



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA
DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS
ARCILLOSOS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Bach. Gastulo Meléndez Irving Frank

<https://orcid.org/0000-0002-6539-8094>

Bach. Salazar Avellaneda Leyla Anali

<https://orcid.org/0000-0002-2077-4762>

Asesor:

Msc. Guerrero Millones Ana María

<https://orcid.org/0000-0003-3776-2968>

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos – Ingeniería Geotécnica

Pimentel – Perú

2018

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA
DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS**

Aprobado por:

Mg. Marín Bardales Noé Humberto

Presidente

Mg. Villegas Granados Luis Mariano

Secretario

Mg. Salinas Vasquez Nestor Raul

Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios por mantener firme a mis padres Nicanor Gastulo Rivas y Joyssi Meléndez Flores en el apoyo durante mi formación como profesional. A mi abuela Angélica Rivas Portilla que goza de la misericordia de nuestro señor, por sus consejos y retos a cumplir que me dejó. A mis hermanos menores porque con sus alegrías me motivaban a seguir sólido en esta etapa, y a la vez tratar de ser un buen ejemplo para ellos. A mis tíos, primos y amigos que creyeron siempre en mi capacidad.

Gastulo Meléndez Irving Frank

A mis amados padres Noé y María, por ser mi soporte y motor. A mis hermanas por ser mi razón para superarme en lo personal y profesional. A mis amigos y docentes que contribuyeron en este primer peldaño de superación.

Salazar Avellaneda Leyla Anali

AGRADECIMIENTOS

Darle las gracias a mis padres por el esfuerzo realizado para brindarme la mejor herencia del mundo como lo es la educación, esta herramienta que me permitirá desarrollarme en la vida de la mejor manera, agradecerles también por los valores inculcados en mí ya que fortalecerán mi desempeño en la carrera profesional.

A mis hermanos y demás familiares por el apoyo anímico, por los consejos brindados, por la gran fortaleza familiar.

Gastulo Meléndez Irving Frank

Agradezco a Dios por haberme dado la mayor de las bendiciones, que es tener una maravillosa familia que en todo momento me apoyó. A mis padres y hermanas por el esfuerzo realizado y con ello haber hecho posible la culminación de la carrera profesional de Ingeniería Civil.

A la Universidad Señor de Sipán y plana docente que día a día inculcan a sus estudiantes valores y conocimientos, siendo pilares para un correcto desempeño en la sociedad.

Salazar Avellaneda Leyla Anali

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación ha sido estudiar la disminución de asentamientos diferenciales en suelos arcillosos mediante la adición de polietileno de alta densidad (HDPE), creando la mezcla suelo – polímero, cuyas propiedades mecánicas se han evaluado en el presente estudio.

La metodología consistió en adicionar polietileno de alta densidad a muestras de suelo arcilloso en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, y comparar los resultados de asentamiento mediante el ensayo de consolidación. Se determinó que la reducción más significativa de asentamientos correspondió a un contenido de polietileno de alta densidad de 6%, el cual se considera contenido óptimo. El suelo natural clasificado como CL mostró una lectura de deformación de 5.400 mm, representando el 28.42% de compresión; mientras que el suelo con adición del 6% de HDPE mostró una lectura de deformación de 3.397mm, representando 17.88% de compresión. Entonces se obtuvo una diferencia en la compresibilidad del 10.54% para el suelo adicionado con 6% de HDPE respecto del suelo natural.

Palabras clave: Asentamientos, arcillas, consolidación, polietileno de alta densidad.

ABSTRACT

The purpose of this research has been to study the reduction of differential settlements in clay soils by adding high-density polyethylene (HDPE), creating the soil-polymer mixture, whose mechanical properties have been evaluated in the present study.

The methodology consisted of adding high-density polyethylene to clay soil samples in percentages of 2%, 4%, 6% and 8%, and comparing the settlement results through the consolidation test. It was determined that the most significant reduction in settlements corresponded to a high-density polyethylene content of 6%, which is considered optimal content. The natural soil classified as CL showed a deformation reading of 5,400 mm, representing 28.42% compression; while the soil with the addition of 6% HDPE showed a deformation reading of 3,397mm, representing 17.88% compression. Then a difference in compressibility of 10.54% was obtained for the soil added with 6% HDPE with respect to the natural soil.

Keywords: Settlements, clays, consolidation, high-density polyethylene.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Realidad Problemática	17
1.1.1 A nivel internacional.....	17
1.1.2 A nivel nacional.....	19
1.1.3 A nivel local	20
1.2 Antecedentes de estudio.....	22
1.2.1 Ámbito internacional	22
1.2.2 Ámbito nacional	25
1.2.3 Ámbito local.....	28
1.3 Teorías Relacionadas al Tema.....	28
1.3.1 Polietileno de alta densidad.....	28
1.3.2 Asentamiento por consolidación unidimensional en suelos arcillosos.....	32
1.3.3 Normativa.....	35
1.3.4 Gestión ambiental	37
1.3.5 Seguridad y salud ocupacional	37
1.3.6 Gestión de riesgos y prevención de desastres	37
1.3.7 Gestión de mantenimiento.....	37
1.3.8 Estudio de costos	38
1.3.9 Definición de términos.....	38

1.3.10 Ciencias aportantes a la investigación	39
1.4 Formulación del Problema	40
1.5 Justificación e Importancia del Estudio	40
1.5.1 Justificación técnica.....	40
1.5.2 Justificación económica	40
1.5.3 Justificación ecológica.....	41
1.5.4 Justificación social.....	41
1.5.5 Justificación científica	41
1.6 Hipótesis.....	42
1.7 Objetivos	42
1.7.1 Objetivo general	42
1.7.2 Objetivos específicos	42
II. MATERIAL Y MÉTODO	43
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	43
2.1.1 Tipo de investigación.....	43
2.1.2 Diseño de investigación	43
2.2 Población y muestra.....	43
2.2.1 Población.....	43
2.2.2 Muestra.....	44
2.3 Variables, Operacionalización.....	44
2.3.1 Variable independiente	44
2.3.2 Variable dependiente	44
2.3.3 Operacionalización	45
2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.....	46
2.4.1 Técnicas	46
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos	46
2.5 Procedimiento de análisis de datos	47
2.5.1 Diagrama de procesos.....	47
2.5.2 Descripción de procesos.....	47

2.6 Criterios éticos.....	56
2.7 Criterios de Rigor científico.....	57
III. RESULTADOS.....	58
3.1 Resultados en tablas y figuras	58
3.1.1 Determinación de las propiedades físicas de las muestras estudiadas mediante ensayos de mecánica de suelos.....	58
3.1.2 Determinación de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad mediante el ensayo de Proctor modificado.	64
3.1.3 Evaluación del óptimo contenido de polietileno de alta densidad a través del ensayo de consolidación unidimensional.....	65
3.2 Discusión de resultados.....	66
3.3 Aporte práctico	69
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1 Conclusiones.....	70
4.2 Recomendaciones	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Propiedades eléctricas del HDPE</i>	30
Figura 2 <i>Propiedades mecánicas del HDPE</i>	30
Figura 3 <i>Propiedades físicas del HDPE</i>	30
Figura 4 <i>Propiedades térmicas del HDPE</i>	31
Figura 5 <i>Propiedades químicas del HDPE</i>	31
Figura 6 <i>Proceso de consolidación</i>	33
Figura 7 <i>Esquema de pistón</i>	34
Figura 8 <i>Esquema del depósito de suelo</i>	35
Figura 9 <i>Diagrama de flujo de procesos</i>	47
Figura 10 <i>Curva de compresibilidad, muestra natural vs muestra con 6% de HDPE</i>	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1 <i>Componentes de los Residuos Sólidos Domiciliarios de Lambayeque</i>	21
Tabla2 <i>Componentes de los Residuos Sólidos Domiciliarios Chiclayo</i>	22
Tabla3 <i>Listado de normas empleadas</i>	46
Tabla 4 <i>Propiedades físicas muestra 01</i>	58
Tabla 5 <i>Propiedades físicas muestra 02</i>	58
Tabla 6 <i>Propiedades físicas muestra 03</i>	59
Tabla 7 <i>Propiedades físicas muestra 04</i>	59
Tabla 8 <i>Propiedades físicas muestra 05</i>	60
Tabla 9 <i>Propiedades físicas muestra 06</i>	60
Tabla 10 <i>Propiedades físicas muestra 07</i>	61
Tabla 11 <i>Propiedades físicas muestra 08</i>	61
Tabla 12 <i>Propiedades físicas muestra 09</i>	62
Tabla 13 <i>Propiedades físicas muestra 10</i>	62
Tabla 14 <i>Propiedades físicas muestra 11</i>	63
Tabla 15 <i>Propiedades físicas muestra 12</i>	63
Tabla 16 <i>Densidad In-Situ muestra natural CL</i>	64
Tabla 17 <i>Proctor modificado</i>	64
Tabla 18 <i>Lectura de deformaciones</i>	65
Tabla 19 <i>Relación de vacíos, presión de preconsolidación e índice de compresión</i>	66

ÍNDICE DE FÓRMULAS

<i>Fórmula 1</i>	Fórmula para determinar el porcentaje de humedad.....	48
<i>Fórmula 2</i>	Para obtener el porcentaje de peso retenido en determinada malla	50
<i>Fórmula 3</i>	Fórmula para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido	53
<i>Fórmula 4</i>	Fórmula para determinar el índice de plasticidad.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Obtención de muestras</i>	78
Anexo 2 <i>Polietileno de alta densidad empleado en la investigación</i>	79
Anexo 3 <i>Contenido de humedad</i>	79
Anexo 4 <i>Análisis granulométrico</i>	80
Anexo 5 <i>Límite líquido y plástico</i>	81
Anexo 6 <i>Proctor modificado, muestra natural</i>	82
Anexo 7 <i>Proctor modificado, muestras con adición de HDPE</i>	83
Anexo 8 <i>Consolidación unidimensional</i>	84
Anexo 9 <i>Lectura de deformaciones</i>	85
Anexo 10 <i>Ensayo, contenido de humedad M-01</i>	86
Anexo 11 <i>Ensayo, contenido de humedad M-02</i>	87
Anexo 12 <i>Ensayo, contenido de humedad M-03</i>	88
Anexo 13 <i>Ensayo, contenido de humedad M-04</i>	89
Anexo 14 <i>Ensayo, contenido de humedad M-05</i>	90
Anexo 15 <i>Ensayo, contenido de humedad M-06</i>	91
Anexo 16 <i>Ensayo, contenido de humedad M-07</i>	92
Anexo 17 <i>Ensayo, contenido de humedad M-08</i>	93
Anexo 18 <i>Ensayo, contenido de humedad M-09</i>	94
Anexo 19 <i>Ensayo, contenido de humedad M-10</i>	95
Anexo 20 <i>Ensayo, contenido de humedad M-11</i>	96
Anexo 21 <i>Ensayo, contenido de humedad M-12</i>	97
Anexo 22 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-01</i>	98
Anexo 23 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-02</i>	99
Anexo 24 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-03</i>	100
Anexo 25 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-04</i>	101
Anexo 26 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-05</i>	102
Anexo 27 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-06</i>	103
Anexo 28 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-07</i>	104

Anexo 29 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-08</i>	105
Anexo 30 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-09</i>	106
Anexo 31 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-10</i>	107
Anexo 32 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-11</i>	108
Anexo 33 <i>Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-12</i>	109
Anexo 34 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-01</i>	110
Anexo 35 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-02</i>	111
Anexo 36 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-03</i>	112
Anexo 37 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-04</i>	113
Anexo 38 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-05</i>	114
Anexo 39 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-06</i>	115
Anexo 40 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-07</i>	116
Anexo 41 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-08</i>	117
Anexo 42 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-09</i>	118
Anexo 43 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-10</i>	119
Anexo 44 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-11</i>	120
Anexo 45 <i>Ensayo, análisis granulométrico M-12</i>	121
Anexo 46 <i>Granulometría por hidrómetro M-01</i>	122
Anexo 47 <i>Granulometría por hidrómetro M-02</i>	123
Anexo 48 <i>Granulometría por hidrómetro M-03</i>	124
Anexo 49 <i>Granulometría por hidrómetro M-04</i>	125
Anexo 50 <i>Granulometría por hidrómetro M-05</i>	126
Anexo 51 <i>Granulometría por hidrómetro M-06</i>	127
Anexo 52 <i>Granulometría por hidrómetro M-07</i>	128
Anexo 53 <i>Granulometría por hidrómetro M-08</i>	129
Anexo 54 <i>Granulometría por hidrómetro M-09</i>	130
Anexo 55 <i>Granulometría por hidrómetro M-10</i>	131
Anexo 56 <i>Granulometría por hidrómetro M-11</i>	132
Anexo 57 <i>Granulometría por hidrómetro M-12</i>	133

Anexo 58 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-01</i>	134
Anexo 59 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-02</i>	135
Anexo 60 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-03</i>	136
Anexo 61 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-04</i>	137
Anexo 62 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-05</i>	138
Anexo 63 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-06</i>	139
Anexo 64 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-07</i>	140
Anexo 65 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-08</i>	141
Anexo 66 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-09</i>	142
Anexo 67 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-10</i>	143
Anexo 68 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-11</i>	144
Anexo 69 <i>Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-12</i>	145
Anexo 70 <i>Ábaco de Casagrande M-01, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	146
Anexo 71 <i>Ábaco de Casagrande M-02, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	146
Anexo 72 <i>Ábaco de Casagrande M-03, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	147
Anexo 73 <i>Ábaco de Casagrande M-04, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	147
Anexo 74 <i>Ábaco de Casagrande M-05, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	148
Anexo 75 <i>Ábaco de Casagrande M-06, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	148
Anexo 76 <i>Ábaco de Casagrande M-07, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	149
Anexo 77 <i>Ábaco de Casagrande M-08, arcilla de media plasticidad (CL)</i>	149
Anexo 78 <i>Ábaco de Casagrande M-09, arcilla de media plasticidad (CH)</i>	150
Anexo 79 <i>Ábaco de Casagrande M-10, arcilla de media plasticidad (CH)</i>	150
Anexo 80 <i>Ábaco de Casagrande M-11, arcilla de media plasticidad (CH)</i>	151
Anexo 81 <i>Ábaco de Casagrande M-12, arcilla de media plasticidad (CH)</i>	151
Anexo 82 <i>Densidad In-Situ muestra natural</i>	152
Anexo 83 <i>Ensayo, proctor modificado muestra natural</i>	153
Anexo 84 <i>Ensayo, proctor modificado muestra con 2%HDPE</i>	154
Anexo 85 <i>Ensayo, proctor modificado muestra con 4%HDPE</i>	155
Anexo 86 <i>Ensayo, proctor modificado muestra con 6%HDPE</i>	156

Anexo 87 <i>Ensayo, proctor modificado muestra con 8%HDPE</i>	157
Anexo 88 <i>Lectura de deformaciones, muestra natural CL</i>	158
Anexo 89 <i>Curva de compresibilidad, muestra natural CL</i>	159
Anexo 90 <i>Lectura de deformaciones, muestra con 2% HDPE</i>	160
Anexo 91 <i>Curva de compresibilidad, muestra con 2%HDPE</i>	161
Anexo 92 <i>Lectura de deformaciones, muestra con 4% HDPE</i>	162
Anexo 93 <i>Curva de compresibilidad, muestra con 4%HDPE</i>	163
Anexo 94 <i>Lectura de deformaciones, muestra con 6% HDPE</i>	164
Anexo 95 <i>Curva de compresibilidad, muestra con 6%HDPE</i>	165
Anexo 96 <i>Lectura de deformaciones, muestra con 8% HDPE</i>	166
Anexo 97 <i>Curva de compresibilidad, muestra con 8%HDPE</i>	167
Anexo 98 <i>Muestra natural vs muestra con % óptimo de HDPE</i>	168
Anexo 99 <i>Ficha técnica polietileno de alta densidad</i>	169

I.INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 A nivel internacional

En el mundo existen casuísticas de problemas ocasionados a edificaciones producto de asentamientos diferenciales; por ejemplo, en México existen 12 puntos específicos, distribuidos en seis alcaldías que cuentan con deformaciones críticas del suelo y esto se debe principalmente a las fracturas que se han ido desarrollando por años, debido al proceso de extracción de agua y el suelo arcilloso que se encuentra presente en esas zonas, lo que trae como consecuencia un aumento en el riesgo sísmico de las edificaciones asentadas sobre este. La UNAM desarrolló un mapa de agrietamientos, determinando así que los distritos afectados por este fenómeno son: Iztapalapa, Iztacalco, Tláhuac, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Xochimilco. La investigadora del Centro de Evaluación de Riesgo Geológico (CERG), Dora Carreón Freyre, respalda lo ya mencionado anteriormente, que las deformaciones presentes en los suelos se deben al estrés hídrico que sufre el suelo al explotar los acuíferos del sub suelo y el impacto que tiene esta sobre los suelos arcillosos que lo conforman. (Hernández, 2018).

Los problemas que tienen por asentamientos se deben principalmente a que su suelo está conformado por arcillas lacustres extremadamente blandas, sometidas a un proceso de consolidación debido a la explotación de los acuíferos subyacentes que lo conforman. Por este motivo, la ciudad se ha venido hundiendo con el pasar del tiempo y seguirá en este camino. La mayor parte de las edificaciones arquitectónicas se han visto afectadas por esta situación, lo que ha llevado a que sean afectadas de manera estructural de igual manera. (Ovando, Ossa, & Santoyo, 2013).

Se ha identificado también que el nuevo aeródromo en la Ciudad de México viene teniendo serios problemas de asentamientos diferenciales, debido a la presencia de arcillas en el suelo, adicionando a ello el problema de saturación que este presenta. El Ing. Federico Dovalí, ingeniero especialista en operaciones aeroportuarias, sostiene que la construcción del nuevo aeropuerto internacional tendría como mínimo un periodo de seis años de retraso, hasta que se logre solucionar los problemas de asentamientos. El suelo del lago de Texcoco es considerado un suelo complejo para el sostenimiento de estructuras, debido a los hundimientos regionales

que se han ido registrando con el pasar del tiempo. Según estudios realizados por la UNAM, el sur del aeropuerto en mención es el que presenta mayor asentamiento en comparación al resto de suelos que conforman la estructura, debido a que presentan un menor grado de consolidación en comparación a otras zonas; además de ser una zona donde se concentra un mayor porcentaje de arcillas. Las mediciones geológicas registradas muestran asentamientos de hasta 20 cm anuales; sin embargo, en zonas más críticas se pueden llegar hasta un asentamiento de 40 cm anuales. (Pazos, 2018).

Otro país en donde se identificaron daños ocasionados por deformación del suelo es Venezuela, en donde los habitantes de la Escalonada, en el estado de Lara, vienen sufriendo severos problemas de asentamientos diferenciales en sus viviendas. Según expertos que han analizado las condiciones de la zona, esta puede llegar a desaparecer. La gran mayoría de viviendas tiene sus paredes derrumbadas y las que se encuentran en mejor estado, únicamente presentan grietas. Al parecer el problema no solo radica en la zona de la Escalonada, sino que va aumentando el área de influencia año tras año. Hasta el momento se han registrado más de 400 familias afectadas en diferentes distritos, como lo son: 60 familias en La Escalonada, 15 en San Rafael, 12 en Higuerón, 5 en el Charal, 7 en Chirgua, 5 en Mi Yacural y otras más en Palermo – Agua Viva. (EL NACIONAL, 2017).

Y quizá a nivel internacional el país en donde mayor se evidencia el daño ocasionado por este fenómeno es Italia, pues es bien conocida la situación por la que pasa la torre de Pisa desde el inicio de su construcción, los problemas que se tuvo para construir el resto de niveles y las dificultades por las que se pasa, con el fin de mantenerla de pie y controlar los asentamientos que la afectan directamente. Dichos asentamientos diferenciales son ocasionados por cuatro aspectos fundamentales: las aguas subterráneas, la oscilación del nivel freático, los ciclos de heladas y los suelos colapsables. La variación de los niveles freáticos ha ocasionado que se dé un fenómeno de lavado en la cimentación de las mismas, lo que ha traído consigo el asentamiento de la misma. Las aguas subterráneas producen empujes hidrostáticos o sub presiones que han traído consigo esfuerzos no considerados en la concepción del diseño original. Los ciclos de heladas han traído consigo un aumento en el volumen del suelo, haciendo que este se esponje; cuando este periodo pasa, vuelve a su estado original y por ende queda un espacio libre, producto de ese aumento de volumen momentáneo. Además de los motivos mencionados

anteriormente, la presencia de suelos colapsables como aquellos con partículas limosas o limo – arenosas, traen consigo asentamientos bruscos que pueden producir asentamientos diferenciales bajo determinadas condiciones. (Álvaro González, 2016)

1.1.2 A nivel nacional

Es bien conocido que nuestro país no maneja una cultura y gestión adecuada en eliminación de residuos sólidos. La mala disposición final de los productos plásticos genera que sólo el 0.3% de botellas, bolsas, tecnopor y demás productos sea recuperado por los municipios; así como el 43.7% de estos, termina en un botadero y posteriormente son arrojados a los mares. Según el Ministerio del Ambiente, los peruanos consumimos 947 mil toneladas de plásticos, la gran mayoría es fabricada con HDPE, de los cuales el 74.8% se convierte en basura. Además de ello, existen más de 400 botaderos informales en el país. Todo esto sumado, genera que cualquier medida de solución ante este problema sea tomada en consideración de manera muy seria. La poca importancia que se le da al problema de la contaminación en un mundo globalizado que se plantea como objetivo reducir la huella hídrica entre otros aspectos ambientales, genera un aporte a la contaminación importante. (Mayo, 2018)

En nuestro país, el departamento de Puno presenta una migración interna de los pobladores en búsqueda de un lugar para vivir; la escases de área residencial ha generado que las urbanizaciones se orienten hacia la costa, donde los suelos suelen ser malos por la calidad de los mismos y la salinidad que estos llegan a desarrollar. Uno de estos casos es la Urbanización San Valentín, cuyas edificaciones han llegado a pagar las consecuencias de este planteamiento urbano inadecuado que se viene desarrollando en Puno. Las evidencias se registran en deformaciones del suelo y grietas en las edificaciones. La mayoría de construcciones presentan inclinaciones y asentamientos que no solo la afecta de manera individual, sino que llega a desarrollar esfuerzos que involucran a las estructuras vecinas. El desconocimiento y la autoconstrucción generan que no se tome en cuenta la capacidad portante del suelo, lo que produce los problemas que se han mencionado anteriormente y por ende la inhabitabilidad. (Huayna Mamani & Niel Alex, 2015).

No obstante, la situación que vive Chimbote es muy parecida a la que hemos observado en Puno. El pueblo Joven La Libertad se encuentra ubicado a treinta metros con respecto a la orilla del

mar, lo que trae problemas de sales, nivel freático y las viviendas son más vulnerables a presentar fallas. La autoconstrucción es uno de los inconvenientes que se presenta, debido a que no se toma en cuenta la resistencia del terreno y, por ende, contribuye a la generación de asentamientos diferenciales por superar la capacidad portante del suelo de asiento. Lamentablemente esta es una muestra más de la realidad que tenemos en el Perú, en donde las capacidades cognitivas son reemplazadas por la mano de obra barata y con escasas técnica. (García Ríos, 2017)

1.1.3 A nivel local

En Lambayeque los problemas ambientales que se viven, están relacionados con los siguientes factores: inadecuada administración de los residuos sólidos, déficit de la oferta de agua potable y alcantarillado, deficiente transporte urbano, alta polución sonora y atmosférica. Si nos referimos a los residuos sólidos, en esta ciudad solo se recoge el 72.3% de estos; mientras que los otros son arrojados en puntos críticos. En Chiclayo existe un botadero cuya antigüedad es de más de 35 años con un volumen acumulado de residuos de 1 048 180 m³. Aparte de ello, el crecimiento centralizado, trae como consecuencia el uso de áreas agrícolas para la construcción de viviendas residenciales, que alcanza el 73.33%. Esto conlleva al uso de suelo no apto, como soporte para las edificaciones, trayendo consigo problemas de asentamiento diferenciales, de cloruros y sulfatos en porcentajes elevados, entre otras consecuencias. (Gobierno Regional de Lambayeque, 2016).

Tabla1*Componentes de los Residuos Sólidos Domiciliarios de Lambayeque*

Tipo de residuos sólidos	Porcentaje
Materia orgánica	59.94%
Madera, follaje	0.85%
Papel	1.49%
Cartón	5.33%
Vidrio	1.96%
Plástico PET	4.35%
Plástico Duro	4.35%
Bolsas	1.20%
Tecnopor y similares	0.30%
Metales	2.99%
Telas, textiles	0.20%
Caucho, cuero y jebe	0.30%
Pilas	0.08%
Restos de mediciones, focos	0.60%
Residuos sanitarios	4.30%
Material inerte	8.77%
Otros	2.99%

Fuente: SIGERSOL (2015)

Y en nuestro distrito de Chiclayo, la falta de un relleno sanitario genera que la mayoría de basura sea depositada en el botadero de Reque. La alta acumulación de estos residuos y la falta de disposición de este botadero generan que la forma para eliminarla sea la quema de la misma. La composición de esta basura es: residuos sólidos urbanos, plásticos, RCD, entre otros. Por ejemplo, con la quema sólo de la materia plástica, el grado de contaminación generado es grande, trayendo consigo una considerable polución atmosférica. Al igual que cómo sucedió en diciembre del 2014, la combustión de este tipo de residuos, más de 800 toneladas de desperdicio, afectó la calidad del aire respirado de más de 600 000 personas en la región Lambayeque. (El Comercio, 2014).

Tabla2*Componentes de los Residuos Sólidos Domiciliarios Chiclayo*

Tipo de residuos sólidos	Porcentaje
Materia orgánica	63.24%
Madera, follaje	0.50%
Papel	4.63%
Cartón	1.80%
Vidrio	2.10%
Plástico PET	1.44%
Plástico Duro	1.06%
Bolsas	0.04%
Tecnopor y similares	0.23%
Metales	1.40%
Telas, textiles	1.98%
Caucho, cuero y jebe	0.00%
Pilas	0.03%
Restos de mediciones, focos	0.12%
Residuos sanitarios	9.84%
Material inerte	0.00%
Otros	9.45%

Fuente: SIGERSOL (2015)

1.2 Antecedentes de estudio

1.2.1 Ámbito internacional

1.2.1.1 Colombia.

(Garzón Posada, A. D, 2015), en su investigación “Síntesis y caracterización de un material compuesto a base de polietileno de alta densidad y magnetita pulverizada”, realizada en la Universidad Nacional de Colombia, busca crear un material a base de HDPE y magnetita pulverizada (Fe_3O_4), el cual es usado hoy en día para aplicaciones tecnológicas; sin embargo, la carencia de estudios previos sobre este, hace que sus propiedades sean poco conocidas. El objetivo de la tesis fue determinar las propiedades mecánicas, magnéticas y eléctricas de este polímero reforzado. En base a los ensayos que se han realizado, se concluye que: porcentajes del 0 al 20% de magnetita desarrollan propiedades aislantes, las propiedades que llega a desarrollar el polímero hacen que sea muy empleado para la elaboración de endoprótesis vascular, entrega focalizada de medicamentos o terapia de tumores; es decir, tiene aplicaciones biomédicas, farmacéuticas y de ingeniería.

La tesis mencionada sirve de gran aporte, porque permite saber las proporciones comúnmente empleadas para desarrollo de productos de diversos tipos. Además, que brinda una perspectiva general de las propiedades del polímero en estudio, lo que permite saber de antemano en qué aspectos podría mejorar al suelo que se espera combinar. Con ello es que se tiene un respaldo científico y experimental de los resultados que se podrían obtener en laboratorio, que servirá para contrastar la veracidad de los mismos.

1.2.1.2 Chile.

(Carvajal Quezada,2016) en su tesis de pregrado “Caracterización de mezclas de polietileno virgen con reciclado”, elaborada en la Universidad de Chile, refuerza la idea de que la contaminación ambiental debe ser combatida de alguna u otra forma, y hacer uso de la reutilización es una forma eficiente de combatirla. El plástico que genera mayor contaminación a nivel mundial es el polietileno, empleado en la gran mayoría de envases en la actualidad. Es posible reutilizar este compuesto; sin embargo, el principal inconveniente es la reducción de sus propiedades mecánicas. El objetivo general planteado fue establecer relaciones entre el contenido de polietileno reciclado y virgen, así como la sugerencia de una propiedad medible de la mezcla en mención. Concluyó que, al aumentar el porcentaje de compuesto reciclado, más se reducen las propiedades físico mecánicas de este; además, la propiedad “melt flow index” es la que mejor representa la variación de resultados de esta relación.

Este estudio ayudará a saber qué comportamiento esperamos del compuesto analizado combinado con su similar reciclado, con el fin de mitigar la contaminación que su empleo puede generar. Si bien es cierto, se ha demostrado que sus propiedades mecánicas varían, tal vez se puede esperar un porcentaje de pérdida menor si es que se combina con otro compuesto. Además, al no haber sido empleado en combinación con el suelo, es que los resultados pueden variar drásticamente.

1.2.1.3 España.

(Bauzá Castelló, J. D, 2015) en su tesis de post grado “El tratamiento de los suelos arcillosos con cal. Comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad”, elaborada en la Universidad de Sevilla, toma de referencia la gran importancia que están teniendo los suelos estabilizados con cal al nivel mundial y la falta de investigación que se les

ha hecho, con respecto a sus propiedades mecánicas, económicas y medio ambientales. Por este motivo, es que se estudió las reacciones que sufren ambos componentes al entrar en contacto, los efectos que surgen en cada uno, los factores condicionantes y la evolución que tiene con el tiempo. Se ha llegado a la conclusión de que las propiedades que afectan la reacción entre ambos componentes son: contenido de arcillas en el suelo, sus características mineralógicas, contenido de materia orgánica, los sulfatos solubles, su plasticidad, su trabajabilidad, su PH; así como la aplicación de la cal, su disgregación, homogeneidad, entre otros factores que se especifican en el trabajo de investigación mencionado.

Se tomó como referencia la tesis doctoral mencionada por las propiedades que evalúa de la mezcla cal suelo, las cuales podrían ser tomadas en cuenta para la presente tesis, con el fin de tener una descripción cualitativa y cuantitativa de las propiedades esperadas de la combinación suelo - polietileno de alta densidad. Así mismo, se puede evaluar como posible mejora al proyecto la incorporación de cal, como un estabilizante que podría mejorar propiedades mecánicas o químicas del compuesto a estudiar.

1.2.1.4 Ecuador

(Andrade Pesántes, 2017) en su tesis de pregrado “Diagnostico y propuesta de solución ante efectos de asentamientos diferenciales para una vivienda de dos pisos”, elaborada en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, sostiene que este fenómeno es más común de lo que se cree y su consecuencia más directa es una afectación a la serviciabilidad de la vivienda, dando como resultado una sensación de inseguridad a sus habitantes, además del deterioro arquitectónico de la vivienda. Dependiente de la velocidad de los asentamientos diferenciales estos pueden causar problemas a mediano o largo plazo en los elementos estructurales y no estructurales de la vivienda.

La tesis de la que se habla nos sirve para entender mejor el problema ocasionado por los asentamientos diferenciales, además de saber que en otro país también se buscan alternativas de solución a este tema de investigación.

1.2.1.5 Colombia

(Aguilar Castañeda, C. G. & Borda Riveros, 2015) en su tesis de pregrado “Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos”, elaborada en la Universidad Santo Tomás en el año 2015, sostiene que la adición de polímeros al suelo mejorará la capacidad de soporte de este. Esta investigación se encargó de recopilar información nacional y extranjera sobre los métodos de estabilización de suelos más usado. Los estabilizantes que se emplearon fueron: Solid Soil, Base Seal, Top Shield y Soil Sement. Se llegó a la conclusión que los polímeros que más beneficios trae al suelo en estudio, son los geos sintéticos; llegando a mejorar la capacidad portante, resistencia a movimientos, deformaciones laterales del pavimento, producción de grietas, entre otros aspectos.

La tesis en mención se encarga de brindar información con respecto a los diferentes tipos de estabilizantes que pueden ser usados para mejorar las propiedades del suelo. Estos son usados a nivel internacional y su aplicabilidad en el medio local deberá de ser evaluada, tal sea el caso, se decida hacer uso de algún porcentaje de estos. La información que brinda está relacionada al procedimiento que debe de seguirse para evaluar las mejoras que puede traer el uso de algún tipo de estabilizante, pudiendo ser replicados todos estos pasos en la presente tesis.

1.2.2 Ámbito nacional

1.2.2.1 Lima

(Alvarado Mejía, L. Y. & Palomino Benites, S.A, 2015) en su tesis de pregrado “Determinación del esfuerzo de pre construcción para el cálculo de asentamiento de suelos finos de la zona de Sagari – Cuzco”, elaborada en la Universidad Ricardo Palma, sostiene que uno de los grandes inconvenientes al intentar cimentar edificaciones sobre el suelo, son los posibles asentamientos diferenciales. El motivo del presente trabajo de investigación surge al tener en frente a suelos arcillosos en los que las probabilidades para que se generen asentamientos diferenciales son bastante altas. Por estos motivos, se optó por la construcción de terraplenes como una solución económica al control de los asentamientos diferenciales generados por el peso de las estructuras. Las conclusiones a las que se llegó son: el esfuerzo de consolidación del suelo en estudio es de 1.54 kg/cm², una solución técnica y económica para mitigar los asentamientos diferenciales es

la construcción de terraplenes en la cimentación de las edificaciones y que es posible emplear otros métodos de control.

Al tener como referencia uno de los mecanismos de control de asentamientos diferenciales como lo es la construcción de terraplenes para controlarlos, es que se hace posible comparar el método de control empleado con el presente trabajo de investigación, para evaluar cuál de las dos brinda más beneficios técnicos y económicos a este problema. Además de ello, es que se puede tomar como referencia para saber qué pasos se han seguido para evaluar la eficiencia del control de asentamientos causados por el peso de las edificaciones cimentadas sobre suelos arcillosos.

