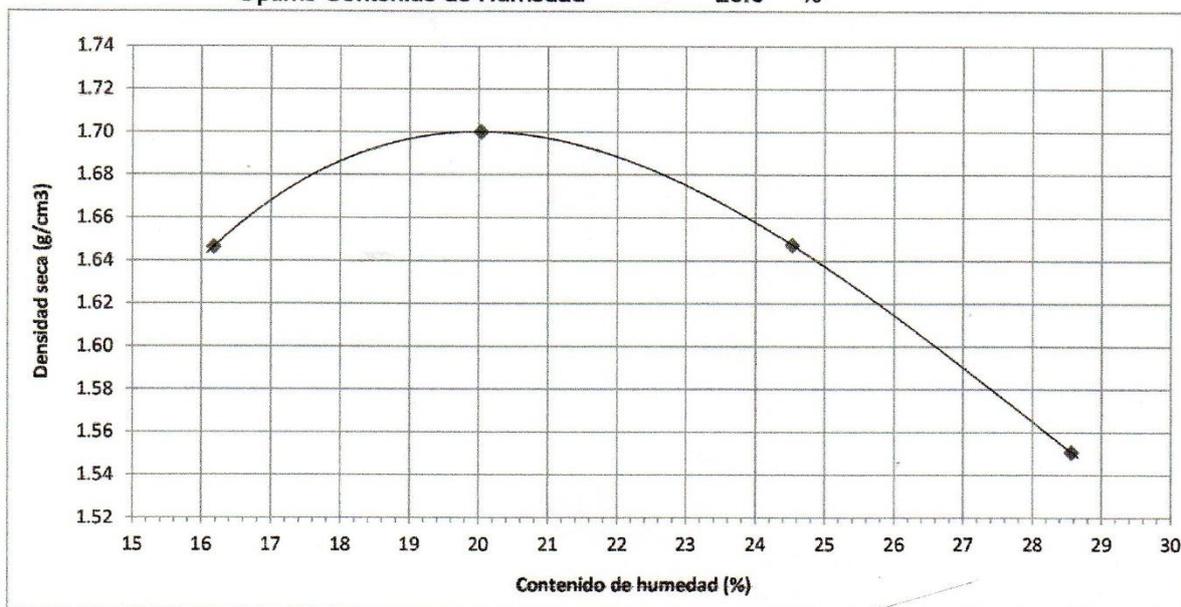
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1" 1.5%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.700 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.0 %



**OBSERVACIONES :** Método : "A"

*Rivadeneira Oblitas Henry*  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

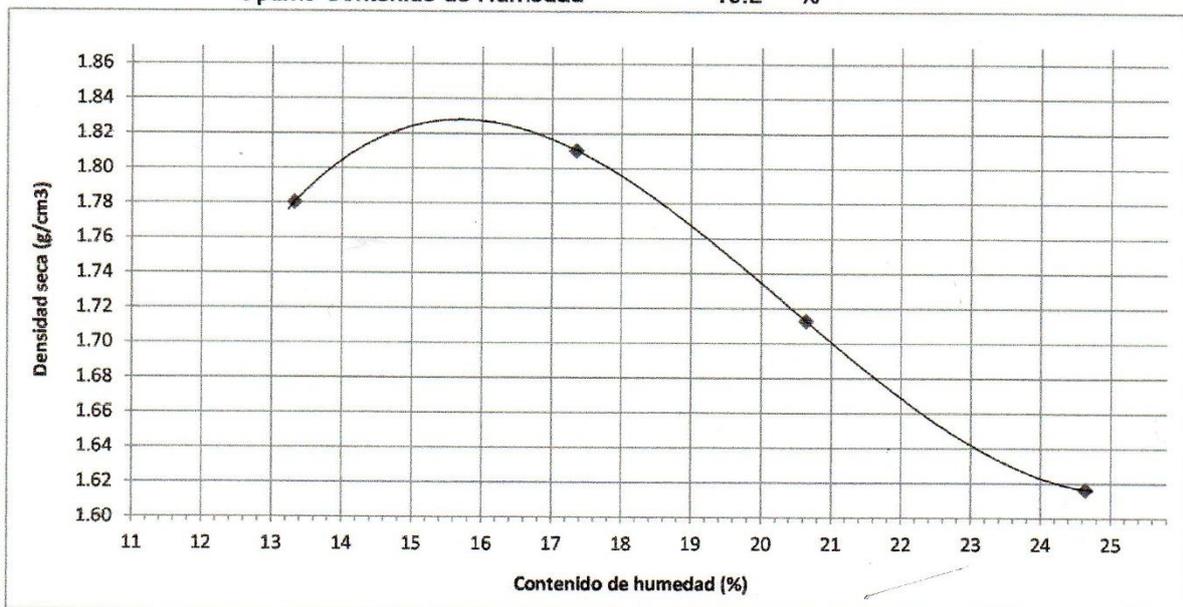
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1" 1.5%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.829 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 15.2 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Riviera Obilitas Henry*  
TECNICO DE LABORATORIO

173

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

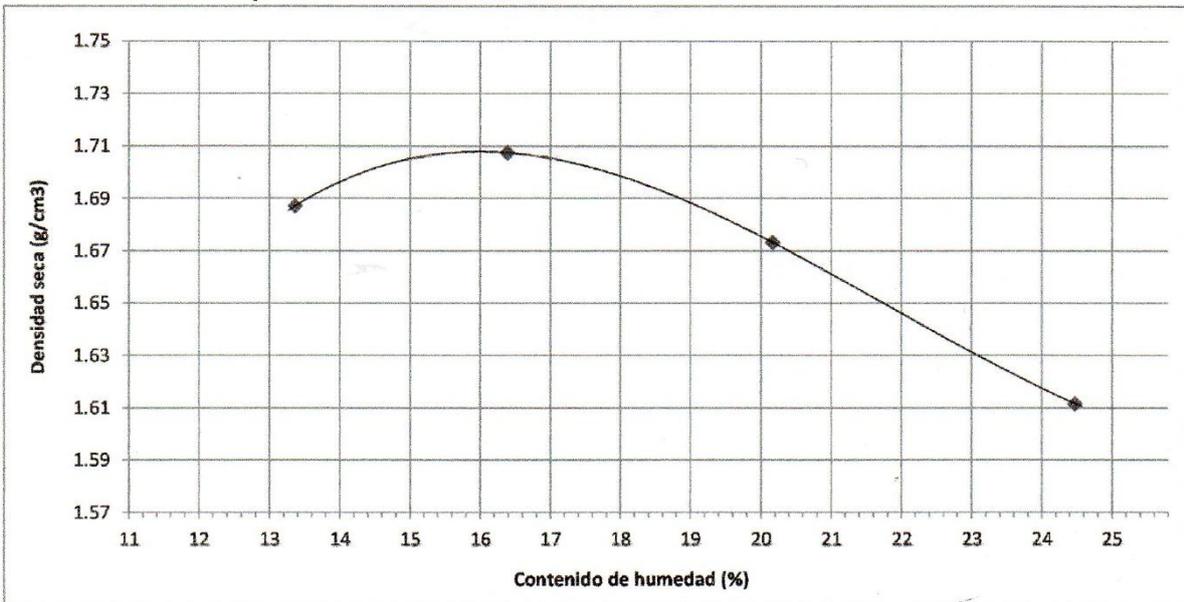
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1" 1%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.708 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 15.6 %



**OBSERVACIONES :** Método : "A"

  
 Rivaldo de la Cruz Oblitas Jenty  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y  
PAVIMENTOS  
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

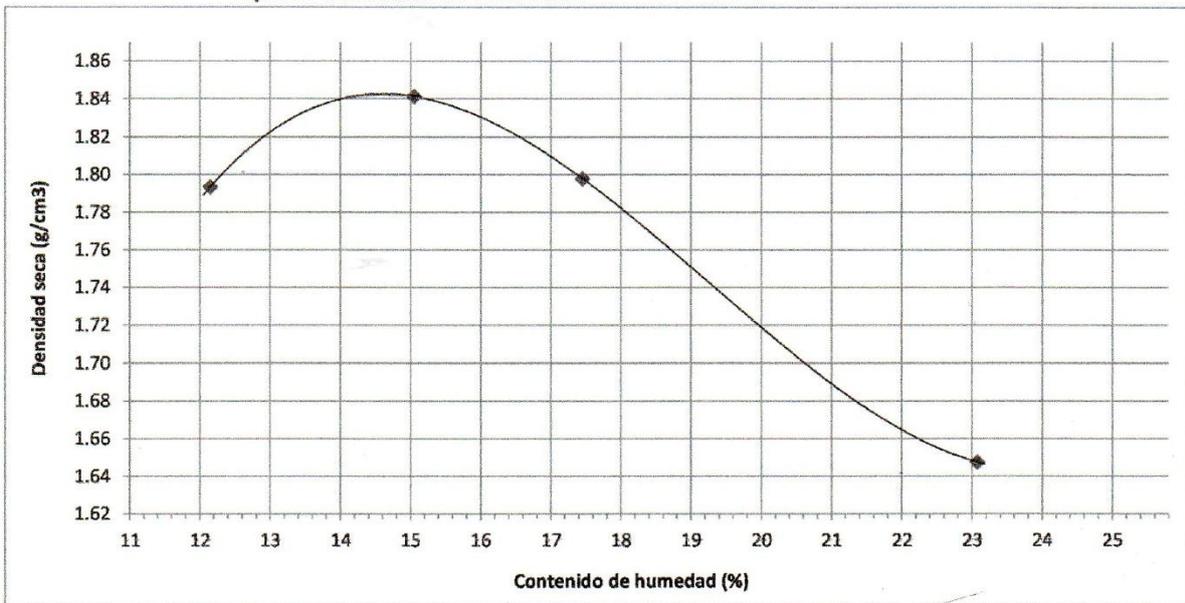
Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León  
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"  
UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))  
**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1" 1%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.844 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14.1 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

171

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

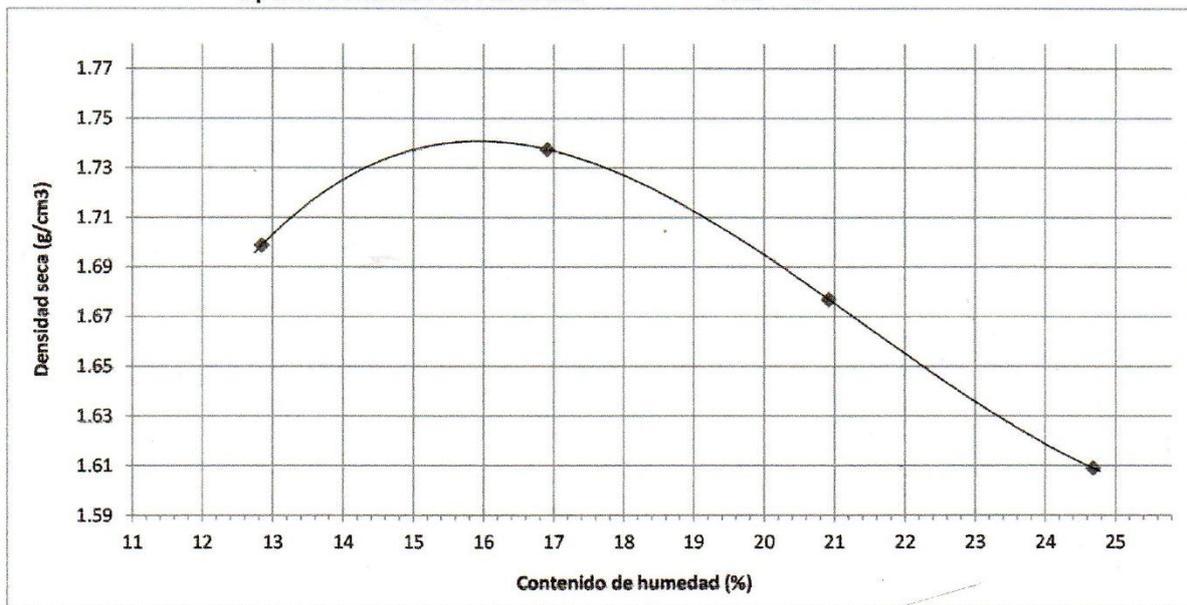
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1" 1%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.740 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 15.5 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
Rivendeliza Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

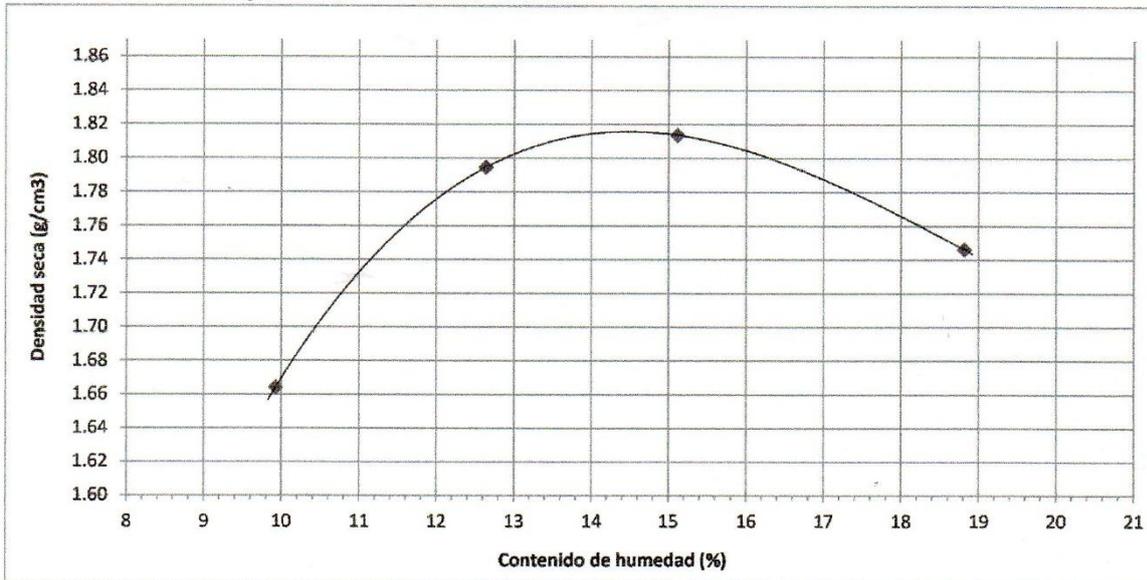
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M3 1/2" 1.25%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.815 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 14.6 %



OBSERVACIONES :

Método : "A"

*[Handwritten Signature]*  
 Rivede Obllitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y  
PAVIMENTOS

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

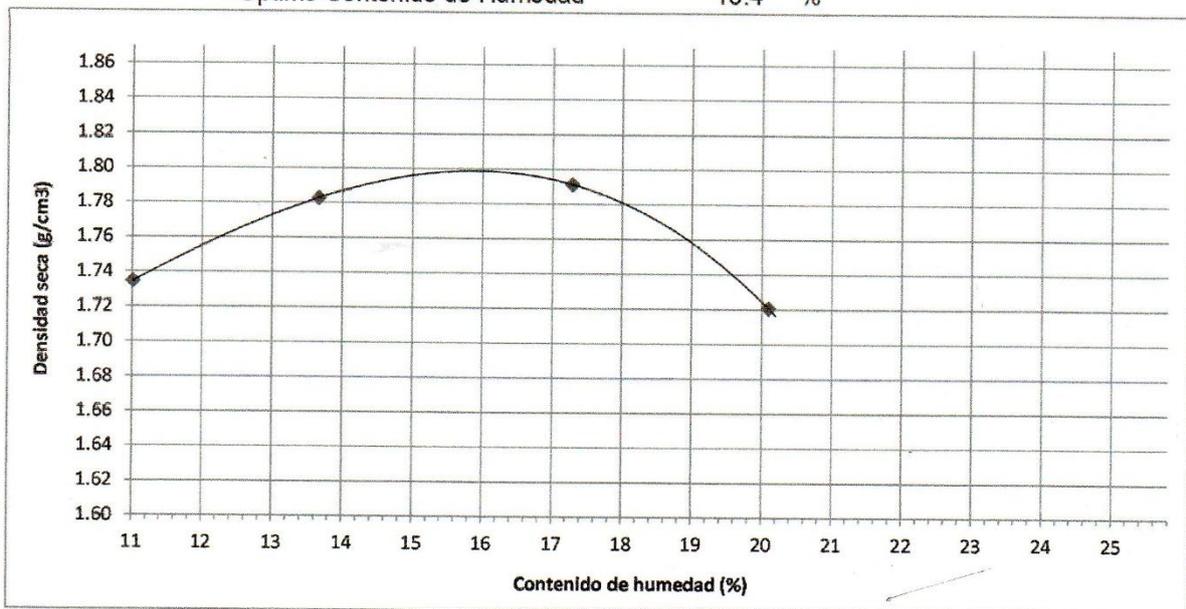
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1/2" 1.25%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.799 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 15.4 %



OBSEVACIONES :

Método : "A"

Rivadeneiro Ojitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

168

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

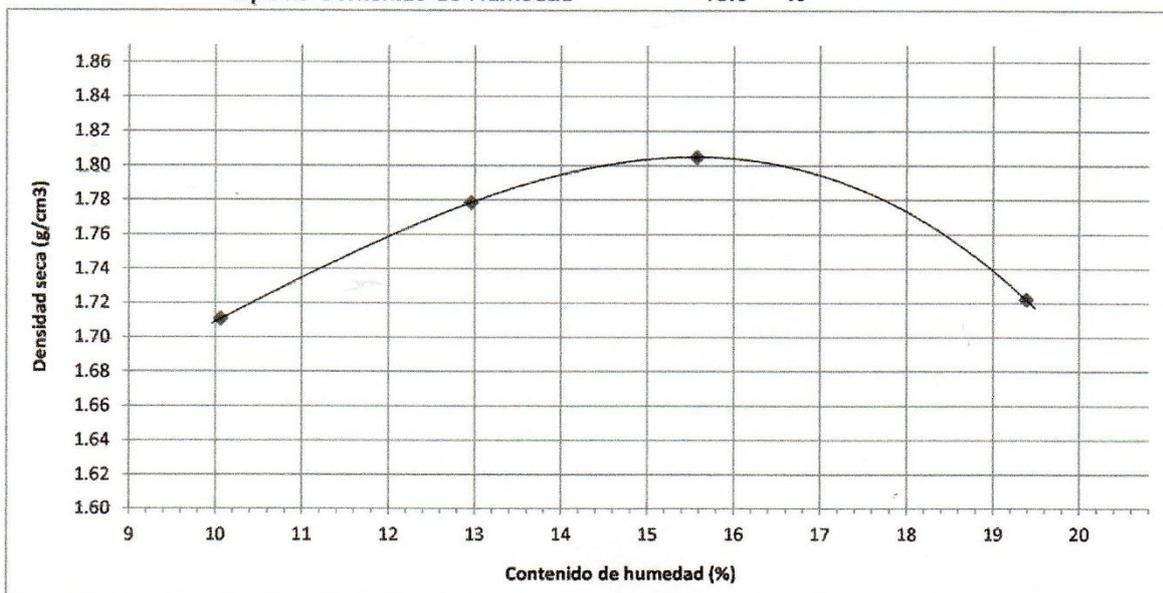
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1/2" 1.25%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.805 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 15.0 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