1.2.2.2 Juliaca

(Lima Chiquehuayta, N. A. & Huayna Mamani, O. C, 2015) en su tesis de pregrado “Evaluación de asentamientos y daños estructurales en viviendas de la urbanización San Valentín de la ciudad de Puno”, elaborada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, sostiene que, el incremento de la población en Puno, genera que se haga uso de terrenos no aptos para la construcción de edificaciones, debido a que son producto de rellenos no controlados. Un caso de esto, es la Urbanización San Valentín, cuyas edificaciones vienen teniendo problemas estructurales. Por este motivo, y con recursos financieros de ENACE y BANMAT se evaluaron los daños existentes en edificaciones producto de asentamientos totales y diferenciales del suelo. En base a ello, es que se concluye lo siguiente: los daños de las estructuras construidas con el financiamiento de ENACE y BANMAT, están relacionados directamente con los asentamientos del suelo; además, que 7 viviendas tienen daños leves en los muros (<10%), 21 viviendas alcanzan daños del 10 – 30%, 11 viviendas rondan daños del 30 al 50% y 14 viviendas superan el 50% de los daños en sus muros, todos estos productos de asentamientos totales y diferenciales.

El trabajo de investigación mencionado anteriormente permite conocer cuáles son las consecuencias que puede traer consigo el desarrollo de asentamientos diferenciales en el suelo de apoyo de las estructuras, llegando a generar hasta el 50 % de daños en los muros de las edificaciones. El conocer las consecuencias que puede traer consigo el desarrollo de este fenómeno, es que sirve de sustento para probar la hipótesis de la investigación, que consiste en buscar una mejora al suelo con el fin de reducir los asentamientos diferenciales causados por la acción de cimentar un edificio.

1.2.2.3 Tarapoto

(Astorayme Salazar Leo Marini & Ramón Díaz Franco William, 2021) en su tesis de pregrado “Análisis del comportamiento mecánico del suelo arcilloso reforzado con PET para obras geotécnicas, proveniente de botellas plásticas recicladas, en el distrito de Ricuricocha – Tarapoto”, elaborada en la Universidad Peruana de ciencias Aplicadas; evaluó el comportamiento de las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso mezclado con PET triturado. El uso potencial de esta materia plástica en aplicaciones geotécnicas puede reducir el problema de la eliminación ineficiente y mejorar las características de soporte y deformación del suelo. Se empleó Tereftalato de polietileno, PET, y suelo arcilloso proveniente de la provincia de Tarapoto. Los parámetros de resistencia al corte que definen las características mecánicas del suelo son la cohesión y el ángulo de fricción. En la ejecución de una obra, estos parámetros por lo regular no se ajustan a las exigencias del proyecto, por tal razón se debe buscar una solución para la estabilidad del suelo involucrado en cualquier construcción.

La tesis mencionada anteriormente contribuirá directamente con nuestra investigación pues también busca la mejora de una propiedad de suelo.

1.2.2.4 Junín

(Ruiz Martínez Dany Daniel, 2021) en su tesis de pregrado “Aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la Provincia de Chupaca - Junín”, elaborado en la Universidad Peruana de los Andes, plantea como objetivo establecer si la aplicación de bolsas de polietileno fundidas, pueden variar las principales propiedades del suelo, de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales EG-2013; para ello se consideró el estudio de una muestra patrón y otros con proporciones del 4 %, 8 %, 12 % y 15 %; para finalmente compararlos y establecer sus diferencias. La finalidad de esta investigación es encontrar un material opcional para mejorar las características de un suelo no apto para subrasante, y a la vez dar un segundo uso a las bolsas, que actualmente son el principal foco de contaminación en el planeta. La importancia de esta investigación, se basa en que se ha podido demostrar que el uso de materiales contaminantes como lo es el plástico, puede ayudar a mejorar las propiedades de

subrasante de las vías y esto ayudará a que los pavimentos duren mayor tiempo y su mantenimiento sea menos costoso.

Esta tesis fue tomada como referencia pues busca la mejora de una propiedad de suelo utilizando polietileno de alta densidad en forma de bolsas fundidas. Mismo material de estudio en nuestra investigación, pero en diferente forma.

1.2.3 Ámbito local

(Estela Coronel Nardeli & Siesquén Zapata Juan Carlos, 2020) en su tesis de pregrado “Análisis de la Resistencia al corte y la disminución de la permeabilidad en suelos aplicando polietileno de alta densidad con fines de edificaciones en la urbanización los sauces II etapa – Pimentel”, elaborada en la Universidad Señor de Sipán, tiene como fin la obtención del porcentaje idóneo de Polietileno de alta densidad para mejorar el suelo con respecto a su resistencia al corte y a su permeabilidad mediante ensayos de suelos en laboratorio. Sostienen que obtuvieron como contenido de polietileno adecuado de alta densidad el 2.0% de adición, con dicho porcentaje se logró mejorar relativamente la resistencia al corte del suelo en contraste a la muestra natural, y se logró una disminución en la permeabilidad. Concluyéndose que a más altos porcentaje de polietileno de alta densidad se pierde cohesión, ya que este material no presenta la capacidad de absorber agua y eso hará imposible la compactación.

Se ha tomado como referencia esta tesis, debido a que utilizan como material de investigación el polietileno de alta densidad en un suelo arenoso-arcilloso en búsqueda de una mejora de propiedad y permitirá una discusión de resultados cercana.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1 Polietileno de alta densidad

1.3.1.1 Concepto de polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un tipo de polímero que, según su composición química, presenta una composición en forma de cadena lineal no ramificada. Esto genera que su densidad sea alta y, por ende, tenga altas fuerzas intermoleculares. Los productos fabricados con este tipo de polímero, tienen las siglas HDPE. (Plastiproductos, 2014)

El polietileno también es definido como aquel polímero termoplástico que combina una variedad de propiedades físicas y mecánicas, tales como: baja densidad, buena relación resistencia peso, facilidad de procesado, entre otros. Esta combinación de propiedades lo convierten en un elemento idóneo para una serie de actividades y por ende es uno de los productos de mayor producción mundial. (González, Cobo, Lozano, & Bresó, 2013).

1.3.1.2 Propiedades del polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un elemento termoplástico con forma amorfa y de apariencia cristalina. El grado de cristalinidad depende mucho del peso molecular y del tratamiento térmico que se le haya aplicado al material. Sus propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la tensión y rigidez), sus propiedades térmicas y químicas son superiores en relación al polietileno de densidad baja. Esto es debido principalmente a la densidad que posee cada uno de estos en particular. Además, se debe de considerar que es resistente a temperaturas bajas, no es tóxico, es inerte y presenta poca estabilidad dimensional. (Plastiproducos, 2014)

Este material se caracteriza por ser de simple procesamiento, buena resistencia a la abrasión e impacto. Es débil contra los agentes oxidantes, por ejemplo: peróxidos de hidrógeno, ácido sulfúrico fumante o ácido nítrico. (Plastiproducos, 2014)

Como ya es sabido, la fabricación del Polietileno de Alta Densidad depende de cierta ficha técnica y debe de mantener ciertas propiedades y resistencias. Su índice de flujo debe de rondar el 0.33 gr/10 min, deberá de mantener una densidad de 0.96 gr/cm³, con un punto de fusión de 135 °C. Para determinar la densidad, se hizo uso de la norma ASTM D -792 – 86, haciendo uso del benceno como líquido de inmersión. El punto de fusión se determina en un perímetro de diámetro Perkin DSC-7. (Valadez G., Cervantes, Olayo, & Herrera, 2015).

En los últimos años el empleo de materiales termoplásticos y demás compuestos por matrices termoplásticas creció exponencialmente. Con el fin de mejorar las propiedades térmicas y mecánicas, es que se adicionan rellenos a la matriz del polímero. Hoy en día, se emplean rellenos inorgánicos para ser adicionados a las resinas termoplásticas comerciales por ser más económicas, así como contribuir a las propiedades de moldeabilidad, distorsión térmica y rigidez. (Herrera, Valadez, & Cervantes, 2015)

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Constante dieléctrica a 1MHz	2,3-2,4
Factor de disipación a 1MHz	1-10 x 10 ⁻⁴
Resistencia dieléctrica (KV mm ⁻¹)	22
Resistencia superficial (ohm/sq)	10 ¹²
Resistencia de volumen (ohm cm)	10 ¹⁵ -10 ¹⁸

Figura 1 *Propiedades eléctricas del HDPE*

Fuente: Plastiproductos (2014)

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo elástico E (N/mm ²)	1000
Coefficiente de fricción	0,29
Módulo de tracción (GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a tracción (MPa)	15-40
Esfuerzo de rotura (N/mm ²)	20-30
Elongación a ruptura (%)	12

Figura 2 *Propiedades mecánicas del HDPE*

Fuente: Plastiproductos (2014)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Absorción de agua en 24h (%)	< 0,01
Densidad (g/cm ³)	0,94-0,97
Índice refractivo	1,54
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia al ultra-violeta	Mala
Coefficiente de expansión lineal (K ⁻¹)	2 x 10 ⁻⁴
Grado de cristalinidad (%)	60-80

Figura 3 *Propiedades físicas del HDPE*

Fuente: Plastiproductos (2014)

PROPIEDADES TÉRMICAS	
Calor específico (J K ⁻¹ Kg ⁻¹)	1900
Coefficiente de expansión (x 10 ⁶ K ⁻¹)	100-200
Conductividad térmica a 23 °C (W/mK)	0,45-0,52
Temperatura máxima de utilización (°C)	55-120
Temperatura de reblandecimiento (°C)	140
Temperatura de cristalización (°C)	130-135

Figura 4 *Propiedades térmicas del HDPE*

Fuente: Plastiproductos (2014)

RESISTENCIA QUÍMICA	
Ácidos-concentrados	Buena-Aceptable
Ácidos-diluidos	Buena
Alcalís	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y Aceites	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable

Figura 5 *Propiedades químicas del HDPE*

Fuente: Plastiproductos (2014)

1.3.1.3 Obtención del polietileno de alta densidad

En los años 1949 – 1955 el profesor Karl Ziegler desarrolla un método llamado Ziegler – Natta, el que es empleado sobre el polietileno de alta densidad. Este proceso es catalítico a baja presión, 14 Mpa. Al momento en que uno aplica etileno en una suspensión de etilato de aluminio y éster titánico en un aceite, el etileno se polimeriza y desprende calor, el que queda absorbido por el disolvente formando un producto macromolecular. (Plastiproductos, 2014)

El HDPE también puede ser obtenido por un proceso de polimerización del etileno a presiones bajas, haciendo uso de un óxido metálico sobre sílice o alúmina como catalizadores. Este

proceso les corresponde a Phillips y Standard Oil. Con este método se fabrica más de un tercio del polietileno de alta densidad a nivel mundial. (Plastiproducos, 2014)

1.3.1.4 Aplicación del Polietileno de Alta Densidad

Este producto tiene diversos usos a nivel industrial, los cuales abarcan materiales de construcción, aislantes eléctricos, juguetes, cajas, bolsas, redes, etc. Es muy evidente que su aplicación aborda varios campos, clasificándose en: por el método utilizado en la fabricación del producto y por el tipo de Polietileno utilizado. El primer método mencionado engloba a aquellos productos que suelen ser fabricados por diferentes métodos de transformación, como lo son: Extrusión, Soplado, Inyección, Compresión, Termoformado y Rotomoldeo. El segundo de estos depende de la variedad de Polietilenos de Alta Densidad que se pueden fabricar, pudiendo ser: Polietileno de alta densidad de alta masa molecular, Polietileno entrecruzado, Polietileno de ultra masa molecular y el Polietileno propiamente dicho. Este material al ser de bajo costo, resistente, no conductor de corriente eléctrica y no tóxica, es empleado principalmente en la industria automotriz, industria eléctrica, envases, entre otros. (Roca Girón, 2005).

1.3.2 Asentamiento por consolidación unidimensional en suelos arcillosos

1.3.2.1 Aspectos generales

La masa del suelo está conformada por fase sólida, que conforman la parte granular del suelo, los vacíos, pudiendo estar llenos de aire o agua, y la parte líquida. Además, se trabaja bajo la teoría que el agua y la parte sólida es incompresible. Debido a la existencia de la parte líquida y los vacíos es que generan los asentamientos en las estructuras. (Poliotti & Sierra, 2014)

Las deformaciones del suelo debido a la aplicación de una carga externa, ocurren como consecuencia de una reducción del volumen total de la masa de suelo, disminución de sus vacíos. Aunque puede ocurrir que estos se encuentren llenos de agua y que estemos ante un estrato permeable. (Poliotti & Sierra, 2014)

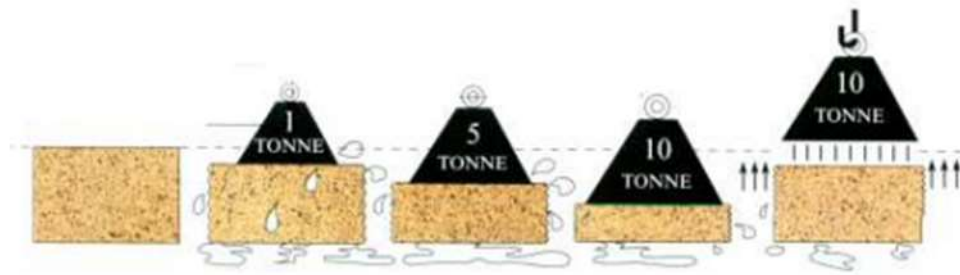


Figura 6 *Proceso de consolidación*

Fuente: Poliotti y Sierra (2014)

Un estrato de suelo saturado al ser sometido a una carga externa de gran magnitud se produce un exceso de presiones intersticiales. Debido a que el agua no resiste a los esfuerzos de corte, es que dicha presión es disipada evacuando agua al exterior, cabe resaltar que la capacidad de drenaje del suelo influye mucho en dicho caudal de evacuación. (Poliotti & Sierra, 2014)

En base a más de 40 estudios de edificaciones y diferentes análisis hechos a las mismas, es que se ha llegado a definir ciertas relaciones que se basan en la “distorsión angular”, que viene a ser definida como la relación que existe entre los asentamientos diferenciales y la distancia entre dos puntos después de eliminar la influencia de la inclinación del edificio. Se recomienda una relación de 1/300 para alcanzar las grietas en paredes y acabados, y una relación de 1/150 para evitar el daño estructural. (Negulescu & Foerster, 2010)

1.3.2.2 Analogía mecánica de Terzaghi

El proceso de consolidación es explicado correctamente con la analogía mecánica de Terzaghi. Consistiendo en un cilindro de sección A conformado por un pistón sin fricción que cuenta con un pequeño agujero. Este se encuentra unido a un resorte y el fluido que contiene es incompresible. (Poliotti & Sierra, 2014)

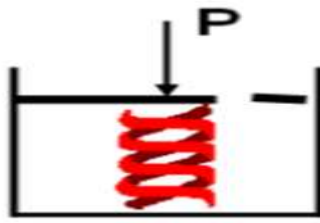


Figura 7 Esquema de pistón

Fuente: Poliotti y Sierra (2014)

Se aplica una carga P y el pistón se encuentra cerrado, por lo cual es imposible que el fluido vaya a algún lugar, por ende, no hay asentamientos. Caso contrario, ocurre cuando este pistón es abierto regularmente y al mismo tiempo se aplica la carga P , esto trae como consecuencia que el fluido pueda evacuar por esa ranura y se produzcan asentamientos. La velocidad con la cual se produzca el descenso es proporcional a la carga aplicada, al tamaño del orificio y la viscosidad del mismo. (Poliotti & Sierra, 2014)

1.3.2.3 Teoría de Terzaghi

Se considera un depósito de suelo homogéneo, saturado, con longitud infinita y con una carga aplicada (q) uniformemente distribuida en la totalidad del área. El suelo se encuentra en reposo sobre una capa impermeable y cuenta con tubos que permiten drenar el agua hacia la parte superior, donde:

H_p : altura piezométrica

Z : posición respecto al plano de referencia

H_h : carga hidráulica

H_e : exceso de presión neutra debido a la carga q

H : espesor del estrato

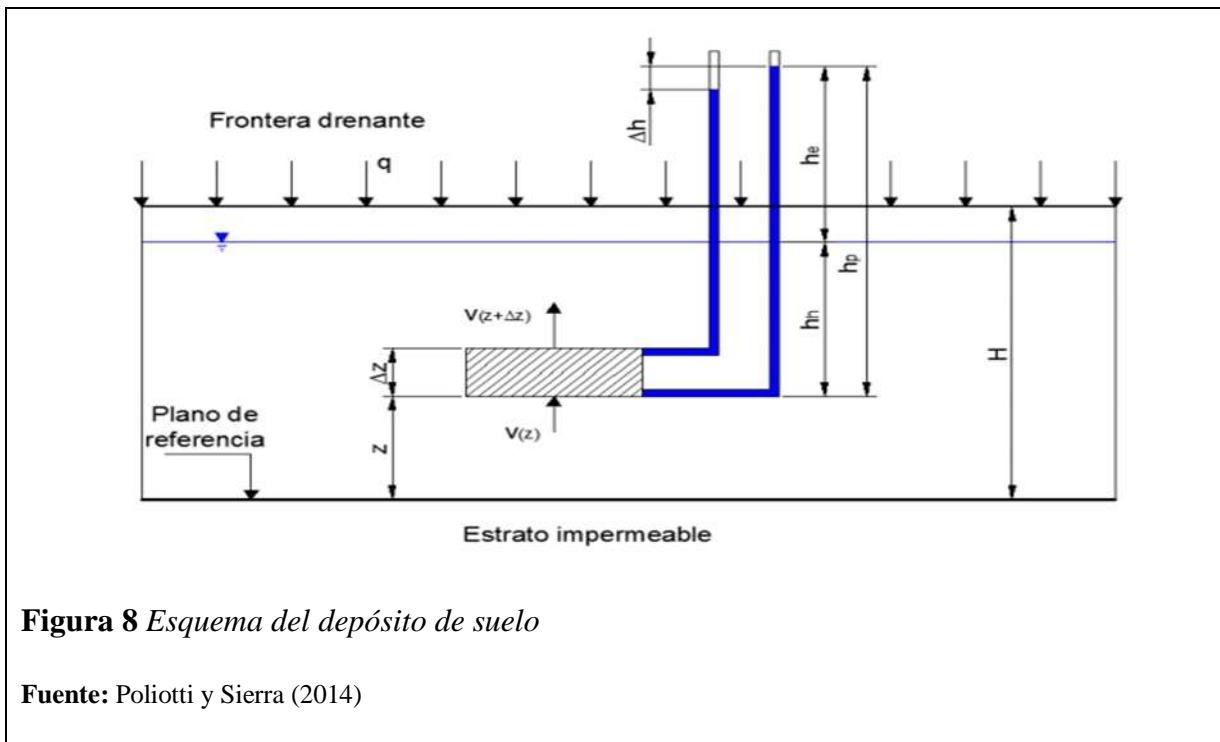


Figura 8 Esquema del depósito de suelo

Fuente: Poliotti y Sierra (2014)

Debido a que el estrato de apoyo es impermeable y se aplica una carga “q” uniformemente distribuida, es que el agua que contiene este estrato debe de evacuar a algún lugar, por lo que esta tendrá como medio de salida los tubos que están conectados al suelo en sentido vertical. Como resultado a ello, es que se generan las deformaciones en el mismo, en dirección vertical. (Poliotti & Sierra, 2014)

1.3.3 Normativa

1.3.3.1 Técnica

NTP 339.127. Esta norma brinda la información necesaria para determinar el contenido de humedad del suelo.

NTP 339.128. Se establece el procedimiento a seguir para la realización adecuada del análisis granulométrico de un suelo, permitiendo así clasificar el suelo en estudio.

NTP 339.129. Los límites de Atterberg permiten conocer el estado del suelo, así como los límites líquido y plástico, brindando los porcentajes de humedad necesarios para pasar de un estado a otro.

NTP 339.131. Se establecen los procedimientos, equipos y el cálculo necesario para establecer el peso específico del suelo.

NTP 339.134 Dicha norma establece los parámetros para la clasificación unificada de suelos (SUCS)

NTP 339.141 Abarca los procedimientos necesarios para determinar las propiedades de compactación de un suelo.

NTP 339.143 Brinda la información y pautas necesarias para determinar la densidad *In-Situ* a través del cono de arena.

NTP 339.154. Esta norma tiene como objetivo la determinación de asentamiento generados por la aplicación de una carga repentina.

1.3.3.2 Ambiental

A. Ley general del ambiente Ley N° 28611:

Busca el desarrollo de un ambiente sano, equilibrado y apropiado para los habitantes de nuestra nación. Con el fin de garantizar calidad de vida, es que se busca cooperación en la gestión ambiental y la protección del medio ambiente. Además, se plantea como objetivo regular los instrumentos para que se brinde una gestión ambiental adecuada en el país.

B. Ejes estratégicos de la gestión ambiental

Está conformado por los ministerios de agricultura, energía y minas, economía y finanzas, producción, cultura, salud, desarrollo sostenible e inclusión social y ambiente. Además de ello, se refiere a los objetivos de Política Ambiental que se plantearon en el último consejo de ministros realizado el 10 de octubre del 2012.

C. Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental. Ley N° 27446

Decreta que los ministerios deben de comunicar al Consejo Nacional del Ambiente las regulaciones relacionadas a la evaluación del impacto ambiental. Esta no cambia las autoridades ambientales competentes de cada sector, pero sí sustenta que se debe de brindar un reporte de cada actividad realizada.

D. Ley de gestión integral de residuos sólidos. Ley N° 1278

Se mencionan las acciones que deben de ser realizadas por cada persona y entidad en relación al manejo de residuos sólidos, con el objeto de prevenir efectos adversos asegurando la protección de la salud.

1.3.4 Gestión ambiental

Es bien sabido el alto grado de contaminación que genera el uso del HDPE, así como el alto periodo de tiempo que pasará hasta que sea absorbido y procesado por la tierra de manera natural. El reciclaje de este material contribuye a reducir el impacto ambiental que se genera día a día; además de que se puede contar con un medio de disposición final mucho más adecuada que arrojar los desechos en un botadero, como suele pasar continuamente en nuestra localidad. Con esto se está contribuyendo a la gestión ambiental de este recurso.

1.3.5 Seguridad y salud ocupacional

Si bien es cierto no hay una relación directa con la seguridad y salud ocupacional, siempre se tiene que recordar que cualquier manipuleo o uso de algún material debe de ser realizado con los EPP's mínimos requeridos. Esto con tal de desarrollar los trabajos de una manera segura y evitando así los riesgos laborales que puede traer consigo.

1.3.6 Gestión de riesgos y prevención de desastres

Las fallas estructurales que pueden generar los asentamientos diferenciales en una edificación van desde pequeñas grietas, hasta sobre esfuerzos en los elementos estructurales que la conforman. Estos sobre esfuerzos generan un gran riesgo sobre los habitantes o personas que hacen uso de la edificación afectada. El desarrollo de estos asentamientos con el pasar del tiempo generará un colapso inminente de la estructura; al solucionar este tipo de problemas, se está haciendo una gestión de riesgos ocupacionales y se está previendo la posible generación de algún desastre.

1.3.7 Gestión de mantenimiento

El aporte que puede traer consigo el desarrollo del presente trabajo de investigación, permitirá mantener las edificaciones asentadas sobre suelo arcilloso de escasa capacidad portante. Esto se

debe a que las grietas generadas por el aumento de los esfuerzos en servicio, producto de asentamiento diferenciales, afecta directamente al funcionamiento de la estructura. Al solucionar este tipo de problemas, es que se evitarán mayores gastos de reparación y mantenimiento, aumentando así la vida útil de la estructura.

1.3.8 Estudio de costos

Los gastos relacionados al presente trabajo de investigación recaen en costos de movilidad, uso de equipos, compra de materiales y pago de horas hombre. La movilidad involucra aquellos gastos que se esperan tener al visitar algunas localidades de la provincia de Lambayeque, con el fin de obtener muestras de suelo; además de ello, se debe de transportar dichas muestras al laboratorio de nuestra facultad. Los materiales que se comprarán son el HDPE, y aquellos insumos necesarios para realizar los diferentes ensayos de laboratorio; así como aquellos gastos relacionados directamente con la elaboración del informe. El pago de horas hombres tiene que ver con aquellos gastos que pueden surgir al extraer el suelo y el gasto que significa el valor de nuestro servicio en el desarrollo de la tesis. Todos estos gastos serán financiados con recursos propios.

1.3.9 Definición de términos

Asentamiento: son definidos como la diferencia de niveles existentes en las cimentaciones de una misma estructura. (Ministerio de vivienda, 2016)

Arcilla: se le conoce como arcilla a aquel tipo de suelo cuyas partículas sólidas son de diámetro menor a 0.002 mm y tiene la capacidad de volverse plástica al mezclarse con agua. (Crespo Villalaz, 2004)

Consolidación: la consolidación es el proceso mediante el cual una porción de suelo expulsa agua de sus poros, debido al aumento de la carga. Esta persiste hasta que la presión interna del suelo se mantenga en equilibrio. (Alvarado Mejía & Palomino Benites, 2015)

Consolidación Unidimensional: la consolidación unidimensional es el fenómeno por el cual el suelo saturado se consolida al aplicar una carga repentinamente. En un inicio la presión del agua es la encargada de soportar el peso, pero con el pasar del tiempo esto cambia y el agua es

expulsada a través de los poros del suelo, produciendo pequeños asentamientos diferenciales en un mismo volumen de control. (Poliotti & Sierra, 2014)

Densidad: magnitud que relaciona masa y volumen de un cuerpo; su unidad es kg/m^3 en el sistema internacional. (RAE, 2014)

Estabilización de suelos: Es el proceso de mejorar las propiedades del suelo, mediante cierta manipulación o tratamiento. (Zuluaga Angel, 2005)

Polietileno: es un polímero formado por unidades de etileno repetitivas. Es empleado en la fabricación de envases desechables. (pimsa, 2017)

Polietileno de Alta Densidad: es un tipo de polímero sintético semicristalino, no tóxico, de alta resistencia, no es un conductor eléctrico, se caracteriza por ser transparente y sus aplicaciones se extienden desde material de construcción, hasta empleado en la industria de los envases. (Roca Girón, 2005)

Polímero: son aquellas macromoléculas formadas por la unión de una o muchas moléculas enlazadas por enlaces covalentes. Estos pueden ser naturales como el ADN o la celulosa, o sintéticas como el polietileno. (Beltrán & Marcilla, 2012)

Suelo: delgada capa apoyada sobre la corteza terrestre, conformada por material producto de la disgregación y/o alteración química y/o física de las rocas y residuos de las actividades de los seres vivos. (Crespo Villalaz, 2004).

1.3.10 Ciencias aportantes a la investigación

1.3.10.1 Geotécnica

La geotécnica es la encargada de estudiar la interacción que tiene las construcciones sobre el terreno. Usualmente se dice que estudia a todos los materiales que se encuentran sobre la corteza terrestre, así como el uso de estos. (Holtz & Kovacs, 2012)

Esta ciencia será empleada para estudiar el suelo y los cambios en sus propiedades físico mecánicas al entrar en contacto con fibras de polietileno de alta densidad. Se hará uso de un tipo de suelo arcilloso.

1.3.10.2 Tecnología de materiales

La tecnología de los materiales estudia las propiedades y características de los materiales, así como su aplicabilidad en las diferentes áreas o líneas de carrera. (Sanabria Coto & Loria Saenz, 2015)

La tecnología de los materiales es determinante en el conocimiento de un nuevo material, en este caso formado por suelo arcilloso y polietileno de alta densidad. Se busca conocer las propiedades que tiene esta combinación, así como las ventajas y desventajas que pueda traer. Se evaluará su aplicabilidad orientada únicamente a la ingeniería civil.

1.4 Formulación del Problema

¿Cómo influye la aplicación de polietileno de alta densidad en los asentamientos por consolidación unidimensional en suelos arcillosos?

1.5 Justificación e Importancia del Estudio

1.5.1 Justificación técnica

Las técnicas que existen hoy en día permiten mejorar y controlar la capacidad portante del suelo, otras se encargan de controlar las deformaciones que puede sufrir un suelo. Todas estas son bien conocidas y aplicadas a nivel internacional. El aporte técnico de esta tesis, sugiere la creación de un proceso de estabilización que controle las deformaciones del suelo. No sólo puede llegar a ser una solución económica, sino que también será una solución técnica, pues se determinará el porcentaje óptimo de mezclado con el suelo que debe de tener el polietileno de alta densidad con un suelo arcilloso, con el fin de determinar el máximo desarrollo de las propiedades del compuesto.

1.5.2 Justificación económica

Si bien es cierto, existen formas de controlar los asentamientos diferenciales producidos por una edificación que pueden llegar a ser muy técnicos o hasta económicos en cierto punto, pues su complejidad recae en los procesos que se tienen que llevar a cabo, el empleo de un estabilizante al suelo que mejore su capacidad portante, resulta una técnica económica para cumplir con el objetivo planteado. Se puede hacer uso de polietileno de alta densidad reciclado, que reducirá

aún más los costos de aplicación de esta técnica de estabilización. El aporte económico de esta tesis es el de proponer un medio de estabilización de suelos económico y eficiente, en relación a las mejoras físico mecánicas del suelo de apoyo de las edificaciones.

1.5.3 Justificación ecológica

Es bien sabido el nivel de contaminación existente en las calles de Chiclayo, acumulación de basura en los drenes, colmatación de basureros, inadecuada disposición final, así como inexistencia de una planta de tratamiento. Todo esto ha contribuido a que las condiciones ecológicas de la ciudad sean lamentables; además, cabe resaltar que el principal componente de esta basura son los plásticos, dentro del cual hallamos el polietileno de alta densidad. El tiempo de degradación de estos materiales es bastante alto y su reúso es considerado como una opción idónea para reducir el impacto ambiental que generan. El aporte ecológico que da esta tesis, recae en brindar una opción más para hacer uso de los productos a base de este polímero y reducir así el uso de la materia prima de la que dispone el planeta.

1.5.4 Justificación social

La gran acumulación de basura perjudica el estilo de vida de los habitantes, normalmente los envases, las bolsas, entre otros productos de plástico son los que abarcan gran porcentaje de esta. En Chiclayo no se tiene una disposición final adecuada o una planta de reciclado y tratamiento de los productos a base de HDPE; por este motivo, el reúso de este material permitirá reducir la basura que existe en las calles de la ciudad y, por ende, mejorará el entorno en el que viven las familias.

1.5.5 Justificación científica

Esta investigación tiene un aporte científico porque nos permitirá conocer mejor las propiedades que tiene el polietileno de alta densidad. Además de conocer más a fondo cómo es que puede influir al entrar en contacto con un suelo arcilloso. Además, son bien conocidas las propiedades que tiene este material en el ámbito eléctrico, en la industria de los envases o las bolsas, pero se tiene muy poca información sobre las propiedades que puede llegar a desarrollar en el ámbito de la construcción. La interacción entre el suelo y el HDPE producirán un nuevo material que pretende controlar los asentamientos diferenciales que se generan en el suelo y que vale la pena

estudiar en un futuro, a nivel molecular o pudiendo ser aplicado en otras líneas de investigación. El aporte científico de esta tesis se relaciona con un aporte al conocimiento y creación de un compuesto heterogéneo.

1.6 Hipótesis

La adición de un óptimo contenido de polietileno de alta densidad, reduce los asentamientos por consolidación unidimensional en suelos arcillosos.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar el óptimo contenido de polietileno de alta densidad para la disminución de los asentamientos por consolidación unidimensional en suelos arcillosos.

1.7.2 Objetivos específicos

Determinar las propiedades físicas de las muestras estudiadas para su clasificación mediante el método SUCS.

Obtener la máxima densidad seca y contenido óptimo de humedad a través de Proctor modificado aplicado a la muestra natural y adicionando polietileno de alta densidad.

Determinar el óptimo contenido de polietileno de alta densidad que favorezca el comportamiento del suelo arcilloso ante los asentamientos, mediante el ensayo de consolidación unidimensional a la muestra natural y adicionando polietileno de alta densidad en diferentes porcentajes, para su comparativo evaluando la variación de los asentamientos.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental con enfoque cuantitativo, puesto que su desarrollo se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos, a través de ensayos de laboratorio, empleando HDPE con el objeto de encontrar mejora en el comportamiento de un suelo arcilloso ante el asentamiento y probar la hipótesis. (Gomez, 2006)

2.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, dado que se manipulará la cantidad de polietileno de alta densidad que se incorporará al suelo en estudio. Para comprobar el efecto positivo o negativo que tendrá este polímero, es que se realizaron ensayos tanto al suelo sin estabilizar como al suelo estabilizado. (Tam Malaga, Vera, & Oliveros Ramos, 2008)

$$E: Y_1 \quad X \quad Y_2$$

$$C: Y_1 \quad - \quad Y_2$$

E: Grupo experimental

C: Grupo control

Y: Variable dependiente

X: Variable independiente

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

Son los suelos arcillosos en general, debido a que se realizará de igual manera la incorporación del polietileno de alta densidad, así el suelo tenga buena o mala calidad, esto sólo hará variar el

contenido óptimo de este polímero que reducirá los asentamientos generados por consolidación unidimensional. Sin embargo, debido a que la aplicación del presente proyecto de investigación se da en la región Lambayeque se tomaron 4 hectáreas en el Distrito de Ñaupe y según rige la norma de Suelos y Cimentaciones E-050 perteneciente al RNE deben realizarse 3 calicatas por hectárea, dando así 12 calicatas en total para la investigación.

2.2.2 Muestra

Las muestras fueron tomadas por cada calicata para que abastezcan el número de ensayos contemplados en la investigación, se tomaron por calicata 4 muestras representativas las cuales fueron utilizadas para ensayos de clasificación de suelos, proctor modificado y el de consolidación unidimensional; realizándose estos con suelo natural y adicionando polietileno de alta densidad.