  
 Rivaldo Obispo Obispo Jentz  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

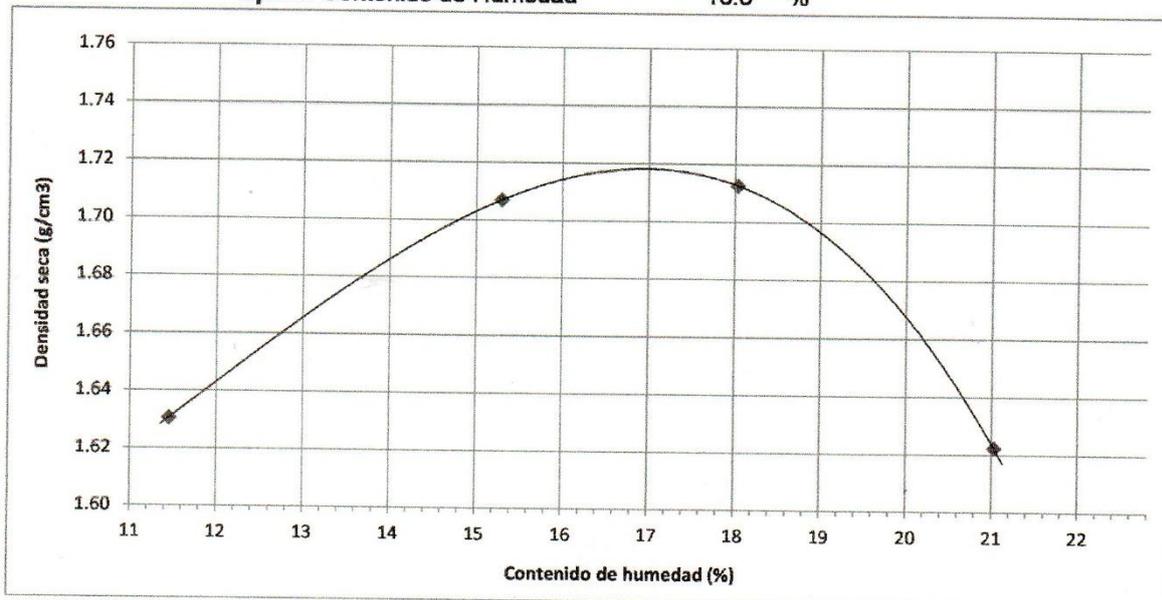
Muestra : M3 1" 1.15%

Profundidad : 0.45 - 1.80 mts

Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.719 g/cm<sup>3</sup>

Óptimo Contenido de Humedad 16.5 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivadeneira Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y**  
**PAVIMENTOS**

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

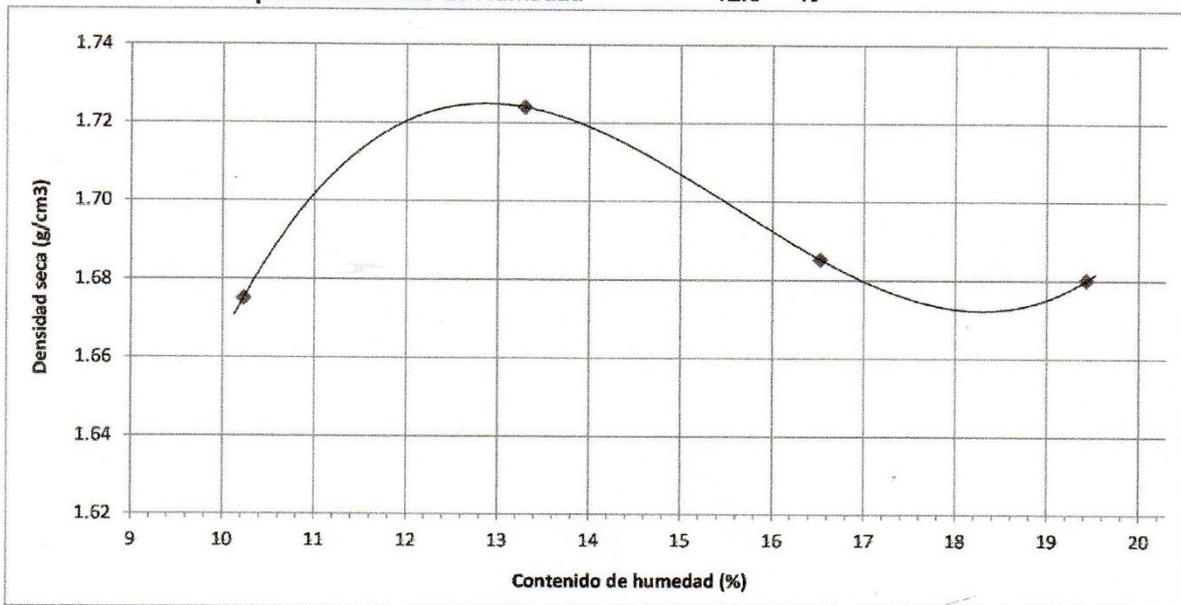
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M2 1/2" 1.15%  
Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca : 1.725 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 12.9 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

*Rivandergra Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

165

210

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019 "

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

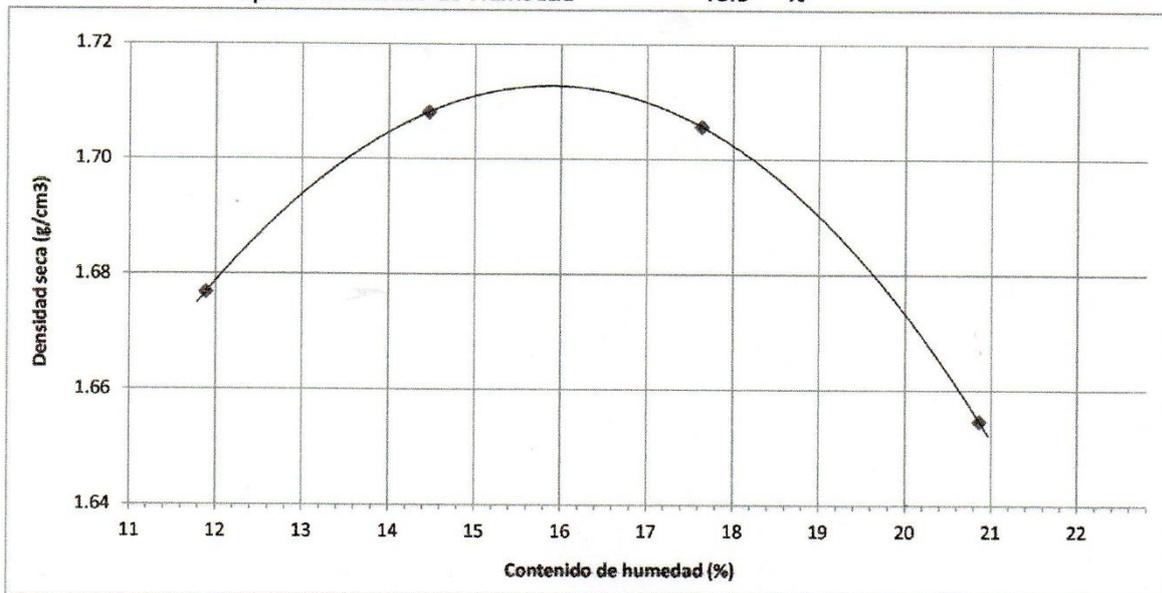
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : M1 1/2" 1.15%  
 Profundidad : 0.45 - 1.80 mts  
 Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1.712 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad 15.5 %



**OBSERVACIONES :** Método : "A"

Rivadeneira Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**  
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

Pág. 01 de 01

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
TESISTAS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

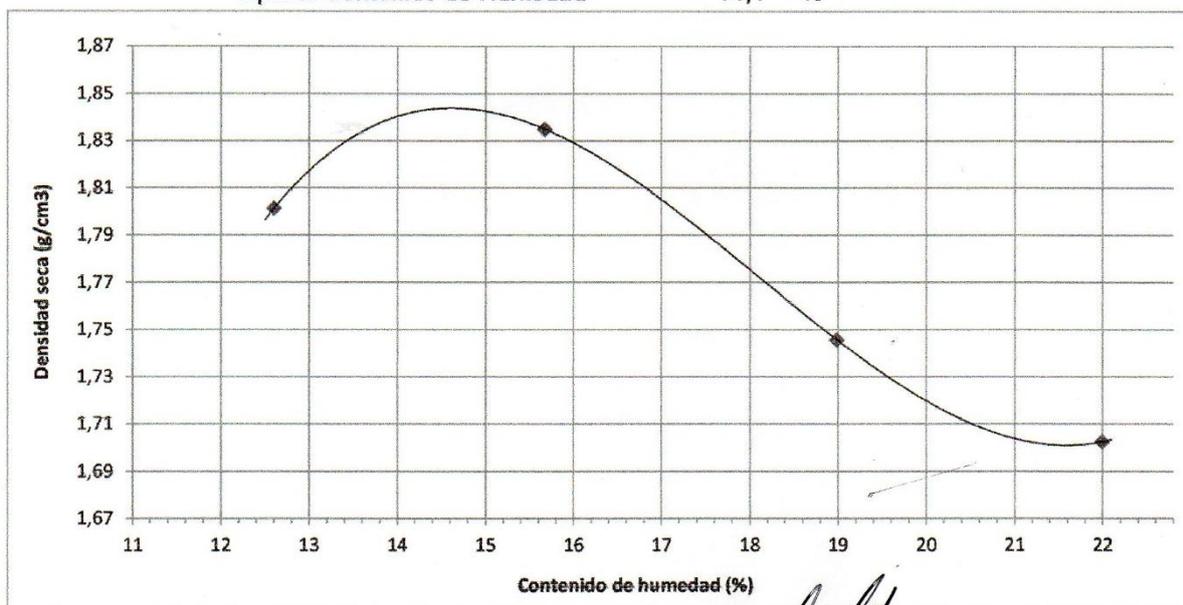
**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