2.3 Variables, Operacionalización

2.3.1 Variable independiente

Contenido óptimo de polietileno de alta densidad

El HDPE es un polímero de composición lineal cuya proporción será manejada en el presente trabajo de investigación para ser mezclada con porciones de suelo, con el fin de controlar el fenómeno de asentamiento por consolidación unidimensional en suelos arcillosos.

2.3.2 Variable dependiente

Asentamiento por consolidación unidimensional en suelos arcillosos

El suelo arcilloso se caracteriza por sufrir asentamientos por consolidación unidimensional ante la aplicación de cargas externas.

2.3.3 Operacionalización

Variable independiente	Dimensión	Indicador	Sub indicador	Índice	Técnica de recolección de información	Intensidad de recolección de información	Instrumento de medición
Contenido óptimo de polietileno de alta densidad	Estructura	Composición y propiedades del Polímero	Polietileno de alta densidad	%	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	%

Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Sub indicador	Índice	Técnica de recolección de información	Intensidad de recolección de información	Instrumento de medición
Asentamiento por consolidación unidimensional en suelos arcillosos		Composición granulométrica	-	%	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.128 / Curva Granulométrica
		Humedad natural	-	%	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.127 / Porcentajes de humedad
	Propiedades físicas	Límites de Atterberg	-	%	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.129 / Registro de límites de consistencia
		Peso específico relativo de solidos	-	-	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.131 / Registro de peso específico
	Propiedades mecánicas	Consolidación del suelo	-	m2/año	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.154 / ASTM D 2435
	Grado de compactación del terreno	-	%	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis documental	NTP 339.141 / ASTM D 1557	

2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad

2.4.1 Técnicas

Observación: Se empleó esta técnica para realizar una evaluación previa del comportamiento que tiene el suelo al entrar en interacción con el polietileno de alta densidad. Además de ello, servirá para que el investigador pueda compatibilizar lo observado en la realización de cada uno de los ensayos con el resultado obtenido.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

2.4.2.1 Guías de observación:

Para los ensayos previos al suelo arcilloso

- a) Formato para análisis granulométrico
- b) Formato para el peso específico
- c) Formato para límites de consistencia
- d) Formato para contenidos de humedad

Ensayos comparativos

- e) Ensayo para determinar la consolidación unidimensional
- f) Ensayo para determinar el Proctor modificado

2.4.2.2 Guía de análisis documental:

Comprende las normas técnicas que han sido empleadas en el presente trabajo de investigación.

Tabla3

Listado de normas empleadas

Normativa Empleada	
Contenido de Humedad	NTP 339.127
Análisis granulométrico	NTP 339.128
Límites de Atterberg	NTP 339.129
Peso específico	NTP 339.131
Clasificación SUCS	NTP 339.134
Densidad <i>In- Situ</i>	NTP 339.143
Grado de compactación del terreno	NTP 339.141
Consolidación del Suelo	NTP 339.154

Fuente: Elaboración propia

2.5 Procedimiento de análisis de datos

2.5.1 Diagrama de procesos

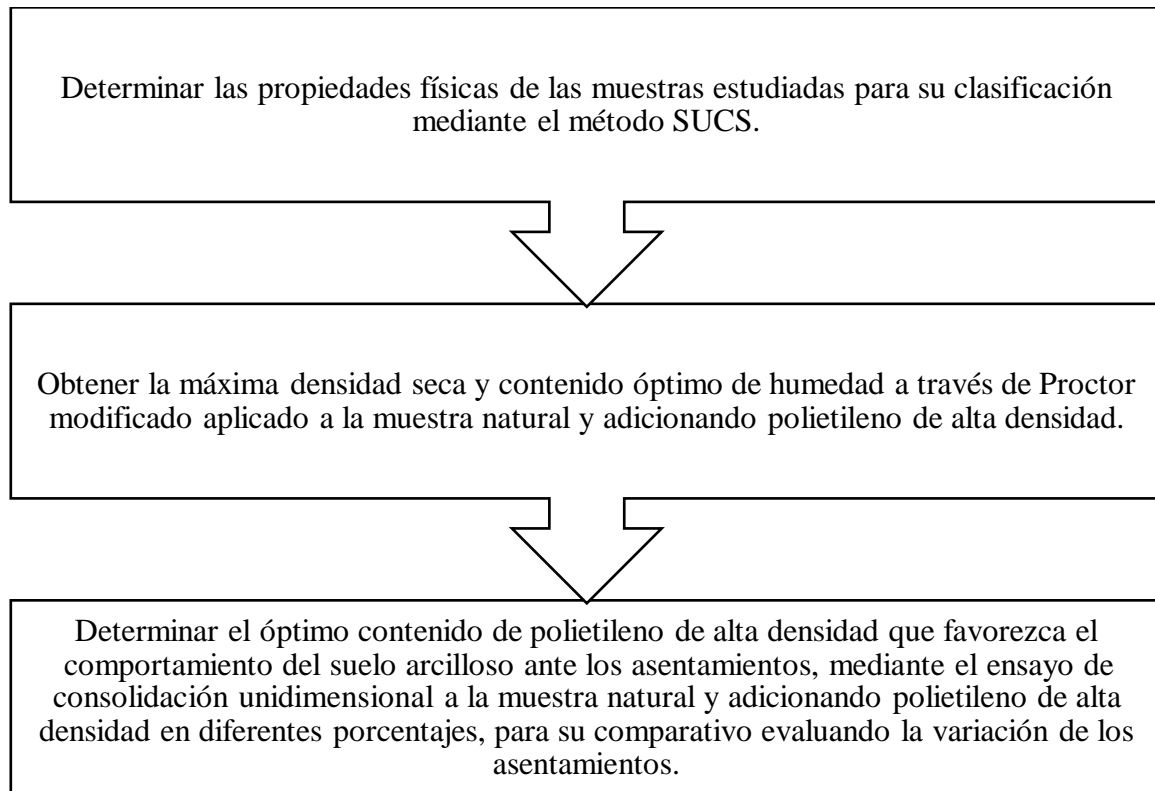


Figura 9 Diagrama de flujo de procesos

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Descripción de procesos

2.5.2.1 Ensayos aplicados para determinar las propiedades físicas de muestras de suelo arcilloso.

A. Contenido de humedad

(1) Normativa

NTP 339.127. (ASTM D2216)

(2) Objetivo

Determinar el contenido de agua acumulada en el suelo

(3) Instrumentos y equipos

Balanza, aproximación de 0.01gramos

Horno

Taras

Franela

Cuchillo

Guantes

(4) Procedimiento

Pesar las taras vacías.

Seguidamente, colocar las muestras en las taras y pesarlas.

Luego, poner las taras con la muestra húmeda en el horno por 24 horas.

finalmente, retirar las muestras del horno y pesarlas, para proceder con los cálculos respectivos.

(5) Cálculo

El cálculo se da de la siguiente manera:

$$W\% = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$$

Fórmula 1 Fórmula para determinar el porcentaje de humedad

Fuente: NTP 339.129.

Wh = peso muestra húmeda (gr)

Ws = peso muestra seca (gr)

B. Análisis granulométrico

(1) Normativa

NTP 339.128 /ASTM D 422

(2) Objetivo del ensayo

Cuantificar la distribución de tamaños de las partículas que conforman un suelo.

(3) Instrumentos y equipos

Serie de mallas

Cucharón

Balanza, aproximación de 0.01gramos.

Brocha

Espátula

Malla N°200 (0.075mm)

Agua

Bandeja de aluminio

Horno

Vaso de aluminio

(4) Procedimiento

Primero, tomar y secar una muestra representativa de suelo bajo el sol, previo cuarteado y disgregado.

Segundo, pasar las muestras por las mallas ubicadas de mayor a menor.

Tercero, pesar el suelo retenido por cada malla y registrar dicho resultado.

Cuarto, realizar lo mencionado anteriormente hasta la malla N°04, con el suelo que sobre pasa este tamiz, se deberá de seleccionar aproximadamente unos 500 a 1000 gramos.

Quinto, secar la muestra hasta recolectar 200 gramos, debiendo ser vaciadas en un vaso de aluminio y llenado con agua. Si el suelo sigue presentando grumos, se deberá dejar saturar por 24 horas.

Sexto, agitar el suelo haciendo uso del alambón con punta redondeada, haciendo la figura de un “ocho” por quince minutos.

Séptimo, vaciar el líquido sobre la malla N°200 para eliminar los finos (material que sobrepasa esta malla).

Octavo, al material acumulado del procedimiento anterior se le debe de arrojar agua hasta 5 veces, con el fin de conseguir una muestra de suelo limpia.

Noveno, secar el suelo al horno, dejar enfriar y pasar por las mallas N°08 y N°200.

Décimo, pesar y registrar el material retenido en cada malla.

(5) Cálculo

$$\text{Porcentaje de Peso retenido} = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

Fórmula 2 Para obtener el porcentaje de peso retenido en determinada malla

Fuente: NTP 339.128/ ASTM D422

Dónde:

W_r = peso retenido

W_s = peso total de la muestra

C. Límite líquido y límite plástico

(1) Definición

Nos permiten determinar la plasticidad de un suelo, depende del contenido de agua que presente y tiene que ser considerada como una condición circunstancial. Los estados en los que se puede

encontrar el suelo son: estado líquido, estado semilíquido, estado plástico, estado semisólido y sólido. Si bien es cierto, no existe un límite definido para cada uno de los estados, pero el autor ha considerado ciertos límites como lo es el líquido y el plástico. El límite líquido marca la frontera entre el estado semilíquido y el plástico; mientras que el límite plástico delimita el estado plástico y el estado semisólido.

(2) Normativa

NTP 339.129

(3) Objetivo del ensayo

Determinar el límite líquido y plástico del suelo en estudio, así como su índice de plasticidad.

(4) Instrumentos y equipos

Copa de Casa grande

Un ranurador laminar

Cápsula de porcelana

Espátula

Charolas de aluminio

Malla N°40

Horno con temperatura 110°C +/- 5°C

Balanza, aproximación de 0.01 gramos

Un molde de contracción lineal

Calibrador Vernier

Placa de vidrio

Un alambre con un diámetro de 3.2 mm

Piseta

Franela

Papel absorbente

Agua

(5) Procedimiento

Primero, pasar el suelo por el tamiz N°40, posteriormente vaciado en una cápsula de porcelana y posteriormente humedecido 24 horas antes de proseguir con los siguientes pasos.

Segundo, pesar las charolas de aluminio (4 para el cálculo del límite líquido y 2 para el límite plástico)

Tercero, para el límite líquido el suelo debe de ser mezclado en la cápsula de porcelana, hasta que se vea una mezcla manejable. Posteriormente, colocar en la copa de Casagrande distribuyendo el material desde el centro hacia los extremos, de tal forma que quede una superficie nivelada en el centro.

Cuarto, hacer una ranura en el medio del suelo, haciendo uso del ranurador, perpendicular a la copa de Casagrande.

Quinto, se da golpes a la copa con una frecuencia de dos por segundo, hasta que los taludes del material se unan aproximadamente 13 mm. Estos deben de ser contados y registrados. Se debe de llegar a la condición mencionada con 4 a 40 golpes, sólo así se considerará la prueba bien ejecutada. Es aconsejable que esto se logre al menos una vez en los siguientes intervalos de golpes: entre 30 y 40, 20 y 30, 10 y 20; así como entre 4 y 10 golpes. Se considera de esta forma porque al momento de graficar el contenido de golpes vs el contenido de agua, los puntos queden separados unos de otros y se pueda definir de una mejor manera la curva de fluidez. En cada ensayo se considerará el peso de la muestra obtenido del centro de la copa de Casagrande.

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

Séptimo, cuando el suelo tenga la humedad correspondiente al límite líquido, es que se llenará un molde rectangular en tres capas, dándole los golpes necesarios contra la mesa para extraer el aire atrapado, para posteriormente enrasar, limpiar con la franela y pesar.

Para determinar el límite plástico, se deben de seguir los siguientes pasos:

Primero, hacer una esfera de 1.5 cm de diámetro con la muestra menos húmeda.

Segundo, tratar de hacer un cilindro con la esfera formada, apoyando la muestra de suelo sobre la placa de vidrio con un diámetro de 3.2 mm y debe de ser comparada con un alambre de ese diámetro.

Tercero, si el cilindro presenta múltiples agrietamientos, se puede decir que el suelo está en el límite plástico. En este caso se someterá a la muestra al secado y se determinará el contenido de humedad de esa muestra.

Cuarto, en el caso de que no se cumpla lo mencionado anteriormente, se tendrá que repetir el proceso hasta conseguir la condición anterior.

(6) Cálculo

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Fórmula 3 Fórmula para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido

Fuente: NTP 339.129.

W_w = Peso del agua

W_s = Peso de la muestra seca

$$IP = LL - LP$$

Fórmula 4 Fórmula para determinar el índice de plasticidad

Fuente: NTP 339.129.

LL= Límite líquido

LP= Límite Plástico

D. Proctor modificado

(1) Definición

Este ensayo nos permite establecer la máxima compacidad de un suelo, al aplicarle una energía determinada con el objetivo de evitar asentamientos diferenciales cuando se le aplique una carga proveniente del peso de alguna estructura.

(2) Normativa

NTP 339.141 /ASTM D1557

(3) Objetivo del ensayo

Determinar el grado de compacidad del suelo.

(4) Instrumentos y equipos

Los instrumentos empleados para el ensayo son:

Molde

Collar del molde

Base metálica

Pisón

Balanza de 20 kg, con $1 + 0.1$ gr de precisión.

Horno

Amasadora mecánica

Enrasador de borde recto.

Probeta graduada

Tamices

(5) Procedimiento

Primero, se debe de extender la muestra de suelo y dejar secar al aire libre o en la estufa.

Segundo, cuartear el suelo, aproximadamente unos 35 kilogramos, en porciones de 5 a 6 kg.

Tercero, hallar la masa del molde.

Cuarto, mezclar alguna de las proporciones con determinada cantidad de agua.

Quinto, colocar el collar en el molde.

Sexto, el molde con el collar será llenado en 5 capas y con cada llenado se le dará 25 golpes alrededor del collar.

Séptimo, quitar el collar y enrasar.

Octavo, pesar el molde con la basa y el material.

Noveno, tomar de la parte central del suelo sacado del collar, una muestra para hallar su humedad.

Décimo, calcular la humedad.

Décimo primero, se obtendrá valores de humedad y de densidad, seguir calculando hasta hallar 5 puntos.

E. Consolidación unidimensional

(1) Definición

Es la reducción de volumen que se produce en una muestra de suelo al aplicarle cargas y el tiempo con el que este se origina.

(2) Normativa

NTP 339.154/ AST M 2435

(3) Objetivo del ensayo

Determinar la deformación de una muestra de suelo.

(4) Instrumentos y equipos

Los instrumentos empleados para el ensayo son:

Consolidómetro

Balanza, aproximación de 0.01 gramos

Piedra porosa.

Cronómetro

Agua

Muestra de suelo

(5) Procedimiento

Primero, colocar en el interior de la base del molde para realizar el ensayo de consolidación, la piedra porosa inferior y sobre la misma, un papel.

Segundo, introducir el anillo que tiene la muestra de suelo.

Tercero, colocar sobre la muestra de suelo, el papel filtro y la piedra porosa superior.

Cuarto, fijar los tornillos del equipo, recordar que se deben de centrar adecuadamente las piedras porosas para garantizar el correcto desarrollo del ensayo.

Quinto, asentar el consolidómetro sobre la plataforma del mecanismo de carga.

Séptimo, aplicar la carga al suelo hasta obtener una presión sobre la muestra, luego de ello tomar lectura e ir descargando hasta llegar a la presión inicial.

(6) Cálculo

Se obtendrán valores de tiempo - deformación. Se debe de seguir el formato de toma de datos dados por el laboratorio de la propia universidad.

2.6 Criterios éticos

El desarrollo de esta investigación, compromete a respetar los derechos de autor, citando y referenciando todos aquellos textos que no sean de la propiedad intelectual, de la misma, y que hayan servido de referencia para su desarrollo. La elaboración de este trabajo, busca fomentar el desarrollo tecnológico a nivel local, regional y nacional; promoviendo nuevas tecnologías que permitan mejorar los procesos constructivos y ampliar el conocimiento que se tiene del polietileno de alta densidad en este campo. Además, la ética profesional obliga a desarrollar de

la mejor manera el presente informe de pregrado, con el fin de que sea usado en un futuro como guía o referencia para posteriores investigaciones.

2.7 Criterios de Rigor científico.

Todos los ensayos realizados en la presente investigación tienen como respaldo alguna norma nacional o internacional. Además, se realizará con el apoyo de personal de laboratorio capacitado y que tienen como función el de guiar a los investigadores en el transcurso de toda la tesis, debido al procesamiento de datos que se realizará. Los datos obtenidos en los laboratorios serán procesados haciendo uso de fichas en Excel que permitirán calcular el valor requerido por el ensayo. Aparte de ello, cada muestra será tomada pensando en el buen desarrollo de la tesis y no en beneficio personal. Se compromete a no dejar que las determinaciones personales o creencias, influyan en la toma de decisiones que involucre la recolección de datos y por ende el desarrollo de la presente de investigación.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados en tablas y figuras

3.1.1 Determinación de las propiedades físicas de las muestras estudiadas mediante ensayos de mecánica de suelos.

En la tabla 4 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 01, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 4
Propiedades físicas muestra 01

Muestra 01	
Contenido de humedad (%)	21.68
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.75
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	85.48
% de arcilla (<0.002mm)	52.70
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	27.78
Límite plástico (%)	13.66
Índice de plasticidad (%)	14.12
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 02, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 5
Propiedades físicas muestra 02

Muestra 02	
Contenido de humedad (%)	15.98
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.73
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	83.89
% de arcilla (<0.002mm)	39.82
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	27.20
Límite plástico (%)	13.01
Índice de plasticidad (%)	14.19
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 03, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 6
Propiedades físicas muestra 03

Muestra 03	
Contenido de humedad (%)	20.76
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.74
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	83.71
% de arcilla (<0.002mm)	41.74
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	36.07
Límite plástico (%)	19.73
Índice de plasticidad (%)	16.34
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 04, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 7
Propiedades físicas muestra 04

Muestra 04	
Contenido de humedad (%)	14.66
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.75
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	82.17
% de arcilla (<0.002mm)	33.74
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	42.98
Límite plástico (%)	19.69
Índice de plasticidad (%)	23.29
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 05, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 8
Propiedades físicas muestra 05

Muestra 05	
Contenido de humedad (%)	16.19
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.72
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	78.27
% de arcilla (<0.002mm)	49.84
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	33.95
Límite plástico (%)	18.80
Índice de plasticidad (%)	15.15
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 06, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 9
Propiedades físicas muestra 06

Muestra 06	
Contenido de humedad (%)	14.17
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.73
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	81.52
% de arcilla (<0.002mm)	41.70
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	33.82
Límite plástico (%)	17.58
Índice de plasticidad (%)	16.24
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 07, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 10
Propiedades físicas muestra 07

Muestra 07	
Contenido de humedad (%)	20.48
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.73
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	84.82
% de arcilla (<0.002mm)	42.82
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	40.18
Límite plástico (%)	21.66
Índice de plasticidad (%)	18.52
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 08, dicha muestra se clasifica como un suelo CL (arcilla de mediana plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 11
Propiedades físicas muestra 08

Muestra 08	
Contenido de humedad (%)	23.63
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.72
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	83.28
% de arcilla (<0.002mm)	41
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	48.80
Límite plástico (%)	23.47
Índice de plasticidad (%)	25.33
Clasificación SUCS	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 09, dicha muestra se clasifica como un suelo CH (arcilla de alta plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 12

Propiedades físicas muestra 09

Muestra 09	
Contenido de humedad (%)	27.06
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.78
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	83.06
% de arcilla (<0.002mm)	42.08
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	51.59
Límite plástico (%)	23.70
Índice de plasticidad (%)	27.89
Clasificación SUCS	CH

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 10, dicha muestra se clasifica como un suelo CH (arcilla de alta plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 13

Propiedades físicas muestra 10

Muestra 10	
Contenido de humedad (%)	30.19
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.82
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	86.03
% de arcilla (<0.002mm)	37.84
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	59.60
Límite plástico (%)	25.66
Índice de plasticidad (%)	33.94
Clasificación SUCS	CH

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 11, dicha muestra se clasifica como un suelo CH (arcilla de alta plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 14
Propiedades físicas muestra 11

Muestra 11	
Contenido de humedad (%)	28.20
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.79
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	85.97
% de arcilla (<0.002mm)	47.44
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	53.83
Límite plástico (%)	24.38
Índice de plasticidad (%)	29.45
Clasificación SUCS	CH

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se aprecian las propiedades físicas de la muestra 12, dicha muestra se clasifica como un suelo CH (arcilla de alta plasticidad) según metodología SUCS.

Tabla 15
Propiedades físicas muestra 12

Muestra 12	
Contenido de humedad (%)	29.67
Peso específico relativo de los sólidos (G_s)	2.81
Análisis granulométrico	-
% pasa malla N°200 (0.075mm)	81.88
% de arcilla (<0.002mm)	50.32
Límites de atterberg	-
Límite líquido (%)	58.03
Límite plástico (%)	26.66
Índice de plasticidad (%)	31.37
Clasificación SUCS	CH

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Determinación de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad mediante el ensayo de Proctor modificado.

Se muestran las tablas resúmenes de ensayos de proctor modificado realizados. Para este análisis se eligió el suelo predominante en estudio, siendo CL (arcilla de mediana plasticidad). El ensayo se realizó a la muestra natural y adicionando HDPE en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, con la finalidad de comparar y evaluar resultados.

En la tabla 16 se aprecia la densidad in-situ de la muestra natural CL.

Tabla 16

Densidad In-Situ muestra natural CL

<i>Densidad In-Situ</i>		
Densidad natural seca	(gr/ cm ³)	1.696

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se presentan los valores de densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad para la muestra natural CL y la muestra con adiciones de HDPE.

Se aprecia que la muestra natural CL tiene los valores más altos para las propiedades mencionadas y presenta una tendencia decreciente con la adición de HDPE.

Tabla 17

Proctor modificado

Muestras	Densidad seca máxima (gr/cm³)	Contenido óptimo de humedad (%)
Muestra natural	1.924	13.22
2% HDPE	1.877	12.68
4% HDPE	1.849	12.61
6% HDPE	1.751	11.79
8% HDPE	1.744	11.60

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Evaluación del óptimo contenido de polietileno de alta densidad a través del ensayo de consolidación unidimensional.

Se realizó ensayos de consolidación unidimensional a la muestra natural CL y adicionando HDPE en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%. Esto con el fin de evaluar el comportamiento del suelo; sometándolo a incrementos de carga, obteniendo lecturas de deformación que permitan realizar el análisis comparativo de las muestras ensayadas.

La tabla 18 presenta las lecturas de deformación para la muestra natural CL y las muestras con adición de polietileno de alta densidad. Se aprecia que para cada incremento de carga la deformación que sufre el suelo natural es mayor a las deformaciones con adición de HDPE.

Tabla 18
Lectura de deformaciones

Cargas (kg/cm ²)	Muestra natural	HDPE			
		2%	4%	6%	8%
0.25	0.250	0.127	0.122	0.118	0.116
0.5	0.7	0.242	0.234	0.226	0.222
1	1.243	0.442	0.426	0.413	0.405
2	1.950	0.786	0.758	0.734	0.720
4	2.89	1.613	1.555	1.507	1.478
8	3.950	2.836	2.734	2.65	2.599
16	5.400	4.063	3.918	3.797	3.724

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia la mayor carga aplicada y su deformación, se tiene que el suelo natural CL presenta 5.400 mm, teniendo una tendencia de disminución en su deformación con la presencia de polietileno de alta densidad. Deduciéndose que la adición de HDPE en el suelo arcilloso CL, mejora su comportamiento ante las deformaciones; concluyendo que el porcentaje óptimo de HDPE es 6 %. Ya que una adición mayor de HDPE no tiene mayor incidencia con la mejora obtenida al 6 %.

La tabla 19 presenta en resumen la tendencia de la relación de vacíos, la presión de preconsolidación e índice de compresión para la muestra natural CL y la muestra con adición de HDPE en 2 %, 4 %, 6 % y 8 %. Se observa que la relación de vacíos inicial en la muestra natural es de 0.8099 y presenta una tendencia de disminución con la adición del polietileno. También se observa que la relación de vacíos final en la muestra natural es de 0.2955 y presenta una tendencia de incremento y disminución con la adición de HDPE. Además, el esfuerzo de preconsolidación en la muestra natural CL es de 3.20 kg/cm² y presenta una tendencia a disminuir con la adición de los porcentajes de HDPE. Por último, el índice de compresión disminuye conforme se adiciona HDPE.

Tabla 19

Relación de vacíos, presión de preconsolidación e índice de compresión

	Muestra natural	HDPE			
		2%	4%	6%	8%
Relación de vacíos inicial	0.8099	0.7911	0.7786	0.7207	0.7153
Relación de vacíos final	0.2955	0.4081	0.4118	0.3769	0.3791
Presión de preconsolidación (kg / cm²)	3.20	3.00	2.90	2.45	2.25
Índice de compresión (Cc)	0.393	0.347	0.321	0.311	0.306

Fuente: Elaboración propia

3.2 Discusión de resultados

En cuanto a la determinación de las propiedades físicas de las muestras estudiadas, se determinó según análisis granulométrico que el total de las muestras, el 78% de suelo pasa la malla N°200. Además, que el contenido de humedad y límites de atterberg corresponden según clasificación SUCS a arcillas de mediana y alta plasticidad. Los valores obtenidos en los diferentes ensayos, se encuentran dentro del rango de valores brindados según el autor (Terzaghi & Peck, 2005) en su libro “Mecánica de suelos en la ingeniería practica”. Como también los valores obtenidos de peso específico relativo de solidos que oscilan entre 2.70 gr/cm³ y 2.90 gr/cm³ y que según el

autor (Braja M. Das, 2013) son valores típicos de una arcilla en su libro “Principios de ingeniería de cimentación”.

Referente a la obtención de la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad, se realizó el ensayo de proctor modificado; obteniéndose para la muestra natural CL una máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo de 1.924 gr/cm³ y 13.22% respectivamente. Además, la adición de HDPE hace que las propiedades mencionadas disminuyan, ya que el HDPE es menos denso que el suelo que reemplaza y no absorbe agua, teniendo como resultado de adicionar 2%, 4%, 6% y 8% de HDPE densidades secas máximas de 1.877gr/cm³, 1.849 gr/cm³, 1.751 gr/cm³, 1.744 gr/cm³, y un contenido de humedad óptimo de 12.68%, 12.61%, 11.79%, 11.60% respectivamente.

Así mismo, dicho resultado coincide con los autores (Estela & Siesquén, 2020), quienes obtuvieron que a mayores porcentajes de HDPE, disminuyen las propiedades de compactación.

De igual manera (Astorayme & Ramón, 2021) obtuvo que se emplea menos agua para alcanzar la densidad seca máxima de las muestras arcillosas con adición de polietileno.

De forma similar (Ruiz, 2021) menciona que a mayor concentración de BPF (bolsas de polietileno fundido) la humedad óptima disminuye. No obstante, afirma que la densidad seca aumenta con la adición 4%, 8%, 12% y 15% de BPF. Dicho resultado es contradictorio con respecto a nuestra investigación, según resultados obtenidos a través de los ensayos, mostrándose en la tabla 17.

Respecto a la evaluación de la influencia del HDPE en el comportamiento de suelos arcillosos frente a las deformaciones, se tuvo que se alcanzan menores asentamientos al incorporarse mayores porcentajes de HDPE, evaluando el tope de detención por fundamentos técnicos; concluyendo que el porcentaje óptimo es de 6%, generando asentamientos máximos de 3.797mm y una presión de preconsolidación de 2.45 kg/cm²; en cuanto a la muestra natural CL, generó una presión de preconsolidación de 3.20 kg/cm² y una lectura de deformación de 5.400mm.

Se aprecia que, la composición misma tiende a que este material ofrezca una facilidad inicial de compresión; pero con una tendencia resistente, mucho mayor, conforme las cargas se van incrementando. Esto último explicado en la figura N°10.

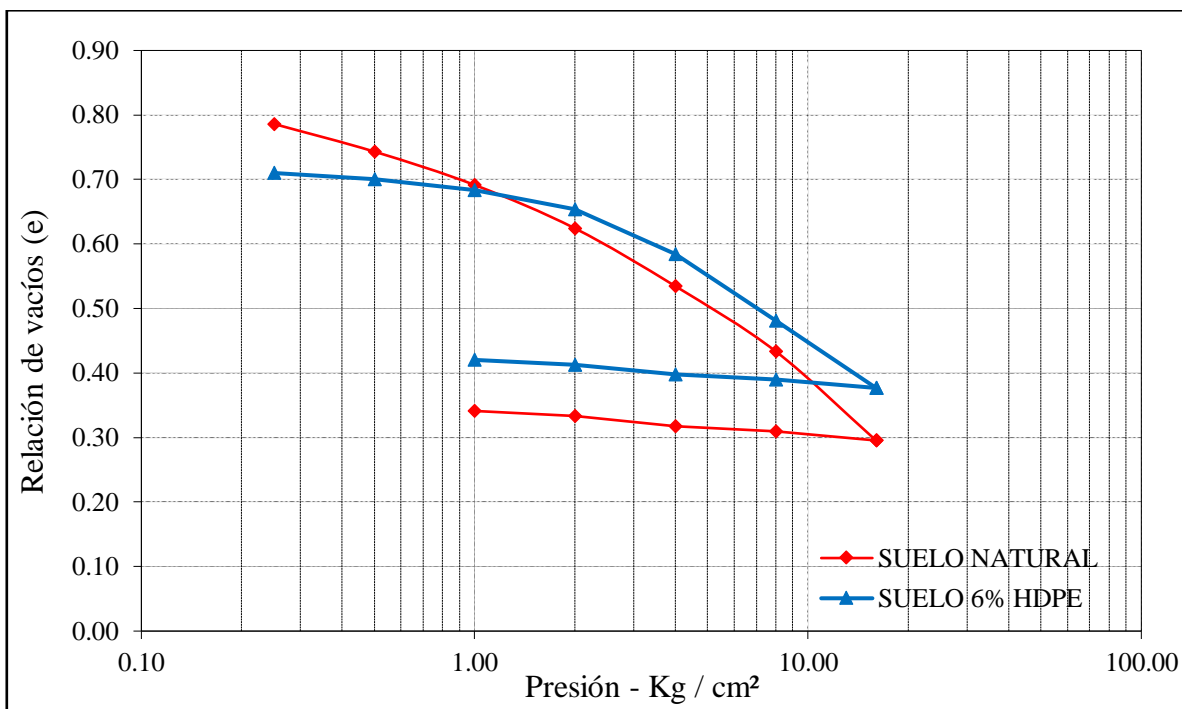


Figura 10 Curva de compresibilidad, muestra natural vs muestra con 6% de HDPE

Fuente: Elaboración propia

Dichos resultados justifican lo fundamentado por (Aguilar & Borda, 2015) donde expresa que en Malasia utilizan polímero líquido en la estabilización de suelos arcillosos presentando grandes ventajas en la permeabilidad, evitando asentamientos y erosión. Así mismo manifiesta que en Egipto se está implementando el uso de polímeros a través de nano compuestos en suelos arcillosos brindando beneficios en la rigidez, disminución de LL, LP y del índice de compresión. De igual forma (Alvarado & Palomino, 2015) expresan que, si el suelo presenta baja compresibilidad, significa que sufrirá deformaciones bajas, esto se contrasta con nuestros resultados, en donde el suelo natural CL presenta un C_c de 0.393 y con adición de HDPE en diferentes porcentajes presenta una tendencia de disminución presentada en la tabla 19.

Por otro lado (Roca, 2005) al estudiar las propiedades del polietileno de alta densidad concluye que este posee moléculas fuertemente unidas y ordenadas, lo suficiente para resistir golpes, deformaciones y ataques químicos, corroborando los resultados de nuestra investigación con dichas afirmaciones.

3.3 Aporte práctico

La investigación tiene como fin evaluar el comportamiento de un suelo arcilloso adicionando un polímero de alta densidad como lo es el polietileno frente a los asentamientos diferenciales. Para lo cual se han desarrollado diversos ensayos normados en mecánica de suelos; uno de los más importantes en esta investigación es el ensayo de consolidación unidimensional permitiendo este con el análisis de los resultados llegar a la conclusión que la mezcla suelo-polímero favorece en la disminución de los asentamientos diferenciales.

Como profesionales al servicio de la sociedad, buscamos innovaciones permanentemente o técnicas constructivas y es así que la utilización de un material existente de manera masiva en el mundo, que puede ser reciclado y transformado es atractivo para nosotros como tesis; más aun sabiendo que en la normativa peruana la estabilización de suelos con polímeros no es tratada aún de manera amplia.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En la determinación de las propiedades físicas de las muestras en estudio, se obtuvieron dos tipos de suelo, los cuales fueron arcillas de mediana plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH) clasificadas según el método SUCS. Analizándose en la investigación el suelo predominante, suelo arcilloso de mediana plasticidad (CL).

De la evaluación que tiene la influencia del polietileno de alta densidad adicionado en un suelo arcilloso en sus propiedades de humedad y densidad; se tuvo que, la densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de la muestra natural, son mayores a la muestra con adición de HDPE, como se muestra en la tabla 17. Demostrándose así que la mezcla suelo-HDPE no beneficia las propiedades de compactación del suelo, debido a que el polietileno de alta densidad pesa menos que el suelo que reemplaza, además de no absorber agua.

Finalmente, para la evaluación de la influencia del HDPE adicionado en un suelo arcilloso frente a su comportamiento ante las deformaciones; se realizó el ensayo de consolidación unidimensional al suelo natural (CL) y con adición de HDPE en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, y tras un comparativo de resultados se determinó que el óptimo contenido de HDPE es 6% permitiendo una reducción significativa de los asentamientos. Para el suelo natural mostró una lectura de deformación de 5.400 mm, representando el 28.42% de compresión; mientras que el suelo con 6% de HDPE mostró una lectura de deformación de 3.397mm representando 17.88% de compresión; quedando así demostrado que la mezcla suelo-HDPE reduce la compresibilidad del suelo natural un 10.54% y al ser menos compresible reducirá significativamente posibles asentamientos.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda seguir investigando la mezcla Suelo-HDPE y su influencia en otras propiedades de los suelos arcillosos como químicas, eléctricas, etc.

Además de ello, se recomienda variar el tipo de suelo con el que se cuenta, con la finalidad de que se pueda evidenciar la variación del comportamiento.

Se recomienda, incorporar un segundo material adicional al HDPE y evaluar sus propiedades físicas y mecánicas al mezclarse con el suelo.

REFERENCIAS

- Aguilar Castañeda, C. G., & Borda Riveros, Y. (2015). *Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Andrade Pesántez, César David. (2017). Diagnostico y propuesta de solución ante efectos de asentamientos diferenciales para una vivienda de dos pisos. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19366>.
- Alvarado Mejía, L. Y., & Palomino Benites, S. (2015). *Determinación del esfuerzo de preconsolidación para el cálculo de asentamiento de suelos finos de la zona Sagarú - Cuzco*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1256/1/alvarado_ly-palomino_sa.pdf
- Álvaro González, M. (2016). *Análisis y estudio de patología rehabilitación, recalce y estabilidad de la Torre de Pisa*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/48339/1/TFG_Gonzalez_Martin_Alvaro.pdf
- Arias Montañez, D. E. (s.f.). *Determinación del coeficiente lateral de presión de tierras en reposo "Ko", para una arcilla superficial del occidente de la Sabana de Bogotá*.
- Astorarayme Salazar, Leo Marini & Ramón Díaz Franco Willian (2021). Análisis del comportamiento mecánico del suelo arcilloso reforzado con PET para obras geotécnicas, provenientes de botellas plásticas recicladas, en el Distrito de Ricuricocha - tarapoto. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654973>.
- Bauzá Castelló, J. D. (2015). *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal. Comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11441/32957>
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Alicante: Universidad de Alicante.

- Carvajal Quezada, I. (2016). *Caracterización de mezclas de polietileno virgen con reciclado*. Santiago: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/142062>
- Crespo Villalaz. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa. Obtenido de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- Duque Escobar. (2014). *Consolidación Unidimensional de los suelos*. Sonora: Universidad de Sonora. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4184/Capitulo1.pdf>
- El Comercio. (3 de Diciembre de 2014). *elcomercio*. Recuperado el 8 de Octubre de 2018, de www.elcomercio.pe: <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/quema-basura-botadero-afecta-600-mil-lambayecanos-309775>
- EL NACIONAL. (29 de Noviembre de 2017). *el-nacional*. Recuperado el 04 de Octubre de 2018, de www.el-nacional.com: http://www.el-nacional.com/noticias/sociedad/cubiro-siguen-los-hundimientos-suelos-destruccion-casas_213402
- Estela Coronel Nardeli & Siesquén Zapata Juan Carlos (2020). Analisis de la resistencia al corte y la disminución de la permeabilidad en suelos aplicando polietileno de alta densidad con fines de edificaciones en la urbanización Los Sauces II Etapa - Pimentel. Universidad Señor de Sipán. Obtenido de: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7469>
- Garzón Posada, A. O. (2015). *Síntesis y caracterización de un material compuesto a base de polietileno de alta densidad y magnetita pulverizada*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/48467/1/1014190059_05_2015.pdf
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2016). *Plan de acción ambiental 2016-2021*. Lambayeque: Progobernabilidad. Obtenido de <http://www.observatorioclimatico.org/system/files/GORE%20Lambayeque%202016%20Plan%20Regional%20de%20Accion%20Ambiental%202016-2021.pdf>

- González, M., Cobo, A., Lozano, C., & Bresó, S. (2013). Behaviour of Temporary Edge Protection Systems of high density polythylene tested to static and impact load. *Material of Construction*, 283 - 296. Obtenido de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/850/907>
- Hernández, L. (19 de Septiembre de 2018). *excelsior*. Recuperado el 04 de Octubre de 2018, de www.excelsior.com.mx: <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/fracturas-en-el-subsuelo-un-riesgo-critico-en-seis-alcaldias/1266027>
- Herrera, P., Valadez, A., & Cervantes, M. (2015). Development and characterization of a HDPE - sand - natural - fiber composite. *ELSEVIER*, 331-343. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41209365/Development_and_characterization_of_a_HD20160115-21603-bcp7jp.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543706685&Signature=Rbdc5J%2BM7c04%2FyZKzZyLPjc9XZ8%3D&response-content-disposition=inl
- Holtz, R., & Kovacs, W. (2012). *Introducción a la ingeniería Geotécnica*. México: SMIG. Obtenido de <https://www.smig.org.mx/archivos/pdf/IntrIngGoet.pdf>
- Huayna Mamani, O. C., & Niel Alex, L. C. (2015). *Evaluación de Asentamientos y Daños Estructurales en Viviendas de la Urbanización San Valentín de la Ciudad de Puno*. Puno: Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/90>
- Mayo, A. (8 de Mayo de 2018). *larepublica*. Recuperado el 8 de Octubre de 2018, de www.larepublica.pe: <https://larepublica.pe/sociedad/1239008-99-basura-plastica-genera-pais-recicla>
- Ministerio de vivienda. (2016). *vivienda*. Obtenido de www3.vivineda.gob.pe: <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf>

- Ministerio de Vivienda, C. y. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Lima: El Peruano. Obtenido de http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376
- Marcelo M. Gómez (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba.
- Negulescu, C., & Foerster, E. (2010). Parametric studies and quantitative assessment of the vulnerability of a RC frame building exposed to differential settlements. *Nat. Hazards Earth Syst*, 1781-1792. Obtenido de <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/1781/2010/nhess-10-1781-2010.pdf>
- Ovando, E., Ossa, A., & Santoyo, E. (2013). Effects of regional subsidence and earthquakes on architectural monuments in Mexico City. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 157 - 167. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/943/94348265013.pdf>
- Pazos, F. (25 de Septiembre de 2018). *a21*. Recuperado el 04 de Octubre de 2018, de www.a21.com.mx: <https://a21.com.mx/aeropuertos/2018/09/25/cancelar-el-naicm-significaria-un-retraso-de-seis-anos>
- pimsa. (19 de Diciembre de 2017). *plasticospimsa*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2018, de www.plasticospimsa.com: <http://www.plasticospimsa.com/hdpe-polietileno-alta-densidad/index.html>
- Pineda Jaimes, J. A., & Arias Montañez, D. E. (2014). Esfuerzos de preconsolidación y su importancia en la determinación del coeficiente lateral de presión de tierras en reposo (Ko) en suelos arcillosos sedimentarios. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1-5. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/ExtendedAbstracts/EA022.pdf>
- Plastiproducos. (2014). *Polietileno de alta densidad (PEAD)*. México: Plastiproducos. Obtenido de <https://plastiductos.com.mx/specs/tabla-de-resistencias-mecanicas.pdf>
- Poliotti, M., & Sierra, P. (2014). *Consolidación unidimensional de suelos*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de

https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Consolidacion%20unidim%20de%20suelos_2011s2.pdf

propia, E. (s.f.).

RAE. (14 de Diciembre de 2014). *del.rae.es*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2018, de [www.dle.rae.es](http://dle.rae.es): <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=CCJi3Ov>

Roca Girón, I. E. (2005). *Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del Polietileno de Alta Densidad (PEAD)*. San Carlos: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ruiz Martinez Dany Daniel (2021). Aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la Provincia de Chupaca - Junín. Universidad Peruana Los Andes. Obtenido de: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2404> .

Sanabria Coto, J., & Loria Saenz, R. (2015). *Identificación de tecnologías emergentes y/o novedosas para la infraestructura vial relacionadas con la actividad económica CAE 2011/M.421 Construcción de carreteras y vías férreas, en el ámbito nacional, en el periodo comprendido entre 2015 y 2018*. San José: Instituto Nacional de Aprendizaje. Obtenido de [http://www.ina.ac.cr/upe/estudios_necesidad_scfp/2015/11.NTM%20\(Tecnologias%20emergentes\).pdf](http://www.ina.ac.cr/upe/estudios_necesidad_scfp/2015/11.NTM%20(Tecnologias%20emergentes).pdf)

Tam Malaga, J., Vera, G., & Oliveros Ramos, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y Acción*, 145-154.

Valadez G., A., Cervantes, J., Olayo, R., & Herrera, P. (2015). Effect of fiber surface treatment on the fiber - matrix bond strenght of natural fiber reinforced composites. *ELSEVIER*, 309 - 320. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41209626/Effect_of_fiber_surface_treatment_on_the20160115-6951-95b8uv.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543706628&Signature=N4dB9h9AGwDWLWCijhCCe63gF8%3D&response-content-disposition=inline%3

Zuluaga Angel, D. F. (2005). *El uso de la cal en la estabilización de suelos derivados de cenizas volcánicas (Andosoles). Un caso particular*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS



Anexo 1 Obtención de muestras



Anexo 2 Polietileno de alta densidad empleado en la investigación



Anexo 3 Contenido de humedad



Anexo 4 *Análisis granulométrico*



Anexo 5 *Límite líquido y plástico*



Anexo 6 *Proctor modificado, muestra natural*



Anexo 7 Proctor modificado, muestras con adición de HDPE



Anexo 8 *Consolidación unidimensional*



Anexo 9 *Lectura de deformaciones*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-01
Peso de tara	gr	14.81
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	51.13
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	44.66
Peso de muestra seca (horno)	gr	29.85
Peso del agua	gr	6.47
Contenido de humedad	%	21.68

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 10 *Ensayo, contenido de humedad M-01*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-02
Peso de tara	gr	14.8
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	72.66
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	64.69
Peso de muestra seca (horno)	gr	49.89
Peso del agua	gr	7.97
Contenido de humedad	%	15.98

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 11 Ensayo, contenido de humedad M-02

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-03
Peso de tara	gr	13.56
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	31.59
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	28.49
Peso de muestra seca (horno)	gr	14.93
Peso del agua	gr	3.1
Contenido de humedad	%	20.76

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 12 Ensayo, contenido de humedad M-03

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-04
Peso de tara	gr	13.53
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	97.14
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	86.45
Peso de muestra seca (horno)	gr	72.92
Peso del agua	gr	10.69
Contenido de humedad	%	14.66

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 13 Ensayo, contenido de humedad M-04

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-05
Peso de tara	gr	13
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	69.12
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	61.3
Peso de muestra seca (horno)	gr	48.3
Peso del agua	gr	7.82
Contenido de humedad	%	16.19

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws} : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs} : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c : es el peso de la tara, en gramos
- M_w : es el peso del agua, en gramos
- M_s : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 14 Ensayo, contenido de humedad M-05

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-06
Peso de tara	gr	14.32
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	47.59
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	43.46
Peso de muestra seca (horno)	gr	29.14
Peso del agua	gr	4.13
Contenido de humedad	%	14.17

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws} : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs} : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c : es el peso de la tara, en gramos
- M_w : es el peso del agua, en gramos
- M_s : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 15 Ensayo, contenido de humedad M-06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-07
Peso de tara	gr	11.51
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	82.21
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	70.19
Peso de muestra seca (horno)	gr	58.68
Peso del agua	gr	12.02
Contenido de humedad	%	20.48

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 16 *Ensayo, contenido de humedad M-07*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-08
Peso de tara	gr	11.16
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	41.03
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	35.32
Peso de muestra seca (horno)	gr	24.16
Peso del agua	gr	5.71
Contenido de humedad	%	23.63

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 17 Ensayo, contenido de humedad M-08

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-09
Peso de tara	gr	11.13
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	46.72
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	39.14
Peso de muestra seca (horno)	gr	28.01
Peso del agua	gr	7.58
Contenido de humedad	%	27.06

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 18 Ensayo, contenido de humedad M-09

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-10
Peso de tara	gr	11.45
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	71.01
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	57.2
Peso de muestra seca (horno)	gr	45.75
Peso del agua	gr	13.81
Contenido de humedad	%	30.19

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 19 Ensayo, contenido de humedad M-10

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-11
Peso de tara	gr	11.22
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	85.91
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	69.48
Peso de muestra seca (horno)	gr	58.26
Peso del agua	gr	16.43
Contenido de humedad	%	28.20

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 20 Ensayo, contenido de humedad M-11

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D-2216

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Nombre tara	-	GS-12
Peso de tara	gr	10.84
Peso de muestra húmeda+ peso de tara	gr	80.11
Peso de muestra seca+ peso de tara	gr	64.26
Peso de muestra seca (horno)	gr	53.42
Peso del agua	gr	15.85
Contenido de humedad	%	29.67

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

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

Donde:

- W** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Anexo 21 Ensayo, contenido de humedad M-12

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-1	F-1	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-1
Masa de la fiola (M_f)	104.35
Masa de la muestra de suelo - seco	29.99
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	134.34
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.57
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.76
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.75

Anexo 22 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-01*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-2	F-2	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-2
Masa de la fiola (M_f)	104.35
Masa de la muestra de suelo - seco	30.11
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	134.46
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.57
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.74
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.73

Anexo 23 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-02*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-3	F-3	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-3
Masa de la fiola (M_f)	102.96
Masa de la muestra de suelo - seco	30.05
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	133.01
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.57
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.75
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.74

Anexo 24 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-03*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H ₂ O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-4	F-4	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-4
Masa de la fiola (M _f)	104.35
Masa de la muestra de suelo - seco	30.01
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	134.36
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.57
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G _s)	2.75
Temperatura del ensayo (T _x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)	2.75

Anexo 25 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-04*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H ₂ O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-5	F-5	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-5
Masa de la fiola (M _f)	105.12
Masa de la muestra de suelo - seco	30.15
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	135.27
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.55
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G _s)	2.73
Temperatura del ensayo (T _x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)	2.72

Anexo 26 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-05*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-6	F-6	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-6
Masa de la fiola (M_f)	106.00
Masa de la muestra de suelo - seco	30.02
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	136.02
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.49
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.73
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.73

Anexo 27 Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-7	F-7	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-7
Masa de la fiola (M_f)	104.35
Masa de la muestra de suelo - seco	30.13
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	134.48
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.57
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.74
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.73

Anexo 28 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-07*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H ₂ O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-8	F-8	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-8
Masa de la fiola (M _f)	103.26
Masa de la muestra de suelo - seco	30.05
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	133.31
Masa de la muestra + Fiola + agua	396.48
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G _s)	2.73
Temperatura del ensayo (T _x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)	2.72

Anexo 29 *Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-08*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-9	F-9	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-9
Masa de la fiola (M_f)	102.12
Masa de la muestra de suelo - seco	32.5
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	134.62
Masa de la muestra + Fiola + agua	398.3
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.79
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.78

Anexo 30 Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-09

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-10	F-10	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-10
Masa de la fiola (M_f)	103.38
Masa de la muestra de suelo - seco	30.5
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	133.88
Masa de la muestra + Fiola + agua	397.15
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.82
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.82

Anexo 31 Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-10

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-11	F-11	250	104.35	377.53	26	27

N° de fiola	F-11
Masa de la fiola (M_f)	104.35
Masa de la muestra de suelo - seco	32.5
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	136.85
Masa de la muestra + Fiola + agua	398.32
Masa de la fiola + peso de agua	377.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.79
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.79

Anexo 32 Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-11

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS (Gs)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

MUESTRA	N° DE FIOLA	VOLUMEN DE FIOLA	MASA DE FIOLA	MASA DE FIOLA + H2O	Ti	Tx
-	-	ml	gr	gr	C°	C°
M-12	F-12	250	105.3	378.53	26	27

N° de fiola	F-12
Masa de la fiola (M_f)	105.3
Masa de la muestra de suelo - seco	32.5
Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	137.8
Masa de la muestra + Fiola + agua	399.42
Masa de la fiola + peso de agua	378.46
Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.82
Temperatura del ensayo (T_x)	27°
Factor de corrección	0.998308
Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G_s)	2.81

Anexo 33 Ensayo, peso específico relativo de los sólidos M-12

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

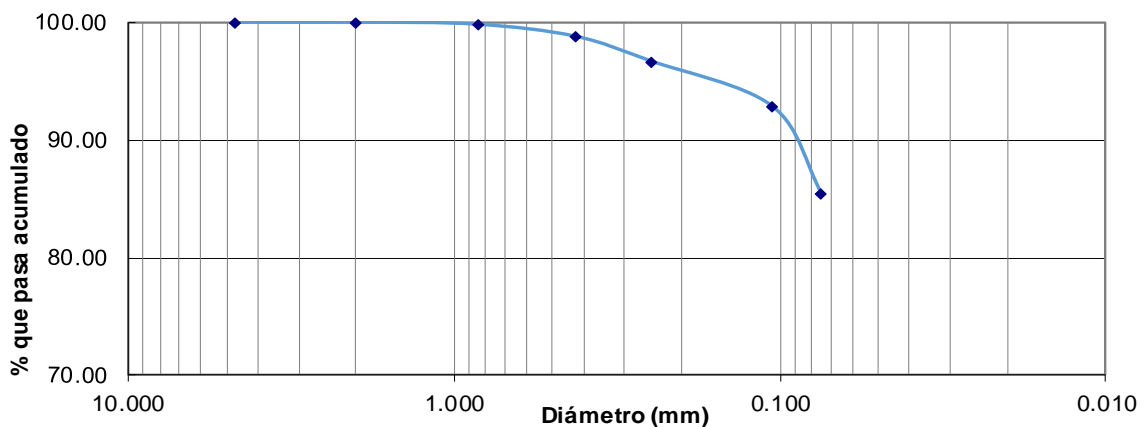
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso total (gr) 312
Peso que queda del lavado (gr) 45.31

TAMICES		PESO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
N°	mm	RETENIDO			
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	0.56	0.18	0.18	99.82
Nº 40	0.425	3.20	1.03	1.21	98.79
Nº 60	0.250	6.55	2.10	3.30	96.70
Nº 140	0.106	12.00	3.85	7.15	92.85
Nº 200	0.075	23.00	7.37	14.52	85.48
FONDO	-	266.69	85.5	100.00	0.00



Anexo 34 Ensayo, análisis granulométrico M-01

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

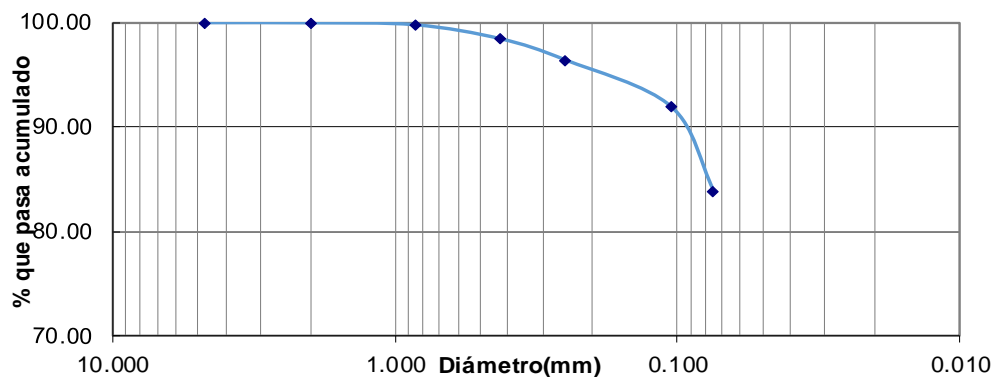
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 313.5
Peso de muestra lavada (gr) 50.5

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.04	0.01	0.01	99.99
Nº 20	0.850	0.61	0.19	0.21	99.79
Nº 40	0.425	4.20	1.34	1.55	98.45
Nº 60	0.250	6.40	2.04	3.59	96.41
Nº 140	0.106	14.00	4.47	8.05	91.95
Nº 200	0.075	25.25	8.05	16.11	83.89
Pasa	-	263	83.9	100.00	0.00



Anexo 35 Ensayo, análisis granulométrico M-02

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

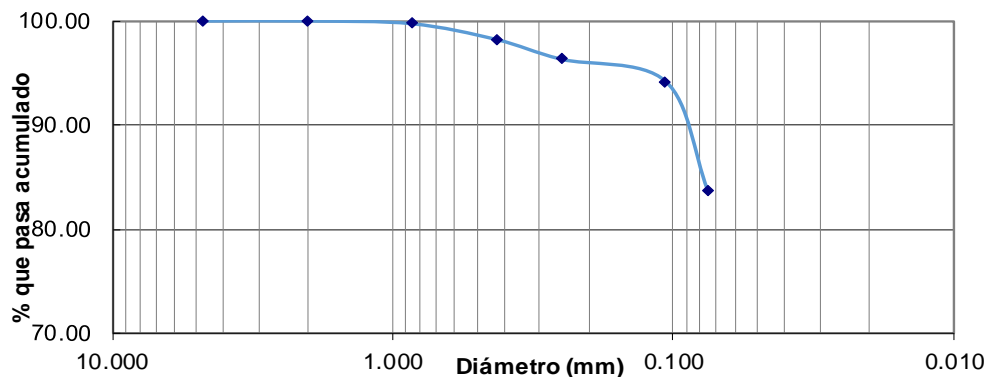
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 305
Peso de muestra lavada (gr) 49.69

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	0.79	0.26	0.26	99.74
Nº 40	0.425	4.64	1.52	1.78	98.22
Nº 60	0.250	5.78	1.90	3.68	96.32
Nº 140	0.106	6.48	2.12	5.80	94.20
Nº 200	0.075	32.00	10.49	16.29	83.71
Pasa	-	255.31	83.7	100.00	0.00



Anexo 36 Ensayo, análisis granulométrico M-03

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

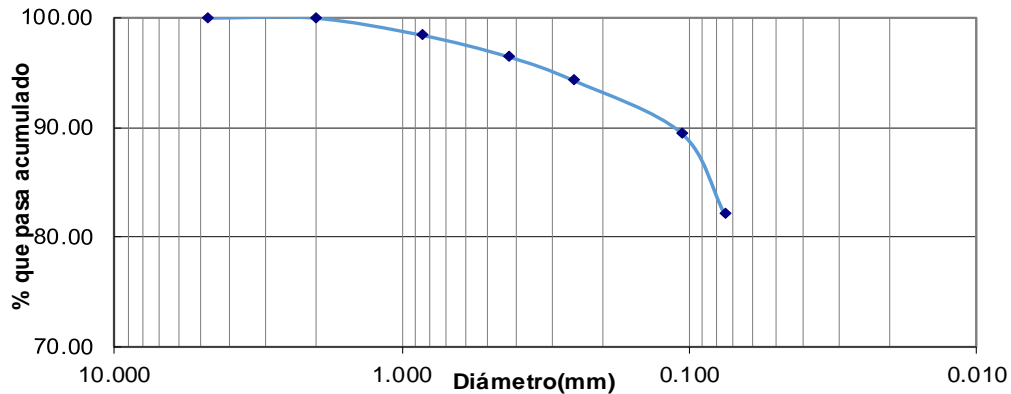
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 330
Peso de muestra lavada (gr) 58.84

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	5.12	1.55	1.55	98.45
Nº 40	0.425	6.48	1.96	3.52	96.48
Nº 60	0.250	7.24	2.19	5.71	94.29
Nº 140	0.106	15.70	4.76	10.47	89.53
Nº 200	0.075	24.30	7.36	17.83	82.17
Pasa	-	271.16	82.2	100.00	0.00



Anexo 37 Ensayo, análisis granulométrico M-04

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

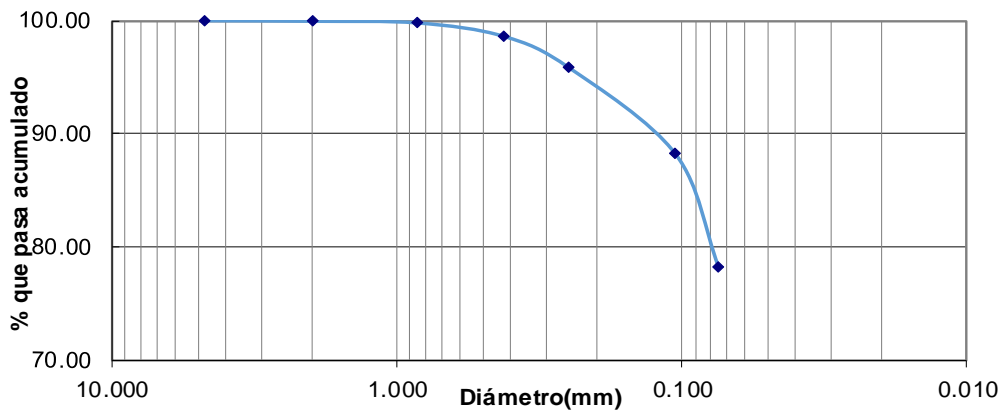
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 302
 Peso de muestra lavada (gr) 65.62

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.15	0.05	0.05	99.95
Nº 20	0.850	0.46	0.15	0.20	99.80
Nº 40	0.425	3.56	1.18	1.38	98.62
Nº 60	0.250	8.45	2.80	4.18	95.82
Nº 140	0.106	23.00	7.62	11.79	88.21
Nº 200	0.075	30.00	9.93	21.73	78.27
Pasa	-	236.38	78.3	100.00	0.00



Anexo 38 Ensayo, análisis granulométrico M-05

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

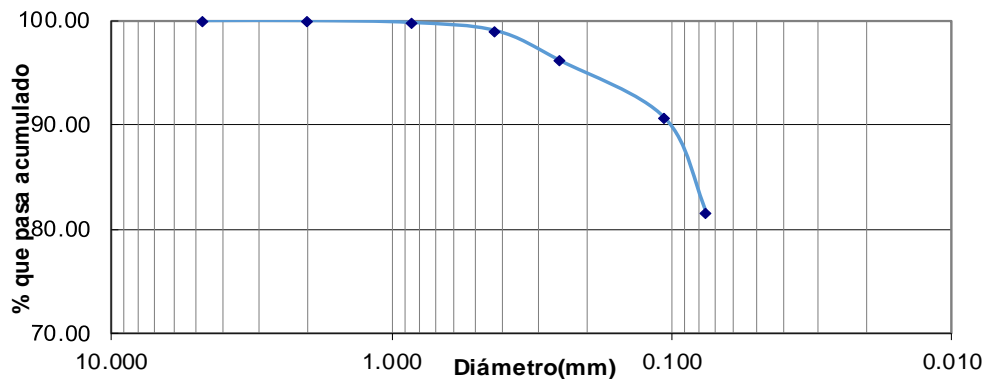
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 328
Peso de muestra lavada (gr) 60.62

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	0.61	0.19	0.19	99.81
Nº 40	0.425	2.56	0.78	0.97	99.03
Nº 60	0.250	9.45	2.88	3.85	96.15
Nº 140	0.106	18.00	5.49	9.34	90.66
Nº 200	0.075	30.00	9.15	18.48	81.52
Pasa	-	267.38	81.5	100.00	0.00



Anexo 39 Ensayo, análisis granulométrico M-06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

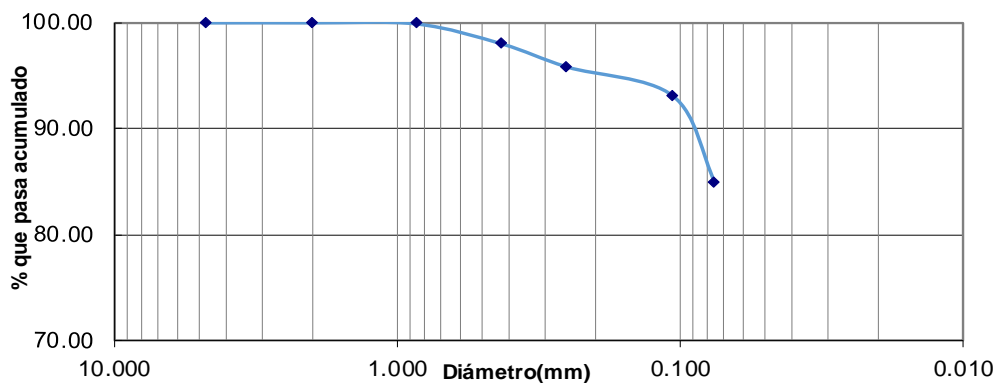
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 314
 Peso de muestra lavada (gr) 47.68

TAMICES		PESO		%RETENIDO	% QUE PASA
Nº	mm	RETENIDO	% RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	0.36	0.11	0.11	99.89
Nº 40	0.425	5.94	1.89	2.01	97.99
Nº 60	0.250	6.84	2.18	4.18	95.82
Nº 140	0.106	8.54	2.72	6.90	93.10
Nº 200	0.075	26.00	8.28	15.18	84.82
Pasa	-	266.32	84.8	100.00	0.00



Anexo 40 Ensayo, análisis granulométrico M-07

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

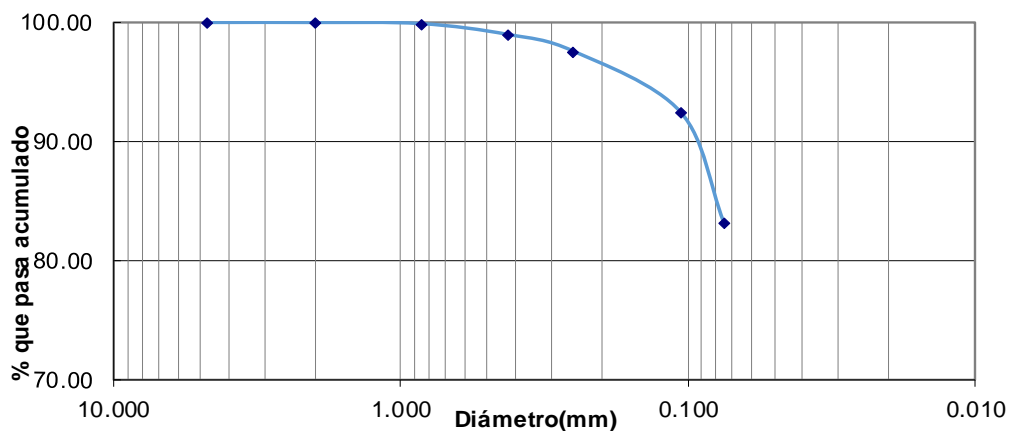
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 331.54
Peso de muestra lavada (gr) 55.42

TAMICES		PESO	% RETENIDO	%RETENIDO	% QUE PASA
Nº	mm	RETENIDO	% RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	0.32	0.10	0.10	99.90
Nº 40	0.425	2.98	0.90	1.00	99.00
Nº 60	0.250	4.69	1.41	2.41	97.59
Nº 140	0.106	16.89	5.09	7.50	92.50
Nº 200	0.075	30.54	9.21	16.72	83.28
Pasa	-	276.12	83.3	100.00	0.00



Anexo 41 Ensayo, análisis granulométrico M-08

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

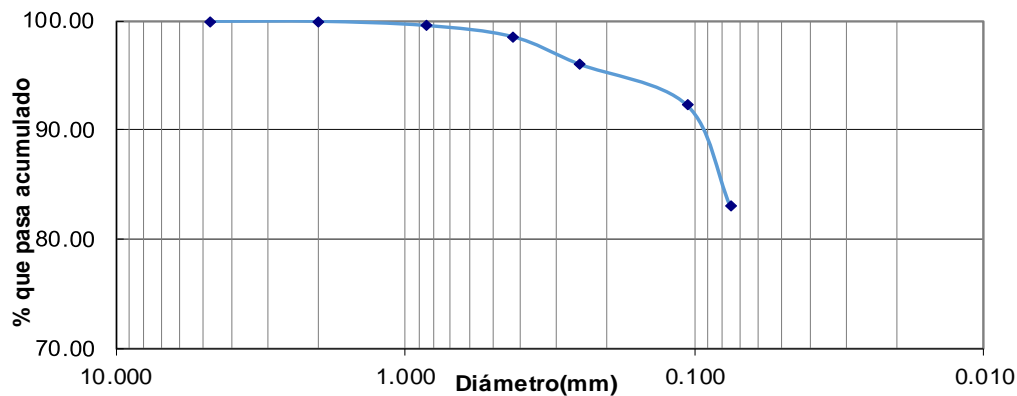
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 356
Peso de muestra lavada (gr) 60.3

TAMICES		PESO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm	RETENIDO			
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	1.35	0.38	0.38	99.62
Nº 40	0.425	3.65	1.03	1.40	98.60
Nº 60	0.250	8.94	2.51	3.92	96.08
Nº 140	0.106	13.36	3.75	7.67	92.33
Nº 200	0.075	33.00	9.27	16.94	83.06
Pasa	-	295.7	83.1	100.00	0.00



Anexo 42 Ensayo, análisis granulométrico M-09

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

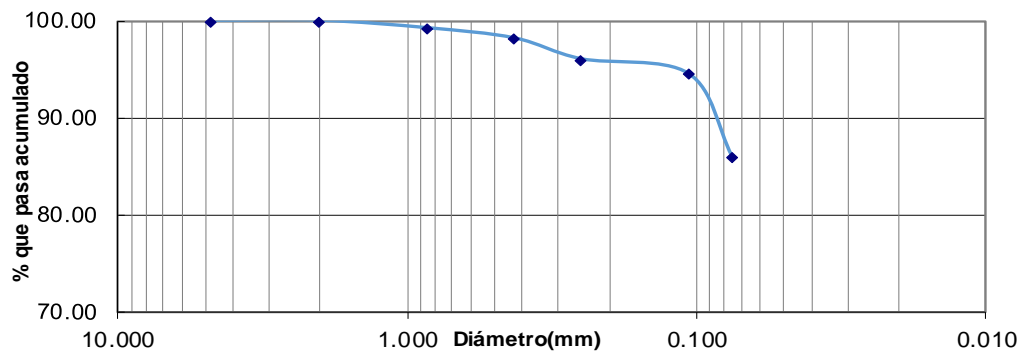
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 306.14
Peso de muestra lavada (gr) 42.76