**REFERENCIA** : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Según el solicitante la muestras es :

Muestra : Terreno Natural  
Profundidad : 0.95 - 1.50 mts  
Calicata : C-1

Máxima Densidad Seca 1,844 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad 14,1 %



**OBSERVACIONES :**

Método : "A"

163

Rivedenebra Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

# ANEXO 06 RESULTADOS DE ENSAYOS DE CBR



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

(Pág. 01 de 02)

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESISTAS : Paola Imelda Flores León

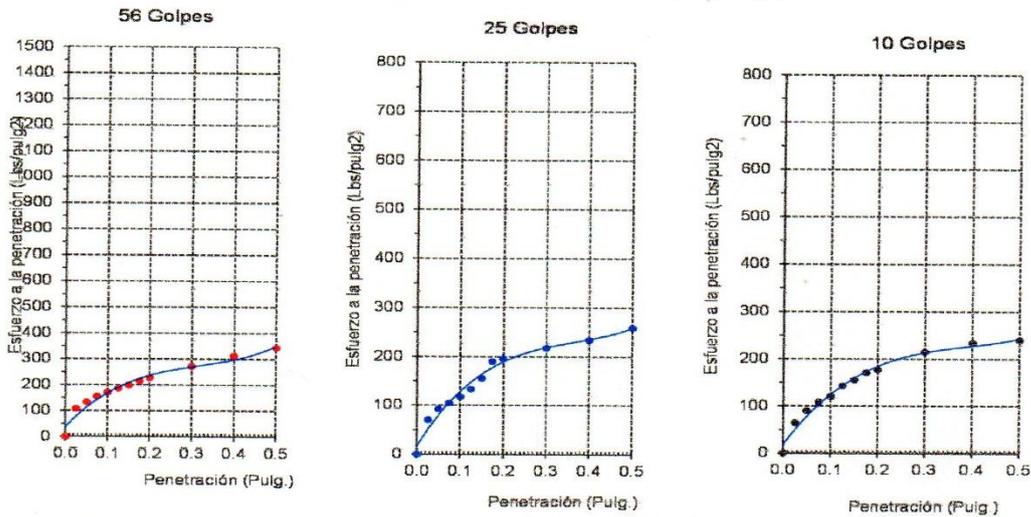
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

Ubicación : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra Muestra : Subrasante con PET de 1" al 1.25%  
 Profundidad : 1,00 a 1,80 m

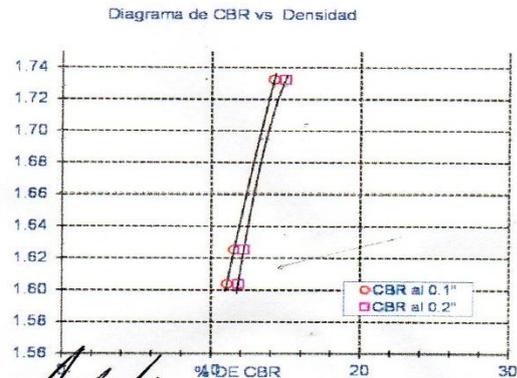
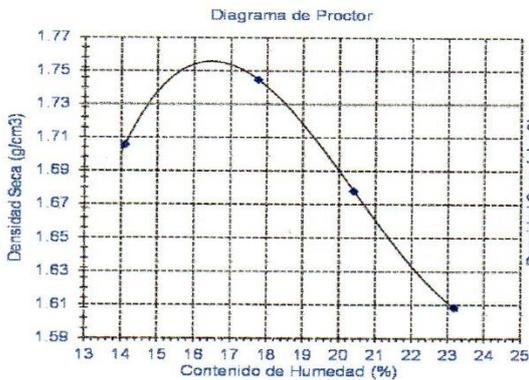
DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 10 golpes.



LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.756 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.5 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.2	1.733	80.0	0.1"	100	14.8
02	25	11.5	1.625	85.8	0.1"	95	12.5
03	10	11.1	1.604	70.9	0.2"	100	15.5
					0.2"	95	12.9



Rivadeneira Oblitas Jenny  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET PROVENIENTES DEL RECICLAJE DE BOTELLAS A LA SUBRASANTE DEL SUELO, EN EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA CLÍNICA USAT, 2018-2019"

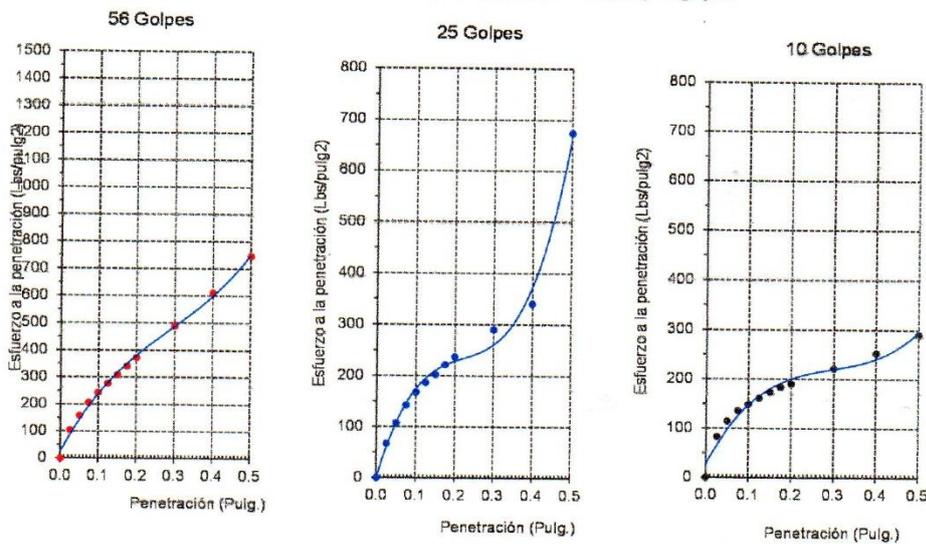
Ubicación : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

1E+09

Identificación de la muestra : Muestra : Subrasante con PET de 1" al 1.15%  
 Profundidad : 1,00 a 1,80 m

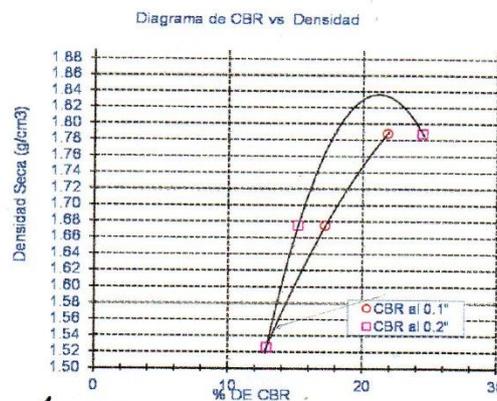
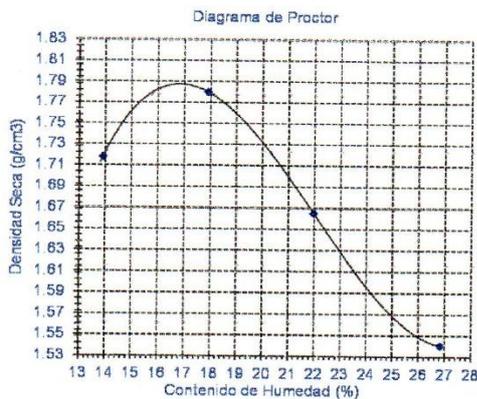
DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 10 golpes.



LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.788 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	17.0 %

Especimen	Número de golpes por capa	GBR (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	GBR a la penetración (Pulg.)	% de MDS	CBR (%)
01	56	21.8	1.788	41.6	0.1"	100	21.8
02	25	17.2	1.675	69.4	0.1"	95	17.9
03	10	12.9	1.526	63.3	0.2"	100	24.4
					0.2"	95	15.6



*[Handwritten Signature]*  
 RIVERA Obitas Henry  
 TECNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

(Pág. 01 de 02)

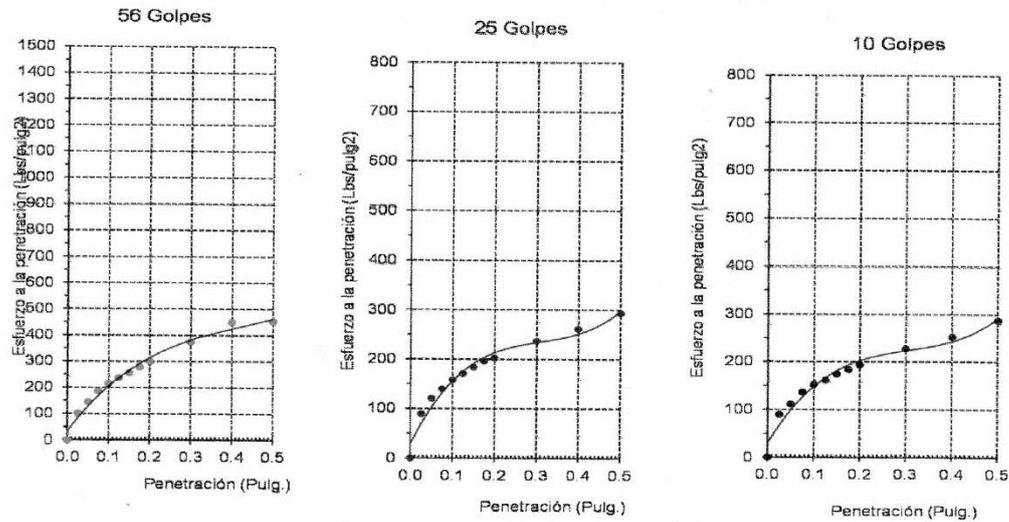
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Paola Imelda Flores León

UBICACIÓN : DISTRITO CHICLAYO, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra : Muestra : Terreno Natural  
 Profundidad : 1,00 a 1,80 m

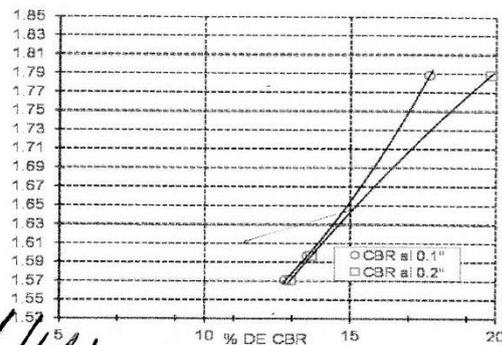
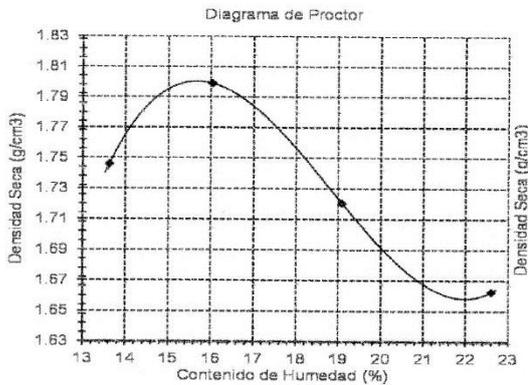
**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 10 golpes.**



LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.801 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.6 %

Especimen	Número de golpes por capas	CBR (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MOS	CBR (%)
01	56	17.7	1.788	59.2	0.1"	100	18.0
02	25	13.5	1.597	72.6	0.1"	95	16.9
03	10	12.6	1.571	73.8	0.2"	100	20.2
					0.2"	95	16.8



*Rivadeneira Oblitas Henry*  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**

## ANEXO 07 FIGURAS



Figura 36: Extracción de Muestras  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 37 Calicata N° 01  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 38 Calicata N° 02  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 39 Calicata N° 03  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 40 Muestra extraída de la Calicata N° 02  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 41 Botellas PET recolectadas para el proyecto  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 42: Ejecución de Granulometría  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 43: Ensayo de Proctor Modificado al Terreno Natural  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 44: Compactación de Ensayo de Proctor Modificado de Terreno Natural  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 45: Ensayo de Proctor Modificado a Terreno Natural  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 46: Homogeneidad de la muestra extraída  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 47: Copa de Casagrande  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 48: Preparación para Proctor Modificado  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 49: Tiras de Plástico PET dosificadas en peso  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 50: Dosificación de PET en peso  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 51: PET dosificado en peso de 1 pulgada  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 52: Mezclado de PET con suelo arcilloso  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 53: Suelo arcilloso con PET de 1" al 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 54: Mezclado con humedad del 10% para Proctor Modificado al 1% de PET de 1"  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 55: Ensayo de Proctor Modificado con 1" al 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 56: Compactación de Proctor de 1" al 1.5%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 57: Mezcla con poca trabajabilidad con 1" al 1.5%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 58: Muestras para conocer el contenido de humedad  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 59 Mezcla de PET de 2.5% 1.5%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 60 PET de 2.5" 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 61 Mezcla con PET 1" 2.5%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 62 Ensayo de Proctor Modificado con PET 1" 2.5%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 63 Mezcla con PET 4" 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 64 Molde de Proctor Modificado con PET 4" 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 65 Preparación Mezcla con PET 4" 1.25%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 66 PET de 4" al 1%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 67 Mezcla con PET 4" al 1.25%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 68 PET de 1/2" al 1.15%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 69 Molde de Proctor con PET 4" al 1.25%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 70 Mezcla de PET 4" 1.25%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 71 Moldes para ensayo de CBR  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 72 Proceso de Ensayo de CBR a Terreno Natural  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 73 Compactación de Ensayo de CBR a Terreno Natural  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 74 Ensayo de CBR a Terreno con Adición de PET de 1" al 1.15%  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 75 Preparación de Muestra de CBR para Sumergir  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 76 Muestra para ensayo de CBR lista para Sumergir  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 77 Muestras Naturales y con PET de 1" al 1.25% y 1.15% en Poza  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 78 Medición de Asentamiento a las Muestras  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 79 Muestras de CBR para Penetración  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 80 Máquina para Penetración de CBR  
Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 07: TABLAS

Tabla 71: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Enero

N°	Tipo de Residuo	Fecha: <b>ENERO ZONAS 2017</b>			Fecha: <b>ENERO REAL PLAZA 2017</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)	Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1080.9	0.50	540.45	108	0.50	54.00
2	Papel periódico	736.5	0.20	147.30	61	0.20	12.20
3	Papel Mixto (color)	935.2	0.25	233.80	256	0.25	64.00
4	Papel Cauche			-			
5	Papel film	173.5	1.10	190.85	35	1.10	38.50
6	Cartón marrón			-			
7	Cartón blanco			-			
8	Cartón mixto	3420.8	0.25	855.20	4316	0.25	1,079.00
9	Vidrio blanco	329	0.10	32.90			
10	Vidrio marrón			-			
11	Vidrio verde			-			
12	Plástico PET (Tetrafelato de polietileno)	1352.4	0.70	946.68	542	0.70	379.40
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)	908.1	1.10	998.91	368	1.10	404.80
14	PVC (Policloruro de vinilo)	3	0.30	0.90			
15	PEBD o LDPE (Polietileno de baja densidad)	30	0.60	18.00			
16	PP (Polipropileno)	7.9	1.50	11.85	2.5	1.50	3.75
17	PS (Poliestireno)			-			
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)			-			
19	Cartón Multilaminado de leches y jugos(Tetra Pak)			-			
20	Latas	1253.5	0.40	501.40	129	0.40	51.60
21	Aluminio	11.4	3.00	34.20	1	3.00	3.00
22	Fierro			-			
23	Policarbonato (Cds)	3	0.20	0.60			
24	Bronce			-			
<b>TOTAL</b>		<b>10245.2</b>		<b>4,513.04</b>	<b>5818.5</b>		<b>2,090.25</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 72: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Febrero

Distrito: Chiclayo							
N°	Tipo de Residuo	Fecha: <b>ZONAS FEBRERO 2017</b>			Fecha: <b>REALPLAZA FEBRERO</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)	Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1020.2	0.50	510.10	144	0.50	72.00
2	Papel periódico	1041	0.20	208.20	541	0.20	108.20
3	Papel Mixto (color)	775	0.25	193.75	790	0.25	197.50
4	Papel Cauche	3	0.25	0.75			-
5	Papel film	198.8	1.00	198.80	67	1.10	73.70
6	Cartón marrón			-			-
7	Cartón blanco			-			-
8	Cartón mixto	3228	0.20	645.60	5208	0.25	1,302.00
9	Vidrio blanco	141.8	0.10	14.18			-
10	Vidrio marrón			-			-
11	Vidrio verde			-			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de polietileno)	1620	0.60	972.00	326	0.60	195.60
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)	914.5	1.00	914.50	212	1.10	233.20
14	PVC (Policloruro de vinilo)	5	0.40	2.00			-
15	PEBD o LDPE (Polietileno de baja densidad)			-			-
16	PP (Polipropileno)	50.5	1.50	75.75	13.6	1.50	20.40
17	PS (Poliestireno)	2.5	0.70	1.75			-
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)			-			-
19	Cartón Multilaminado de leches y jugos tetra pack			-			-
20	Latas	1255	0.40	502.00	235	0.40	94.00
21	Aluminio	22.2	3.00	66.60	12.5	3.00	37.50
22	Fierro	4	0.40	1.60			-
23	Policarbonato (Cds)	15	0.20	3.00			-
24	Bronce	1.8	8.00	14.40			-
<b>TOTAL</b>		<b>10298.3</b>		<b>4,324.98</b>	<b>7549.1</b>		<b>2,334.10</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 73: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Marzo