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	2.36	0.77	0.77	99.23
Nº 40	0.425	3.20	1.05	1.82	98.18
Nº 60	0.250	6.55	2.14	3.96	96.04
Nº 140	0.106	4.65	1.52	5.47	94.53
Nº 200	0.075	26.00	8.49	13.97	86.03
Pasa	-	263.38	86.0	100.00	0.00



Anexo 43 Ensayo, análisis granulométrico M-10

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

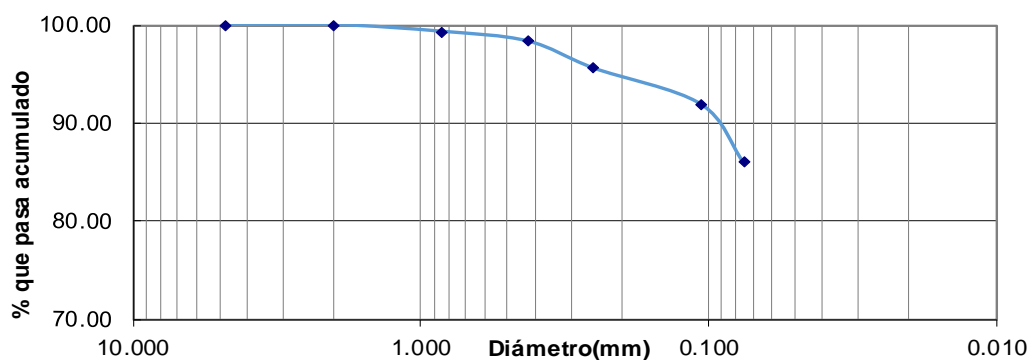
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 325.87
Peso de muestra lavada (gr) 45.71

TAMICES		PESO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
Nº	mm	RETENIDO			
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	2.23	0.68	0.68	99.32
Nº 40	0.425	3.20	0.98	1.67	98.33
Nº 60	0.250	8.96	2.75	4.42	95.58
Nº 140	0.106	11.87	3.64	8.06	91.94
Nº 200	0.075	19.45	5.97	14.03	85.97
Pasa	-	280.16	86.0	100.00	0.00



Anexo 44 Ensayo, análisis granulométrico M-11

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

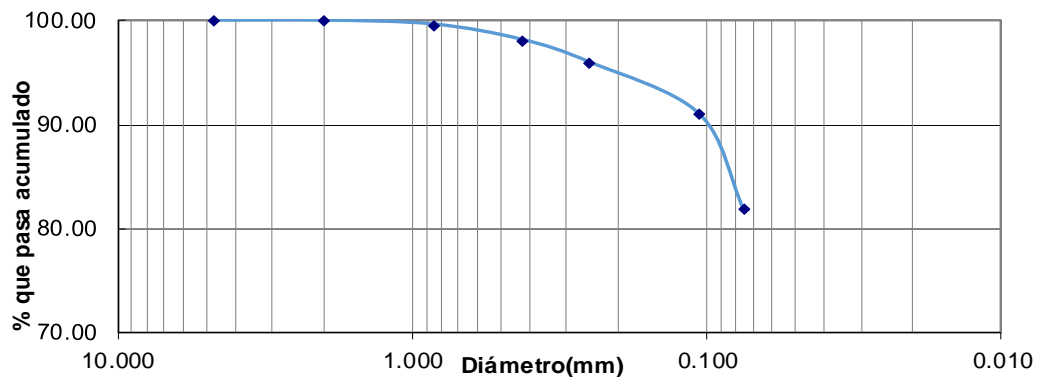
N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS"

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de muestra seca (gr) 314.65
Peso de muestra lavada (gr) 57.03

TAMICES		PESO		%RETENIDO	% QUE PASA
Nº	mm	RETENIDO	% RETENIDO	ACUMULAD	ACUMULADO
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	1.16	0.37	0.37	99.63
Nº 40	0.425	4.62	1.47	1.84	98.16
Nº 60	0.250	6.84	2.17	4.01	95.99
Nº 140	0.106	15.63	4.97	8.98	91.02
Nº 200	0.075	28.78	9.15	18.12	81.88
Pasa	-	257.62	81.9	100.00	0.00



Anexo 45 Ensayo, análisis granulométrico M-12

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

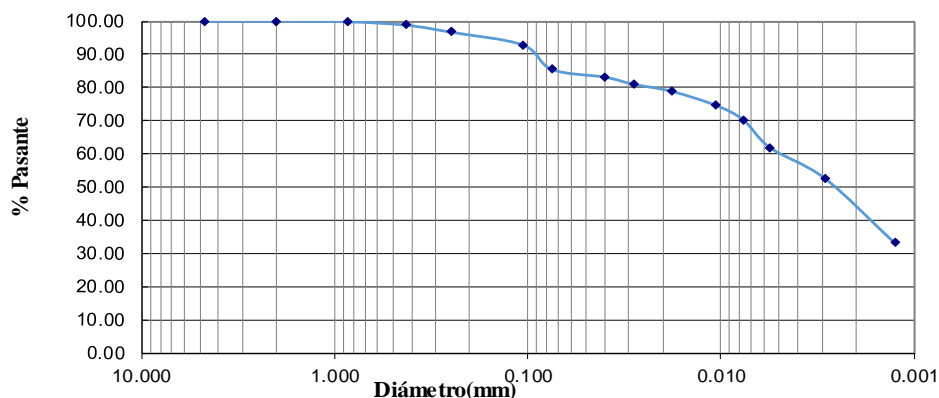
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Gs= 2.75 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+Cm)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-Cd)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct)
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°
		Lec. En la Suspensión:	6	24°
		2.4		
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°		GS -1		
Peso del recipiente:		100.72	g	
Peso del recipiente + suelo seco:		147.5	g	
Peso del suelo seco:		46.78	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) (D)
1	24.0	1.30	25.30	38	39.30	1.0	39.0	83.17	9.9	9.900	0.01264	0.03977
2	24.0	1.30	25.30	37	38.30	1.0	38.0	81.05	10.1	5.050	0.01264	0.02840
5	24.0	1.30	25.30	36	37.30	1.0	37.0	78.94	10.2	2.040	0.01264	0.01805
15	24.0	1.30	25.30	34	35.30	1.0	35.0	74.71	10.6	0.707	0.01264	0.01063
30	23.8	1.22	25.02	32	33.22	1.0	33.0	70.30	10.9	0.363	0.01267	0.00764
60	23.9	1.26	25.16	28	29.26	1.0	29.0	61.92	11.5	0.192	0.01266	0.00554
240	23.0	0.90	23.90	24	24.90	1.0	25.0	52.70	12.2	0.051	0.01279	0.00288
1440	25.0	1.70	26.70	14	15.70	1.0	15.0	33.23	13.8	0.010	0.01279	0.00125



Anexo 46 Granulometría por hidrómetro M-01

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

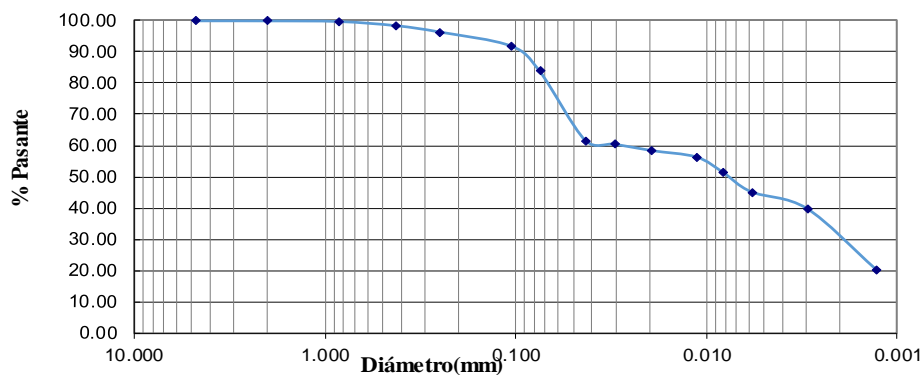
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:	Ys=	2.73 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+Cm)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-Cd)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct)
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°
		Lec. En la Suspensión:	6	24°
		2.4		
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°		GS - 1		
Peso del recipiente:		99.52	g	
Peso del recipiente + suelo seco:		147.5	g	
Peso del suelo seco:		47.98	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) (D)
1	23.0	0.9	23.9	29	29.9	1.0	30.0	61.69	11.4	11.400	0.01279	0.04318
2	24.0	1.3	25.3	28	29.3	1.0	29.0	60.46	11.5	5.750	0.01264	0.03031
5	24.0	1.3	25.3	27	28.3	1.0	28.0	58.39	11.7	2.340	0.01264	0.01934
15	24.0	1.3	25.3	26	27.3	1.0	27.0	56.33	11.9	0.793	0.01264	0.01126
30	23.0	0.9	23.9	24	24.9	1.0	25.0	51.38	12.2	0.407	0.01279	0.00816
60	24.0	0.9	24.9	21	21.9	1.0	22.0	45.19	12.7	0.212	0.01264	0.00582
240	24.0	1.3	25.3	18	19.3	1.0	19.0	39.82	13.2	0.055	0.01264	0.00296
1440	23.0	0.9	23.9	9	9.9	1.0	10.0	20.43	14.7	0.010	0.01279	0.00129



Anexo 47 Granulometría por hidrómetro M-02

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

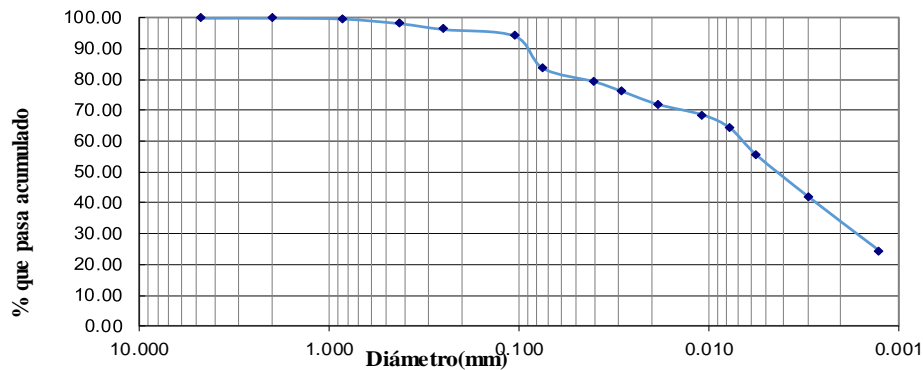
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:	Y _s =	2.74 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	25°
		Lec. En la Suspensión:	6	24°
			3.2	
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°			GS -3	
Peso del recipiente:			103.58	g
Peso del recipiente + suelo seco:			149.36	g
Peso del suelo seco:			45.78	g

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) (D)
1	25.0	1.7	26.7	35	36.7	1.0	36.0	79.36	10.4	10.4000	0.01249	0.04028
2	24.0	1.3	25.3	34	35.3	1.0	35.0	76.34	10.6	5.3000	0.01264	0.02910
5	24.0	1.3	25.3	32	33.3	1.0	33.0	72.01	10.9	2.1800	0.01264	0.01866
15	25.0	1.7	26.7	30	31.7	1.0	31.0	68.55	11.2	0.7467	0.01249	0.01079
30	25.0	1.7	26.7	28	29.7	1.0	29.0	64.23	11.5	0.3833	0.01249	0.00773
60	25.0	1.7	26.7	24	25.7	1.0	25.0	55.58	12.2	0.2033	0.01249	0.00563
240	24.0	1.3	25.3	18	19.3	1.0	19.0	41.74	13.2	0.0550	0.01264	0.00296
1440	24.0	1.3	25.3	10	11.3	1.0	11.0	24.44	14.5	0.0101	0.01264	0.00127



Anexo 48 Granulometría por hidrómetro M-03

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

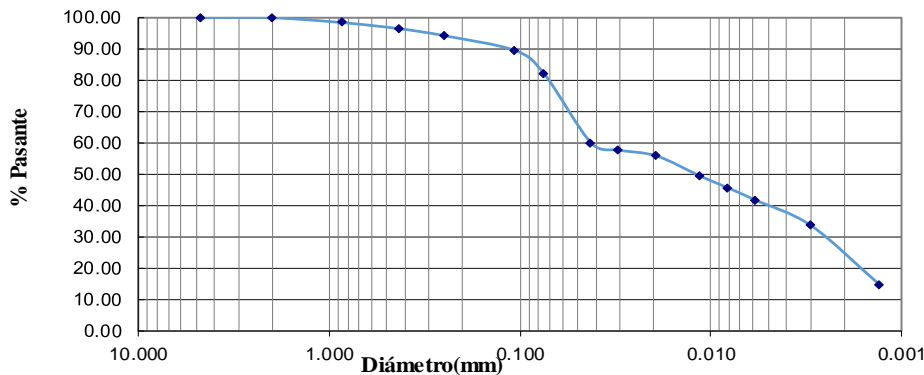
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Y _s = 2.75 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	25° 1.7
		Lec. En la Suspensión:	6	24° 1.3
3.2				
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°			GS -4	
Peso del recipiente:			98.4	g
Peso del recipiente + suelo seco:			147.4	g
Peso del suelo seco:			49	g

Tiempo	T°	C _t	T° corregida	Lectura real de hidrómetro	Lectura corregida de hidrómetro	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino	Profundidad efectiva	L / T	k	Diámetro (mm)
(min)	(C°)		(C°)	(R)	(Rc)			%	(L)			D
1	25.0	1.7	26.7	28	29.70	1.0	29.0	60.01	11.5	11.5000	0.01249	0.04236
2	24.8	1.62	26.4	27	28.62	1.0	28.0	57.82	11.7	5.8500	0.01252	0.03028
5	25.0	1.7	26.7	26	27.70	1.0	27.0	55.97	11.9	2.3800	0.01249	0.01927
15	24.6	1.54	26.1	23	24.54	1.0	24.0	49.58	12.4	0.8267	0.01255	0.01141
30	24.9	1.66	26.6	21	22.66	1.0	22.0	45.78	12.7	0.4233	0.01251	0.00814
60	25.0	1.7	26.7	19	20.70	1.0	20.0	41.82	13	0.2167	0.01249	0.00581
240	25.0	1.7	26.7	15	16.70	1.0	16.0	33.74	13.7	0.0571	0.01249	0.00298
1440	24.0	1.3	25.3	6	7.30	1.0	7.0	14.75	15.2	0.0106	0.01264	0.00130



Anexo 49 Granulometría por hidrómetro M-04

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

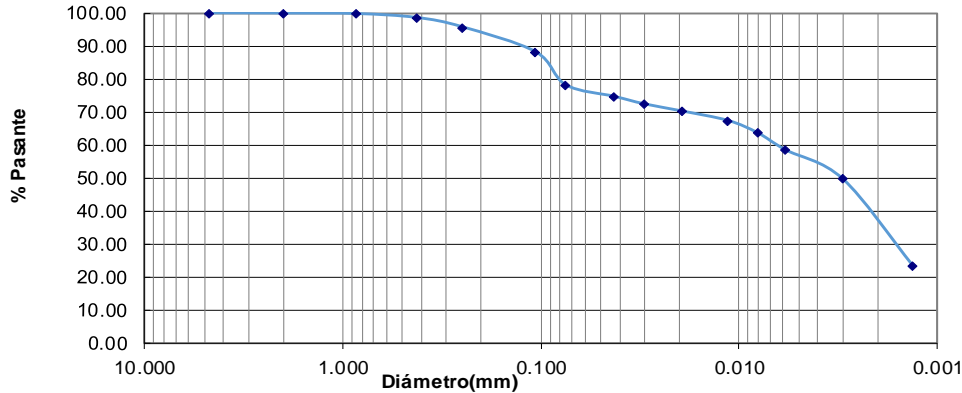
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO					
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Y _s =	2.72 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)	
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°	0.9
		Lec. En la Suspensión:	6	22°	0.6
		2.4			
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS					
Recipiente N°			GS -5		
Peso del recipiente:			102.23	g	
Peso del recipiente + suelo seco:			147.12	g	
Peso del suelo seco:			44.89	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	C _t	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (R _c)	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L / T	k	Diámetro (mm) (D)
1	23.0	0.90	23.9	33	33.9	1.0	34.0	74.76	10.7	10.700	0.01297	0.04243
2	23.0	0.90	23.9	32	32.9	1.0	33.0	72.56	10.9	5.450	0.01297	0.03028
5	23.0	0.90	23.9	31	31.9	1.0	32.0	70.35	11.1	2.220	0.01297	0.01932
15	22.0	0.60	22.6	30	30.6	1.0	31.0	67.48	11.2	0.747	0.01312	0.01134
30	23.0	0.90	23.9	28	28.9	1.0	29.0	63.74	11.5	0.383	0.01297	0.00803
60	22.0	0.60	22.6	26	26.6	1.0	27.0	58.66	11.9	0.198	0.01312	0.00584
240	22.0	0.60	22.6	22	22.6	1.0	23.0	49.84	12.5	0.052	0.01312	0.00299
1440	22.0	0.60	22.6	10	10.6	1.0	11.0	23.38	14.5	0.010	0.01312	0.00132



Anexo 50 Granulometría por hidrómetro M-05

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

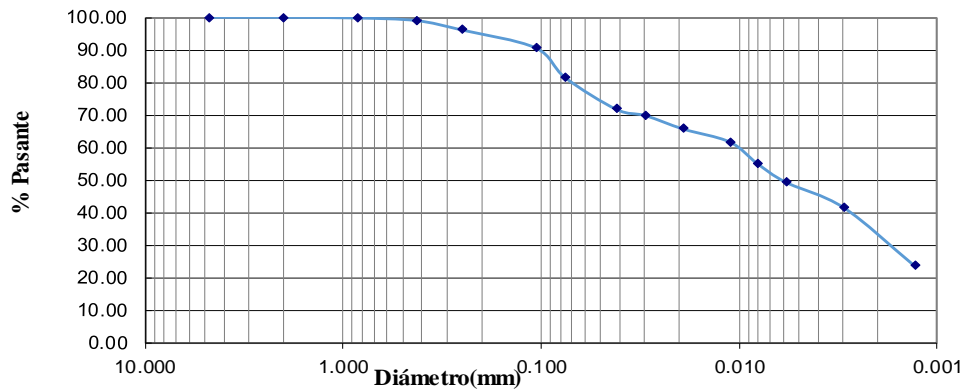
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Anafí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO					
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Y _s =	2.73 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)	
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°	0.9
		Lec. En la Suspensión:	6	24°	1.3
		2.4			
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS					
Recipiente N°			GS -6		
Peso del recipiente:			101.56	g	
Peso del recipiente + suelo seco:			149.75	g	
Peso del suelo seco:			48.19	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	C _t	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (R _c)	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) (D)
1	23.2	0.98	24.2	34	34.98	1.0	35.0	71.862	10.6	10.6000	0.01276	0.04154
2	23.3	1.02	24.3	33	34.02	1.0	34.0	69.890	10.7	5.3500	0.01275	0.02948
5	23.3	1.02	24.3	31	32.02	1.0	32.0	65.781	11.1	2.2200	0.01275	0.01899
15	23.5	1.10	24.6	29	30.1	1.0	30.0	61.836	11.4	0.7600	0.01272	0.01108
30	23.0	0.90	23.9	26	26.9	1.0	27.0	55.263	11.9	0.3967	0.01279	0.00806
60	23.5	1.10	24.6	23	24.1	1.0	24.0	49.510	12.4	0.2067	0.01272	0.00578
240	24.0	1.30	25.3	19	20.3	1.0	20.0	41.704	13	0.0542	0.01264	0.00294
1440	22.0	0.60	22.6	11	11.6	1.0	12.0	23.831	14.3	0.0099	0.01294	0.00129



Anexo 51 Granulometría por hidrómetro M-06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

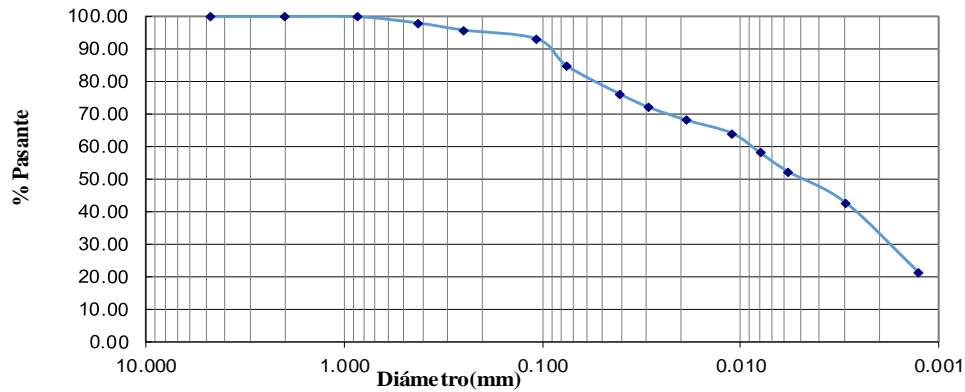
DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES:

Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

<i>CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO</i>					
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Y _s =	2.73 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)	
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	21°	0.3
		Lec. En la Suspensión:	6	20°	0.0
1.8					
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS					
Recipiente N°			GS -7		
Peso del recipiente:			105.88	g	
Peso del recipiente + suelo seco:			155.12	g	
Peso del suelo seco:			49.24	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	C _t	T° corregida (C°)	Lectura Real de Hidrómetro (R)	Lectura corregida de Hidrómetro (R _c)	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) D
1	23.0	0.9	23.9	37	37.90	1.0	38.0	76.20	10.1	10.100	0.01279	0.04065
2	23.0	0.9	23.9	35	35.90	1.0	36.0	72.18	10.4	5.200	0.01279	0.02917
5	23.0	0.9	23.9	33	33.90	1.0	34.0	68.16	10.7	2.140	0.01279	0.01871
15	23.0	0.9	23.9	31	31.90	1.0	32.0	64.14	11.1	0.740	0.01279	0.01100
30	23.0	0.9	23.9	28	28.90	1.0	29.0	58.11	11.5	0.383	0.01279	0.00792
60	23.2	1.0	24.2	25	26.00	1.0	26.0	52.27	12.0	0.200	0.01276	0.00571
240	23.9	1.3	25.2	20	21.30	1.0	21.0	42.82	12.9	0.054	0.01266	0.00294
1440	25.0	1.7	26.7	9	10.70	1.0	10.0	21.51	14.7	0.010	0.01249	0.00126



Anexo 52 Granulometría por hidrómetro M-07

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

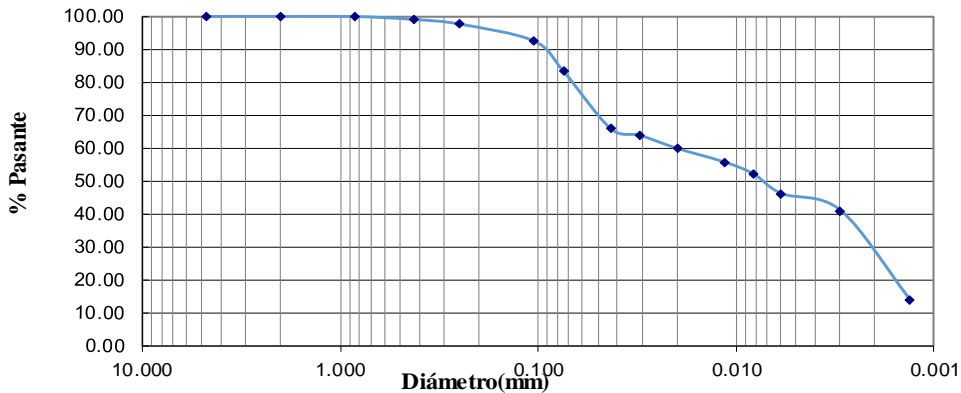
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO					
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Y _s =	2.72 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)	
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°	0.9
		Lec. En la Suspensión:	6	24°	1.3
2.4					
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS					
Recipiente N°			GS -8		
Peso del recipiente:			99.98	g	
Peso del recipiente + suelo seco:			149	g	
Peso del suelo seco:			49.02	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	C _t	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (Rc)	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) (D)
1	22.0	0.60	22.6	32	32.6	1.0	33.0	65.838	10.9	10.900	0.01312	0.04332
2	22.0	0.60	22.6	31	31.6	1.0	32.0	63.819	11.1	5.550	0.01312	0.03091
5	22.0	0.60	22.6	29	29.6	1.0	30.0	59.780	11.4	2.280	0.01312	0.01981
15	22.0	0.60	22.6	27	27.6	1.0	28.0	55.741	11.7	0.780	0.01312	0.01159
30	22.7	0.81	23.5	25	25.81	1.0	26.0	52.125	12.0	0.400	0.01302	0.00823
60	22.8	0.84	23.6	22	22.84	1.0	23.0	46.127	12.5	0.208	0.01300	0.00593
240	24.0	1.30	25.3	19	20.3	1.0	20.0	40.998	13.0	0.054	0.01282	0.00298
1440	23.0	0.90	23.9	6	6.9	1.0	7.0	13.935	15.2	0.011	0.01297	0.00133



Anexo 53 Granulometría por hidrómetro M-08

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

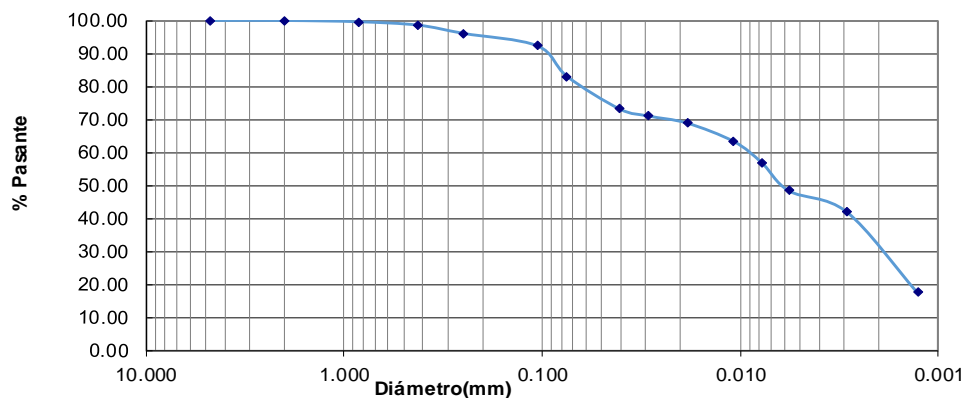
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H	Defloculante:	Gs=	2.78	g/cm3
CORRECCIÓN POR MENISCO (+Cm)	CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-Cd)	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct)		
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	25°
		Lec. En la Suspensión:	6	24°
			3.2	1.7
				1.3
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°	GS -9			
Peso del recipiente:	100.25	g		
Peso del recipiente + suelo seco:	146.6	g		
Peso del suelo seco:	46.35	g		

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura Real de Hidrómetro (R)	Lectura corregida de Hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L/T	k	Diámetro (mm) D
1	24.0	1.3	25.3	33	34.3	1.0	34.0	73.262	10.70	10.700	0.01246	0.04076
2	24.0	1.3	25.3	32	33.3	1.0	33.0	71.126	10.90	5.450	0.01246	0.02909
5	24.0	1.3	25.3	31	32.3	1.0	32.0	68.990	11.10	2.220	0.01246	0.01856
15	25.0	1.7	26.7	28	29.7	1.0	29.0	63.437	11.50	0.767	0.01232	0.01079
30	25.0	1.7	26.7	25	26.7	1.0	26.0	57.029	12.00	0.400	0.01232	0.00779
60	25.0	1.7	26.7	21	22.7	1.0	22.0	48.485	12.70	0.212	0.01232	0.00567
240	25.0	1.7	26.7	18	19.7	1.0	19.0	42.078	13.20	0.055	0.01232	0.00289
1440	24.0	1.3	25.3	7	8.3	1.0	8.0	17.728	15.00	0.010	0.01246	0.00127



Anexo 54 Granulometría por hidrómetro M-09

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

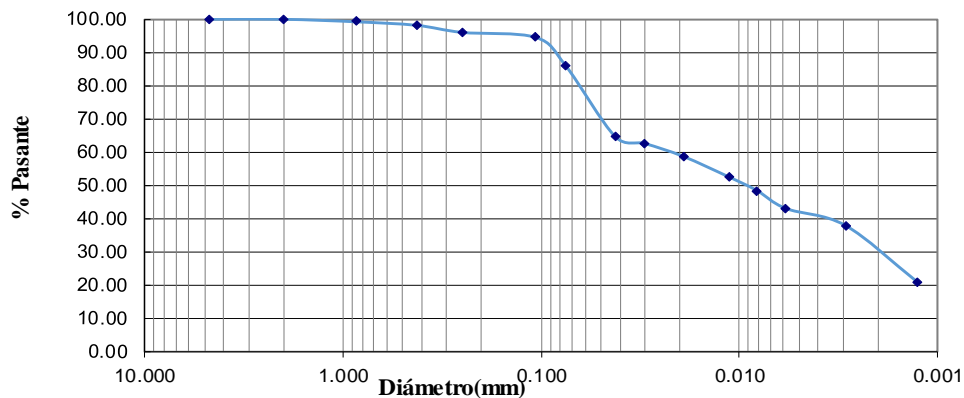
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO				
HIDRÓMETRO: 152 H	Defloculante:	Y _s =	2.82	g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+C _m)	CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-C _d)	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C _t)		
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°
		Lec. En la Suspensión:	6	24°
2.4				
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS				
Recipiente N°	GS -10			
Peso del recipiente:	102.65	g		
Peso del recipiente + suelo seco:	151.58	g		
Peso del suelo seco:	48.93	g		

Tiempo (min)	T° (C°)	C _t	T° corregida (C°)	Lectura real de hidrómetro (R)	Lectura corregida de hidrómetro (R _c)	C _m	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L / T	k	Diámetro (mm) (D)
1	23.0	0.90	23.9	31	31.9	1.0	32.0	64.543	11.1	11.100	0.01261	0.04201
2	23.0	0.90	23.9	30	30.9	1.0	31.0	62.520	11.2	5.600	0.01261	0.02984
5	23.2	0.98	24.2	28	28.98	1.0	29.0	58.635	11.5	2.300	0.01258	0.01908
15	23.1	0.94	24.0	25	25.94	1.0	26.0	52.484	12	0.800	0.01260	0.01127
30	23.0	0.90	23.9	23	23.9	1.0	24.0	48.357	12.4	0.413	0.01261	0.00811
60	23.8	1.22	25.0	20	21.22	1.0	21.0	42.934	12.9	0.215	0.01249	0.00579
240	25.0	1.70	26.7	17	18.7	1.0	18.0	37.836	13.3	0.055	0.01232	0.00290
1440	24.0	1.30	25.3	9	10.3	1.0	10.0	20.840	14.7	0.010	0.01246	0.00126



Anexo 55 Granulometría por hidrómetro M-10

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

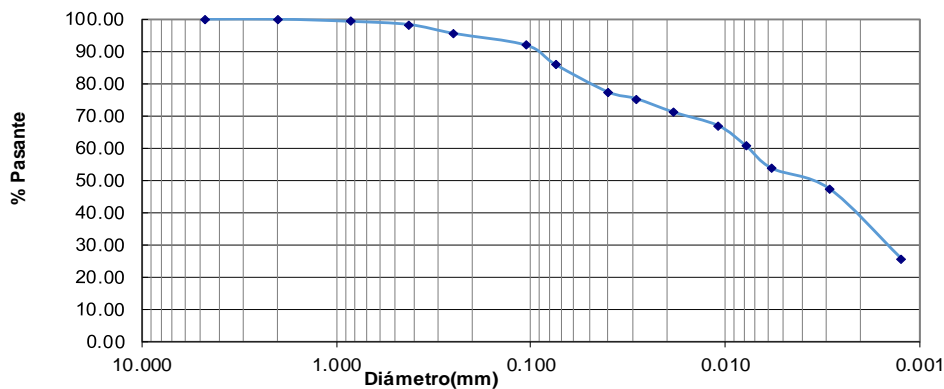
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

<i>CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO</i>						
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Ys=	2.79	g/cm3
CORRECCIÓN POR MENISCO (+Cm)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-Cd)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct)		
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	22°	0.6	
		Lec. En la Suspensión:	6	23°	0.9	
2.1						
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS						
Recipiente N°			GS -11			
Peso del recipiente:			104.52	g		
Peso del recipiente + suelo seco:			151.68	g		
Peso del suelo seco:			47.16	g		

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura Real de Hidrómetro (R)	Lectura corregida de Hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L / T	k	Diámetro (mm) D
1	23.0	0.9	23.9	36	36.9	1.0	37.0	77.462	10.20	10.200	0.01261	0.04027
2	23.0	0.9	23.9	35	35.9	1.0	36.0	75.363	10.40	5.200	0.01261	0.02876
5	23.0	0.9	23.9	33	33.9	1.0	34.0	71.164	10.70	2.140	0.01261	0.01845
15	23.0	0.9	23.9	31	31.9	1.0	32.0	66.966	11.10	0.740	0.01261	0.01085
30	23.0	0.9	23.9	28	28.9	1.0	29.0	60.668	11.50	0.383	0.01261	0.00781
60	22.0	0.6	22.6	25	25.6	1.0	26.0	53.740	12.20	0.203	0.01276	0.00575
240	22.0	0.6	22.6	22	22.6	1.0	23.0	47.443	12.50	0.052	0.01276	0.00291
1440	24.0	1.3	25.3	11	12.3	1.0	12.0	25.821	14.30	0.010	0.01246	0.00124



Anexo 56 Granulometría por hidrómetro M-11

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRÍA

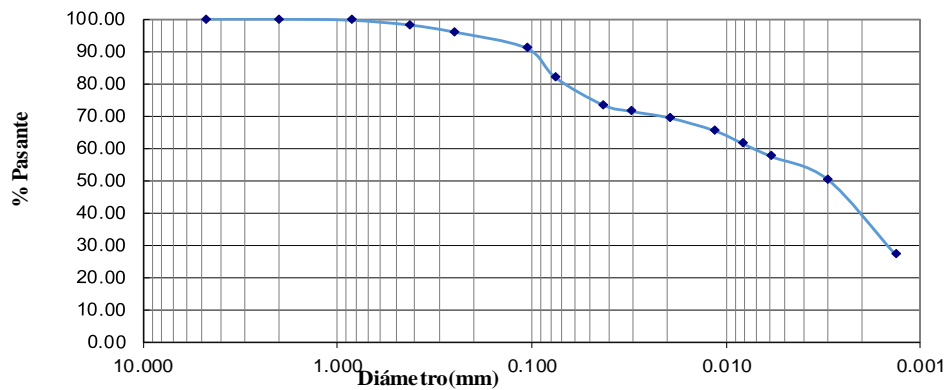
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

CALIBRACIÓN DE HIDRÓMETRO					
HIDRÓMETRO: 152 H		Defloculante:		Ys=	2.6 g/cm ³
CORRECCIÓN POR MENISCO (+Cm)		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE (-Cd)		CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct)	
1	g/l	Lec. Agua con Deflocu:	0.5	23°	0.9
		Lec. En la Suspensión:	6	24°	1.3
2.4					
PESO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS					
Recipiente N°			GS -12		
Peso del recipiente:			104.72	g	
Peso del recipiente + suelo seco:			154.5	g	
Peso del suelo seco:			49.78	g	

Tiempo (min)	T° (C°)	Ct	T° corregida (C°)	Lectura Real de Hidrómetro (R)	Lectura corregida de Hidrómetro (Rc)	Cm	Lectura corregida por menisco	Porcentaje más fino (%)	Profundidad efectiva (L)	L / T	k	Diámetro (mm) D
1	23.0	0.9	23.9	36	36.9	1.0	37.0	73.38	10.2	10.2000	0.01337	0.04270
2	23.0	0.9	23.9	35	35.9	1.0	36.0	71.40	10.4	5.2000	0.01337	0.03049
5	23.0	0.9	23.9	34	34.9	1.0	35.0	69.41	10.6	2.1200	0.01337	0.01947
15	23.0	0.9	23.9	32	32.9	1.0	33.0	65.43	10.9	0.7267	0.01337	0.01140
30	23.0	0.9	23.9	30	30.9	1.0	31.0	61.45	11.2	0.3733	0.01337	0.00817
60	23.0	0.9	23.9	28	28.9	1.0	29.0	57.47	11.5	0.1917	0.01337	0.00585
240	24.0	1.3	25.3	24	25.3	1.0	25.0	50.32	12.2	0.0508	0.01321	0.00298
1440	22.0	0.6	22.6	13	13.6	1.0	14.0	27.05	14.0	0.0097	0.01353	0.00133



Anexo 57 Granulometría por hidrómetro M-12

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

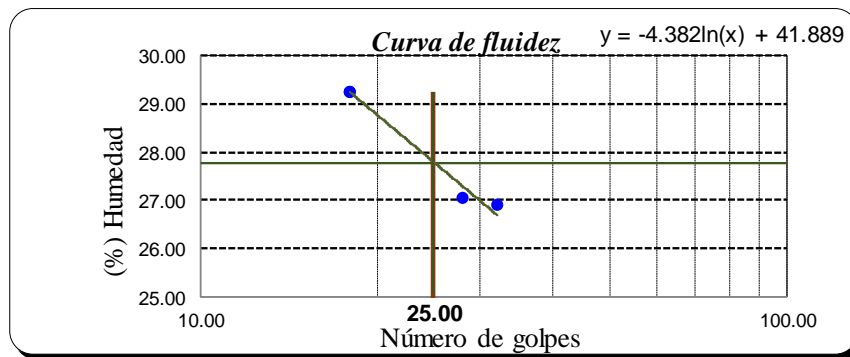
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
Tara	-					
Nº de Golpes	-	32	28	18		
Peso de muestra humedad + tara	gr	30.43	27.2	26.02	19.53	19.17
Peso de muestra seca + tara	gr	27.12	24.56	23.2	18.12	18.14
Peso del agua	gr	3.31	2.64	2.82	1.41	1.03
Peso de tara	gr	14.81	14.8	13.56	9.23	9.15
Peso de muestra seca	gr	12.31	9.76	9.64	8.89	8.99
Contenido de humedad	%	26.89	27.05	29.25	15.86	11.46



Límite líquido 27.78
Límite plástico 13.66
Índice de plasticidad 14.12

Anexo 58 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-01

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

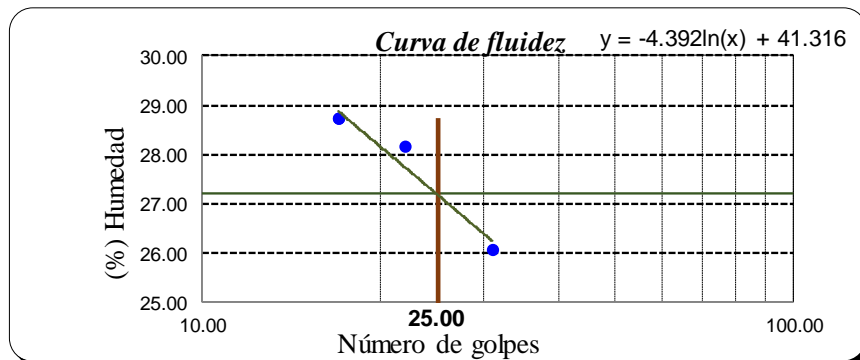
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	31	22	17		
Peso de muestra humedad + tara	gr	45.91	46.68	45.75	16.87	16.89
Peso de muestra seca + tara	gr	40.58	40.85	40.25	16.05	15.98
Peso del agua	gr	5.33	5.83	5.5	0.82	0.91
Peso de tara	gr	20.12	20.15	21.12	9.12	9.57
Peso de muestra seca	gr	20.46	20.7	19.13	6.93	6.41
Contenido de humedad	%	26.05	28.16	28.75	11.83	14.20



Límite líquido 27.20
 Límite plástico 13.01
 Índice de plasticidad 14.18

Anexo 59 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-02

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

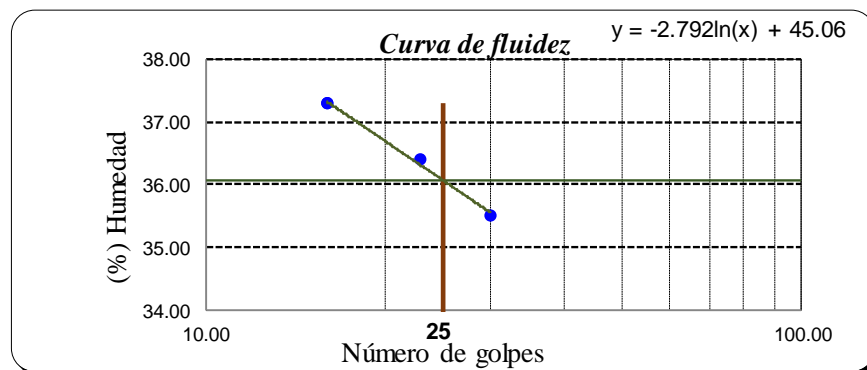
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	30	23	16		
Peso de muestra humedad + tara	gr	58.87	55.89	58.94	25.9	19.85
Peso de muestra seca + tara	gr	53.82	50.85	53.58	24.53	18.54
Peso del agua	gr	5.05	5.04	5.36	1.37	1.31
Peso de tara	gr	39.6	37	39.21	17.61	11.88
Peso de muestra seca	gr	14.22	13.85	14.37	6.92	6.66
Contenido de humedad	%	35.51	36.39	37.30	19.80	19.67



Límite líquido 36.07
 Límite plástico 19.73
 Índice de plasticidad 16.34

Anexo 60 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-03

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

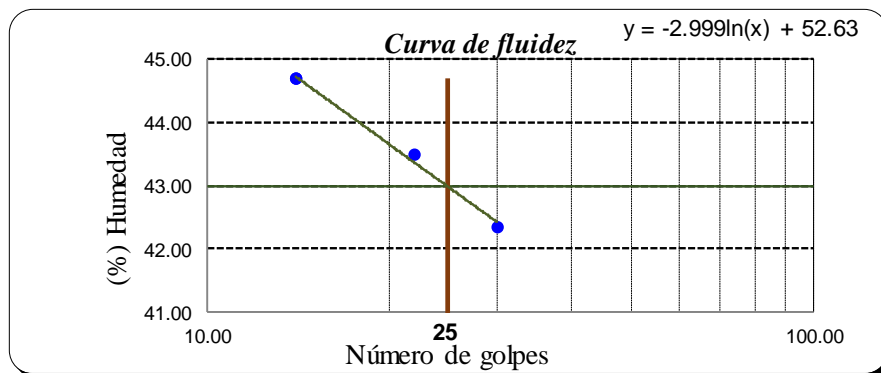
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	30	22	14		
Peso de muestra humedad + tara	gr	59.93	59.43	61.85	20.3	29.78
Peso de muestra seca + tara	gr	53.95	53.42	54.91	18.92	28.5
Peso del agua	gr	5.98	6.01	6.94	1.38	1.28
Peso de tara	gr	39.83	39.6	39.38	11.92	21.99
Peso de muestra seca	gr	14.12	13.82	15.53	7	6.51
Contenido de humedad	%	42.35	43.49	44.69	19.71	19.66



Límite líquido 42.98
Límite plástico 19.69
Índice de plasticidad 23.29

Anexo 61 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-04

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

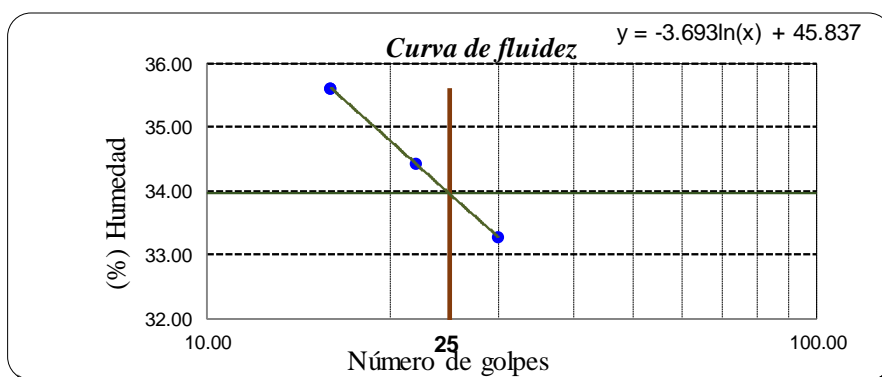
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	30	22	16		
Peso de muestra humedad + tara	gr	59.9	59.8	59.4	24.77	25.62
Peso de muestra seca + tara	gr	54.63	54.57	54.1	23.61	24.36
Peso del agua	gr	5.27	5.23	5.3	1.16	1.26
Peso de tara	gr	38.79	39.38	39.21	17.43	17.67
Peso de muestra seca	gr	15.84	15.19	14.89	6.18	6.69
Contenido de humedad	%	33.27	34.43	35.59	18.77	18.83



Límite líquido 33.95
 Límite plástico 18.80
 Índice de plasticidad 15.15

Anexo 62 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-05

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

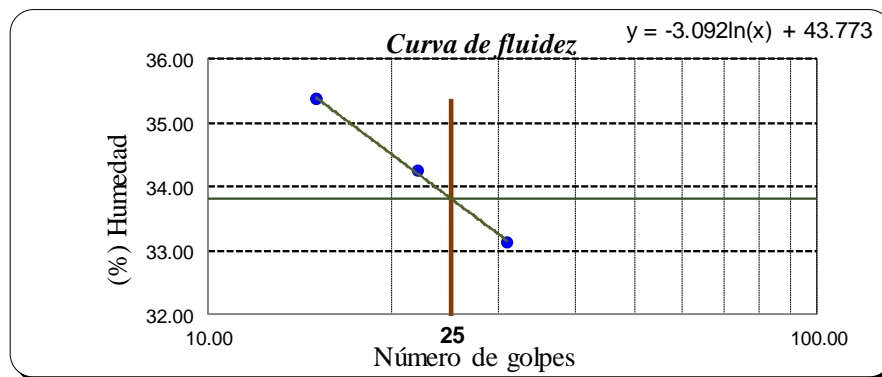
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	31	22	15		
Peso de muestra humedad + tara	gr	55.73	57.57	59.47	26.28	36.51
Peso de muestra seca + tara	gr	50.7	52.45	53.85	24.96	35.33
Peso del agua	gr	5.03	5.12	5.62	1.32	1.18
Peso de tara	gr	35.52	37.5	37.97	17.43	28.64
Peso de muestra seca	gr	15.18	14.95	15.88	7.53	6.69
Contenido de humedad	%	33.14	34.25	35.39	17.53	17.64



Límite líquido 33.82
 Límite plástico 17.58
 Índice de plasticidad 16.24

Anexo 63 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

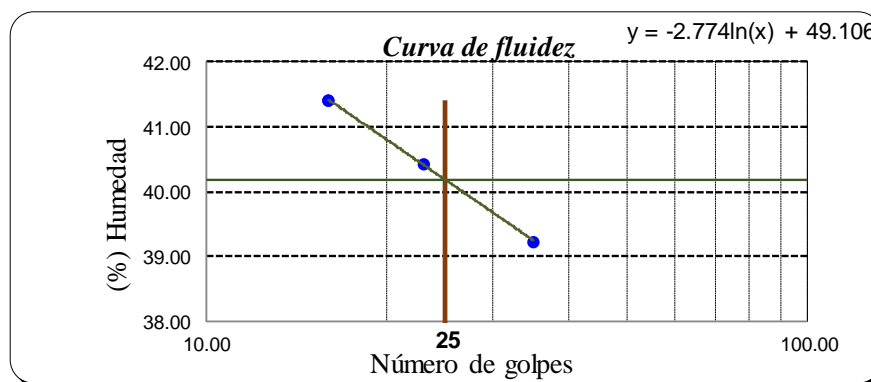
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	35	23	16		
Peso de muestra humedad + tara	gr	59.97	60.4	49.75	25.69	20.56
Peso de muestra seca + tara	gr	54.23	54.3	43.58	24.32	19.02
Peso del agua	gr	5.74	6.1	6.17	1.37	1.54
Peso de tara	gr	39.6	39.21	28.68	18.02	11.88
Peso de muestra seca	gr	14.63	15.09	14.9	6.3	7.14
Contenido de humedad	%	39.23	40.42	41.41	21.75	21.57



Límite líquido 40.18
Límite plástico 21.66
Índice de plasticidad 18.52

Anexo 64 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-07

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

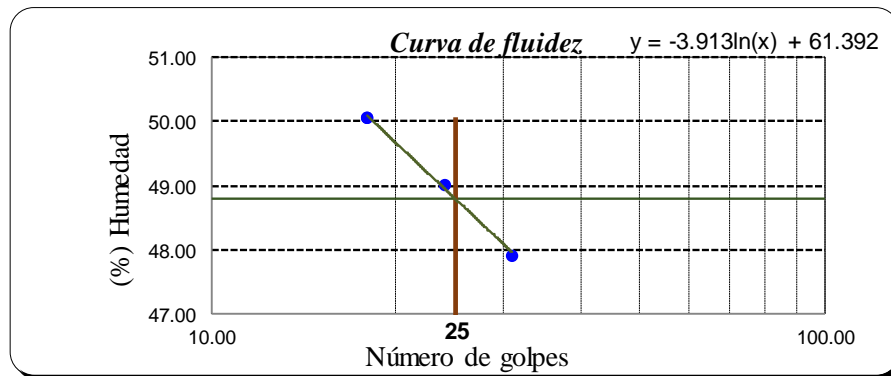
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	31	24	18		
Peso de muestra humedad + tara	gr	48.89	56.97	59.64	25.72	26.11
Peso de muestra seca + tara	gr	42.19	49.77	52.41	24.24	24.5
Peso del agua	gr	6.7	7.2	7.23	1.48	1.61
Peso de tara	gr	28.21	35.08	37.97	17.96	17.61
Peso de muestra seca	gr	13.98	14.69	14.44	6.28	6.89
Contenido de humedad	%	47.93	49.01	50.07	23.57	23.37



Límite líquido 48.80
Límite plástico 23.47
Índice de plasticidad 25.33

Anexo 65 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-08

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

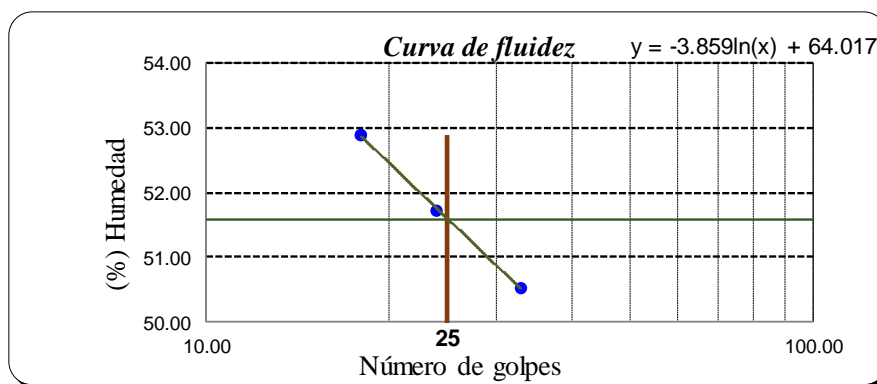
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	33	24	18		
Peso de muestra humedad + tara	gr	50.19	58.9	56.83	36.71	26.96
Peso de muestra seca + tara	gr	43.12	51.25	49.46	35.16	25.24
Peso del agua	gr	7.07	7.65	7.37	1.55	1.72
Peso de tara	gr	29.13	36.46	35.52	28.64	17.96
Peso de muestra seca	gr	13.99	14.79	13.94	6.52	7.28
Contenido de humedad	%	50.54	51.72	52.87	23.77	23.63



Límite líquido 51.59
 Límite plástico 23.70
 Índice de plasticidad 27.89

Anexo 66 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-09

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

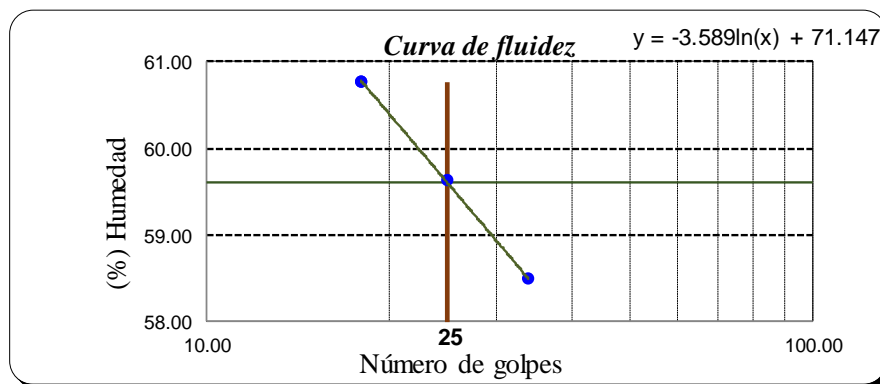
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	34	25	18		
Peso de muestra humedad + tara	gr	52.63	50.94	50.71	26.71	26.71
Peso de muestra seca + tara	gr	44.46	42.54	42.19	24.8	24.94
Peso del agua	gr	8.17	8.4	8.52	1.91	1.77
Peso de tara	gr	30.49	28.45	28.17	17.38	18.02
Peso de muestra seca	gr	13.97	14.09	14.02	7.42	6.92
Contenido de humedad	%	58.48	59.62	60.77	25.74	25.58



Límite líquido 59.60
 Límite plástico 25.66
 Índice de plasticidad 33.94

Anexo 67 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-10

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

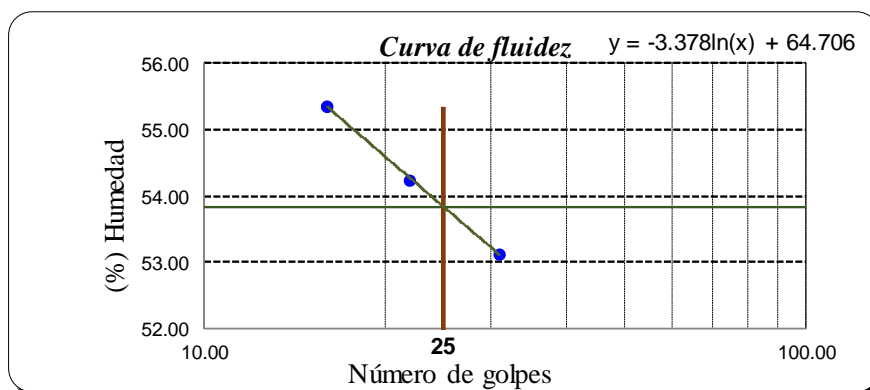
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	31	22	16		
Peso de muestra humedad + tara	gr	49.52	49.87	61.61	28	29.75
Peso de muestra seca + tara	gr	42.29	42.44	53.85	26.23	28.27
Peso del agua	gr	7.23	7.43	7.76	1.77	1.48
Peso de tara	gr	28.68	28.74	39.83	18.98	22.19
Peso de muestra seca	gr	13.61	13.7	14.02	7.25	6.08
Contenido de humedad	%	53.12	54.23	55.35	24.41	24.34



Límite líquido 53.83
 Límite plástico 24.38
 Índice de plasticidad 29.45

Anexo 68 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-11

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

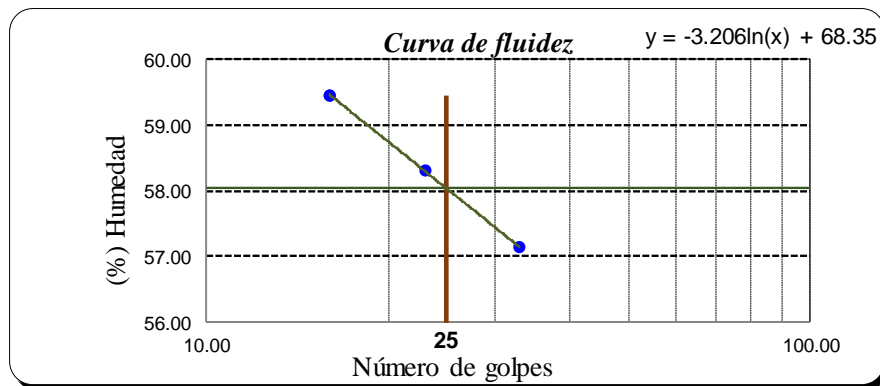
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

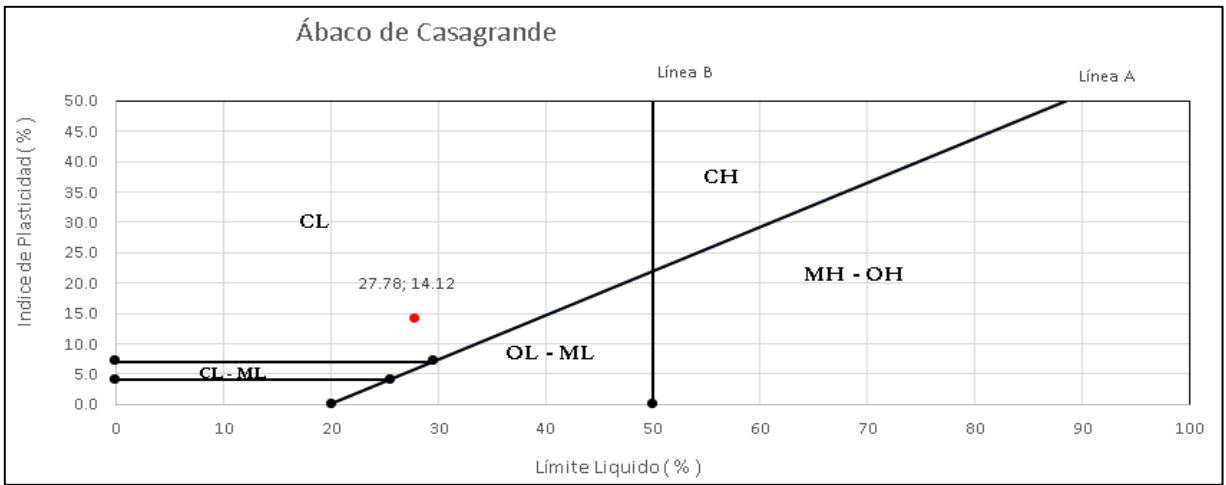
AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DATOS DE ENSAYO	Und	Límite Líquido			Límite Plástico	
NombreTara	-					
Nº de Golpes	-	33	23	16		
Peso de muestra humedad + tara	gr	50.5	61.16	61.55	20.47	26.89
Peso de muestra seca + tara	gr	42.61	52.92	53.22	18.66	24.89
Peso del agua	gr	7.89	8.24	8.33	1.81	2
Peso de tara	gr	28.8	38.79	39.21	11.88	17.38
Peso de muestra seca	gr	13.81	14.13	14.01	6.78	7.51
Contenido de humedad	%	57.13	58.32	59.46	26.70	26.63

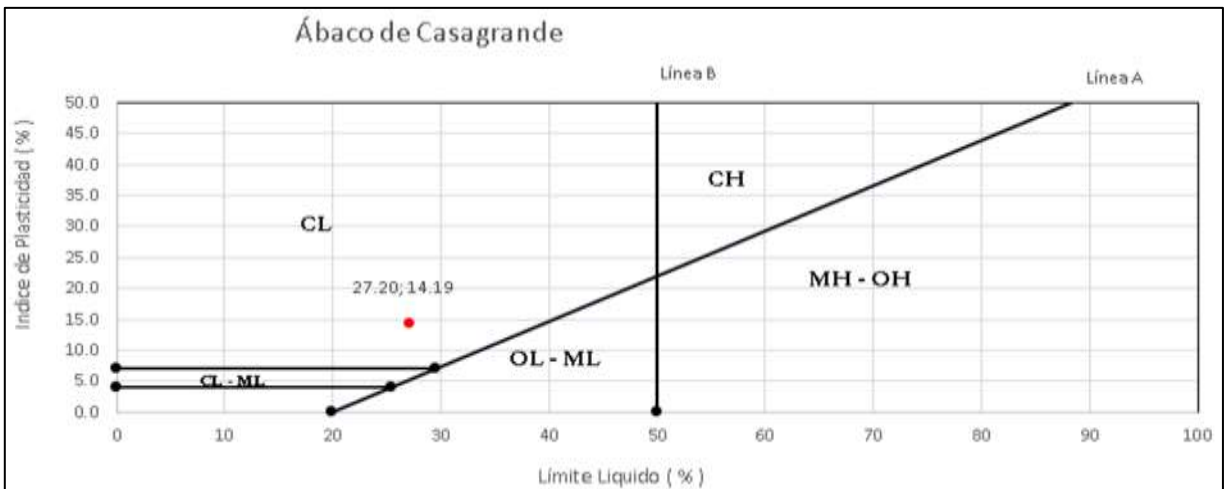


Límite líquido 58.03
Límite plástico 26.66
Índice de plasticidad 31.37

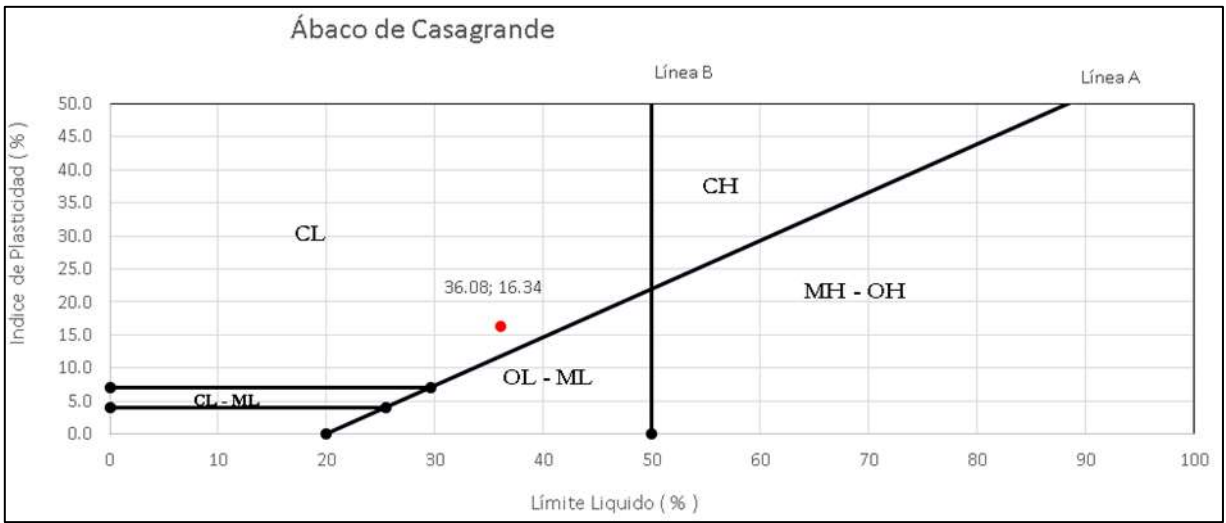
Anexo 69 Ensayo, límite líquido, plástico e índice de plasticidad M-12



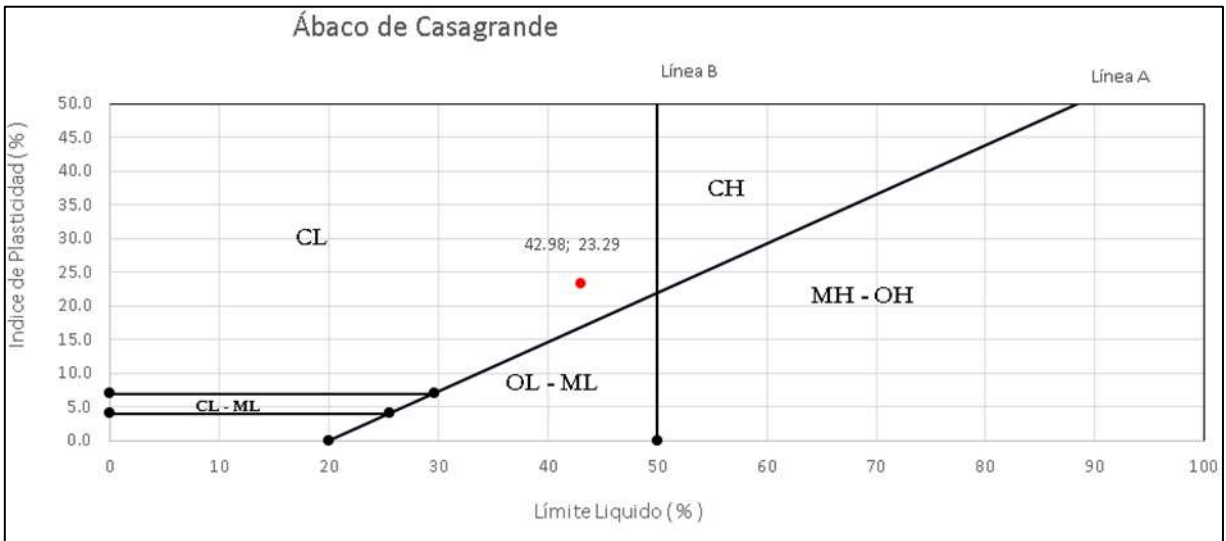
Anexo 70 *Ábaco de Casagrande M-01, arcilla de media plasticidad (CL)*



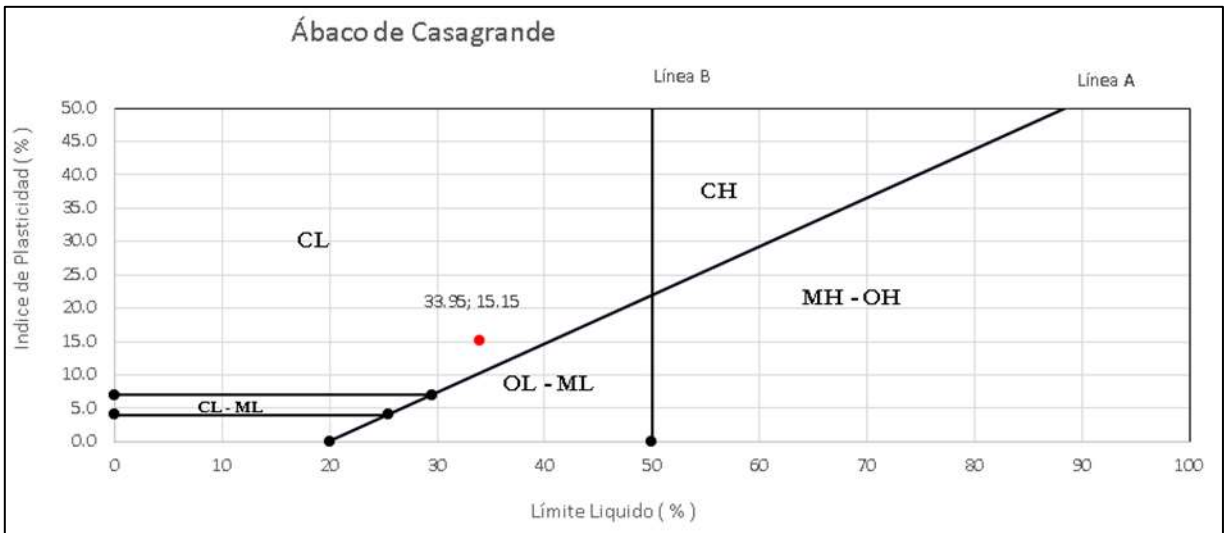
Anexo 71 *Ábaco de Casagrande M-02, arcilla de media plasticidad (CL)*