N°	Tipo de Residuo	TOTAL ZONA MARZO 2017			TOTAL REAL PLAZA MARZO 2017		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)	Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1962	0.50	1,091.00	417	0.50	208.50
2	Papel periódico	2529	0.20	563.40	148	0.20	29.60
3	Papel Mixto (color)	2398.5	0.25	695.88	276	0.25	69.00
4	Papel Cauche	224	0.25	63.50			-
5	Papel film	290.9	1.00	292.90	21	1.10	23.10
6	Cartón marrón	0		-			-
7	Cartón blanco	0		-			-
8	Cartón mixto	9733	0.20	2,163.20	940	0.25	235.00
9	Vidrio blanco	59	0.10	5.90			-
10	Vidrio marrón	0		-			-
11	Vidrio verde	0		-			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de polietileno)	2829.5	0.60	1,800.90	91	0.60	54.60
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)	1900.5	1.00	2,110.00	49	1.00	49.00
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	415	0.20	108.80			-
15	PEBD o LDPE (Polietileno de baja densidad)	1	0.70	0.70			-
16	PP (Polipropileno)	105.8	1.50	162.00	4.3	1.50	6.45
17	PS (Poliestireno)	24	0.70	16.80	76	0.60	45.60
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)	52.5	0.70	35.35			-
19	Cartón Multilaminado de leches y jugos (Tetra Pak)	0		-			-
20	Latas	2702	0.40	1,211.20	2824	0.40	1,129.60
21	Aluminio	84.3	3.00	282.90	19.5	3.00	58.50
22	Fierro	131.5	0.40	53.00			-
23	Policarbonato (Cds)	198	0.20	37.50			-
24	Bronce	1.6	8.00	12.80			-
25	Cobre	0.4	13.00	5.20			-
<b>TOTAL</b>		<b>25642.5</b>		<b>10,712.93</b>	<b>4865.8</b>		<b>1,908.95</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 74: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Mayo

N°	Tipo de Residuo	Fecha: TOTAL ZONAS MAYO 2017			Fecha: TOTAL SUMA ASOCIACION		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)	Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	2269	0.50	1,134.50	180	0.50	90.00
2	Papel periódico	2372.4	0.20	474.48			-
3	Papel Mixto (color)	2045.2	0.25	511.30	19	0.25	4.75
4	Papel Cauche	195	0.26	50.31			-
5	Papel film	371.4	1.00	371.40	41	1.10	45.10
6	Cartón marrón			-			-
7	Cartón blanco			-			-
8	Cartón mixto	8851.5	0.25	2,212.88	1220	0.25	305.00
9	Vidrio blanco	267	0.10	26.70			-
10	Vidrio marrón	67	0.30	20.10			-
11	Vidrio verde			-			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de polietileno)	3710.5	0.60	2,226.30	810	0.60	486.00
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)	2325.8	1.00	2,325.80	650	1.10	715.00
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	872	0.20	174.40			-
15	PEBD o LDPE (Polietileno de baja densidad)	5	0.50	2.50			-
16	PP (Polipropileno)	74.2	1.50	111.30			-
17	PS (Poliestireno)	2	0.70	1.40			-
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)	30	0.50	15.00			-
19	Cartón Multilaminado de leches y jugos(Tetra Pak)			-			-
20	Latas	3258.5	0.40	1,303.40	280	0.40	112.00
21	Aluminio	91.9	3.00	275.70	80	3.00	240.00
22	Fierro	16	0.40	6.40			-
23	Policarbonato (Cds)	86	0.20	17.20			-
24	Bronce			-			-
25	cobre			-			-
<b>TOTAL</b>		<b>26910.4</b>		<b>11,261.07</b>	<b>3280</b>		<b>1,997.85</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 75: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Junio

N°	Tipo de Residuo	TOTAL ZONA JUNIO 2017			TOTAL ASOCIACION		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)	Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	2401.7	0.60	1,441.02			-
2	Papel periódico	1746.4	0.20	349.28			-
3	Papel Mixto (color)	2057.8	0.25	514.45	59	0.25	14.75
4	Papel Cauche	212	0.25	53.00			-
5	Papel film	342.7	1.00	342.70			-
6	Cartón marrón			-			-
7	Cartón blanco			-			-
8	Cartón mixto	11417.6	0.30	3,425.28	14	0.30	4.20
9	Vidrio blanco	303.8	0.10	30.38			-
10	Vidrio marrón	7.6	0.30	2.28			-
11	Vidrio verde	5.2	0.70	3.64			-
12	Plastico PEI (Tetraelato de polietileno)	3270.2	0.70	2,289.14	30	0.70	21.00
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)	2507.9	1.20	3,009.48	17	1.20	20.40
14	PVC (Policloruro de vinilo)	1105.4	0.30	331.62			-
15	PEBD ó LDPE (Polietileno de baja densidad)			-			-
16	PP (Polipropileno)	98.1	1.50	147.15			-
17	PS (Poliestireno)	2	0.70	1.40			-
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)	2.5	0.50	1.25			-
19	Cartón Multilaminado de Leches y jugos (Tetra Pak)			-			-
20	Latas	2864.9	0.40	1,145.96	30	0.40	12.00
21	Aluminio	62.1	3.00	186.30			-
22	Fierro	11.4	0.40	4.56			-
23	Policarbonato (Cds)	52	0.20	10.40			-
24	Bronce			-			-
25	cobre			-			-
<b>TOTAL</b>		<b>28471.3</b>		<b>13,289.29</b>	<b>150</b>		<b>72.35</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 76: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Julio

N°	Tipo de Residuo	<b>TOTAL JULIO 2017</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1535	0.50	767.50
2	Papel periódico	1755	0.20	351.00
3	Papel Mixto (color)	1476.9	0.25	369.23
4	Papel Cauche	164	0.25	41.00
5	Papel film	299	1.00	299.00
6	Cartón marrón			-
7	Cartón blanco			-
8	Cartón mixto	7666.5	0.25	1,916.63
9	Vidrio blanco	122	0.10	12.20
10	Vidrio marrón			-
11	Vidrio verde			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de	2685.96	0.60	1,611.58
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de	1714.9	1.20	2,057.88
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	446.5	0.30	133.95
15	PEBD o LDPE (Polietileno de			-
16	PP (Polipropileno)	33.5	1.50	50.25
17	PS (Poliestireno)	57.9	0.70	40.53
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)	80.6	0.70	56.42
19	Cartón Multilaminado			-
20	Latas	2407.5	0.40	963.00
21	Aluminio	56.4	3.00	169.20
22	Fierro	0.6	0.40	0.24
23	Policarbonato (Cds)	38	0.20	7.60
24	Bronce			-
25	cobre	2.6	13.00	33.80
<b>TOTAL</b>		<b>20542.86</b>		<b>8,881.00</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 77: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Agosto

N°	Tipo de Residuo	TOTAL AGOSTO 2017		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1547	0.70	1,082.90
2	Papel periódico	2302	0.20	460.40
3	Papel Mixto (color)	1893	0.25	473.25
4	Papel Cauche	196.3	0.25	49.08
5	Papel film	325.6	1.00	325.60
6	Cartón marrón			-
7	Cartón blanco			-
8	Cartón mixto	7364	0.45	3,313.80
9	Vidrio blanco	246	0.10	24.60
10	Vidrio marrón	76	0.30	22.80
11	Vidrio verde			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de	2839	0.80	2,271.20
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de	2245	1.20	2,694.00
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	748	0.30	224.40
15	PEBD o LDPE (Polietileno de	75.5	0.70	52.85
16	PP (Polipropileno)	60.6	150.00	9,090.00
17	PS (Poliestireno)	51.7	0.70	36.19
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el estireno)	59.5	0.70	41.65
19	Cartón Multilaminado			-
20	Latas	3347	0.45	1,506.15
21	Aluminio	32.9	3.00	98.70
22	Fierro			-
23	Policarbonato (Cds)	65.2	0.20	13.04
24	Bronce	3.1	8.00	24.80
25	cobre	0.9	13.00	11.70
<b>TOTAL</b>		<b>23478.3</b>		<b>21817.105</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 78: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Setiembre

N°	Tipo de Residuo	<b>TOTAL SETIEMBRE 2017</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1122	0.70	785.40
2	Papel periódico	2696	0.20	539.20
3	Papel Mixto (color)	2543	0.30	762.90
4	Papel Cauche	357.5	0.30	107.25
5	Papel film	230.6	1.00	230.60
6	Cartón marrón			-
7	Cartón blanco			-
8	Cartón mixto	7935	0.40	3,174.00
9	Vidrio blanco	311	0.10	31.10
10	Vidrio marrón	117	0.30	35.10
11	Vidrio verde			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de	2332.8	0.90	2,099.52
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de	1889	1.20	2,266.80
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	348.5	0.30	104.55
15	PEBD o LDPE (Polietileno de	133.2	0.70	93.24
16	PP (Polipropileno)	80.4	2.00	160.80
17	PS (Poliestireno)	80.2	0.70	56.14
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el	4.8	0.70	3.36
19	Cartón Multilaminado			-
20	Latas	2821	0.45	1,269.45
21	Aluminio	44.5	3.00	133.50
22	Fierro			-
23	Policarbonato (Cds)	110.9	0.20	22.18
24	Bronce	9	9.00	81.00
25	cobre	4.1	13.00	53.30
<b>TOTAL</b>		<b>23170.5</b>		<b>12,009.39</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 79: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Octubre

N°	Tipo de Residuo	<b>TOTAL OCTUBRE 2017</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	1393	0.70	975.10
2	Papel periódico	2822	0.20	564.40
3	Papel Mixto (color)	2626	0.30	787.80
4	Papel Cauche	370.8	0.30	111.24
5	Papel film	232.5	1.00	232.50
6	Cartón marrón	0		-
7	Cartón blanco	0		-
8	Cartón mixto	8871	0.40	3,548.40
9	Vidrio blanco	334	0.10	33.40
10	Vidrio marrón	100	0.30	30.00
11	Vidrio verde	0		-
12	Plástico PET (Tetrafelato de	2509.4	0.90	2,258.46
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de	1992	1.20	2,390.40
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	351.9	0.30	105.57
15	PEBD o LDPE (Polietileno de	9.8	0.70	6.86
16	PP (Polipropileno)	97.5	2.00	195.00
17	PS (Poliestireno)	209.7	0.70	146.79
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el	0		-
19	Cartón Multilaminado	0		-
20	Latas	3135	0.45	1,410.75
21	Aluminio	41	3.00	123.00
22	Fierro	105.83	0.45	47.62
23	Policarbonato (Cds)	141	0.20	28.20
24	Bronce	6.3	9.00	56.70
25	cobre	3	13.00	39.00
<b>TOTAL</b>		<b>25351.73</b>		<b>13,091.19</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 2017