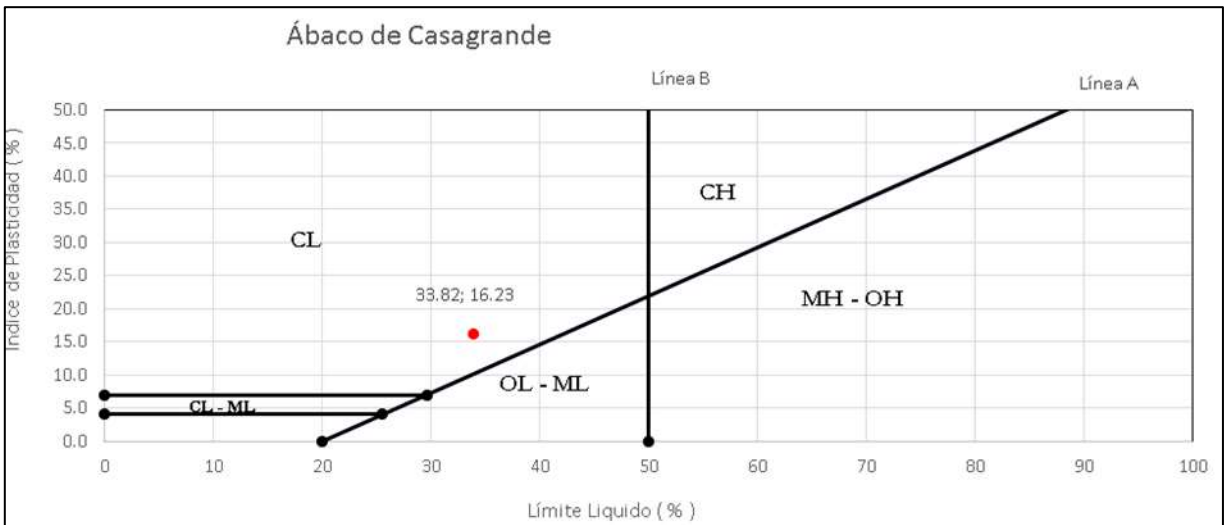
Anexo 72 *Ábaco de Casagrande M-03, arcilla de media plasticidad (CL)*



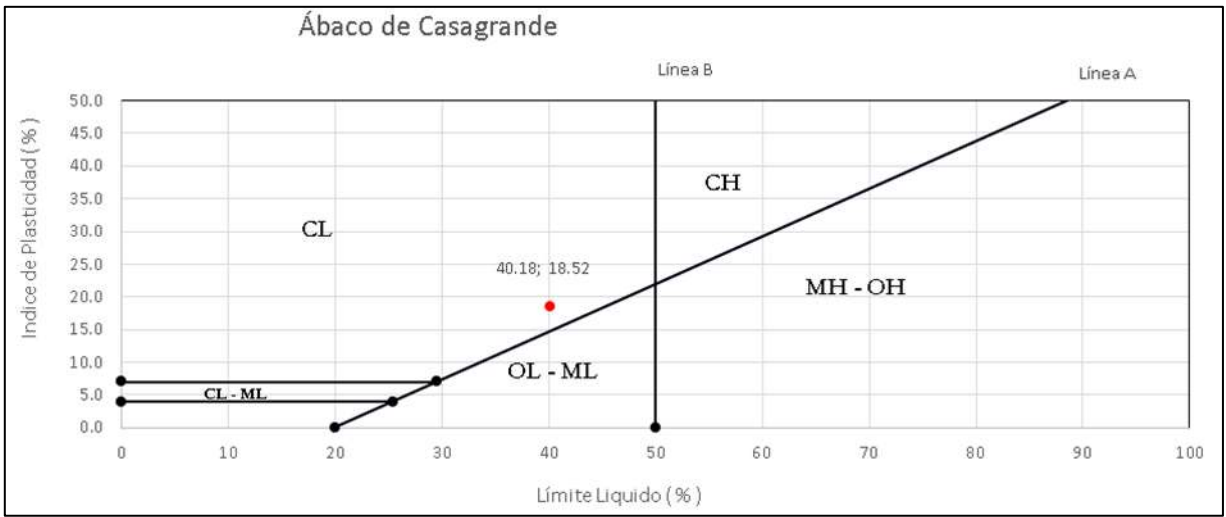
Anexo 73 *Ábaco de Casagrande M-04, arcilla de media plasticidad (CL)*



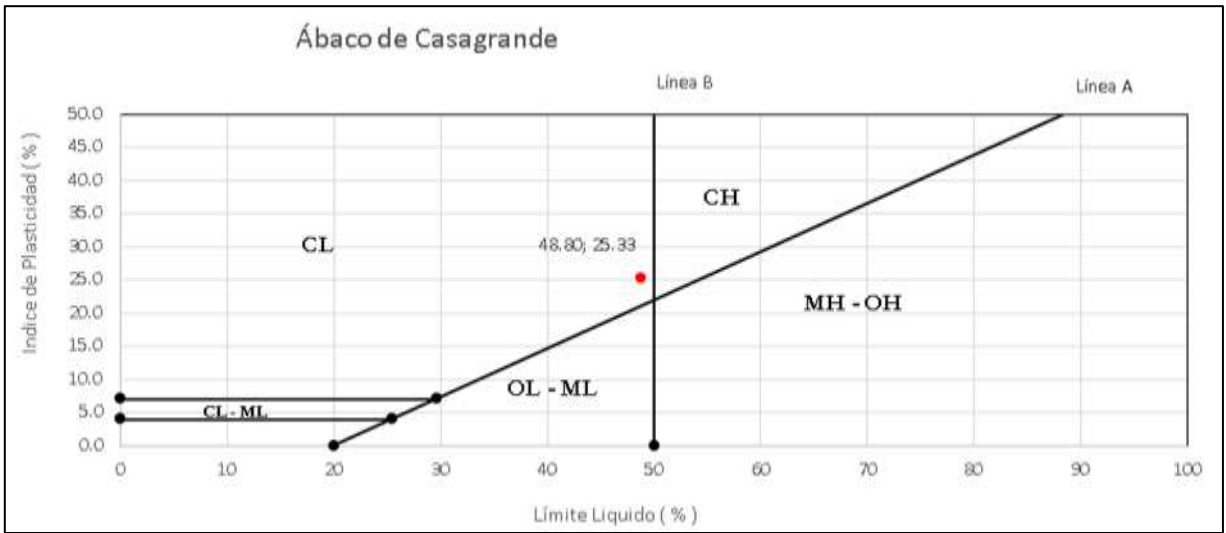
Anexo 74 *Ábaco de Casagrande M-05, arcilla de media plasticidad (CL)*



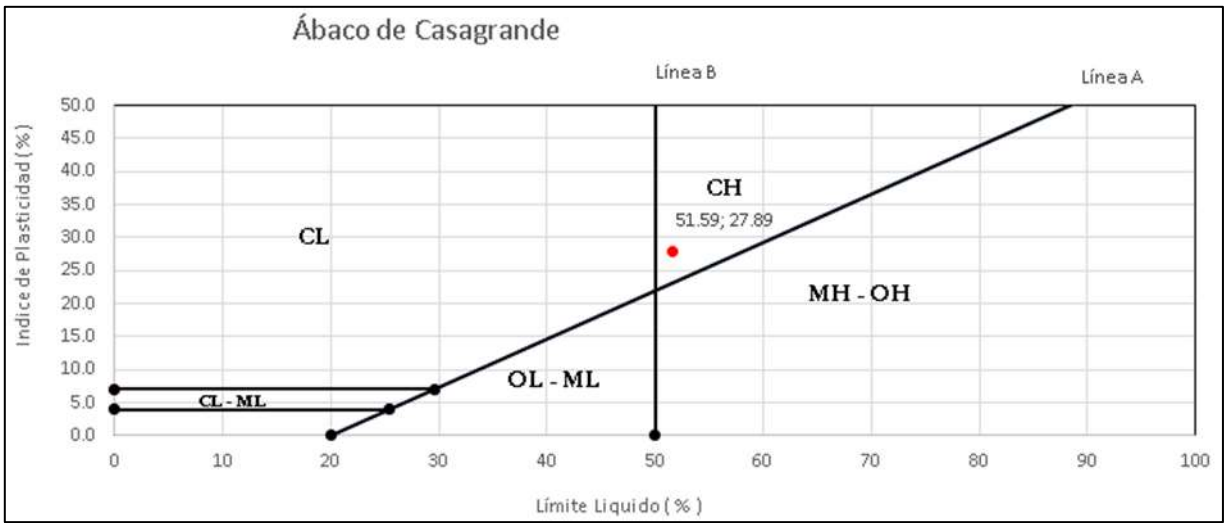
Anexo 75 *Ábaco de Casagrande M-06, arcilla de media plasticidad (CL)*



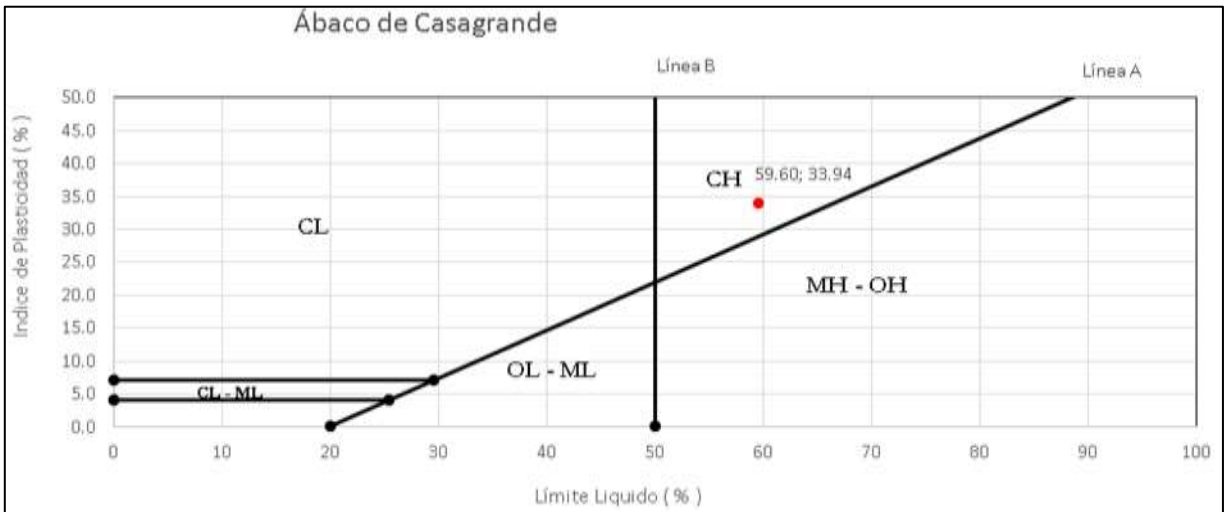
Anexo 76 *Ábaco de Casagrande M-07, arcilla de media plasticidad (CL)*



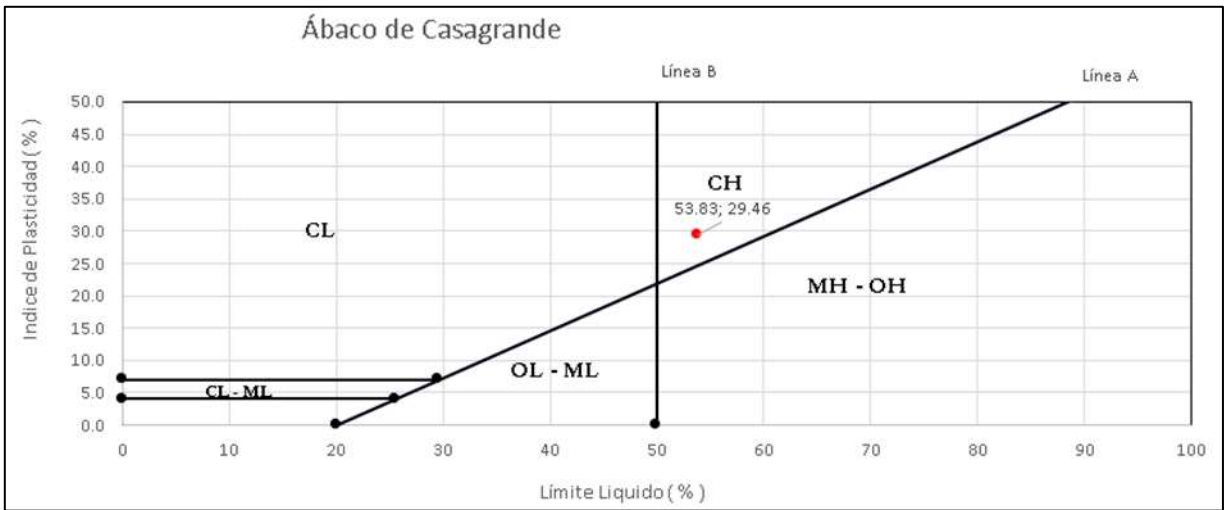
Anexo 77 *Ábaco de Casagrande M-08, arcilla de media plasticidad (CL)*



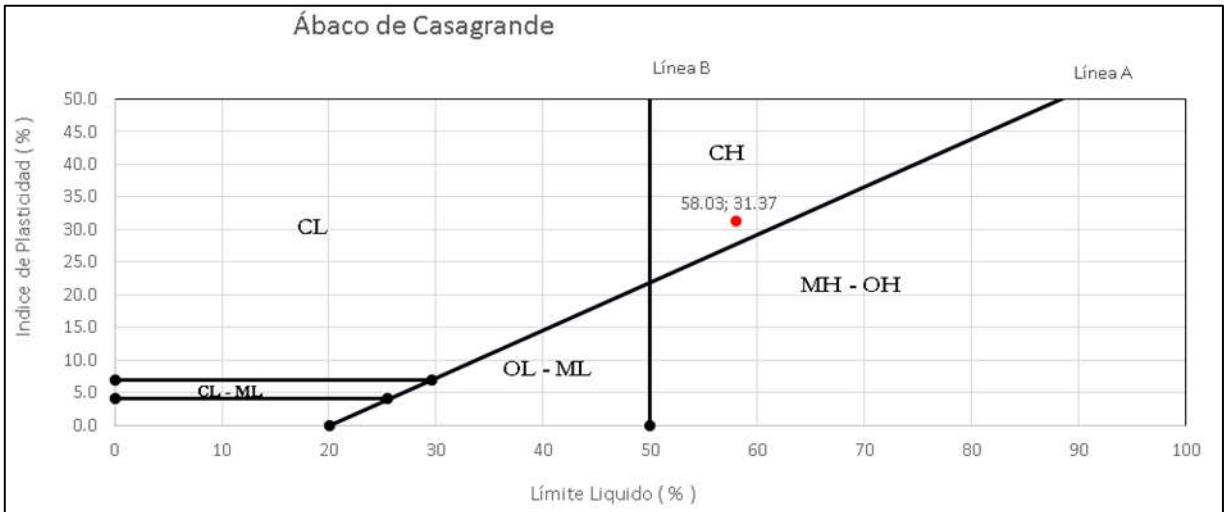
Anexo 78 *Ábaco de Casagrande M-09, arcilla de media plasticidad (CH)*



Anexo 79 *Ábaco de Casagrande M-10, arcilla de media plasticidad (CH)*



Anexo 80 *Ábaco de Casagrande M-11, arcilla de media plasticidad (CH)*



Anexo 81 *Ábaco de Casagrande M-12, arcilla de media plasticidad (CH)*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

DENSIDAD NATURAL O IN-SITU

N.T.P. 339.143 ASTM D - 1556

TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

Peso de frasco + arena calibrada + cono	gr	7000
Peso de frasco + arena que queda	gr	3305
Peso de la arena en el cono	gr	1778
Densidad de la arena	gr/cm ³	1.5
Volumen del material extraído	cm ³	1278.00
Peso del material + recipiente	gr	2841
Peso del recipiente	gr	204
Peso de suelo húmedo	gr	2637
Volumen de suelo húmedo	cm ³	1278.00
Densidad natural húmeda	gr/cm ³	2.063
Peso del suelo Húmedo + tara	gr	51.13
Peso del suelo seco + tara	gr	44.66
Peso de la tara	gr	14.81
Peso del agua	gr	6.47
Peso suelo seco	gr	29.85
Contenido de humedad natural	%	21.68
Densidad natural seca	gr/cm ³	1.696

Anexo 82 *Densidad In-Situ muestra natural*

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PRÓCTOR MODIFICADO

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

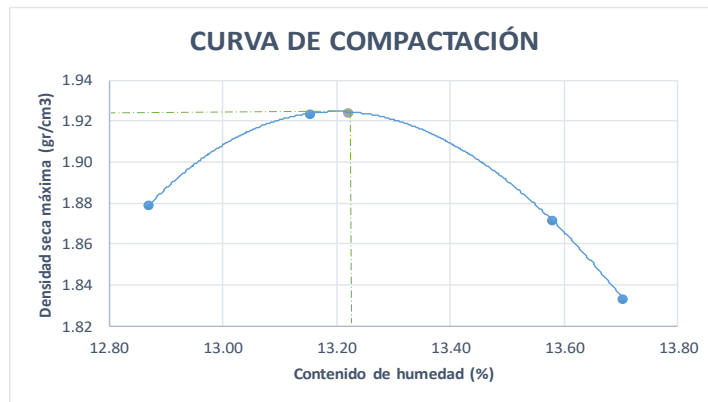
TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DIÁMETRO	cm.	10.50
ALTURA	cm.	11.3
VOLUMEN	cm ³ .	978.47
PESO	gr.	4190

Nº GOLPES/CAPA	25
Nº CAPAS	5

Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6265	6320	6270	6230
Peso del molde	(gr)	4190	4190	4190	4190
Peso de suelo compactado	(gr)	2075	2130	2080	2040
Densidad humedad	(gr/cm ³)	2.12	2.18	2.13	2.08
Nº de tara		GS1	GS2	GS4	GS5
Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	150.00	130.00	180.00	125.00
Peso de tara + suelo seco	(gr)	134.44	116.61	160.25	111.57
Peso del agua	(gr)	15.56	13.39	19.75	13.43
Peso de tara	(gr)	13.53	14.81	14.80	13.56
Peso de suelo seco	(gr)	120.91	101.80	145.45	98.01
Contenido de humedad	%	12.87	13.15	13.58	13.70
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.88	1.92	1.87	1.83



Máxima Densidad Seca	1.924
----------------------	-------

Óptimo Contenido de Humedad	13.22
-----------------------------	-------

Anexo 83 Ensayo, proctor modificado muestra natural

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PRÓCTOR MODIFICADO

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

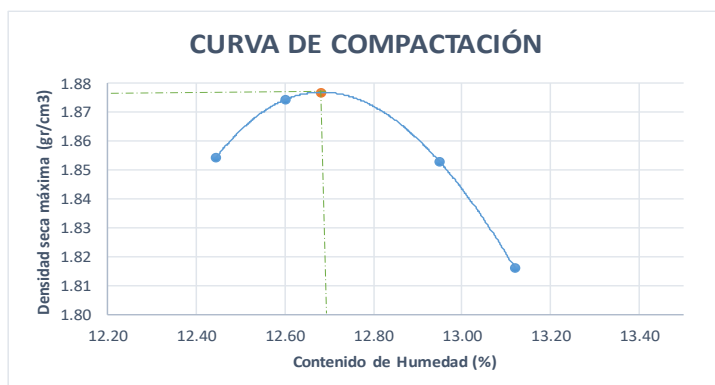
TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

DIAMETRO	cm.	10.50
ALTURA	cm.	11.3
VOLUMEN	cm ³ .	978.47
PESO	gr.	4190

Nº GOLPES/CAPA	25
Nº CAPAS	5

Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6230	6255	6238	6200
Peso del molde	(gr)	4190	4190	4190	4190
Peso de suelo compactado	(gr)	2040	2065	2048	2010
Densidad humedad	(gr/cm ³)	2.08	2.11	2.09	2.05
Nº de tara		GS1	GS2	GS4	GS5
Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	131.00	120.00	112.50	115.30
Peso de tara + suelo seco	(gr)	118.00	108.23	101.30	103.50
Peso del agua	(gr)	13.00	11.77	11.20	11.80
Peso de tara	(gr)	13.53	14.81	14.80	13.56
Peso de suelo seco	(gr)	104.47	93.42	86.50	89.94
Contenido de humedad	%	12.44	12.60	12.95	13.12
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.85	1.87	1.85	1.82



Máxima Densidad Seca	1.877
----------------------	-------

Óptimo Contenido de Humedad	12.68
-----------------------------	-------

Anexo 84 Ensayo, proctor modificado muestra con 2%HDPE

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PRÓCTOR MODIFICADO

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

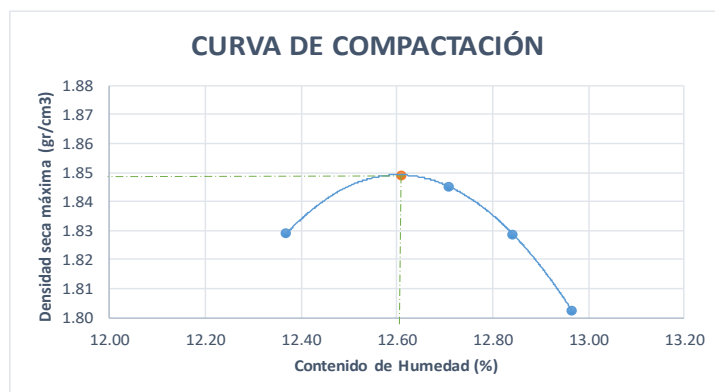
TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
Gastulo Meléndez, Irving Frank

DIAMETRO	cm.	10.50
ALTURA	cm.	11.3
VOLUMEN	cm ³ .	978.47
PESO	gr.	4190

Nº GOLPES/CAPA	25
Nº CAPAS	5

Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6201	6225	6209	6182
Peso del molde	(gr)	4190	4190	4190	4190
Peso de suelo compactado	(gr)	2011	2035	2019	1992
Densidad humedad	(gr/cm ³)	2.06	2.08	2.06	2.04
Nº de tara		GS1	GS2	GS4	GS5
Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	128.00	96.85	105.30	100.25
Peso de tara + suelo seco	(gr)	115.40	87.60	95.00	90.30
Peso del agua	(gr)	12.60	9.25	10.30	9.95
Peso de tara	(gr)	13.53	14.81	14.80	13.56
Peso de suelo seco	(gr)	101.87	72.79	80.20	76.74
Contenido de humedad	%	12.37	12.71	12.84	12.97
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.83	1.85	1.83	1.80



Máxima Densidad Seca	1.849
----------------------	-------

Optimo Contenido de Humedad	12.61
-----------------------------	-------

Anexo 85 Ensayo, proctor modificado muestra con 4%HDPE

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PRÓCTOR MODIFICADO

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

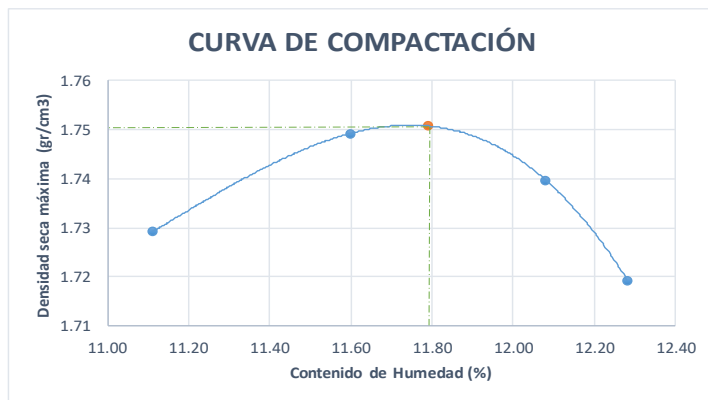
TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DIÁMETRO	cm.	10.50
ALTURA	cm.	11.3
VOLUMEN	cm ³ .	978.47
PESO	gr.	4190

Nº GOLPES/CAPA	25
Nº CAPAS	5

Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6070	6100	6098	6079
Peso del molde	(gr)	4190	4190	4190	4190
Peso de suelo compactado	(gr)	1880	1910	1908	1889
Densidad humedad	(gr/cm ³)	1.92	1.95	1.95	1.93
Nº de tara		GS1	GS2	GS4	GS5
Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	124.63	79.00	128.00	96.30
Peso de tara + suelo seco	(gr)	113.52	72.33	115.80	87.25
Peso del agua	(gr)	11.11	6.67	12.20	9.05
Peso de tara	(gr)	13.53	14.81	14.80	13.56
Peso de suelo seco	(gr)	99.99	57.52	101.00	73.69
Contenido de humedad	%	11.11	11.60	12.08	12.28
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.73	1.75	1.74	1.72



Máxima Densidad Seca	1.751
----------------------	-------

Óptimo Contenido de Humedad	11.79
-----------------------------	-------

Anexo 86 Ensayo, proctor modificado muestra con 6%HDPE

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

PRÓCTOR MODIFICADO
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

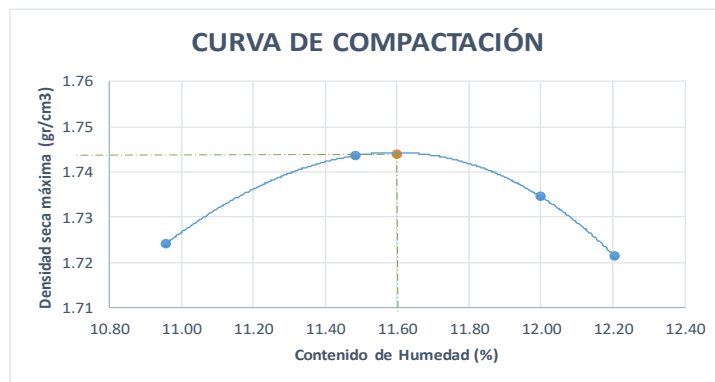
TESIS: DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS

AUTORES: Salazar Avellaneda, Leyla Analí
 Gastulo Meléndez, Irving Frank

DIAMETRO	cm.	10.50
ALTURA	cm.	11.3
VOLUMEN	cm ³ .	978.47
PESO	gr.	4190

Nº GOLPES/CAPA	25
Nº CAPAS	5

Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6062	6092	6091	6080
Peso del molde	(gr)	4190	4190	4190	4190
Peso de suelo compactado	(gr)	1872	1902	1901	1890
Densidad humedad	(gr/cm ³)	1.91	1.94	1.94	1.93
Nº de tara		GS1	GS2	GS4	GS5
Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	122.80	77.62	127.30	98.60
Peso de tara + suelo seco	(gr)	112.01	71.15	115.25	89.35
Peso del agua	(gr)	10.79	6.47	12.05	9.25
Peso de tara	(gr)	13.53	14.81	14.80	13.56
Peso de suelo seco	(gr)	98.48	56.34	100.45	75.79
Contenido de humedad	%	10.96	11.48	12.00	12.20
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.72	1.74	1.73	1.72



Máxima Densidad Seca	1.744
----------------------	-------

Optimo Contenido de Humedad	11.60
-----------------------------	-------

Anexo 87 Ensayo, proctor modificado muestra con 8%HDPE

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
			250	700	1243	1950	2890	3950
0.10	0.32	30	290	730	1405	2090	2910	4068
0.25	0.50	46	314	755	1477	2104	2960	4125
0.50	0.71	70	360	800	1622	2153	3050	4280
1.00	1.00	98	405	855	1725	2267	3190	4450
2.00	1.41	130	452	920	1798	2435	3291	4630
4.00	2.00	160	490	975	1853	2570	3391	4825
8.00	2.83	184	540	1035	1882	2660	3502	4968
15.00	3.87	201	582	1100	1900	2710	3600	5087
30.00	5.48	210	615	1150	1910	2750	3680	5200
60.00	7.75	218	643	1190	1925	2780	3750	5278
120.00	10.95	226	655	1210	1930	2829	3812	5341
250.00	15.81	235	670	1222	1935	2850	3865	5374
1440.00	37.95	250	700	1243	1950	2890	3950	5400

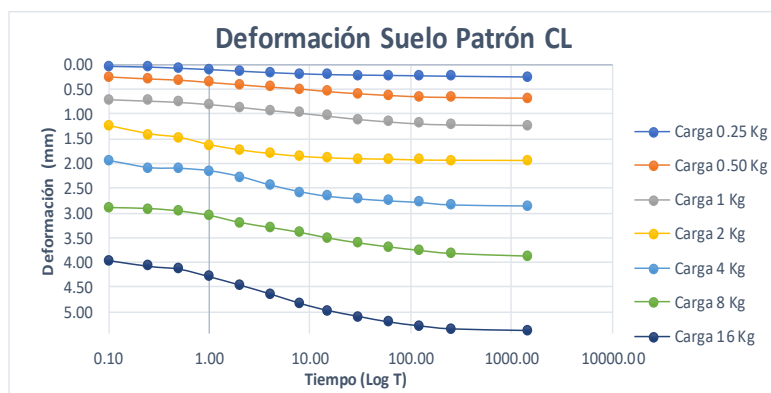
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
	INICIAL
Diámetro, D (cm.)	5
Altura, H (cm.)	1.9
W.Anillo (gr.)	70
W.Anillo + Muestra (gr.)	139.02
W.Bloqué. + P.porosa (gr.)	352.35

HUMEDAD	
	NATURAL
Recipiente No	132
W.m. Hum + Rec. (gr.)	51.13
W.m Seca + Rec. (gr.)	44.66
W.r (gr.)	14.81
Humedad. (%)	21.68

PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx) °C		18
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa) gr.		377.46
W.Pic.+Muestra+agua (Wb) gr.		396.57
Peso Muestra Seca (Wo) gr.		29.99
Peso especifico suelo (Gs) gr/cm ³		2.75

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
			0.250	0.700	1.243	1.950	2.89	3.95
0.10	0.32	0.030	0.290	0.73	1.405	2.090	2.910	4.068
0.25	0.50	0.046	0.314	0.755	1.477	2.104	2.960	4.125
0.50	0.71	0.070	0.360	0.8	1.622	2.153	3.05	4.28
1.00	1.00	0.098	0.405	0.855	1.725	2.267	3.19	4.45
2.00	1.41	0.130	0.452	0.92	1.798	2.435	3.291	4.63
4.00	2.00	0.160	0.490	0.975	1.853	2.570	3.391	4.825
8.00	2.83	0.184	0.540	1.035	1.882	2.660	3.502	4.968
15.00	3.87	0.201	0.582	1.1	1.900	2.710	3.6	5.087
30.00	5.48	0.210	0.615	1.15	1.910	2.750	3.68	5.2
60.00	7.75	0.218	0.643	1.19	1.925	2.780	3.75	5.278
120.00	10.95	0.226	0.655	1.21	1.930	2.829	3.812	5.341
250.00	15.81	0.235	0.670	1.222	1.935	2.850	3.865	5.374
1440.00	37.95	0.250	0.7	1.243	1.950	2.89	3.950	5.400

DESCARGA	
16 A 8	5250
8 A 4	5170
4 A 2	5000
2 A 0	4920



Anexo 88 Lectura de deformaciones, muestra natural CL

DIMENSIONES DEL ANILLO		B	
ALTURA	1.9 cm	0.75 plg.	
DIÁMETRO	5 cm	1.97 plg.	
ÁREA	19.63 cm ²		
Peso Unitario inicial	1.850 g/cm ³		

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

Gs : 2.75

volumen (cm³) 37.31

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s \cdot D_w \cdot A} = 1.0498 \text{ cm}; \quad 10.4980 \text{ mm}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD

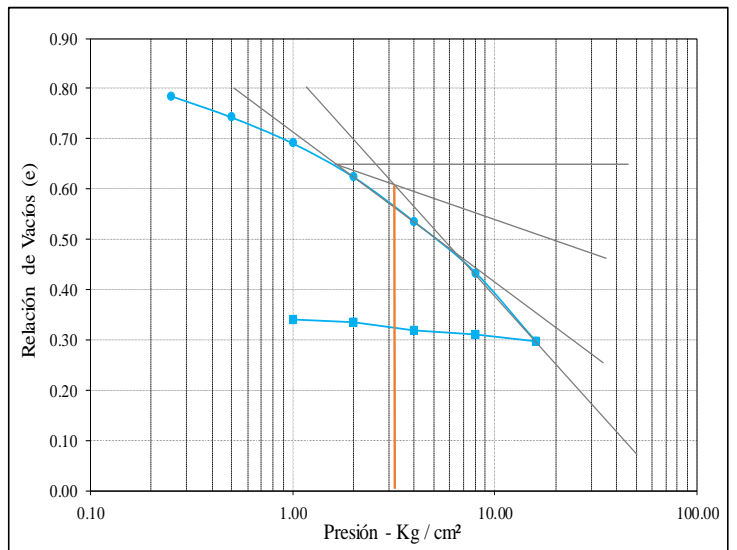
PESO DE LA MUESTRA	Inicial
Peso anillo+muestra hum. g	139.02
Peso anillo+muestra seca. g	126.72
Peso anillo g	70.00
Peso del agua g	12.30
Peso suelo seco g	56.72
Humedad %	21.69

$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o}$$

Ws 56.72
Vs 20.61
Hs 1.0498

Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	2H (mm)	Altura vacíos (mm) 2H - 2H _o	Relación de Vacíos e
0	0	19.00	8.5020	0.8099
0.25	0.2500	18.75	8.2520	0.7861
0.50	0.7000	18.30	7.8020	0.7432
1.00	1.2430	17.76	7.2590	0.6915
2.00	1.9500	17.05	6.5520	0.6241
4.00	2.8900	16.11	5.6120	0.5346
8.00	3.9500	15.05	4.5520	0.4336
16.00	5.4000	13.60	3.1020	0.2955
8.00	5.2500	13.75	3.2520	0.3098
4.00	5.1700	13.83	3.3320	0.3174
2.00	5.0000	14.00	3.5020	0.3336
1.00	4.9200	14.08	3.5820	0.3412

Relación de vacíos inicial	0.8099
Relación de vacíos final	0.2955
Presión de preconsolidación - Pc	3.20 kg/cm ²
Indice de Compresión - Cc	0.393