Tabla 80: Registro de Residuos Reaprovechables Comercializados de Chiclayo del mes de Noviembre

N°	Tipo de Residuo	<b>TOTAL NOVIEMBRE 2017</b>		
		Cantidad (Kg)	Precio Venta (S/. X kg)	Ingreso (S/.)
1	Papel blanco	<b>1125</b>	0.70	<b>787.50</b>
2	Papel periódico	<b>4130</b>	0.20	<b>826.00</b>
3	Papel Mixto (color)	<b>2667</b>	0.30	<b>800.10</b>
4	Papel Cauche	<b>518.8</b>	0.30	<b>155.64</b>
5	Papel film	<b>187.7</b>	1.00	<b>187.70</b>
6	Cartón marrón			-
7	Cartón blanco			-
8	Cartón mixto	<b>8727</b>	0.40	<b>3,490.80</b>
9	Vidrio blanco	<b>343</b>	0.10	<b>34.30</b>
10	Vidrio marrón	<b>111</b>	0.30	<b>33.30</b>
11	Vidrio verde			-
12	Plástico PET (Tetrafelato de	<b>2136</b>	<b>0.90</b>	<b>1,922.40</b>
13	PEAD (HDPE) (Polietileno de	<b>1583</b>	1.20	<b>1,899.60</b>
14	PVC (Polocloruro de vinilo)	<b>432.5</b>	0.30	<b>129.75</b>
15	PEBD o LDPE (Polietileno de	<b>159.6</b>	0.70	<b>111.72</b>
16	PP (Polipropileno)	<b>72.4</b>	2.00	<b>144.80</b>
17	PS (Poliestireno)	<b>134.2</b>	0.70	<b>93.94</b>
18	ABS (acrilonitrilo, el butadieno y el			-
19	Cartón Multilaminado			-
20	Latas	<b>3033</b>	0.45	<b>1,364.85</b>
21	Aluminio	<b>20.5</b>	3.00	<b>61.50</b>
22	Fierro	<b>75.55</b>	0.45	<b>34.00</b>
23	Policarbonato (Cds)	<b>89.9</b>	0.20	<b>17.98</b>
24	Bronce	<b>3.5</b>	9.00	<b>31.50</b>
25	cobre	<b>5.6</b>	14.00	<b>78.40</b>
<b>TOTAL</b>		<b>25555.3</b>		<b>12,205.78</b>

Fuente: Gerencia del Desarrollo Ambiental Chiclayo 201

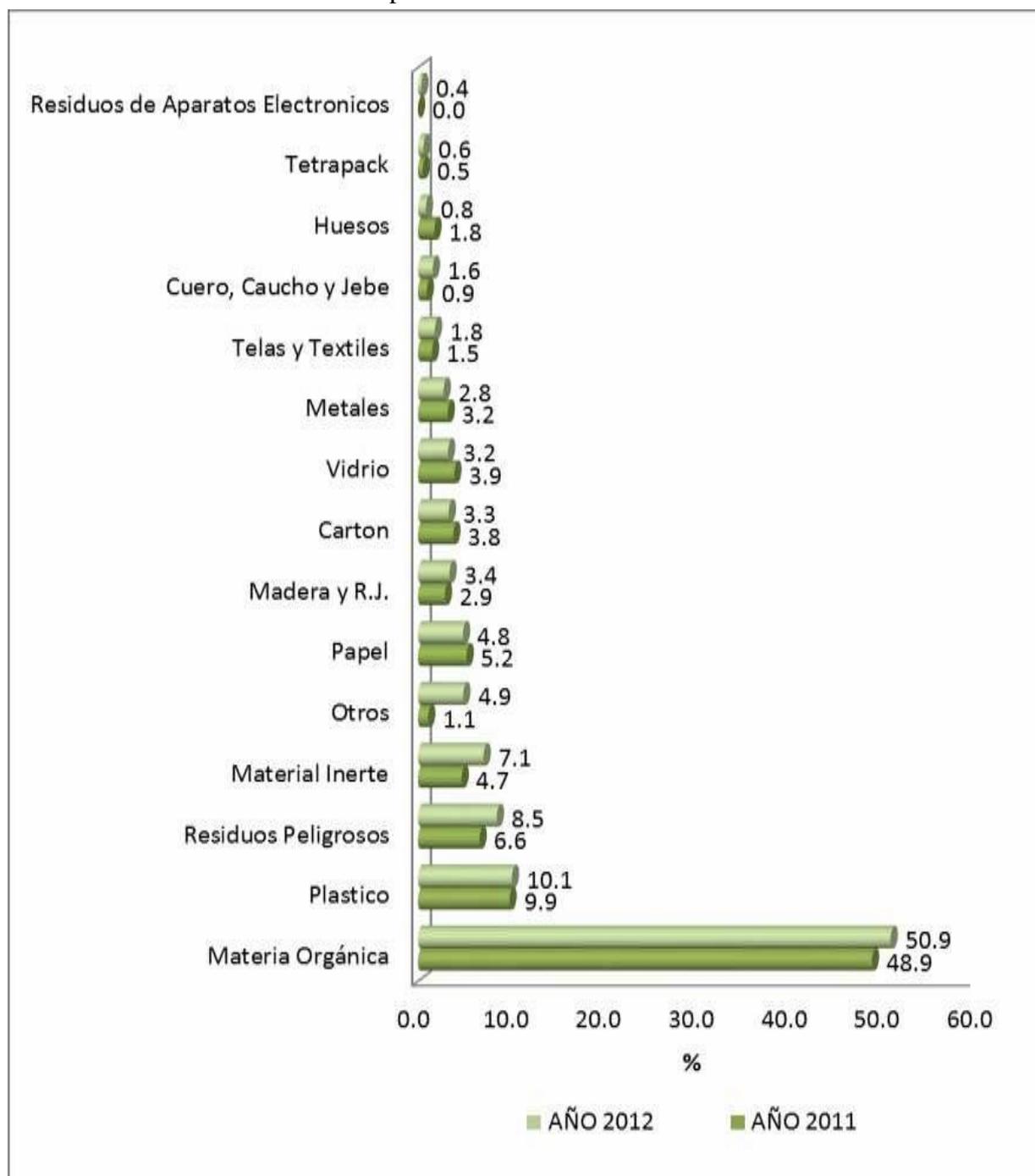
Tabla 81: Tipos de Suelos Predominantes por Sectores en Chiclayo

SECTORES	ASENTAMIENTOS HUMANOS	TIPOS DE SUELO PREDOMINANTES	ESTATIGRAFIA	EXPANSION DEL SUELO	CAPACIDAD PORTANTE	NIVEL FREATICO
I	Urb. El Ingeniero I y II, Miraflores, Ciudad del Chofer, 03 de Octubre, Quiñones, Remigio Silva, Las Brisas, La Purísima, Residencial A. B. Leguia y Cerropon, Cruz de Chalpon, Rosa Nelida Castillo, Sto. Toribio de Mogrovejo, 4 de Noviembre, Simón Bolívar, Vista Alegre, Nueva Esperanza, Cruz de la Esperanza, Sta. Lila, F. Belaúnde, J. Basadre, Los Mochicas, Ricardo Palma, Sta. Elena, José Quiñonez, José Balta, José Olaya, Elías Aguirre, José Obrero, Cruz del Perdón, Cerro Pololó, J. Carlos Mariategui, Amp. Cruz del Perdón, Los Olivos, Parte de 9 de Octubre, 19 de Setiembre, San Sebastian, Virgen de la Paz, San Julio, Sta. Alejandrina, Santuario, Progresiva Cerropón, La Molina Alta, Las Mercedes, La Colina, Vista Hermoza, AVIANTEL, La Concordia, La Plaza, La Pradera, Los Cedros de la Pradera, Virgen de Fátima, san Jerónimo, Los Jardines y Sagrado Corazón de Jesús.	Arcillas del tipo (CL y CH), Arenas (SC, SM y SP) y Gravas (GC y GP).	Media a Semiduro: 2.0 m. < C-3 < 4.5 Rígido: 4.5 m. < C-5 < 15.0 m.	Suelos superficiales de expansión baja a media, con cambio de volumen pequeño.	1.0 - 2.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	2.0 a 7.0 m.
II	Comprende parte del sector Este de la ciudad: Aeropuerto, Planta de Tratamiento de Agua Potable, AA.HH. López Albuja, Micaela Bastidas, San Antonio, Nuevo Mundo, Atusparias, Francisco Cabrera, Las Mercedes, César Vallejo, Amp. Campodónico, Progresiva UCHOFEN, Sagrado Corazón de Jesús, San Guillermo, Sto. Toribio, El Obrero, Amp. San Antonio, Puente Blanco, Jorge Chávez, Fanny Abanto Calle, parte del A.H. Suazo.	Arcillas del tipo (CL y CH), Arenas (SC, SM y SP) y Gravas (GC y CP).	Media a Semiduro: 6.0 m. < C-3 < 8.0 Rígido: 8.0 m. < C-5 < 13.0 m.	Suelos finos de expansión baja a media, con cambio de volumen pequeño a moderado.	1.0 - 2.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	2.0 a 3.5 m.
III	Ramiro Priale, José Santos Chocano, UPIS 1° de Mayo, María Parado de Bellido, Mercado Moshoqueque, Area Central, AA.HH. Santa Rosa, Diego Ferré, Urb. La Primavera, Patazca, Bancarios, La Florida, Hipodromo y el 3er Sector del distrito, Stein, Miraflores, Indoamérica, El Salitral, 6to Sector Urrunaga, Villa Hermoza, La Explanada, Milagro de Dios, Villa El Sol, San Lorenzo, Sta. Ana, Nuevo San Lorenzo, Casablanca, San José Obrero, Garcés, Latina, Artesanos, 12 de Octubre, F. Bolognesi, San Carlos, Las Palmeras, Fundo Sta. María, San Isidro, Miraflores, Amp. T. Amarú, Luis Heysen, La Primavera, San Luis, Porvenir, Cois, San Juan, Salazar, Chiclayo, El Molino, Las Américas, Señor de Los Milagros, San Nicolás, Boggiano, San Francisco, Campodónico, Raymondí, 3° Sector de La Victoria, San Martín, Zamora, Diego Ferré, Mesones Muroy y Ciro Alegría.	Arcillas de media y alta plasticidad del tipo (CL, CH, CL-ML) y en pequeñas proporciones arenas del tipo (SC, SM y SP).	Blando a Medio: 2.0 m. < C-2 < 5.0 m. Semiduro: 3.0 m. < C-4 < 8.0 m. Duro a Rígido: 6.0 m. < C-5 < 13.0 m.	Suelos fino de expansión media a alta, con cambio de volumen moderado.	0.5 - 1.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	1.5 a 2.3 m.
IV	Urb. Santa Victoria, Federico Villareal, Café Perú, Santa Angela, Parque Zonal, C.E. Salaverry, Sta. Victoria, San Eduardo, Carlos Cabrejos Falla, Ana de los Angeles, Villa El Salvador, Sta. Angela, Nazareno, H. Unanue, Divino Maestro, Corazón de Jesús, Carmen Angélica, Los Jardines de Santa Rosa, La Florida, El Amauta, Los Jazmines, Los Pinos de Plata, V. R. Haya de la Torre, Sta. Margarita y parte del A.H. La Victoria.	Arcillas de media y alta plasticidad del tipo (CL, CH, CL-ML) y en pequeñas proporciones arenas del tipo (SC, SM y SP).	Muy Blando a Medio: 3.5 m. < C-1 < 4.5 m. Semiduro: 4.5 m. < C-4 < 5.5 m. Duro a Rígido: 5.5 m. < C-5 < 10.0 m.	Suelos fino de expansibilidad alta a extremadamente alta, con cambio de volumen moderado a severo.	0.0 - 0.5 Kg./cm. <sup>2</sup>	1.0 a 2.0 m.

Fuente: INDECI

## ANEXO 08: GRÁFICOS

Gráfico 2: Composición de Residuos Sólidos en el Perú



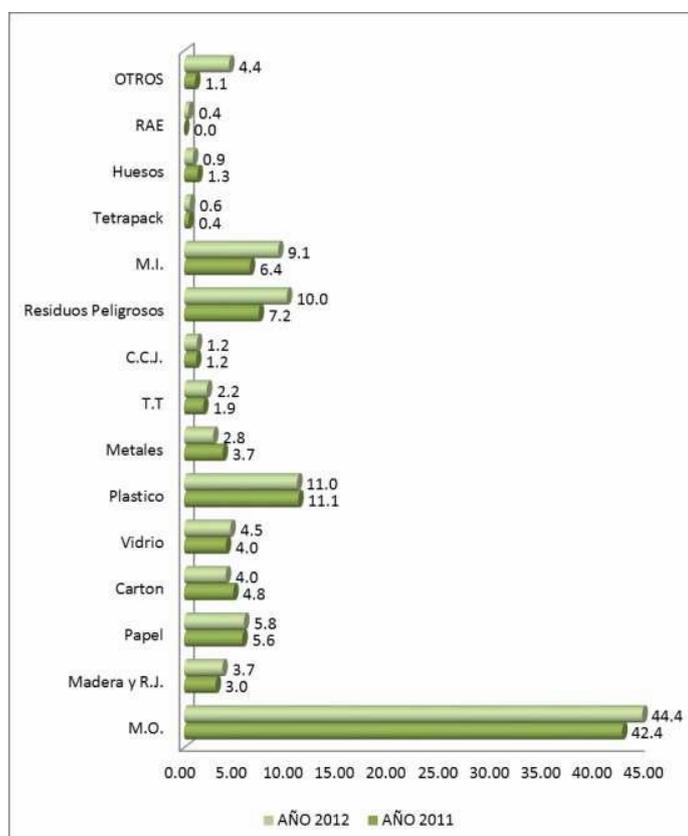
Fuente: Ministerio del Ambiente

Gráfico 3: Composición de Residuos Sólidos en el Perú



Fuente: Ministerio del Ambiente

Gráfico 4: Composición de Residuos Sólidos en la Costa

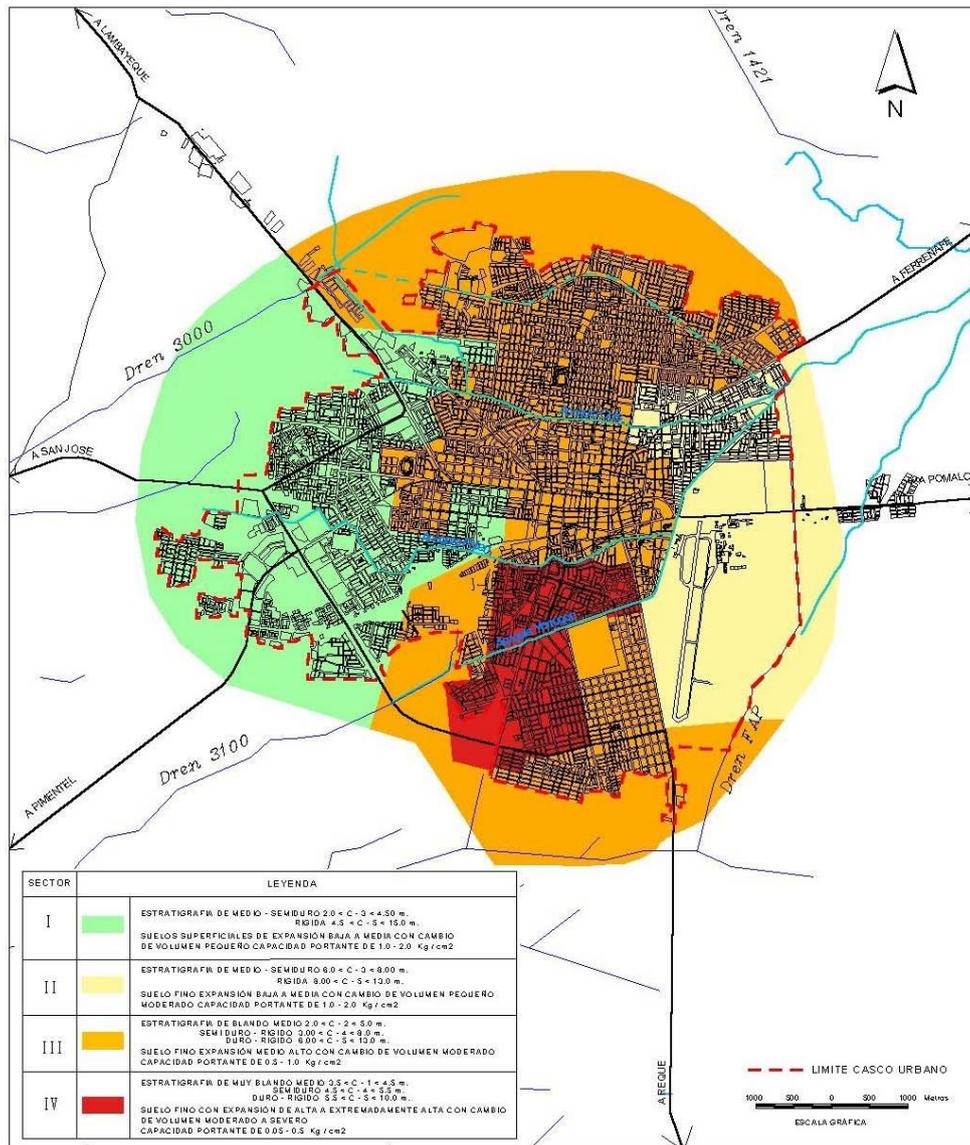


Fuente: Ministerio del Ambiente

# ANEXO 09: MAPAS

Mapa 1: Mapa Geotécnico de Chiclayo por Sectores

## CHICLAYO



FUENTE: TESIS - MICROZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE CHICLAYO Y ZONAS DE EXPANSIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES - UNFRO - LAMBAYEQUE 2001

PROYECTO:	<b>INDECI - PNUD - PER / 02 / 051</b>	
	<b>CIUDADES SOSTENIBLES</b>	
ESTUDIO:	<b>PLAN DE PREVENCIÓN ANTE DESASTRES: USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN CIUDAD DE CHICLAYO</b>	
DESCRIPCIÓN:	<b>MAPA GEOTECNICO</b>	LAMINA N°:
FECHA:	ESCALA:	<b>10</b>
MAYO - 2003		



**INSTITUTO NACIONAL  
DE DEFENSA CIVIL**

Fuente: INDECI