Anexo 89 Curva de compresibilidad, muestra natural CL

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
		0	127	243	442	786	1613	2836
0.10	0.32	16	131	252	465	869	1757	3004
0.25	0.50	20	134	259	473	885	1769	3019
0.50	0.71	25	137	267	483	910	1807	3059
1.00	1.00	32	143	283	506	970	1901	3120
2.00	1.41	39	150	303	547	1071	2034	3228
4.00	2.00	52	160	327	598	1209	2199	3375
8.00	2.83	65	171	349	653	1295	2370	3556
15.00	3.87	79	184	368	691	1389	2509	3682
30.00	5.48	97	201	392	727	1473	2657	3840
60.00	7.75	108	219	412	748	1530	2723	3955
120.00	10.95	115	231	428	760	1571	2781	4007
250.00	15.81	120	236	436	772	1591	2807	4036
1440.00	37.95	127	242	442	786	1613	2836	4063

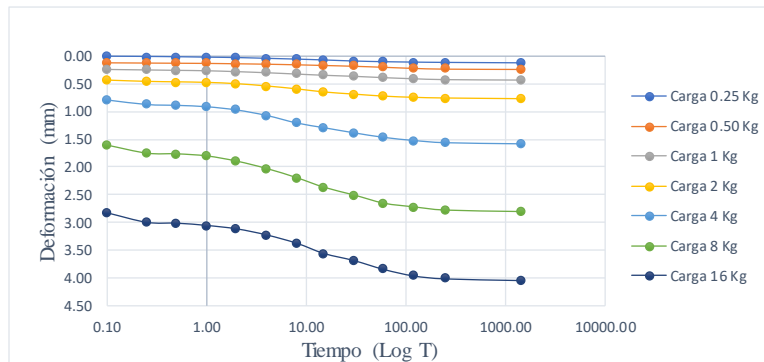
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
	INICIAL
Diámetro, D (cm.)	5
Altura, H (cm.)	1.9
W. Anillo (gr.)	70
W. Anillo + Muestra (gr.)	139
W. Bloqué.+ P. porosa (gr.)	352.35

HUMEDAD	
	NATURAL
Recipiente No	132
W.m. Hum + Rec. (gr.)	31.59
W.m. Seca + Rec. (gr.)	28.49
W.r (gr.)	13.56
Humedad. (%)	20.76

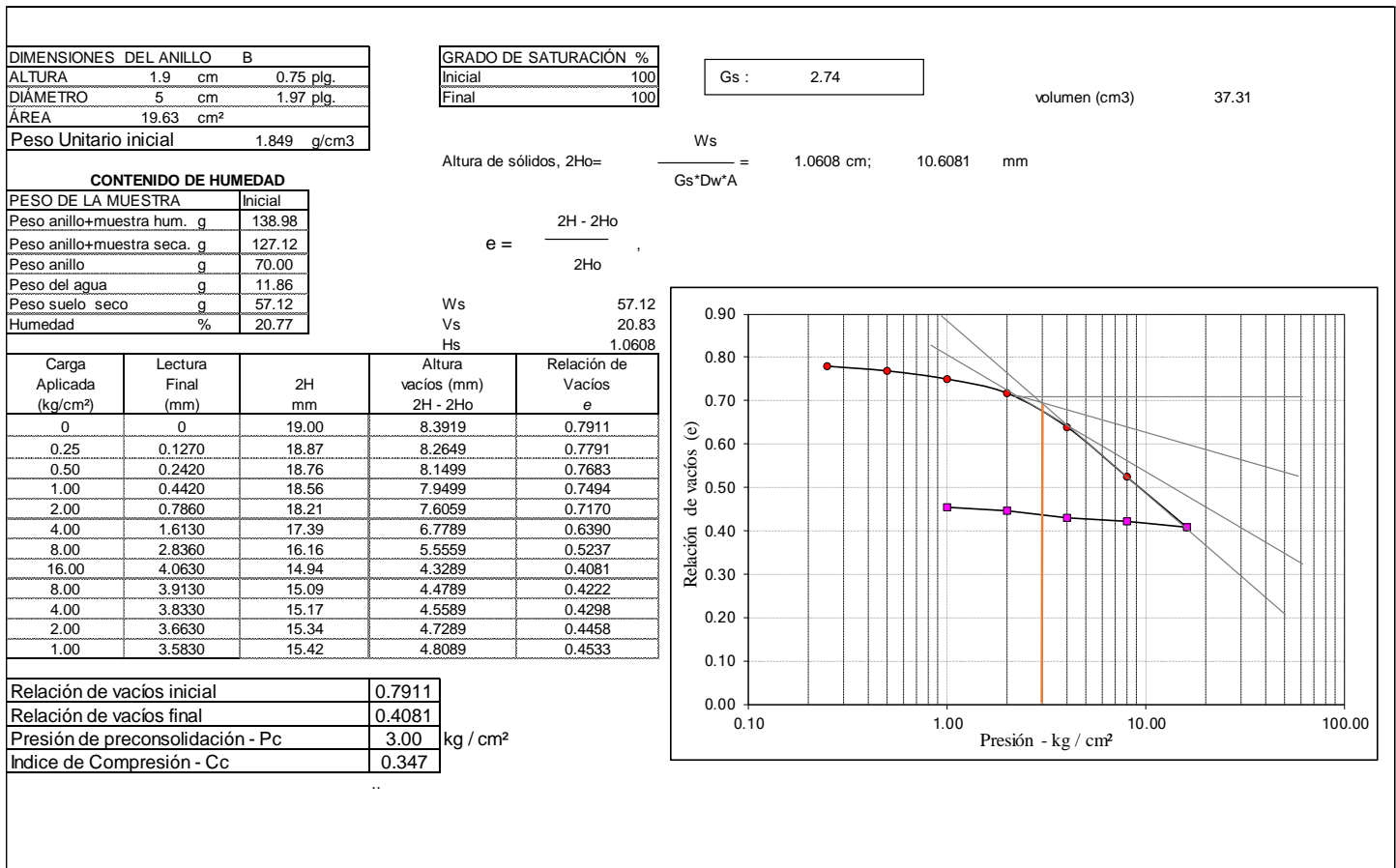
PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx) °C		18
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa) gr.		377.46
W.Pic.+Muestra+agua (Wb) gr.		396.57
Peso Muestra Seca (Wo) gr.		30.05
Peso especifico suelo (Gs) gr/cm ³		2.74

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
			0.127	0.243	0.442	0.786	1.613	2.836
0.10	0.32	0.016	0.131	0.252	0.465	0.869	1.757	3.004
0.25	0.50	0.02	0.134	0.259	0.473	0.885	1.769	3.019
0.50	0.71	0.025	0.137	0.267	0.483	0.91	1.807	3.059
1.00	1.00	0.032	0.143	0.283	0.506	0.97	1.901	3.12
2.00	1.41	0.039	0.15	0.303	0.547	1.071	2.034	3.228
4.00	2.00	0.052	0.16	0.327	0.598	1.209	2.199	3.375
8.00	2.83	0.065	0.171	0.349	0.653	1.295	2.37	3.556
15.00	3.87	0.079	0.184	0.368	0.691	1.389	2.509	3.682
30.00	5.48	0.097	0.201	0.392	0.727	1.473	2.657	3.84
60.00	7.75	0.108	0.219	0.412	0.748	1.53	2.723	3.955
120.00	10.95	0.115	0.231	0.428	0.76	1.571	2.781	4.007
250.00	15.81	0.12	0.236	0.436	0.772	1.591	2.807	4.036
1440.00	37.95	0.127	0.242	0.442	0.786	1.613	2.836	4.063

DESCARGA	
16 A 8	3913
8 A 4	3833
4 A 2	3663
2 A 0	3583



Anexo 90 Lectura de deformaciones, muestra con 2% HDPE



Anexo 91 Curva de compresibilidad, muestra con 2%HDPE

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raízde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
		0	122	234	426	758	1555	2734
0.10	0.32	16	126	243	448	837	1694	2896
0.25	0.50	19	129	249	456	853	1705	2911
0.50	0.71	24	132	258	466	877	1742	2949
1.00	1.00	30	138	272	488	935	1833	3008
2.00	1.41	37	145	292	527	1032	1961	3112
4.00	2.00	50	154	315	577	1165	2120	3254
8.00	2.83	62	165	336	629	1248	2285	3429
15.00	3.87	76	177	355	666	1339	2419	3550
30.00	5.48	94	194	378	701	1420	2562	3702
60.00	7.75	104	211	397	721	1475	2625	3813
120.00	10.95	111	222	412	732	1514	2681	3863
250.00	15.81	116	228	421	744	1534	2706	3891
1440.00	37.95	122	234	426	758	1555	2734	3918

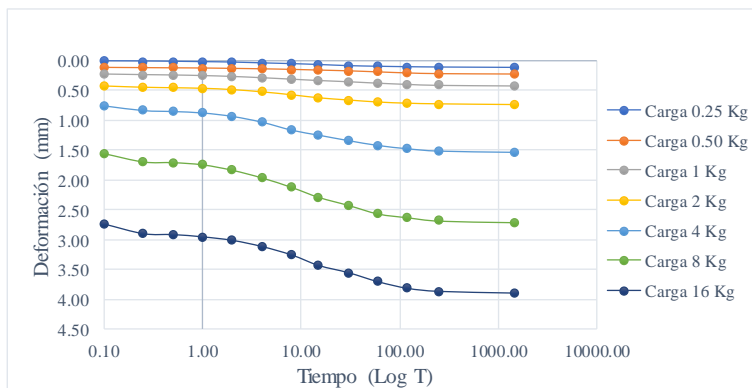
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
	INICIAL
Diámetro, D (cm.)	5
Altura, H (cm.)	1.9
W. Anillo (gr.)	70
W. Anillo + Muestra (gr.)	138.92
W. Bloqué.+ P. porosa (gr.)	352.35

HUMEDAD	
	NATURAL
Recipiente No	132
W.m. Hum + Rec. (gr.)	82.21
W.m. Seca + Rec. (gr.)	70.19
W.r (gr.)	11.51
Humedad. (%)	20.48

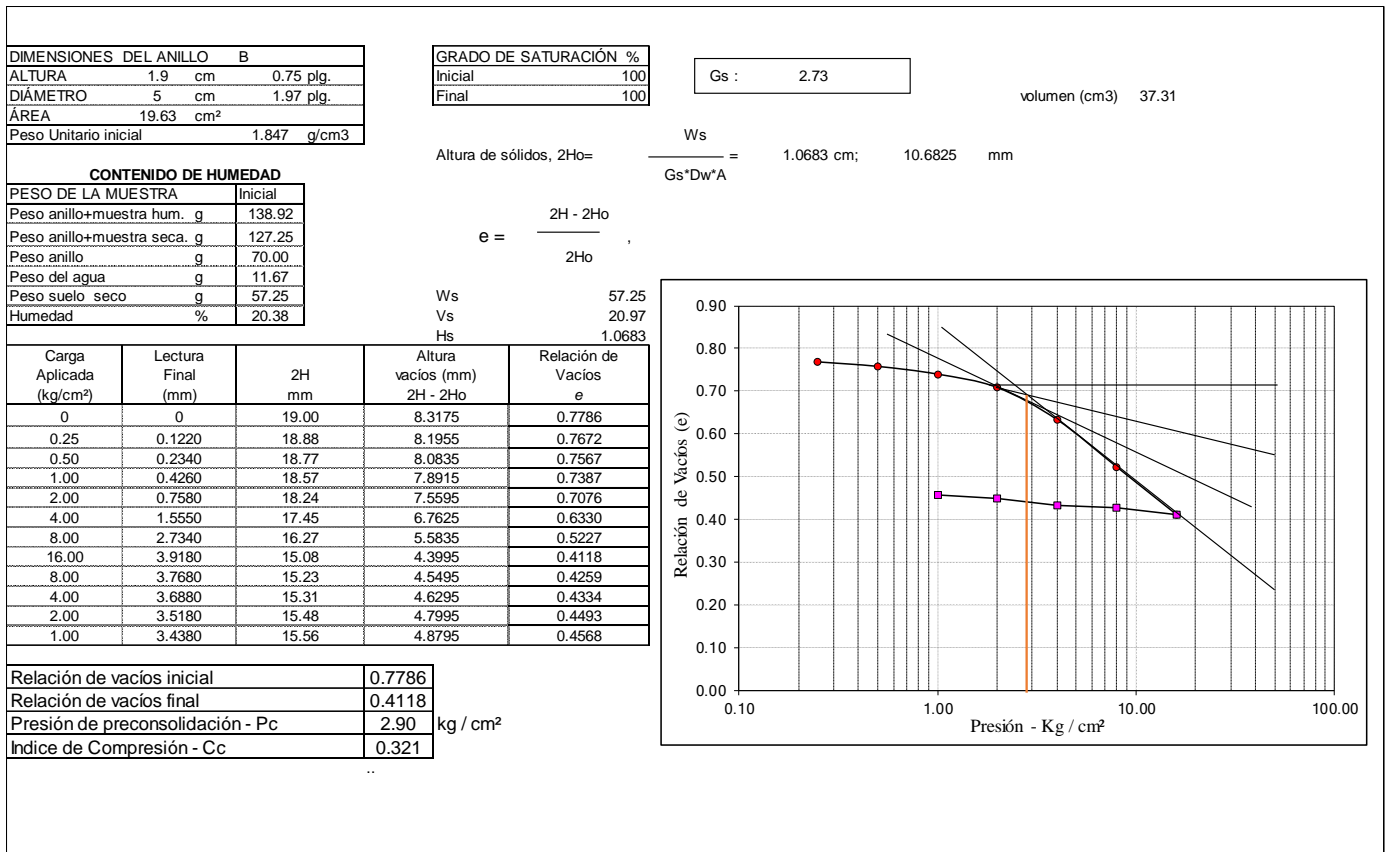
PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx) °C		18
W. Pic.+ agua temp Tx (Wa) gr.		377.46
W. Pic.+Muestra+agua (Wb) gr.		396.57
Peso Muestra Seca (Wo) gr.		30.13
Peso especifico suelo (Gs) gr/cm ³		2.73

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raízde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
			0.122	0.234	0.426	0.758	1.555	2.734
0.10	0.32	0.016	0.126	0.243	0.448	0.837	1.694	2.896
0.25	0.50	0.019	0.129	0.249	0.456	0.853	1.705	2.911
0.50	0.71	0.024	0.132	0.258	0.466	0.877	1.742	2.949
1.00	1.00	0.03	0.138	0.272	0.488	0.935	1.833	3.008
2.00	1.41	0.037	0.145	0.292	0.527	1.032	1.961	3.112
4.00	2.00	0.05	0.154	0.315	0.577	1.165	2.12	3.254
8.00	2.83	0.062	0.165	0.336	0.629	1.248	2.285	3.429
15.00	3.87	0.076	0.177	0.355	0.666	1.339	2.419	3.55
30.00	5.48	0.094	0.194	0.378	0.701	1.42	2.562	3.702
60.00	7.75	0.104	0.211	0.397	0.721	1.475	2.625	3.813
120.00	10.95	0.111	0.222	0.412	0.732	1.514	2.681	3.863
250.00	15.81	0.116	0.228	0.421	0.744	1.534	2.706	3.891
1440.00	37.95	0.122	0.234	0.426	0.758	1.555	2.734	3.918

DESCARGA	
16 A 8	3768
8 A 4	3688
4 A 2	3518
2 A 0	3438



Anexo 92 Lectura de deformaciones, muestra con 4% HDPE



Anexo 93 Curva de compresibilidad, muestra con 4%HDPE

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
		0	118	226	413	734	1507	2650
0.10	0.32	15	122	235	435	812	1641	2807
0.25	0.50	19	125	242	442	827	1653	2821
0.50	0.71	23	128	250	451	850	1688	2858
1.00	1.00	29	134	264	473	906	1776	2915
2.00	1.41	36	140	283	511	1000	1900	3016
4.00	2.00	48	149	305	559	1129	2055	3154
8.00	2.83	61	160	326	610	1210	2214	3323
15.00	3.87	73	172	344	645	1298	2344	3440
30.00	5.48	91	188	366	679	1376	2483	3588
60.00	7.75	100	205	385	699	1429	2544	3696
120.00	10.95	108	216	400	710	1468	2598	3744
250.00	15.81	112	221	408	721	1486	2623	3771
1440.00	37.95	118	226	413	734	1507	2650	3797

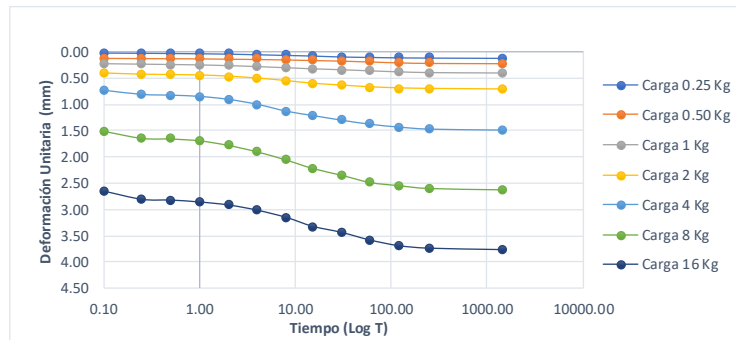
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
	INICIAL
Diámetro, D (cm.)	5
Altura, H (cm.)	1.9
W.Anillo (gr.)	70
W.Anillo + Muestra (gr.)	138.92
W.Bloqué.+ P.porosa (gr.)	352.35

HUMEDAD	
	NATURAL
Recipiente No	132
W.m. Hum + Rec. (gr.)	69.12
W.m. Seca + Rec. (gr.)	61.3
W.r (gr.)	13
Humedad. (%)	16.19

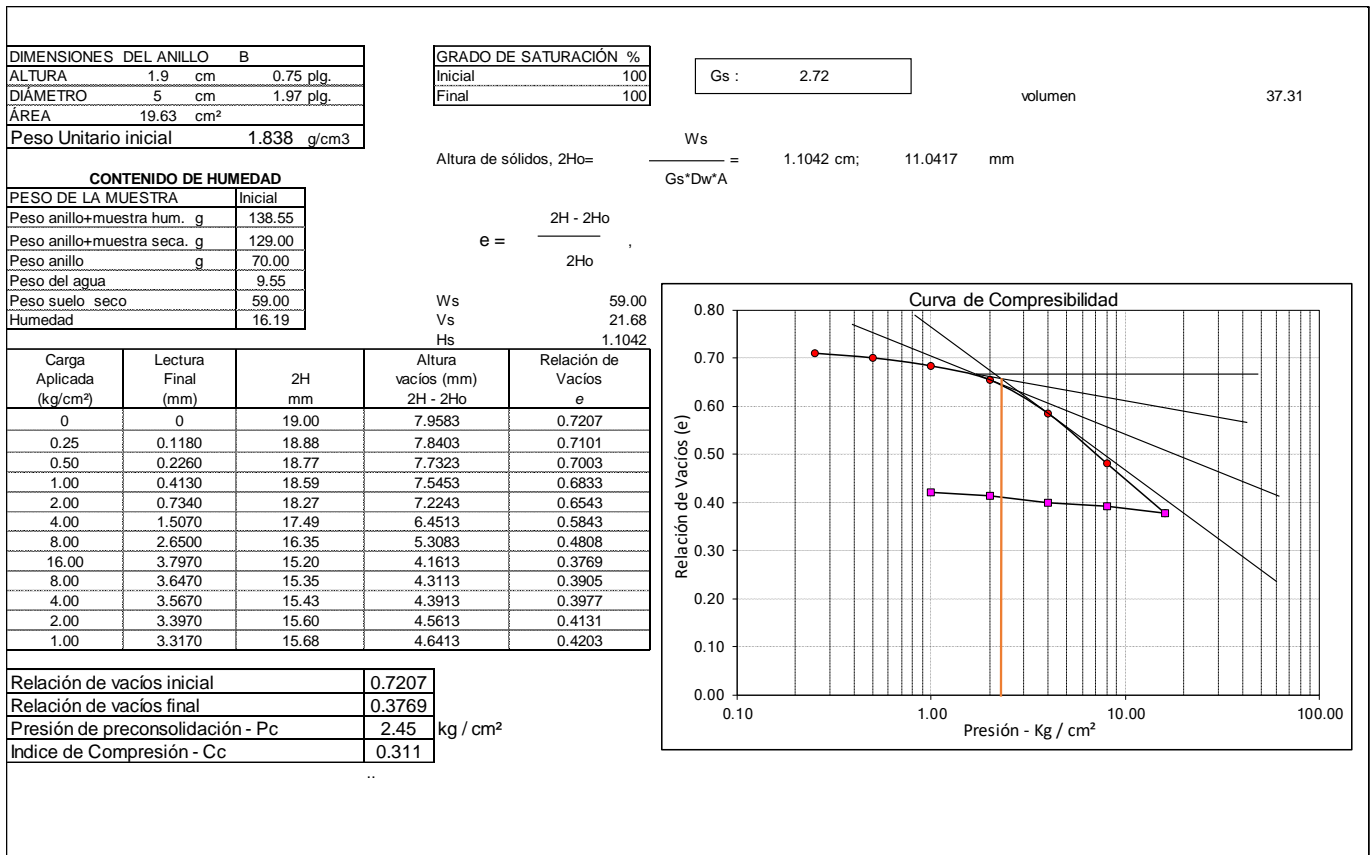
TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raizde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
			0.118	0.226	0.413	0.734	1.507	2.65
0.10	0.32	0.015	0.122	0.235	0.435	0.812	1.641	2.807
0.25	0.50	0.019	0.125	0.242	0.442	0.827	1.653	2.821
0.50	0.71	0.023	0.128	0.25	0.451	0.85	1.688	2.858
1.00	1.00	0.029	0.134	0.264	0.473	0.906	1.776	2.915
2.00	1.41	0.036	0.14	0.283	0.511	1.000	1.900	3.016
4.00	2.00	0.048	0.149	0.305	0.559	1.129	2.055	3.154
8.00	2.83	0.061	0.16	0.326	0.61	1.21	2.214	3.323
15.00	3.87	0.073	0.172	0.344	0.645	1.298	2.344	3.44
30.00	5.48	0.091	0.188	0.366	0.679	1.376	2.483	3.588
60.00	7.75	0.1	0.205	0.385	0.699	1.429	2.544	3.696
120.00	10.95	0.108	0.216	0.4	0.71	1.468	2.598	3.744
250.00	15.81	0.112	0.221	0.408	0.721	1.486	2.623	3.771
1440.00	37.95	0.118	0.226	0.413	0.734	1.507	2.65	3.797

PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx) °C		18
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa) gr.		377.46
W.Pic+Muestra+agua (Wb) gr.		396.55
Peso Muestra Seca (Wo) gr.		30.15
Peso especifico suelo (Gs) gr/cm ³		2.72

DESCARGA	
16 A 8	3647
8 A 4	3567
4 A 2	3397
2 A 0	3317



Anexo 94 Lectura de deformaciones, muestra con 6% HDPE



Anexo 95 Curva de compresibilidad, muestra con 6%HDPE

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raízde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
		0	116	222	405	720	1478	2599
0.10	0.32	15	120	231	426	796	1610	2753
0.25	0.50	18	122	237	433	811	1621	2767
0.50	0.71	23	126	245	443	834	1656	2804
1.00	1.00	29	131	259	464	889	1742	2860
2.00	1.41	36	138	278	501	981	1864	2959
4.00	2.00	47	146	300	548	1108	2015	3093
8.00	2.83	59	157	319	598	1187	2172	3259
15.00	3.87	72	168	337	633	1273	2299	3375
30.00	5.48	89	184	359	666	1350	2435	3520
60.00	7.75	99	201	377	686	1402	2496	3625
120.00	10.95	105	211	392	696	1440	2549	3673
250.00	15.81	110	216	400	707	1458	2573	3699
1440.00	37.95	116	222	405	720	1478	2599	3724

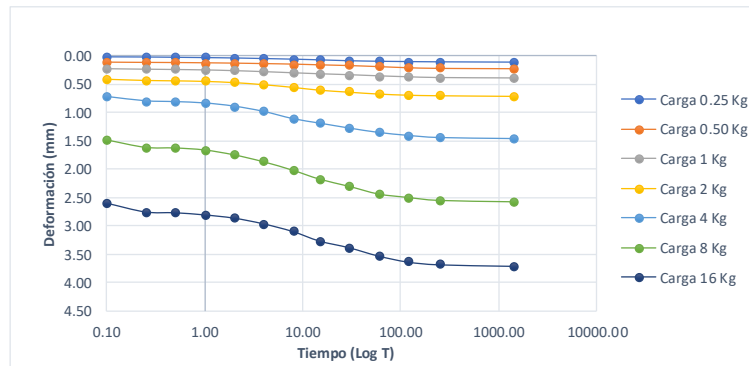
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
	INICIAL
Diámetro, D (cm.)	5
Altura, H (cm.)	1.9
W.Anillo (gr.)	70
W.Anillo + Muestra (gr.)	138.92
W.Bloqué.+ P.porosa (gr.)	352.35

HUMEDAD	
	NATURAL
Recipiente No	132
W.m. Hum + Rec. (gr.)	72.66
W.m Seca + Rec. (gr.)	64.69
W.r (gr.)	14.8
Humedad. (%)	15.98

PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx)	°C	18
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	377.46
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	396.57
Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	30.11
Peso especifico suelo (Gs)	gr/cm ³	2.73

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL						
Minutos	Raízde (t)	0,25 Kg./cm ²	0,5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²
		0.015	0.116	0.222	0.405	0.720	1.478	2.599
0.10	0.32	0.018	0.12	0.231	0.426	0.796	1.61	2.753
0.25	0.50	0.018	0.122	0.237	0.433	0.811	1.621	2.767
0.50	0.71	0.023	0.126	0.245	0.443	0.834	1.656	2.804
1.00	1.00	0.029	0.131	0.259	0.464	0.889	1.742	2.86
2.00	1.41	0.036	0.138	0.278	0.501	0.981	1.864	2.959
4.00	2.00	0.047	0.146	0.3	0.548	1.108	2.015	3.093
8.00	2.83	0.059	0.157	0.319	0.598	1.187	2.172	3.259
15.00	3.87	0.072	0.168	0.337	0.633	1.273	2.299	3.375
30.00	5.48	0.089	0.184	0.359	0.666	1.35	2.435	3.52
60.00	7.75	0.099	0.201	0.377	0.686	1.402	2.496	3.625
120.00	10.95	0.105	0.211	0.392	0.696	1.44	2.549	3.673
250.00	15.81	0.11	0.216	0.4	0.707	1.458	2.573	3.699
1440.00	37.95	0.116	0.222	0.405	0.720	1.478	2.599	3.724

DESCARGA	
16 A 8	3574
8 A 4	3494
4 A 2	3324
2 A 0	3244



Anexo 96 Lectura de deformaciones, muestra con 8% HDPE

DIMENSIONES DEL ANILLO B		
ALTURA	1.9 cm	0.75 plg.
DIÁMETRO	5 cm	1.97 plg.
ÁREA	19.63 cm ²	
Peso Unitario inicial	1.847 g/cm ³	

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

Gs : 2.73

volumen

37.3055025

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s \cdot D_w \cdot A} = 1.1077 \text{ cm; } 11.0765 \text{ mm}$$

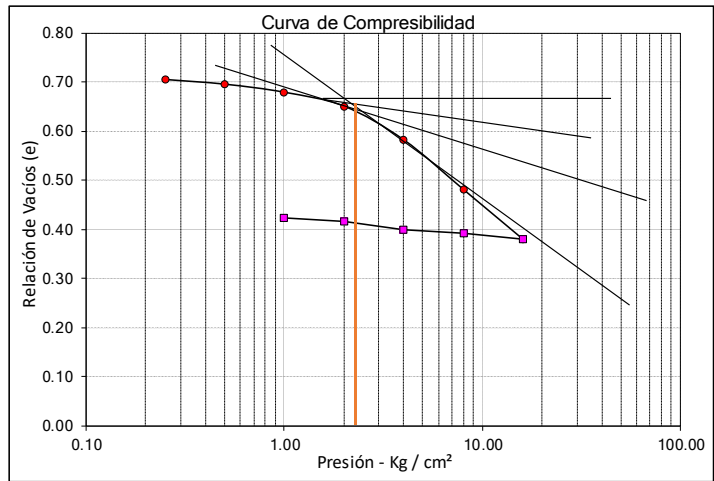
$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD	
PESO DE LA MUESTRA	
	Inicial
Peso anillo+muestra hum. g	138.92
Peso anillo+muestra seca. g	129.43
Peso anillo g	70.00
Peso del agua g	9.49
Peso suelo seco	59.43
Humedad	15.97

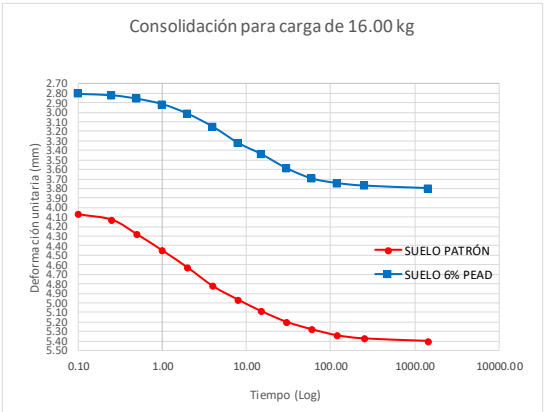
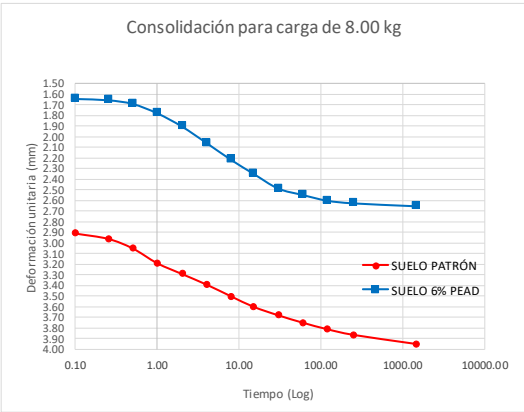
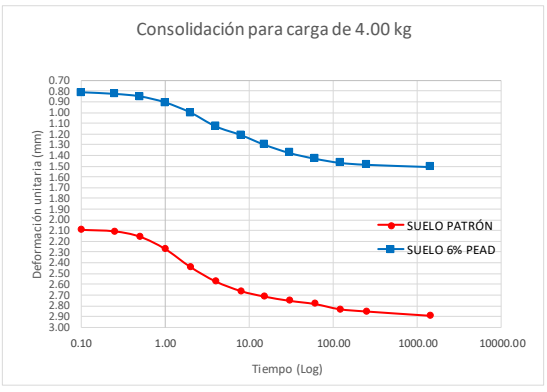
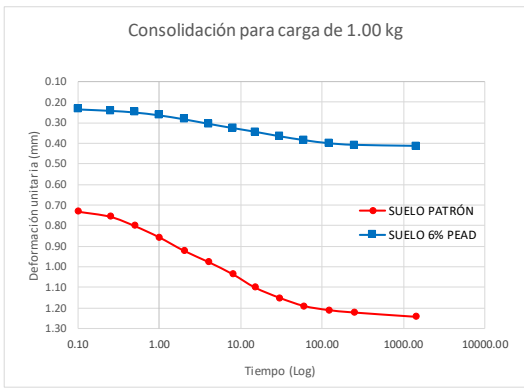
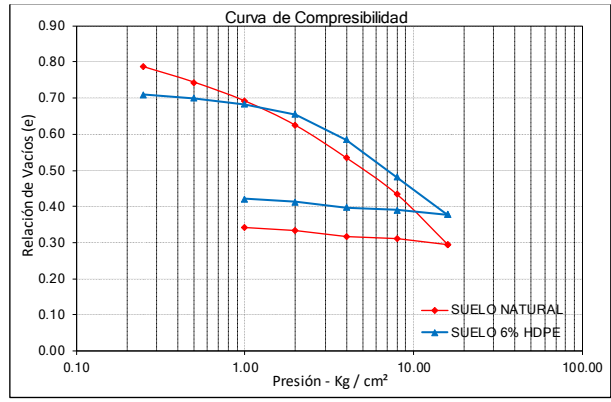
Ws 59.43
Vs 21.75
Hs 1.1077

Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	2H mm	Altura vacíos (mm) 2H - 2H _o	Relación de Vacíos e
0	0	19.00	7.9235	0.7153
0.25	0.1160	18.88	7.8075	0.7049
0.50	0.2220	18.78	7.7015	0.6953
1.00	0.4050	18.60	7.5185	0.6788
2.00	0.7200	18.28	7.2035	0.6503
4.00	1.4780	17.52	6.4455	0.5819
8.00	2.5990	16.40	5.3245	0.4807
16.00	3.7240	15.28	4.1995	0.3791
8.00	3.5740	15.43	4.3495	0.3927
4.00	3.4940	15.51	4.4295	0.3999
2.00	3.3240	15.68	4.5995	0.4152
1.00	3.2440	15.76	4.6795	0.4225

Relación de vacíos inicial	0.7153
Relación de vacíos final	0.3791
Presión de preconsolidación - Pc	2.25 kg/cm ²
Índice de Compresión - Cc	0.306



Anexo 97 Curva de compresibilidad, muestra con 8%HDPE



Anexo 98 Muestra natural vs muestra con % óptimo de HDPE

Polietileno de Alta Densidad HDF1050**Descripción:**

La resina HDF1050 es un polietileno copolímero de alta densidad de alto peso molecular con distribución de peso molecular bimodal ancha diseñado para el segmento de película soplada. Las películas fabricadas con este grado ofrecen alta rigidez, buena respuesta de termosellado y resistencia a la propagación del rasgo. Este material cumple con U.S. FDA 21 CFR 177.1520.

Aplicaciones:

Película muy delgada en línea de alta velocidad, de bajo calibre.

Proceso:

Extrusión de película soplada.

Propiedades de control:

	Método ASTM	Unidades	Valores
Índice de fluidez (190°C/2.16Kg)	D 1238	g/10 min	0.06
Índice de fluidez (190°C/21.6Kg)	D 1238	g/10 min	9.5
Densidad	D 4883	g/cm ³	0.950

Anexo 99 *Ficha técnica polietileno de alta densidad*